



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE CON BASE EN EL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMA ISO 9001 EN UNA PLANTA BENEFICIADORA DE ACEITE
DE PALMA NATURACEITES S.A.**

Dérick Ari Ben López Barrios

Asesorado por el MSc. Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE CON BASE EN EL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMA ISO 9001 EN UNA PLANTA BENEFICIADORA DE ACEITE
DE PALMA NATURACEITES S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DÉRICK ARI BEN LÓPEZ BARRIOS

ASESORADO POR EL MSC. ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE CON BASE EN EL
CUMPLIMIENTO DE LA NORMA ISO 9001 EN UNA PLANTA BENEFICIADORA DE ACEITE
DE PALMA NATURACEITES S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 12 de octubre de 2017.


Dérick Ari Ben López Barrios

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 08 de febrero de 2022
REF.EPS.DOC.59.02.2022.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Derick Ari Ben López Barrios** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201325514, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE CON BASE EN EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA ISO 9001 EN UNA PLANTA BENEFICIADORA DE ACEITE DE PALMA NATURACEITES S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
EDSZ/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 08 de febrero de 2022
REF.EPS.D.35.01.2022

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE CON BASE EN EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA ISO 9001 EN UNA PLANTA BENEFICIADORA DE ACEITE DE PALMA NATURACEITES S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Derick Ari Ben López Barrios** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH/ra



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.029.2022

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE CON BASE EN EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA ISO 9001 EN UNA PLANTA BENEFICIADORA DE ACEITE DE PALMA NATURACEITES S.A.** del estudiante: **Derick Ari Ben López Barrios, CUI 2963594080101, Reg. Académico No. 201325514** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

"Id Y Enseñad a todos"

Ing. Esdras Miranda Orozco
COLEGIADO 4837

Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
Revisor
Escuela de Ingeniería Mecánica

|

Guatemala, marzo de 2022
/aej

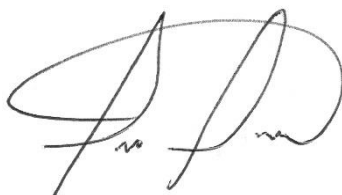
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.092.EIM.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE CON BASE EN EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA ISO 9001 EN UNA PLANTA BENEFICIADORA DE ACEITE DE PALMA NATURACEITES S.A.**, presentado por: **Dérick Ari Ben López Barrios**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, mayo de 2022.

LNG.DECANATO.OI.303.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE CON BASE EN EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA ISO 9001 EN UNA PLANTA BENEFICIADORA DE ACEITE DE PALMA NATURACEITES S.A.**, presentado por: **Derrick Ari Ben López Barrios**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Virgen María

Por ser mi acompañante durante mi vida y mi carrera universitaria.

Mis padres

Mario López y Thelma Barrios. Por su confianza en mí, su paciencia, su apoyo y su amor incondicional.

Mi hermana

Astrid Lenina López Barrios. Por su amor inagotable, apoyo y cariño durante toda mi vida.

MSc. Edwin Sarceño

Por su ayuda, apoyo y asesoramiento del presente trabajo de graduación.

Mis amigos

Ángel Chávez, David Rodríguez, Mynor Can, Carlos Escobar, Cristian Maxia, Ludwin Urla, Ricardo Sarceño, Juan Salazar, Breidy González y Andrés Cabrera, por su apoyo y amistad durante mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas del conocimiento y el desarrollo profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional y personal.
NaturAceites	Por abrirme las puertas para la realización de mi trabajo de graduación y apoyarme en cada etapa.
Ing. Leonel García	Por su apoyo en la supervisión de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Historia	1
1.1.3. Misión	2
1.1.4. Visión.....	2
1.1.5. Valores	2
1.1.6. Organigrama.....	3
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Certificaciones internacionales	4
1.3.1. RSPO	4
1.3.2. Ukosher	4
1.3.3. FSSC 22000	5
1.4. Norma ISO 9001.....	5
1.4.1. Descripción	5
1.4.2. Cambios recientes	6
1.4.3. Importancia en la industria.....	6
1.4.4. Infraestructura.....	7

1.4.5.	Gestión de calidad.....	7
1.4.6.	Información documentada	8
2.	FASE DE INVESTIGACIÓN.....	9
2.1.	Diagnóstico situacional.....	9
2.2.	Descripción del proceso de producción.....	9
2.2.1.	Recepción	9
2.2.2.	Esterilización	10
2.2.3.	Desfrutación	10
2.2.4.	Extracción.....	12
2.2.5.	Raquis	12
2.2.6.	Clarificación.....	13
2.2.7.	Palmistería	14
2.2.8.	Coquitos	15
2.2.9.	Caldera.....	15
2.3.	Análisis de agua.....	15
2.4.	Fase de ahorro de agua	19
2.4.1.	Áreas donde se utiliza agua	19
2.4.2.	Consumo de agua en secadores.....	20
2.4.3.	Tanque de almacenamiento de agua	20
2.4.4.	Prensas	21
2.4.5.	Propuesta reutilización de agua	21
2.5.	Fuentes de ahorro energético	27
2.5.1.	Fugas de vapor en tuberías y accesorios.....	27
2.5.2.	Transporte de biomasa hacia la caldera	30
3.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	33
3.1.	Características técnicas de la maquinaria.....	33
3.1.1.	Recepción	33

	3.1.1.1.	Tricket.....	33
	3.1.1.2.	Vagonetas.....	34
3.1.2.		Esterilización.....	35
	3.1.2.1.	Mesa de transferencia (TRANSFER)...	35
	3.1.2.2.	Esterilizador	35
	3.1.2.3.	Cabrestantes	36
3.1.3.		Desfrutación.....	36
	3.1.3.1.	Volteador de vagonetas	36
	3.1.3.2.	Elevador de racimos	36
	3.1.3.3.	Desfrutador	37
	3.1.3.4.	Elevador de fruta	37
	3.1.3.5.	Distribuidor de fruta	38
3.1.4.		Extracción.....	38
	3.1.4.1.	Prensa de extracción	38
	3.1.4.2.	Digestor	39
3.1.5.		Raquis	39
	3.1.5.1.	Prensa de raquis.....	39
	3.1.5.2.	Picador	40
	3.1.5.3.	Molino de raquis	40
	3.1.5.4.	Elevadores de raquis	40
	3.1.5.5.	Transportador de raquis	41
3.1.6.		Clarificación	41
	3.1.6.1.	Zaranda	41
	3.1.6.2.	Clarificador.....	42
	3.1.6.3.	Cepillo rotativo	42
	3.1.6.4.	Bombas	42
	3.1.6.5.	Centrífuga	43
	3.1.6.6.	Secador	43
3.1.7.		Palmistería.....	44

3.1.7.1.	Quebrador	44
3.1.7.2.	Elevadores	44
3.1.7.3.	Ciclones.....	46
3.1.7.4.	Ventiladores	46
3.1.7.5.	Transportadores	47
3.1.8.	Coquito.....	48
3.1.8.1.	Prensa de coquito	48
3.1.8.2.	Molino de harina.....	48
3.1.8.3.	Zaranda aceite de palmiste	48
3.1.8.4.	Tamizador de harina especial	49
3.1.8.5.	Elevador de harina	49
3.1.8.6.	Transportadores.....	49
3.1.8.7.	Bomba de palmiste.....	50
3.1.9.	Caldera.....	50
3.1.9.1.	Bombas	50
3.1.9.2.	Gusanos.....	50
3.1.9.3.	Ventiladores	51
3.2.	Clasificación de los lubricantes utilizados	51
3.2.1.	Grasas extrema presión	51
3.2.2.	Grasas multifuncionales	52
3.2.3.	Grasas altas temperaturas	53
3.2.4.	Grasas ISO.....	53
3.2.5.	Aceites minerales	54
3.2.6.	Aceites ISO	54
3.2.7.	Aceite hidráulico	55
3.3.	Lubricación por grasa.....	56
3.3.1.	Cantidad engrase inicial	57
3.3.2.	Frecuencia de reengrase.....	58
3.3.2.1.	Frecuencia de reengrase por fórmula ..	59

3.3.3.	Factor de corrección	61
3.4.	Periodos de lubricación	62
3.4.1.	Cantidad de bombazos con SKF DialSet.....	70
3.5.	Codificación de cojinetes	72
3.6.	Diseño del programa de lubricación	73
4.	FASE DE DOCENCIA	75
4.1.	Importancia del registro de las actividades de lubricación.....	75
4.2.	Importancia de la limpieza en las actividades de lubricación...	77
4.3.	Correcta aplicación de grasa en los cojinetes	77
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES.....	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama	3
2.	Proceso de desfrutación.....	11
3.	Centrífuga marca Rotofix 32 A.....	16
4.	Porta probetas de la centrífuga Rotofix 32 A.....	17
5.	Muestras luego de la prueba centrífuga	18
6.	Agujero para tanque profundo.....	23
7.	Instalación del tanque profundo	24
8.	Tanque con bomba y medidor de nivel	25
9.	Instalación final del tanque profundo.....	26
10.	Fuga en junta de válvula, área de turbinas	27
11.	Fuga en tubería de condensados.....	28
12.	Fuga condensados esterilizadores.....	28
13.	Vapor del canal de los efluentes	29
14.	Vapor tanque recuperado de aceite	29
15.	Inicio transporte fibra.....	30
16.	Transporte de fibra descubierto	31
17.	Formato de relubricación.....	72
18.	Codificación de cojinetes.....	73
19.	Diseño final formato de lubricación	74
20.	Formato control de lubricación	76

TABLAS

I.	Composición aceite crudo.....	21
II.	Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de viscosidad	55
III.	Factores de corrección para relubricación	61
IV.	Periodos de relubricación recepción	62
V.	Periodos de relubricación esterilización.....	63
VI.	Periodos de relubricación desfrutación	64
VII.	Periodos de relubricación extracción	65
VIII.	Periodos de relubricación raquis.....	66
IX.	Periodos de relubricación palmistería.....	67
X.	Periodos de relubricación coquitos	69

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
mL	Mililitros
%	Porcentaje
L/hr	Litros por hora
rpm	Revoluciones por minuto
°C	Grados Celsius

GLOSARIO

Biomasa	Toda la materia orgánica susceptible de ser utilizada como fuente de energía.
Contaminación	Introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio, que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso.
Departamento	Área, división o rama de una empresa sobre la cual un administrador tiene autoridad, respecto al desempeño de actividades y resultados específicos.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización.
Maceración	Proceso de extracción entre materias de diferentes estados físicos de sólido-líquido.
Registro	Es el espacio físico o virtual donde se deja constancia de un hecho, o el acto de hacer lo mismo.
Sostenibilidad	Características del desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones.
Temperatura	Magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro.

RESUMEN

La industria extractiva y productiva en Guatemala requiere profesionales capaces de desarrollar los modelos eficientes para que su maquinaria trabaje eficientemente, parte de esa necesidad es la oportunidad de realizar el ejercicio profesional supervisado en una empresa con amplia trayectoria en el país, con presencia en mercados extranjeros por la exportación de aceite de palma. Las instalaciones a donde se refiere la necesidad diseñar mejoras para obtener una certificación ISO 9001 es en la región del Polochic.

NaturaAceites posee certificaciones en algunos procesos productivos desde el año 2010, posteriormente en el año 2015. Por lo que su necesidad se centra en obtener la certificación ISO 9001:2015 como gestión de calidad para los procesos complementarios en la extracción de aceite de palma. Parte esencial de la gestión de la Norma es acompañar todas sus gestiones con procesos documentados, para los cuales la empresa denota deficiencias y ausencias. Este fue uno de los principales objetivos de su administración, fortalecer sus procesos por la ausencia de controles, así como la ausencia de registros donde se puedan especificar las actividades de lubricación realizadas por todo su personal de mantenimiento.

La gestión de calidad se centrará en los procesos de producción, los cuales son: recepción de camiones de 20 toneladas con raquis se descargan con *tricket* hidráulico para inspeccionar la madurez de la fruta, en esta primera etapa también participan dos puertas hidráulicas. La siguiente etapa es la esterilización, se emplean mesas de transferencia para ingresar al esterilizador a temperatura de 125 °C. Luego continua hacia la desfrutación utilizando una

vagoneta, se gira la misma vagoneta hacia un contenedor con cadenas donde el raquis puede ser transportado hacia la entrada en la parte superior.

El desfrutador es un tambor rotatorio, empleado para ablandar el proceso de esterilización. Posteriormente la fruta se traslada hacia la etapa de extracción para someterse al proceso de maceración donde nuevamente es ablandada antes del prensado. Luego de eso la fruta cae sobre un tornillo sin fin hacia una prensa para extraerle el aceite rojo por medio de compresión. Separando el racimo que portaba la fruta se dirige hacia el área de *raquis*, donde pasa por una serie de picadoras, todas estas fibras luego son utilizadas como biomasa.

El aceite es sometido a un proceso de clarificación, al igual que el agua empleada en todo el proceso, donde las impurezas, lodos y partículas suspendidas son sometidas a un proceso de filtrado, decantación y centrifugación. Se emplean zarandas para separar el aceite crudo de impurezas sólidas empleando vibración. Luego el aceite es trasladado a los clarificadores y secadores para eliminar las últimas impurezas sólidas.

Al concluir el prensado en la fase intermedia, la fibra y nuez son trasladadas por un transporte helicoidal hasta llegar al ciclón de fibra, en esa fase se utiliza una corriente de aire hacia arriba para separar la fibra de la nuez, a esta etapa se le conoce como palmistería, donde la nuez cae en un tambor pulidor para separar nuevas fibras. Seguidamente se emplean otros tornillos helicoidales para continuar separando fibras de frutos.

Otra de las etapas críticas es llamada coquitos, la almendra se transportada hacia prensas donde se comprimen para extraer aceite con mejor grado de finesa, a este se le llama aceite de palmiste. La planta posee dos

calderas, una acuotubular/pirotubular y una pirutubular. NaturaAceites no tiene diseñado el programa de lubricación para estos procesos, así como la ausencia de registros o bitácoras de mantenimientos preventivos.

OBJETIVOS

General

Diseñar el programa de lubricación y engrase con base en el cumplimiento de la norma ISO 9001 en una planta beneficiadora de aceite de palma NaturAceites S.A.

Específicos

1. Determinar la situación actual en cuanto a la lubricación de los equipos y el registro de las actividades de lubricación de los mismos.
2. Clasificar los equipos por áreas de toda la planta de producción.
3. Determinar las especificaciones técnicas de los distintos equipos en la planta de producción.
4. Definir el orden de las actividades que realiza cada área de la planta de producción.
5. Codificar los cojinetes con su respectivo número de serie para todos los equipos de la planta.
6. Identificar posibles fuentes de ahorro de agua y/o energía en cualquiera de las etapas del proceso de producción.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala, es común escuchar que las empresas extractivas están en una constante búsqueda por hacer sus procesos perfectamente eficientes, así como sobrevivir en un mercado industrial altamente exigente y competitivo como el actual, se requiere de compromiso, esfuerzo y liderazgo por parte de la organización; desde la alta dirección, hasta los ingenieros de planta: también se requiere del ingenio de estrategias contundentes para adquirir ventajas competitivas, que pongan a cada empresa en mejores condiciones operativas que la competencia.

La industria de palma ha crecido en el país, parte de eso es la necesidad de mejorar sus procesos productivos, emplean protocolos de seguimiento desde que se planta la cosecha, hasta que pueda ser recolectada y procesada para lograr extraer el vital producto que a nivel mundial presenta altos índices de demanda.

La necesidad de desarrollar el ejercicio profesional supervisada, se basa en aportar a la empresa las mejoras necesarias según sus requerimientos específicos, para NaturaAceites es poder diseñar el programa de lubricación y engrase según el cumplimiento de la Norma ISO 9001 en su planta de beneficio localizada en el Polochic.

Se inició con el reconocimiento de sus procesos actuales, tipos de protocolos implementados, acercamiento a los equipos de trabajo, capacitación por la empresa en seguridad industrial, conocimiento de su reglamento interno y todo el proceso de inducción, durante ese proceso de introducción se me

asignó al jefe inmediato o la autoridad inmediata para apoyarme en el desarrollo de las actividades cotidianas, se tuvo la oportunidad de formar parte de cada estación de trabajo por ciertos periodos de tiempo programados, donde se extrajeron las debilidades y fuentes de error que podrían ser mejorados con el diseño de la propuesta.

Luego de un periodo de tiempo determinado y con la experiencia empírica dentro de sus instalaciones se concretó, que sus procesos no cuentan con registros, tampoco con auditorías internas y control de sus mantenimientos preventivos, parte esencial que requiere la Norma ISO 9001 dentro de su gestión de calidad, en el capítulo uno se presentan las generalidades de la empresa, la descripción del problema, las distintas certificaciones que posee la planta procesadora y los requerimientos de la Norma ISO 9001 para la gestión de calidad.

En el capítulo uno, se presentan las generalidades de la empresa a modo de conocer el giro de esta, se describe la importancia de la norma ISO 9001 y su importancia para el presente trabajo, y la descripción del problema principal que se identificó dentro de las instalaciones.

En el capítulo dos, se presenta la fase de investigación, con el desarrollo cronológico de las actividades que se fueron realizando durante, se presentan los procesos donde se gestiona la implementación de la Norma y las actividades que se realizan en cada uno de ellos. Dentro del mismo capítulo se desarrolló el análisis del agua empleada antes y después para el proceso de clarificación del aceite de palma la forma del manejo de sus desechos sólidos, líquidos y acuosos, concluyendo con la presentación de las fuentes de ahorro energético.

El capítulo tres presenta la fase de servicio técnico profesional, con el desarrollo de la propuesta, las acciones correctivas que oportunamente se pudieron implementar, los bosquejos de los procesos que deberían ser mejorados, las estimaciones de los alcances según mejoras programadas y el programa eficiente de lubricación de cada una de las áreas de interés.

Se concluye con la fase de docencia en el capítulo cuatro, donde se trabaja con una parte del personal de la planta para hacer efectiva la capacitación sobre la importancia de los registros en actividades de lubricación, importancia de la limpieza de actividades de lubricación y la correcta aplicación de grasas en cojinetes, durante el periodo de la fase de docencia participaron, operarios de bajo rango, personal de mantenimiento y supervisores.

1. GENERALIDADES

1.1. Descripción de la empresa

NaturAceites es la empresa guatemalteca referente en la producción sostenible de aceite de palma en Guatemala fundada en 2002 fruto de la fusión de dos empresas, Grasa y Aceites e Indesa. Trabaja bajo un modelo de negocio incluyente de arrendamiento con productores independientes, asociados y plantaciones propias.

1.1.1. Ubicación

Actualmente opera en tres áreas ubicadas en Fray Bartolomé de las Casas y Panzos en Alta Verapaz, el Estor en Izabal y San Luis en Petén. Cuenta con tres plantas beneficiadoras de aceite en Fray Bartolomé de las Casas, el Estor y Panzos. Su planta refinadora está ubicada en Escuintla y su terminal de exportación en Izabal.

1.1.2. Historia

NaturAceites es fruto de la fusión de dos empresas: Grasas y Aceites e Indesa. La primera, se fundó en 1985 con la visión de una familia que creyó en el potencial de la industria de aceite en el mercado guatemalteco, dando como resultado, en el primer semestre de 1986, el nacimiento de la primera planta de refinería de aceite vegetal en Escuintla, donde se procesaba aceite de girasol.

La segunda empresa, Indesa, inició por la visión de otra familia guatemalteca, que el 1 de junio de 1998 decide incursionar en la producción de aceites de palma y palmiste, con la primera siembra de cultivo de palma en la región del Polochic, en tierras que solamente conocían el ganado.

Es aquí cuando ambas empresas ven la necesidad de generar una integración vertical en la línea de producción de aceite, con el fin de ser más competitivos en el mercado guatemalteco y deciden fundar en 2002, NaturAceites, bajo un modelo de negocio de arrendamiento con productores independientes y plantaciones propias.

1.1.3. Misión

Nos enfocamos en ofrecer productos de alta calidad con la mayor eficiencia y eficacia, cumpliendo con las regulaciones y especificaciones ambientales y la reducción del impacto negativo en el medio ambiente.

1.1.4. Visión

Ser una empresa de la agroindustria de palma aceitera de crecimiento constante con un modelo de negocio íntegro, eficiente e innovador, creando beneficios evidentes para nuestros clientes, comunidades, productores asociados, colaboradores, inversionistas y el medio ambiente.

1.1.5. Valores

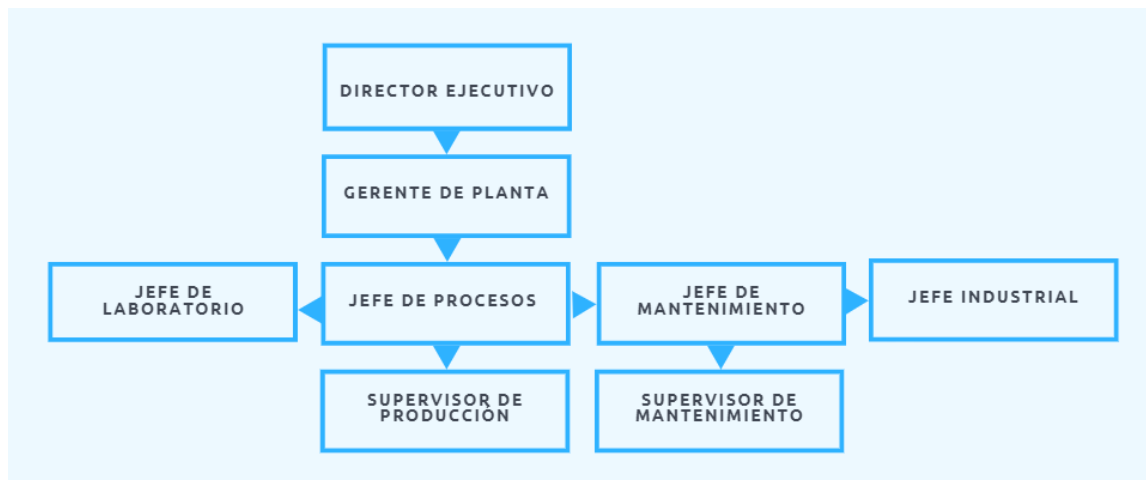
- Solidaridad
- Responsabilidad

- Respeto

1.1.6. Organigrama

En la figura 1 se muestra el organigrama del Área Industrial de NaturAceites

Figura 1. Organigrama



Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

1.2. Descripción del problema

En la planta ubicada en la región de Polochic, Pataxte, actualmente no se lleva un control o registro de las actividades de lubricación realizadas en los equipos involucrados en el proceso de producción de la planta, siendo este un impedimento para obtener otro tipo de certificaciones, entre ellas la ISO 9001. Además, impide que se realicen las tareas de lubricación de manera correcta,

perjudicando así a las máquinas y sus componentes al momento de entrar en operación.

1.3. Certificaciones internacionales

Las certificaciones internacionales son una alternativa cada vez más utilizada por las empresas. Principalmente, con el objetivo de mejorar la productividad, conquistar mercados y generar vínculos entre los clientes.

1.3.1. RSPO

La Mesa Redonda para la Sostenibilidad del Aceite de Palma, RSPO por sus siglas en inglés, es una asociación que reúne a diversos actores en la cadena de valor palmera, con el objetivo de promover la producción y uso de aceite de palma con criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica. RSPO es la iniciativa más reconocida en el ámbito internacional en materia de sostenibilidad para el sector.

En NaturAceites se cuenta con la certificación de RSPO en la región de Polochic, tanto en Aceite Crudo de Palma (CPO) y en Aceite Crudo de Palmiste (PKO) desde agosto de 2010.

1.3.2. Ukosher

La certificación kosher garantiza que nuestra operación cumple con una estricta política de las leyes de alimentos kosher, incluyendo limpieza, pureza y calidad. Para obtener esta certificación todos los ingredientes y materia prima de cada producto que elaboramos y su proceso, también deben cumplir con lo

requerido por kosher. En NaturAceites se cuenta con la certificación OK Kosher en la planta refinadora de aceite desde junio de 2015.

1.3.3. FSSC 22000

Es un estándar internacional que da lineamientos para desarrollar un sistema de gestión que controla los peligros que afectan la inocuidad de los alimentos (microbiológicos, químicos o partículas). La inocuidad consiste en mantener un producto dentro de los límites de control aceptados internacionalmente.

Para los clientes y consumidores es importante ya que garantiza que nuestros aceites, mantecas y margarinas pueden consumirse con confianza, ya que fueron elaborados siguiendo requisitos de inocuidad aceptados a nivel internacional. En NaturAceites se cuenta con la certificación FSSC 22000 en la planta refinadora de aceite, ubicada en escuintla desde agosto de 2015.

1.4. Norma ISO 9001

La ISO 9001 es una norma internacional que toma en cuenta las actividades de una organización, sin distinción de sector de actividad.

1.4.1. Descripción

Esta norma se concentra en la satisfacción del cliente y en la capacidad de proveer productos y servicios que cumplan con las exigencias internas y externas de la organización.

Esta norma es la base del Sistema de Gestión de la Calidad – SGC. Se centra en todos los elementos de la gestión de la calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

1.4.2. Cambios recientes

La norma ISO 9001:2008 fue revisada y actualizada en 9001:2015 para poder reflejar ciertas evoluciones provocadas por los cambios en el mundo. La esencia de la norma no se altera y permanece el mismo objetivo de satisfacción al cliente con la conformidad de productos y servicios proporcionados. Las tres evoluciones importantes que cabe resaltar en la actualización son las siguientes:

- El enfoque de procesos
- Se integra el pensamiento basado en riesgos
- Ciclo PDCA, en español Planificar-Hacer-Verificar-Actuar

1.4.3. Importancia en la industria

La norma ISO 9001 nos permite adquirir una filosofía de gestión de calidad en la empresa y nos ayuda a entender que significa, sus principios y términos. Con esto se logra una participación activa de todo el personal, en especial de la alta dirección teniendo un aporte significativo a la empresa. Por otra parte también se ve un impacto en la productividad, ya que esta aumenta tras la evaluación inicial y la consiguiente mejora de los procesos que se producen

durante su implementación, y posteriormente mediante la mejora en capacitación y calificación de los empleados.

Al disponer de mejor documentación y de un control de los procesos, es posible alcanzar una estabilidad en el desempeño, reducir la cantidad de desperdicio y evitar la repetición del trabajo.

Otro punto importante de obtener la certificación de la norma ISO 9001 son los clientes. El grado de satisfacción del cliente aumenta debido a que los objetivos que se establecen toman en cuenta sus necesidades. La empresa toma en consideración no solo las opiniones del cliente, sino también sus necesidades como consumidores logrando así la satisfacción necesaria en el cliente. Esto quiere decir que la empresa dedica menos tiempo a los objetivos individuales de los departamentos y más tiempo a trabajar en conjunto para cumplir con las necesidades de los clientes.

1.4.4. Infraestructura

La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios.

1.4.5. Gestión de calidad

La organización debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de calidad, incluidos los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos la norma ISO 9001. La organización debe determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización. Debe

determinar y aplicar los criterios y los métodos necesarios para asegurarse de la operación eficaz y el control de estos procesos.

La organización también debe asignar las responsabilidades y autoridades para estos procesos y evaluarlos para implementar cualquier cambio necesario para asegurarse que estos procesos logren los resultados previstos.

1.4.6. Información documentada

El sistema de gestión de la calidad de la organización debe incluir la información documentada requerida por la norma ISO 9001 y la información que la organización determina como necesaria para la eficacia del sistema de gestión de la calidad. Esta información se debe controlar para asegurarse que esté disponible y sea idónea para su uso, donde y cuando se necesite y esté protegida adecuadamente.

Al crear y actualizar la información documentada, la organización debe asegurarse que la identificación y descripción sea apropiada, así como el formato y los medios de soporte.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1. Diagnóstico situacional

Actualmente en la planta de extracción no se lleva un control ni registro específico de las actividades de lubricación realizadas por el personal. De igual manera no existe un documento que le indique al personal encargado de lubricar los equipos, cuanto de lubricante se debe aplicar, que tipo de lubricante y el periodo en el cual se debe aplicar.

Esta situación es desfavorable para la empresa ya que se puede incurrir a gastos innecesarios en lubricantes y al mismo tiempo se puede llegar a una mala operación en el equipo, mal funcionamiento o paros innecesarios del proceso por falta de lubricante o mala aplicación.

2.2. Descripción del proceso de producción

A continuación, se describen los pasos del proceso de producción para la extracción del aceite de palma.

2.2.1. Recepción

Aquí es donde inicia el proceso de producción para la extracción de aceite de palma. En esta área entran los camiones cargados con raquis, aproximadamente de 15 a 20 toneladas y se elevan por medio de un *tricket* hidráulico con capacidad de hasta 25 toneladas. Una vez elevado, comienza la

descarga de raquis hacia las rampas con puertas hidráulicas, donde se realiza una inspección al raquis para determinar la madurez de la fruta.

Esto ayuda a determinar si la fruta tendrá que ser esterilizada más de una vez para que cumpla con el grado de acidez establecido. Cuando la fruta termina el periodo de inspección, las puertas hidráulicas de la rampa se abren y el raquis cae hacia las vagonetas, las cuales pueden soportar una carga de 5 toneladas y serán dirigidas hacia la siguiente área para la esterilización. Las vagonetas se mueven por medio de lazos que están unidos a cabrestantes encargados de realizar la fuerza motriz.

2.2.2. Esterilización

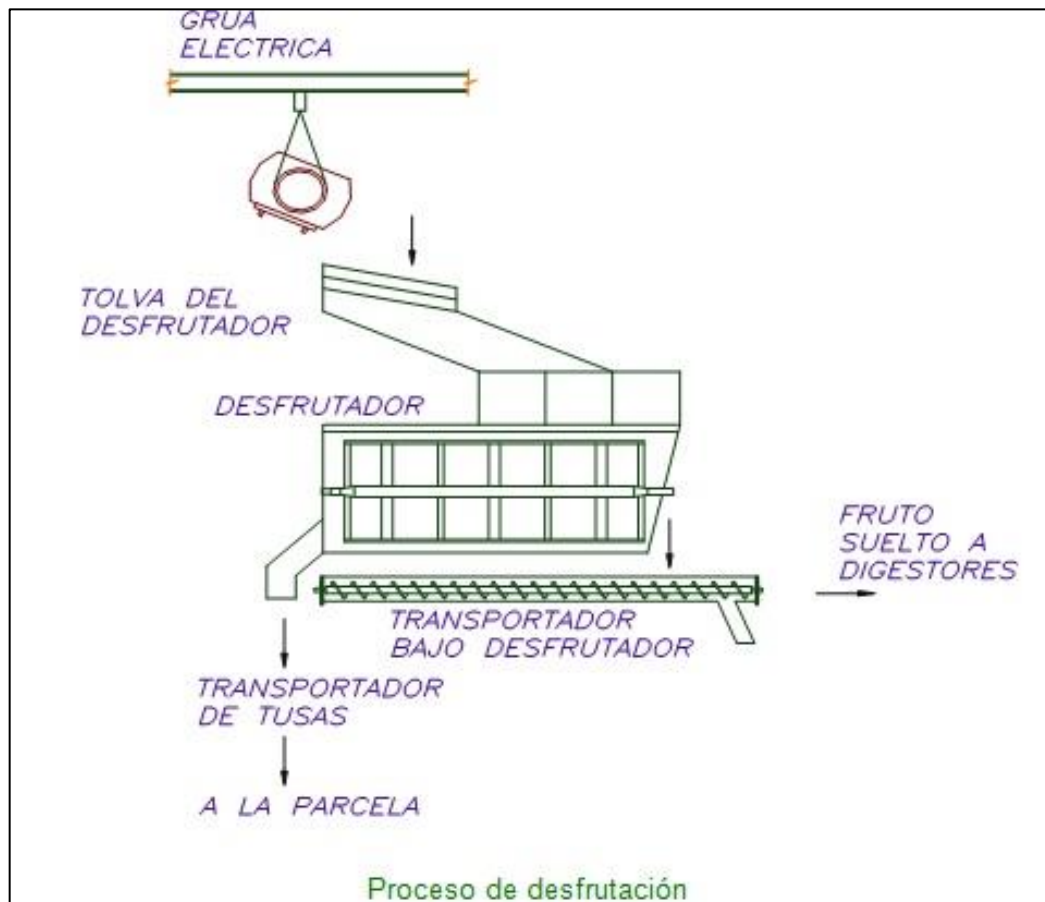
En esta área se lleva a cabo uno de los procedimientos más importantes en la extracción del aceite de palma, la esterilización. Luego de que las vagonetas son cambiadas de carril por medio de una mesa de transferencia (TRANSFER), estas son ingresadas al esterilizador donde se calientan a una temperatura de 125 °C por un periodo de 90 min aproximadamente. Esta parte del proceso tiene como objetivos principales neutralizar los efectos de la acidificación de fruto y ablandar los frutos adheridos al tallo para la posterior área de desfrutación.

2.2.3. Desfrutación

Al salir del esterilizador, la vagoneta se dirige hacia una segunda mesa de transferencia, en donde se cambia de carril nuevamente para pasar hacia el volteador. Aquí se gira la vagoneta para dejar caer el raquis en un elevador de cadena inclinado 45 °, en donde el raquis es transportado hasta la entrada del desfrutador en la parte superior. El desfrutador consta de un tambor rotatorio el

cual se encarga de elevar el raquis y dejarlo caer para desprender los frutos ablandados por el proceso de esterilización, como se ve en la figura 2.

Figura 2. **Proceso de desfrutación**



Fuente: DELGADO RODRÍGUEZ, Francisco Claver. *Palma de aceite*.
palmaceite.webcindario.com. Consulta: octubre 2017.

Los frutos caen hacia un transportador y posteriormente hacia un elevador de cangilones, el cual se encarga de llevar el fruto hacia la próxima área de extracción. Al mismo tiempo del desfrutador sale el raquis ya sin frutos y este cae en otro transporte en el cual un operador lo inspecciona para determinar si

se encuentra suficientemente maduro. En caso de que el raquis no esté maduro es enviado a un transporte de retorno hacia el esterilizador para ser nuevamente cocido.

2.2.4. Extracción

Posterior al proceso de desfrutación, la fruta es llevada hacia un elevador de cangilones e ingresada en el digestor en donde la fruta es sometida al proceso de maceración con una temperatura de aproximadamente 90°C para ablandar la fruta antes del prensado. Al terminar la maceración, la fruta cae hacia una prensa de tornillos o gusanos sin fin, en donde se extrae el aceite rojo por medio de compresión para luego pasar a la siguiente área de clarificación donde se limpian las impurezas.

Además, como resultado del prensado, no solo se obtiene aceite rojo, sino también fibra y nuez. La fibra sirve como biomasa para la caldera, mientras que la nuez es el centro del fruto y este pasa hacia el área de palmistería donde se vuelve a prensar para obtener el aceite blanco que es el más fino de la producción.

2.2.5. Raquis

Esta área al igual que extracción, se encuentra al momento de salir del desfrutador. El racimo se dirige ya sin fruta hacia el área de raquis, donde pasa por un elevador de racimos, hacia una serie de picadoras que se encargan como su nombre lo indica de picar el racimo para enviarlo hacia las prensas de raquis. A través del prensado, se extrae otro porcentaje de aceite, el cual se envía a un tanque encargado de separar agua, lodos e impurezas del aceite.

Aquí también se obtiene fibra la cual se aprovecha en la caldera como biomasa.

2.2.6. Clarificación

En esta área se retira el agua, los lodos y las impurezas o partículas en suspensión que se arrastran desde el prensado de la fruta. Se realiza un proceso de filtrado, decantación y centrifugación para alcanzar la pureza máxima en el aceite crudo con un mínimo de impurezas sólidas.

Como primer punto, el aceite crudo obtenido de la extracción entra a las zarandas, las cuales se encargan de separar las impurezas sólidas por medio de la vibración. Las impurezas sólidas se depositan en un cajón debajo de la zaranda, las cuales son desechadas posteriormente. Al concluir en las zarandas, el aceite crudo es trasladado hacia los clarificadores. Estos se encargan de la llamada decantación, que simplemente separa los lodos, el agua y el aceite por diferencia de densidades.

Al concluir con esta parte del proceso el aceite ya decantado pasa hacia los secadores donde se eliminan las últimas impurezas sólidas, así como la humedad que contenga por medio de vacío. Mientras tanto, los lodos se transportan hacia las centrifugas que se encargan de separar el aceite de las impurezas y los lodos. Tanto los lodos en las centrífugas como el agua de los secadores, son expulsados hacia un canal que los transportan hacia el área de florentinos. Estos son los llamados efluentes del proceso.

2.2.7. Palmistería

Al momento que termina el prensado se obtiene aceite crudo, fibra y nuez. La fibra y nuez pasa por un transporte helicoidal hasta llegar al ciclón de fibra, el cual tiene una corriente de aire hacia arriba lo que provoca que el material menos denso se eleve y el más denso caiga.

Aquí es donde la fibra se eleva y la nuez cae por diferencia de densidades comenzando así el proceso en el área de palmistería. La nuez cae en un tambor pulidor que se encarga de separar cualquier resto de fibra que haya quedado después del ciclón de fibra mediante la rotación del tambor. Una vez separado, la nuez cae hacia un transporte helicoidal que lo lleva hacia un elevador de nuez para la siguiente etapa. Al llegar a la parte superior, la nuez cae a otro transportador helicoidal y llega hacia un tambor clasificador que tiene como función introducir la nuez en los silos debajo de ellos.

Aquí se almacena la nuez hasta que el proceso continúa, enviando la nuez hacia los quebradores que se encargan de romper la cascarilla que envuelve al centro de la nuez llamada almendra. La cascarilla y almendra cae hacia transportadores helicoidales que se encargan de llevarlos hasta los elevadores de mezcla.

Esto es debido a que la mezcla debe ser separada para luego ser almacenada, por lo tanto, la mezcla cae de nuevo hacia un separador de almendra, cascarilla y polvo, y al salir de este separador entran a un ciclón de cascarilla para llevarla por diferencia de densidades hacia el transporte de fibra para su posterior uso como biomasa. Por otro lado, la almendra es llevada hacia un silo para su almacenamiento y posterior uso en el área de coquitos.

2.2.8. Coquitos

La almendra almacenada en los silos, es transportada hacia las prensas de coquitos que se encargan de extraer el aceite más fino llamado aceite de palmiste. Este aceite se encuentra en el corazón de la fruta o en la almendra.

Posterior al prensado, el restante pasa hacia los molinos para terminar el procesamiento de la almendra. El resultado es harina la cual se puede utilizar como abono o vender como alimento para ganado. El aceite que se obtiene como resultado del prensado pasa hacia la zaranda para separarlo de lodos e impurezas. La harina pasa por un tamiz y luego ya limpia se envuelve en sacos para su transporte y entrega.

2.2.9. Caldera

En la planta se tienen dos calderas, una acuotubular y pirotubular¹, y otra solamente pirotubular. Actualmente se utiliza únicamente la pirotubular ya que tiene mayor capacidad debido a su tamaño. Aquí es donde la fibra, la cascarilla y los restos de la nuez son aprovechados como biomasa para la generación de energía.

2.3. Análisis de agua

La planta de beneficio en Pataxte cuenta con un laboratorio para analizar muestras de aceite, agua, lodos y efluentes en general. También con el denominado NaturaLab, el cual examina los suelos y la palma directamente

¹ 1. ABARCA, Pedro. *Descripción de calderas y generadores de vapor*. <https://docplayer.es/16281937-Descripcion-de-calderas-y-generadores-de-vapor.html>. Consulta: 4 de enero de 2021.

para detectar y tratar enfermedades en la palma y en el fruto. Debido a que se contaba con el equipo necesario para analizar el agua, se procedió a tomar una muestra del agua a la salida de los secadores.

La muestra se tomó en probetas de 100 mL y se llevó al laboratorio donde se le realizó una prueba en la centrifuga Rotofix 32 A (ver figura 3).

Figura 3. **Centrífuga marca Rotofix 32 A**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

Las probetas se colocan dentro de la centrifuga en el porta probetas, que tiene espacio para 4 probetas cada uno (ver figura 4). Posterior a esto se cierra la centrifuga y se procede a iniciar la prueba, la cual tiene una duración de 5

minutos. La velocidad a la que opera esta centrifuga es de 30 RPM, con esto se busca dividir los líquidos por diferencia de densidades, esto quiere decir que la sustancia menos densa, en este caso el aceite, deberá quedar encima del agua y esto nos dirá el porcentaje de aceite que incluye la muestra.

Es importante saber esto debido que si el agua presentara rastros de aceite no se podría enviar directamente al tanque de almacenamiento, si no debería pasar primero por una trampa para eliminar los restos de aceite.

Figura 4. **Porta probetas de la centrifuga Rotofix 32 A**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

Concluida la prueba en la centrífuga, se verificaron las 4 muestras y ninguna mostró rastros o restos de aceite, por lo que se pudo comprobar que su contenido era puramente agua (ver figura 5).

Figura 5. **Muestras luego de la prueba centrífuga**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

Con estos resultados se puede asegurar que el agua en la salida de los secadores no contiene aceite y por lo tanto es útil para su recirculación en el proceso.

2.4. Fase de ahorro de agua

En la planta de producción existen varias áreas donde se consume agua, ya sea para el correcto funcionamiento de los equipos o para su utilización como parte del proceso.

2.4.1. Áreas donde se utiliza agua

Las áreas más importantes donde se utiliza agua son las siguientes:

- **Caldera:** el agua se utiliza en el interior de la caldera. Previamente pasa por un tratamiento químico donde se le agrega una serie de químicos para evitar que el agua corroa las tuberías y cumpla su función adecuadamente.
- **Prensas:** en esta área se utiliza agua en conjunto con los digestores, el agua debe estar caliente para que se realice el proceso sin ningún problema y con mayor efectividad.
- **Florentinos:** en esta área es donde se recupera lo último de aceite que contengan los lodos y los efluentes del proceso en general. Se necesita agua para mover los efluentes a través del canal y poder bombearlos hacia los tanques de recuperación.

- Clarificación: en toda el área de clarificación se utiliza agua como parte del proceso. Los principales puntos son los clarificadores, las centrifugas y los secadores.

2.4.2. Consumo de agua en secadores

La función principal de los secadores es eliminar la humedad del aceite recuperado para enviarlo posteriormente seco a los tanques de almacenamiento. El agua que se extrae del aceite en los secadores es expulsada por tuberías hacia un canal donde se mezcla con los lodos y los efluentes del proceso. Esta mezcla es la que se envía al área de florentinos donde se recupera lo último de aceite que puedan llevar los efluentes.

En el área de clarificación se encuentran 3 secadores activos al momento de procesar fruta, por lo que, si consideramos que cada uno de estos expulsa gran cantidad de agua, podemos hablar de un desperdicio innecesario de agua al momento de entrar en operación, además de esto aumentan el porcentaje de efluentes en el proceso.

2.4.3. Tanque de almacenamiento de agua

En el área de clarificación se encuentra un tanque de almacenamiento de agua, donde el agua que se puede recuperar de esta área se almacena para ser distribuida a otras áreas como extracción, florentinos y desfrutación. El tanque tiene una capacidad de aproximadamente 20 a 25 metros cúbicos de agua, de los que actualmente se utilizan solamente de 5 a 10.

La cantidad que ingresa es agua que se utiliza en los clarificadores para la separación de aceite, agua y lodos. Luego o restante de agua se envía al

tanque de almacenamiento que sirve como proveedor para las bombas centrífugas.

2.4.4. Prensas

Las prensas de extracción representan un consumo importante de agua en la planta al momento de estar en funcionamiento, esto es debido a que en los digestores se utiliza agua y calor para ablandar el núcleo de la fruta, obteniendo así lo primero del aceite en los digestores. Posteriormente se utiliza agua en las prensas para regular la relación que sale de lodo, agua y aceite.

El consumo de agua se ve reflejado en la composición del aceite crudo al momento de entrar al clarificador, como se ve en la tabla I.

Tabla I. **Composición aceite crudo**

Sustancia	Porcentaje (%)
Aceite	35 %
Agua	35 %
Lodos	30 %

Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

El aceite crudo siempre debe llevar un porcentaje de agua del 35 % para que la separación se haga efectiva en el clarificador. Este porcentaje es el total incluyendo todas las prensas que estén en funcionamiento.

2.4.5. Propuesta reutilización de agua

Tomando en cuenta los aspectos vistos en los incisos anteriores, se planteó una propuesta para la reutilización de agua en el proceso. Como primer

punto se debe considerar a que área se quiere enviar el agua a recircular para saber qué requisitos debe tener y como se va llevar a cabo el envío. Debido a que las prensas de extracción representan un consumo importante de agua por la relación que se debe obtener, se decidió tomar este como punto de destino para el agua recirculada.

También se tomó en cuenta el consumo de agua que las prensas de extracción representan a otras áreas. Debido a que las prensas no disponen de su propio tanque de almacenamiento, se debe ingresar agua de otra área, en este caso florentinos. Florentinos dispone de su propio tanque de almacenamiento de agua y desde allí se envía agua a las prensas de extracción. Debido a que el consumo de agua en las prensas varía dependiendo del volumen de producción, se da la ocasión en las que el tanque de florentinos se queda sin agua.

En una situación como esta, se procede a extraer agua del tanque de almacenamiento para la caldera, lo cual representa un consumo y gasto extra para la empresa. Por estos motivos se escogen las prensas de extracción como punto de destino.

Como segundo punto, se debe evaluar cuál es la mejor opción para obtener agua a recircular. Al evaluar las distintas opciones en el área de clarificación, se obtiene que la más viable son los secadores. Esto debido a que tienen un caudal relativamente alto y el agua de salida está caliente que es un requisito indispensable para las prensas de extracción. También esto ayudará a reducir el volumen de los efluentes del proceso, ya que no se enviará el agua de salida hacia el área de florentinos si no que se recirculara para su reutilización.

Como último punto se debe ejecutar el proyecto. En el área de clarificación se estaba instalando un tanque profundo para la recirculación de los condensados de los radiadores del área de palmistería, por lo que no hubo necesidad de instalar un nuevo tanque para el proyecto en curso. El tanque instalado tiene dimensiones de 1,5 x 1,5 metros y una capacidad de 3 375 metro cúbicos (891,58 galones). El procedimiento de instalación fue el siguiente:

- Se procede a la perforación del suelo con las medidas establecidas de 1,5 x 1,5 metros ya que será un tanque profundo (vea figura 6).

Figura 6. **Agujero para tanque profundo**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

- Se mide la tapadera que se le va a colocar al tanque profundo y se coloca como base (ver figura 7).

Figura 7. **Instalación del tanque profundo**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

- Luego se procedió a la instalación de la bomba y del medidor de nivel que le envía la señal a la bomba para que empiece a trabajar (ver figura 8).

Figura 8. **Tanque con bomba y medidor de nivel**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

- Se finalizó con la instalación de la tubería hacia los secadores y hacia los ventiladores y se colocó la tapadera para poner en funcionamiento el tanque (ver figura 9). Se utilizó tubería de hierro negro de 2 " debido a que soporta las condiciones a las cuales se encuentra el agua y se disponía de ese material en bodega.

Figura 9. **Instalación final del tanque profundo**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

Previo a la instalación de la tubería hacia los secadores se realizó un aforo en la tubería de salida cuyo resultado fue de 6,0514 L/min. Esto nos da una cantidad de 363 L/hr. Ya que el tanque tiene capacidad de hasta 3 375 L y tomando en cuenta que los condensados de los ventiladores son menores al agua de los secadores el tanque tiene suficiente capacidad de almacenamiento.

También se realizó el análisis al agua de los secadores para comprobar que no tenía ninguna cantidad de aceite restante en su composición para poder recircularlo.

La instalación del tanque no presentó mayor problema, así como la instalación de las tuberías.

2.5. Fuentes de ahorro energético

En varias partes de la planta se identificaron fugas de vapor, ya sea en tuberías o en condensados. Esta parte se dejó indicada solamente como una propuesta o recomendación a la empresa ya que se tuvo un enfoque más profundo en el ahorro de agua que en el ahorro energético ya que representaría mayor beneficio para la empresa.

2.5.1. Fugas de vapor en tuberías y accesorios

En la figura 10, 11 y 12 se pueden observar algunas fugas de vapor que se lograron identificar:

Figura 10. Fuga en junta de válvula, área de turbinas



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

Figura 11. **Fuga en tubería de condensados**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

Figura 12. **Fuga condensados esterilizadores**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

También se tomó en cuenta el vapor que se podría aprovechar como condensados (ver figura 13 y 14).

Figura 13. **Vapor del canal de los efluentes**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

Figura 14. **Vapor tanque recuperado de aceite**



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

2.5.2. Transporte de biomasa hacia la caldera

La biomasa que utiliza la caldera para producir energía es la fibra y los restos de nuez. Esta biomasa se obtiene en diferentes partes del proceso, en las prensas de extracción, en el área de palmistería y en el área de coquitos. El problema en este caso es el transporte de biomasa hacia la entrada de la caldera ya que es una distancia larga y solamente se lleva a través de una banda transportadora.

En el primer tramo del recorrido, la fibra se mueve por medio de un transportador de cadenas (ver figura 15).

Figura 15. Inicio transporte fibra



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

Más adelante del recorrido la banda transportadora esta descubierta de los lados por lo que la fibra al ser liviana se cae por los lados ya sea debido al aire o debido al movimiento excesivo en la banda (ver figura 16). Esto se puede tomar como una pérdida de energía o eficiencia en la caldera.

Figura 16. Transporte de fibra descubierta



Fuente: elaboración propia, realizado con Samsung Galaxy S9.

Debido a esto se recomendó cubrir la banda transportadora con una tapadera ya sea de plástico o de metal para evitar la pérdida de material en la trayectoria.

3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

La fase de servicio técnico profesional contiene la información necesaria para realizar un análisis correcto de los equipos que forman parte del proceso de producción y así poder brindar cantidad y periodo de lubricación que estos requieren.

3.1. Características técnicas de la maquinaria

Para llegar a determinar que lubricante es el adecuado, así como la cantidad de lubricante necesario para garantizar un buen funcionamiento en el equipo, es necesario primero conocer datos de funcionamiento como temperatura, vibraciones, cargas, humedad, velocidad y otras características técnicas de la maquinaria que se va a diagnosticar.

3.1.1. Recepción

Esta es la primera área del proceso de producción, en la cual se recibe el racimo de fruta (raquis) y se transporta por medio de vagonetas.

3.1.1.1. Tricket

El *tricket* es el encargado de elevar los camiones cargados con racimo de fruta para su descarga en la rampa que los dirige hacia las vagonetas. Se cuenta con dos *trickets*, uno de 10/12 TON y otro de 20 TON.

- *Tricket* 10/12 TON: Motor 6.6 HP, 1750 rpm, presión de trabajo de 80 kg/cm², capacidad de 25 galones, aceite SHELL NUTO H68 o similar. Cuatro cojinetes 6306N con las siguientes condiciones: velocidad de operación de 6 rpm, contaminación baja partículas abrasivas, carga alta, temperatura de funcionamiento baja (38 a 65 °C) y temperatura de ambiente media.
- *Tricket* 20 TON: Motor 12 HP, 1750 rpm, presión de trabajo de 100 kg/cm², capacidad de 40 galones, aceite SHELL NUTO H68 o similar. Cuatro cojinetes 6306N con las siguientes condiciones: velocidad de operación de 6 rpm, contaminación baja partículas abrasivas, carga muy alta, temperatura de funcionamiento baja (47 a 63 °C) y temperatura de ambiente media.

3.1.1.2. Vagonetas

Las vagonetas se encuentran justo después de la rampa de descarga de los racimos. Estas se encargan de transportar los racimos hacia la siguiente área de esterilización donde se cuecen a una temperatura elevada.

Entre las características importantes a destacar en las vagonetas están: peso de 6 TON (sin fruta) y 9 TON (con fruta), 4 ruedas cada una con cojinetes numero 6213 ZZC3 a una velocidad de 9 rpm, contaminación moderada, carga alta, temperatura de funcionamiento baja y temperatura de ambiente media.

3.1.2. Esterilización

Continuando con el orden del proceso se encuentra el área de esterilización. Esta área abarca desde el inicio del transporte de los racimos, hasta la salida de los mismos en el volteador de racimos.

3.1.2.1. Mesa de transferencia (TRANSFER)

La mesa de transferencia o como se le conoce en la planta “TRANSFER” sirve para cambiar de carril de transporte a las vagonetas y así dirigirlas hacia la entrada del esterilizador.

Funcionan con un sistema hidráulico aceite 68 de 15 galones y una capacidad de transporte en peso de 25 TON. Posee cojinetes en el movimiento de la cadena así como en las ruedas de movimiento del TRANSFER. Estos cojinetes giran a una velocidad de 12 rpm, contaminación moderada, carga alta, temperatura de funcionamiento baja y de ambiente media.

3.1.2.2. Esterilizador

El esterilizador se encarga de cocer la fruta de los racimos para nivelar la acidez y para ablandar el fruto y así facilitar su desprendimiento en el desfrutador.

Se sella herméticamente a una presión de 6 bar máximo y temperatura de 120 °C durante una cantidad de tiempo de 90 minutos. Cada cocida tiene capacidad de 45 TON de fruta. Los cojinetes se encuentran en las puertas de entrada y salida por lo que no se ven muy afectados por la temperatura interna del esterilizador.

3.1.2.3. Cabrestantes

Los cabrestantes son básicamente motores que sirven para mover las vagonetas por el carril correspondiente. Sus características son: Motor de 15 HP, ratio de la caja 4:1, motor trifásico 440 V, aceite 320.

3.1.3. Desfrutación

En el área de desfrutación se transportan los racimos para extraer la fruta y comenzar el proceso de extracción de aceite del fruto.

3.1.3.1. Volteador de vagonetas

Es el encargado de enganchar las vagonetas y girarlas 360 grados para vaciar la carga de racimos que estas contienen, los cuales caen hacia el elevador de racimos para la siguiente etapa.

Posee un motor eléctrico de 20 HP, un sistema hidráulico, motor hidráulico con 5 pistones y cojinetes número 22111. Cadena cuádruple con rodos de soporte con 4 cojinetes numero 22220 EK en las siguientes condiciones: velocidad de operación de 7 rpm, contaminación moderada, carga alta, temperatura de funcionamiento baja y temperatura de ambiente media.

3.1.3.2. Elevador de racimos

Se encarga de transportar los racimos hasta el desfrutador mediante una cadena la cual le da movimiento a la banda transportadora para la separación del fruto y el racimo.

Posee una caja reductora con aceite 320, motor de 40 HP, empujadores y tiene acoplamiento por cadena. 4 chumaceras tensoras, dos arriba y dos abajo numero 22222 EK con las siguientes condiciones: velocidad de operación 5 rpm, contaminación alta, carga moderada, temperatura de funcionamiento baja y temperatura de ambiente media.

3.1.3.3. Desfrutador

Se encarga de separar el fruto de los racimos o raquis, para que luego cada una de estas sea utilizada o aprovechada en el proceso.

Caja hidráulica 320, motor de 50 HP, acoplamiento por faja, dos cojinetes por desfrutador uno en la caja reductora y otro en el extremo opuesto numero 22228 CCK/W33 con una contaminación moderada, carga moderada, velocidad de operación en el reductor de 1200 rpm y en el extremo 22 rpm, temperatura de funcionamiento media y de ambiente moderada.

3.1.3.4. Elevador de fruta

Al salir del desfrutador, la fruta ya separada debe pasar por una serie de transportadores hasta un elevador de cangilones donde se sube la fruta para llevarla hacia los distribuidores que envían la fruta a los digestores.

El elevador de fruta tiene un acoplamiento por cadena con paso 6 y cuenta con 60 cangilones. Tiene 4 chumaceras, 2 abajo número UC 214 y 2 arriba número 22218 EK/C3. Ambas operan a una velocidad de 22 rpm, contaminación moderada, carga moderada, temperatura de funcionamiento baja y de ambiente media.

3.1.3.5. Distribuidor de fruta

El distribuidor de fruta se encarga de transportar la fruta de la salida del elevador de fruta hacia la entrada de los digestores. Posee una caja reductora aceite 320, motor de 10 HP, chumaceras colgantes F 215 a una velocidad de 50 rpm, contaminación moderada, carga baja, temperatura de funcionamiento baja y de ambiente media.

3.1.4. Extracción

En esta área se realiza el primer prensado de la fruta para la extracción del aceite crudo por lo que es de vital importancia el funcionamiento adecuado de las prensas y los digestores.

3.1.4.1. Prensa de extracción

Es de vital importancia en el proceso de producción ya que se encargan del primer prensado de la fruta del cual se extrae el aceite crudo. Posee una caja reductora de acoplamiento directo, motor 60 HP, con cojinetes de diferentes números. Dos cojinetes 22224E en el inicio de la caja de engranajes y dos 29424E. En la parte intermedia dos cojinetes 22228E y al final del eje 2 cojinetes 22218 EK C/W.

Todos los cojinetes operan a una velocidad de 13 rpm, contaminación moderada a alta, carga moderada, temperatura de funcionamiento media y temperatura de ambiente media.

3.1.4.2. Digestor

Se encargan de suavizar o ablandar la fruta para para facilitar el proceso de prensado y el proceso de extracción. Caja reductora de acoplamiento directo, motor de 40 HP, eje vertical y dos cojinetes, uno superior número 22222E y uno inferior número 32222. Ambos cojinetes operan a una velocidad de 24 rpm, contaminación moderada, carga baja, temperatura de funcionamiento alta y temperatura de ambiente alta.

3.1.5. Raquis

Esta área se encuentra paralela al área de extracción, con la diferencia que aquí es donde entra el raquis (racimo sin fruta) para ser procesado a través de una serie de maquinaria.

3.1.5.1. Prensa de raquis

Aquí se prensa el raquis con el objetivo de obtener todo el líquido que pueda contener dentro el racimo o raquis, para posteriormente entrar al tanque de almacenamiento de lodos donde se realiza la separación del aceite crudo.

Estas prensas tienen caja reductora, motor 60 HP, dos cojinetes después del acople flexible 22232 CC/W33, un cojinete 29334 E y uno en la punta del eje número 23948 CC/W33. Todos operan con una velocidad de 13 rpm, contaminación moderada, carga alta, temperatura de funcionamiento baja y de ambiente media.

3.1.5.2. Picador

Aquí es donde se pica el raquis o racimo con el objetivo de ablandarlo para el prensado y así obtener una mayor facilidad y rapidez al momento del prensado.

Contiene cuchillas, cajas reductoras, motor de 20 HP y cuatro cojinetes 22219E C3 con velocidad de operación de 13 rpm, contaminación moderada, carga moderada, temperatura de funcionamiento baja y de ambiente media.

3.1.5.3. Molino de raquis

Cuando hay poca producción en la planta se utiliza el molino en lugar de transportar el raquis hasta las prensas y los picadores ya que esta se encuentra abajo. Cuando hay más producción no se utiliza ya que es solo un molino y no logra abarcar todos los racimos. Caja reductora, acople por cadenas, motor de 20 HP.

3.1.5.4. Elevadores de raquis

Se encargan de transportar el raquis hacia arriba donde se distribuye hacia el picador y las prensas. Acoplamiento por cadena doble, cadenas de paso 6, dos chumaceras al inicio y final número UC213 con una velocidad de operación de 6 rpm, contaminación moderada, carga moderada, temperatura de funcionamiento baja y de ambiente media.

3.1.5.5. Transportador de raquis

En el área de raquis se encuentran varios transportadores para mover el raquis entre la maquinaria. Al salir el racimo del desfrutador, cae en el primer transportador donde un operador se encarga de inspeccionar el raquis para determinar si se encuentra lo suficientemente maduro o debe ser llevado nuevamente al esterilizador.

Todos los transportadores tienen cojinetes número UC214 al inicio y al final con condiciones de contaminación moderada, velocidad de operación de 8 rpm, carga moderada, temperatura de funcionamiento baja y de ambiente media.

3.1.6. Clarificación

En esta área se busca eliminar las impurezas que se encuentran en el aceite crudo y el aceite de palmiste.

3.1.6.1. Zaranda

Las zarandas con las encargadas de eliminar sólidos o impurezas mayores mediante la vibración del líquido y su transporte por unas mallas especiales para atrapar las impurezas.

Tienen un motor de 10 HP, vibrador, tamiz no. 20 y no. 17, capacidad de 20 TON/hora máximo. Un cojinete superior y uno inferior número 22318, velocidad de operación de 56 rpm, contaminación moderada, temperatura de funcionamiento media, y de ambiente alta.

3.1.6.2. Clarificador

Aquí entra el aceite crudo junto con agua y lodos que viene de las prensas de extracción y se realiza una separación por diferencia de densidades, lo que ayuda a facilitar el proceso en las siguientes etapas. No tiene cojinetes ni chumaceras.

3.1.6.3. Cepillo rotativo

Se encarga de mover el aceite crudo para realizar la separación de todas las sustancias que no se deben tener antes de pasar a las centrifugas. Tiene rodos guías, motor de 7 HP, aceite 220 para la caja reductora.

3.1.6.4. Bombas

Hay varias bombas en el área de clarificación que se encargan de transportar los líquidos entre la maquinaria y entre las distintas etapas. Bombas centrifugas con capacidad de 30 a 40 gal/min. Motor eléctrico de 10 HP acoplado por faja. Las bombas se clasifican en 4 usos importantes:

- Bomba de aceite crudo: 4 bombas que se encargan del transporte del aceite crudo con cojinetes número 6309 2Z, velocidad de operación de 1700 rpm, contaminación moderada, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.
- Bomba recuperado de centrífugas: se encargan de transportar el aceite recuperado de los lodos de las centrífugas hacia los tanques clarificadores. Cojinetes número 6207 2Z, velocidad de operación 1700

rpm, contaminación moderada, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.

- Bomba vacío secador: se encarga de expulsar el agua que se obtiene al deshumedecer el aceite crudo. Cojinetes 6306 22C3, velocidad de operación de 1700 rpm, contaminación moderada, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.
- Bombas de lodos: transportan los lodos hacia el área de florentinos. Cojinetes 6309 2Z, velocidad de operación 1700 rpm, contaminación moderada, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.

3.1.6.5. Centrífuga

Las centrífugas se encargan de separar los lodos e impurezas solidas del aceite crudo. Actualmente se cuenta con 6 centrífugas para cubrir la demanda del total de producción.

Tiene 2 ejes, boquillas, estrellas y motor de 20 HP acoplado por fajas con una capacidad máxima de 3 a 4 TON/hr. Tienen 2 cojinetes número 22224 EK/C3 que operan a una velocidad de 2000 rpm, contaminación moderada, carga moderada, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.

3.1.6.6. Secador

Aquí se le extrae la humedad al aceite crudo por lo que se requiere una operación continua de estos equipos. No tienen cojinetes ya que no están en movimiento pero tienen una contaminación baja ya que están sellados, carga

baja y temperatura de funcionamiento alta. Su capacidad es de 4 a 5 TON/hr máximo.

3.1.7. Palmistería

En esta área se obtiene el centro del fruto del raquis, es decir, de la nuez que sobra del prensado en el área de extracción pasa por los quebradores para obtener el centro o núcleo de la fruta y en otra área posterior se realiza el prensado y se obtiene el aceite de palmiste que es aún más fino que el aceite crudo.

3.1.7.1. Quebrador

El quebrador se encarga de romper la nuez que rodea al núcleo de la fruta de donde se obtiene el aceite de palmiste. Hay 4 quebradores que se encargan de realizar este trabajo con 2 cojinetes cada uno número UC 210. Tiene varillas de $\frac{3}{4}$, un imán captador de metales en caso sea necesario y motor de 10 HP acoplado por faja.

Operan a una velocidad de 1500 rpm, contaminación moderada, temperatura de funcionamiento media y de ambiente media.

3.1.7.2. Elevadores

Hay varios elevadores cuya función es transportar de cierta forma los distintos materiales de unos equipos a otros. A continuación, se listan los distintos elevadores, sus características y su función.

- Elevador de fibra: se encarga de elevar la fibra restante del proceso de nuevo hacia los transportadores que alimentan a la caldera. Tiene acoplamiento por cadena doble, 60 cangilones, cadena paso 6. Cojinetes número UC 215 y 22217 EK operando a una velocidad de 13 rpm, contaminación alta, carga moderada, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.
- Elevador de nuez: se encarga de transportar la nuez a una parte superior donde es ingresada en tambores clasificadores y posteriormente enviado al silo de almacenamiento. Tiene 2 cojinetes UC 217 y 22217 EK operando a 13 rpm, contaminación alta, carga moderada, temperatura de funcionamiento media y de ambiente media.
- Elevador de mezcla 1 y 2: luego de que la nuez pasa por los quebradores se obtiene una mezcla de almendra (núcleo), cáscara y polvo. Esta mezcla se eleva hacia el separador para continuar con el proceso. Acoplamiento por cadena doble, 60 cangilones, cadena paso 6, 2 cojinetes UC 217 y 22217 EK operando a 13 rpm, contaminación media, carga moderada, temperatura de funcionamiento normal y de ambiente media.
- Elevador de almendra: luego que la almendra es separada de la cáscara y el polvo es transportada hacia el elevador de almendra donde se envía hacia la siguiente área para la extracción del aceite de palmiste. Acoplamiento por cadena doble, 60 cangilones, cadena paso 6, 4 cojinetes número UC 214 operando a 31 rpm, contaminación media, carga moderada, temperatura de funcionamiento y ambiente media.

3.1.7.3. Ciclones

Los ciclones en el área de palmistería se encargan de separar materiales para su distribución en el proceso. Se tiene el ciclón de fibra y el ciclón de polvo y cascara que se explican a continuación.

- **Ciclón de fibra:** se encuentra justo luego del transportador que sale de las prensas de extracción. Aquí entra fibra y nuez, por lo que el ciclón se encarga de succionar o elevar con aire la fibra y la nuez cae por diferencia de peso. Funciona con ventiladores de 60 HP motor trifásico acoplado por faja, 2 cojinetes número UC 215 y 22215 EK operando a 52 rpm, contaminación alta, carga baja, temperatura de funcionamiento normal y de ambiente media.
- **Ciclón de polvo y cáscara:** se encarga de separar el polvo y la cascarilla de la almendra que luego será llevada hacia el área de coquito para el prensado. Funciona con ventiladores de 60 HP motor trifásico acoplado por faja, 2 cojinetes número 2213 EKTN9 y UC 210 operando a 40 rpm, contaminación alta, carga baja, temperatura de funcionamiento normal y de ambiente media.

3.1.7.4. Ventiladores

Los ventiladores sirven para enfriar la nuez y la almendra en los silos de almacenamiento. Tienen motor de 20 HP acoplado por faja, capacidad de succión de 80 con cojinetes 2213 EKTN9 operando a velocidad de 1250 rpm, contaminación moderada, carga baja, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.

3.1.7.5. Transportadores

En el área de palmistería hay varios transportadores helicoidales que ayudan a transportar la materia prima de un equipo a otro, de una estación a otra por lo que a continuación solo se mencionan características generales y los cojinetes que utiliza cada uno. Chumaceras colgantes de desgaste, caja reductora aceite 320 y motor de 10 HP.

- Transporte de tora 1 y 2: cojinetes número UC 218, velocidad de operación 58 rpm, contaminación moderada, carga baja, temperatura de funcionamiento media y de ambiente media.
- Transporte de nuez 1 y 2: cojinetes número UC 210 y UC 215, velocidad de operación 60 y 55 rpm respectivamente, contaminación moderada, carga baja, temperatura de funcionamiento media y de ambiente media.
- Transporte mezcla quebrada: cojinetes número UC 210, velocidad de operación 48 rpm, contaminación moderada, carga baja, temperatura de funcionamiento media y de ambiente media.
- Transporte de almendra del 1 al 6: cojinetes número UC 215 y YAR 212-2F, velocidad de operación 50 rpm, contaminación moderada, carga baja, temperatura de funcionamiento media y de ambiente media.
- Transporte exceso de fibra: cojinetes número UC 218, velocidad de operación 56 rpm, contaminación moderada, carga baja, temperatura de funcionamiento media y de ambiente media.

3.1.8. Coquito

Esta área es donde se realiza el prensado de la almendra (el centro del fruto) para obtener el aceite de palmiste, que es el más fino en la producción. También se obtiene harina como resultado del molido del material sobrante el cual es utilizado como abono o como alimento para el ganado.

3.1.8.1. Prensa de coquito

Se encarga de la extracción del aceite de palmiste de la almendra obtenida en procesos anteriores. Está conformada por gusanos, caja reductora, canasta de prensado, motor de 65 HP y cojinetes número 29424 E, 22322 W33 y 22320 EAW33. Operan a una velocidad de 18 rpm, contaminación moderada, carga alta, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.

3.1.8.2. Molino de harina

Se tienen dos molinos de harina los cuales se encargan de triturar la cáscara o el material restante del prensado de la almendra. Posee martillos y motor de 15 HP, cojinetes número 22217 EK que operan a una velocidad de 42 rpm, contaminación media, carga moderada, temperatura de funcionamiento media y de ambiente media.

3.1.8.3. Zaranda aceite de palmiste

La zaranda hace la misma función que en el área de clarificación ya que se encarga de limpiar el aceite eliminando los sólidos y lodos que se encuentran en el aceite en este caso el de palmiste. Motor 10 HP, tamiz 17, acoplamiento por faja, capacidad 20 TON/hr, cojinetes número 22318 EK a velocidad de 1450

rpm, contaminación moderada, carga baja, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.

3.1.8.4. Tamizador de harina especial

Se encarga de eliminar partículas o sólidos de la harina especial para que esta tenga una consistencia limpia y pura. Lona filtrante y eje de empuje, cojinetes número UC 206, velocidad de operación de 15 rpm, contaminación media, carga baja, temperatura de funcionamiento baja y de ambiente media.

3.1.8.5. Elevador de harina

Se encarga de elevar la mezcla que sale del molino de harina hacia los transportadores y posteriormente al tamizador. Acoplamiento por cadena doble, 60 cangilones, cojinetes número UC 215, operan a velocidad de 56 rpm, contaminación normal, carga moderada, temperatura de funcionamiento normal y de ambiente media.

3.1.8.6. Transportadores

Hay varios transportadores que ocupan toda el área de coquito, todos son helicoidales con chumaceras colgantes de desgaste, motor 10 HP, cojinetes número YAR 212-2F, UC 210, YAR 211-2F, UC 211 operan todos a una velocidad de 60 rpm ya que realizan funciones similares, contaminación normal, carga baja, temperatura de funcionamiento media y de ambiente media.

3.1.8.7. Bomba de palmiste

Se encarga de impulsar el aceite de palmiste hacia los tanques de almacenamiento para su posterior transporte. Bombas centrífugas, capacidad de 30 a 40 gal/min con motor eléctrico de 40 HP acoplado por faja.

3.1.9. Caldera

Aquí es donde entra toda la biomasa obtenida en el proceso de producción para generar vapor.

3.1.9.1. Bombas

Varias bombas se utilizan en el área de la caldera con el mismo propósito, impulsar líquidos de un equipo a otro. Hay bombas centrífugas multietapa con motor de 65 HP. Se encuentran cojinetes número 6309, 6407 y 6310, que operan a 2900, 3600, y 3540 rpm respectivamente. Las condiciones de contaminación son moderadas, carga moderada, temperatura de funcionamiento moderada y de ambiente media.

3.1.9.2. Gusanos

Transportadores encargados de ingresar la biomasa en la parte superior de la caldera y de evacuar la ceniza. Ambos cuentan con cojinetes UC 215 a una velocidad de operación de 52 rpm, contaminación moderada, carga normal, temperatura de funcionamiento moderada y de ambiente alta.

3.1.9.3. Ventiladores

Ventilador secundario, ventilador de tiro forzado, ventilador inducido y ventilador secundario de fibra. Cojinetes número 22215, 22213, 22228, 22217 que operan a 1800 rpm todos, contaminación moderada, carga moderada, temperatura de funcionamiento alta y de ambiente media.

3.2. Clasificación de los lubricantes utilizados

Para lograr determinar las cantidades que se deben aplicar en cada equipo de lubricante, primero se debe conocer y analizar los tipos de grasas y aceites que se utilizan en la planta de producción.

3.2.1. Grasas extrema presión

Las grasas extrema presión son grasas con aceite base mineral y espesante de jabón de litio, que contiene aditivos para presión extrema. Esta grasa proporciona una buena lubricación en aplicaciones generales sometidas a condiciones difíciles y de vibración. También ofrecen una excelente estabilidad mecánica, excelentes propiedades anticorrosivas y rendimiento extrema presión.

Para esta sección del proyecto se trabajó con el proveedor de lubricantes de la empresa para analizar el aceite que se estaba utilizando en algunos equipos. Para la grasa se evaluaron las características técnicas de la maquinaria, así como las condiciones a las cuales operaban las chumaceras y cojinetes en cada caso.

Para las grasas de extrema presión se encontró un amplio campo de aplicación debido a que contaban con las características y condiciones requeridas por la mayoría de las chumaceras en los equipos de la planta. Las grasas de extrema presión que se utilizan en la planta son las siguientes:

- Multis Complex EP 2: se trabaja en equipos donde se opera a revoluciones bajas pero a temperaturas alta, ya sea por una carga alta o bien por el ambiente donde se tiene las chumaceras y cojinetes. Se emplean donde el uso de una grasa de jabón de litio convencional no es suficiente.
- Multis EP 2: grasa multifuncional utilizada en rodamientos de agujas, rodamientos lisos, de rodillos, rodamientos de ruedas y donde se opera a bajas revoluciones y temperatura normal. Ejemplo de aplicaciones en los transportadores helicoidales, gusanos, todo tipo de elevadores.
- CERAN XM 220: permite aplicaciones en situaciones de alta carga, vibraciones o choques. También se utiliza en rodamientos que operan a altas velocidades o revoluciones. Nueva grasa que se intenta implementar en sustitución a la multis complex EP 2 ya que CERAN es de la nueva generación de lubricantes TOTAL.

3.2.2. Grasas multifuncionales

Son grasas que se pueden aplicar en diversidad de condiciones y equipos distintos debido a su composición química que permite esta flexibilidad de uso. Esto es una ventaja ya que permite racionalizar los stocks y simplificar de cierta manera las operaciones de mantenimiento, reemplazando numerosas grasas de usos muy específicos.

Tiene muy buena estabilidad térmica, muy buena resistencia a las variaciones de temperatura. También muy buena formación de película lubricante, lo que permite reducir los costos de mantenimiento y los tiempos de parada, con un excelente poder adhesivo sobre los metales. En la planta se utilizan las mencionadas anteriormente: Multis Complex EP 2 y Multis EP 2.

3.2.3. Grasas altas temperaturas

Grasas especiales para su funcionamiento en cojinetes o chumaceras que operan a altas temperaturas, ya sea porque están en una parte muy caliente el proceso o por exposición directa al sol y calor. En la planta se trabaja con dos lubricantes que cuentan con esta propiedad especial, la Multis Complex EP 2 y la ALTIS EM2.

La ALTIS EM2 es una grasa espesante de poliurea especial para alta temperatura y altas revoluciones siendo su principal aplicación los cojinetes de los motores eléctricos.²

3.2.4. Grasas ISO

Los lubricantes que se utilizan en la planta de producción están normados bajo las características y especificaciones ISO. Debido a que las grasas están conformadas por un aceite base, aditivos y espesantes, podemos decir que también las grasas deben cumplir con normativos ISO para su utilización. En la planta se utilizan varias grasas con aceites base distintos bajo las siguientes normas: ISO 6743-9, ISO 2137, ISO 13737.

² TOTAL ENERGIES. *Grasas industriales*. <https://totalenergies.com.ar/usos-profesionales/aplicaciones-industriales/grasas>. Consultado: noviembre de 2020.

3.2.5. Aceites minerales

Los aceites minerales son productos obtenidos de la destilación del petróleo y están compuestos mayoritariamente por hidrocarburos³. Existen varios usos diferentes para los aceites minerales, en este caso en la planta se utiliza solamente un tipo de aceite mineral en el montacargas y en el taller para uso de los mecánicos.

3.2.6. Aceites ISO

Toda la recomendación de lubricación para equipo o maquinaria industrial debe estar orientada hacia la selección del grado ISO del aceite en función de la temperatura de operación del aceite en el equipo y de la temperatura ambiente.

Siempre se debe seleccionar el aceite con la norma ISO que especifique el fabricante del equipo. En caso el fabricante especifique el tipo de aceite a utilizar en otro sistema distinto al de ISO, como el ASTM, AGMA o SAE se debe hallar el equivalente entre estos y el ISO utilizando la tabla II.

³ CARMEN. *Derivados del petróleo: Aceites minerales: petrolatum*. <https://cuidartebio.es/derivados-petroleo-aceite-mineral-petrolatum/>. Consultado: noviembre de 2020.

Tabla II. **Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de viscosidad**

Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE	
			Motor Unigrado Multigrado	Engranajes Unigrado Multigrado
10				
15	75			
22	105		OW, 5W	75W
32	150		10W	
46	215	1	10,15W	
68,68EP	315	2, 2EP	20W,20	10W30,20W20 80,80W
100,100EP	465	3,3EP	25W,30	5W50, 15W40
150,150EP	700	4,4EP	40	15W50, 20W40
220,220EP	1000	5,5EP	50	90 85W90
320,320EP	1500	6,6EP		85W140
460,460EP,460C	2150	7,7EP,7C		140
680,680EP,680C	3150	8,8EP,8C		
1000,1000EP,1000C	4650	9,9EP,9C		
1500,1500EP,1500C	7000	10,10EP,10C		250

Fuente: GAMARRA, Edgar. *Aceites*. <https://es.slideshare.net/EdgarGamarra/aceites-14108218>.
Consulta: febrero de 2018.

Cabe recordar que el sistema ISO clasifica la viscosidad de los aceites industriales en cSt a 40 °C, mediante un número estándar que se coloca al final del nombre del aceite industrial. Todos los aceites utilizados en la planta están bajo normas ISO.

3.2.7. Aceite hidráulico

El aceite hidráulico tiene un papel muy importante en el funcionamiento de vehículos y maquinarias ya que cumplen la función principal de transmitir la

potencia hidráulica que se genera al interior de un motor⁴. En la planta se utilizan 3 tipos de aceite hidráulico distintos. El primero se utiliza para los sistemas hidráulicos en general, que se encargan de realizar movimiento en las máquinas.

Estos sistemas se encargan de mover los conos o ejes de las prensas de extracción, mover el volteador, mover el transfer o transportador de fruta, abrir y cerrar las compuertas de las rampas en el área de recepción, entre otras. Para estos sistemas se utiliza el aceite Azolla ZS 46, ya que ofrece propiedades anti-desgaste y elevada resistencia térmica esencial para las aplicaciones necesarias.

El segundo aceite hidráulico se utiliza para las turbinas y es el Preslia GT 46. Ofrece alta resistencia a la oxidación, gran rendimiento contra el aire y el agua lo que la hace especial para el uso en turbinas o centrifugas.

El tercer aceite hidráulico se utiliza para el montacargas y los vehículos similares es el mobil ISO 32. Provee alta estabilidad ante la oxidación, propiedades anti-desgaste y protección contra la corrosión.

3.3. Lubricación por grasa

La lubricación es una de las actividades más importantes que se realizan como mantenimiento preventivo, ya que ayuda al correcto funcionamiento de la maquinaria y equipo en la planta. Mediante la lubricación por grasa uno de los elementos más importantes a tener en cuenta son los cojinetes y chumaceras.

⁴ QUIMINET. *Conozca las características de los aceites hidráulicos.* <https://www.quiminet.com/articulos/conozca-las-caracteristicas-de-los-aceites-hidraulicos-2744063.htm>. Consultado: enero de 2021.

En los rodamientos se utiliza alrededor de un 90 % grasa y solo un 10 % aceite. Esto es debido a que las grasas se ajustan mejor a las exigencias o requerimientos de los rodamientos, proporcionan mayor adherencia a superficies, mejor aislamiento y sellado, resistencia a altas cargas y bajas velocidades y otras condiciones.

3.3.1. Cantidad engrase inicial

Para lograr determinar los periodos en los cuales se debe re lubricar los cojinetes y chumaceras, determinar la cantidad de grasa que se le debe aplicar y la manera en que se debe aplicar, primero se deben realizar ciertos cálculos, tomando en cuenta las especificaciones de cada cojinete y chumacera.

La cantidad de engrase inicial es muy importante ya que nos permite saber cuánta grasa debe llevar un cojinete en el momento de instalarlo por primera vez y nos ayuda a calcular la cantidad de gramos al momento de re lubricar. Con esto logramos reducir la cantidad de desperdicio de lubricante.

Para calcular la cantidad de engrase inicial⁵, se deben tener las dimensiones físicas de cada cojinete y luego multiplicar estos datos por el factor de corrección que se da en la siguiente ecuación:

$$Gr = D * B * 0.005$$

⁵ Mobil. *Determinación de los intervalos de relubricación*. <https://www.mobil.com.mx/es-mx/lubricantes/industrial/lubricant-expertise/resources/determining-relubrication-intervals>. Consulta: 11 de octubre de 2020.

Donde:

Gr: Cantidad de grasa a utilizar (gramos)

D: Diámetro exterior del rodamiento (mm)

B: Ancho del rodamiento (mm)

También se puede obtener el resultado de la cantidad de grasa a utilizar en onzas, ajustando la ecuación. Se debe cambiar el factor de corrección de 0.005 a 0.114 y las dimensiones se deben expresar en pulgadas y así se obtendrá el resultado en onzas.

3.3.2. Frecuencia de reengrase

Es de vital importancia en cualquier planta donde se lleva a cabo un plan de mantenimiento preventivo, establecer los periodos o la frecuencia con la que se deben re engrasar los cojinetes para evitar un sobrecalentamiento por falta de lubricante o una sobrecarga en la máquina.

Para calcular la frecuencia de reengrase no existe un método que nos indique con total exactitud el dato buscado, ya que se deben tomar en cuenta múltiples factores como:

- Temperatura de funcionamiento
- Temperatura ambiente
- Vibración
- Humedad

- Posición del eje
- Diseño del rodamiento
- Velocidad (RPM)
- Diámetro interno y externo

Por esta razón se tomó como base dos métodos distintos los cuales se presentan a continuación.

3.3.2.1. Frecuencia de reengrase por fórmula

Se sabe que la temperatura afecta tanto a la grasa como al aceite, por lo que naturalmente ese es uno de los primeros factores a considerar. Mientras más caliente esté el ambiente, con más frecuencia debe reponerse la grasa. La contaminación en el ambiente (qué tan sucio está) y la humedad (qué tan húmedo está el ambiente) trabajan de manera similar. Mientras más húmedo y sucio sea el ambiente, con más frecuencia debe engrasarse el rodamiento.

Cosas tan simples, como la posición física del rodamiento y la vibración, también afectarán el escurrimiento de la grasa y por ende la frecuencia de reengrase. Si el rodamiento está montado sobre un eje en posición vertical, la grasa tendrá una mayor tendencia a escurrir del rodamiento que si estuviese montado sobre un eje en posición horizontal. Cuando el rodamiento está sujeto a vibración, el aceite contenido en la grasa se separa con más facilidad del espesante, ocasionando que drene con mayor rapidez en lugar de estar en

donde se necesita. Por lo anterior, deben tomarse en consideración ambos factores de corrección (posición y vibración).

El último factor de corrección es la construcción o tipo de rodamiento. Esto es importante porque cada elemento estresa a la grasa de manera diferente. Por ejemplo, un rodamiento de bolas agita la grasa de manera diferente que uno de rodillos esféricos, pues este último la batirá de forma mucho más intensa.

Una vez que se han seleccionado cada uno de los factores correspondientes, se necesita el diámetro interior del rodamiento y la velocidad a la que trabaja (rpm).⁶ Por último, para determinar cada cuantas horas se debe reengrasar el cojinete, aplicamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

T= Frecuencia (horas)

K= Producto de todos los factores de corrección (Ft*Fc*Fh*Fv*Fp*Fd)

n= Velocidad (RPM)

d= Diámetro interior (mm)

Al aplicar esta fórmula, se obtuvo la frecuencia de relubricación de cada cojinete.

⁶ NORIA. *Cálculo de la cantidad de grasa y de la frecuencia de re-engrase.* <https://noria.mx/lublearn/calculo-de-la-cantidad-de-grasa-y-de-la-frecuencia-de-re-engrase/#:~:text=Para%20calcular%20la%20cantidad%20de,y%20a%20continuaci%C3%B3n%20multiplicarlas%20por%200.005.> Consulta: 4 de noviembre de 2020.

3.3.3. Factor de corrección

Como se mencionó anteriormente, al momento de buscar la frecuencia de reengrase por fórmula debemos utilizar ciertos factores de corrección, los cuales se obtienen a partir de las condiciones de operación de la máquina o cojinete que estamos evaluando. Los factores correspondientes se seleccionarán a partir de la tabla III.

Tabla III. Factores de corrección para relubricación

FACTOR	Condiciones de operación	VALOR
Temperatura - carcasa		
FT	Entre 38 y 65 °c	0,9
	Entre 66 y 80 °c	0,5
	Entre 81 y 93 °c	0,2
	Arriba de 94 °c	0,1
Contaminación		
FC	Baja, partículas no abrasivas (fibras de tela, pintura, plásticos, residuos vegetales, entre otros.)	0,9
	Alta, partículas no abrasivas	0,6
	Baja, partículas abrasivas (rebabas, tierra, polvo, metales de desgaste, entre otros.)	0,3
	Alta, partículas abrasivas	0,1
Humedad		
FH	Por debajo del 80 %	0,9
	Entre 80 y 90 %	0,7
	Condensación ocasional	0,4
	Presencia de agua en el alojamiento del rodamiento	0,1
Vibraciones y/o cargas de choque. Nota: ips = plg/seg. 0,2 ips = 5 mm/seg		
FV	Menos de 0,2 ips - moderada	0,9
	De 0,2 a 0,4 ips - alta	0,6
	Por arriba de 0,4 ips - muy alta	0,3
Posición del eje		
FP	Horizontal	1
	Angulo de 45 °	0,7
	Vertical	0,5

Continuación de la tabla III.

Diseño del rodamiento - tipo de rodamiento		
FD	Rodamiento de bolas	10
	Rodillos cilíndricos/agujas	5
	Rodillos cónicos/esféricos	1

Fuente: PÁRAMO, José. *Cálculo de frecuencias de relubricación de rodamientos*.
<https://predictiva21.com/calculo-frecuencias-re-lubricacion-rodamientos/>.

Consulta: marzo de 2018.

3.4. Periodos de lubricación

Teniendo todos los datos necesarios, se logró determinar los periodos de relubricación para cada equipo de la planta. A continuación, se presentan los resultados correspondientes.

Para el Área de Recepción, se muestran los resultados obtenidos en la tabla IV.

Tabla IV. **Periodos de relubricación, recepción**

Descripción Equipo	Puntos Lub.	Ft	Fc	Fh	Fv	Fp	Fd	K	Frecuencia (horas)
Tricket									
Ruedas movimiento <i>tricket</i>	4	0,9	0,3	0,4	0,6	1	10	0,65	275974,41
Vagonetas									
Ruedas movimiento vagonetas	4	0,1	0,3	0,1	0,6	1	10	0,02	3468,29

Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

Para el Área de Esterilización, se muestran los resultados obtenidos en la tabla V.

Tabla V. **Periodos de relubricación, esterilización**

Descripción Equipo	Puntos Lub.	Ft	Fc	Fh	Fv	Fp	Fd	K	Frecuencia (horas)
Mesa de Transferencia 1 y 2									
Inicio de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,11	91626,11
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,11	91626,11
Ruedas movimiento transfer	8	0,9	0,3	0,7	0,6	0,7	10	0,79	172096,46
Puente Móvil									
Ruedas movimiento puente	8	0,9	0,3	0,4	0,6	1	10	0,65	160242,22
Extremos rampa	2	0,9	0,3	0,4	0,6	1	10	0,65	717100,89
Esterilizador 1, 2, 3									
Puerta parte superior	2	0,5	0,3	0,4	0,6	1	10	0,36	290876,54
Puerta parte inferior	2	0,5	0,3	0,4	0,6	1	10	0,36	290876,54

Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

Para el Área de Desfrutación, se muestran los resultados obtenidos en la tabla VI.

Tabla VI. **Periodos de relubricación, desfrutación**

Descripción Equipo	Puntos Lub.	Ft	Fc	Fh	Fv	Fp	Fd	K	Frecuencia (horas)
Volteador de Canastas									
Movimiento debajo volteador	4	0,5	0,3	0,4	0,3	1	1	0,02	3592,80
Elevador de Racimos									
Inicio de cadena	2	0,5	0,3	0,4	0,6	1	1	0,04	9595,06
Final de cadena	2	0,5	0,3	0,4	0,6	1	1	0,04	9595,06
Desfrutador 1 y 2									
Del reductor	1	0,5	0,3	0,4	0,6	1	1	0,04	2109,63
Punta	1	0,5	0,3	0,4	0,6	1	1	0,04	2109,63
Transporte a elevador de fruta 1, 2, 3									
Lado del motor	1	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,32	10089,96
Colgante	2	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,63	20179,92
Punta	1	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,32	10089,96
Elevador de fruta 1, 2									
Inicio de cadena	2	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,63	47741,40
Final de cadena (lado del motor)	2	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,63	44621,40
Distribuidor de fruta 1									
Lado del motor	1	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,63	20179,92
Colgante	2	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,63	20179,92
Punta	1	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,63	20179,92
Distribuidor de fruta 2									
Lado del motor	1	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,63	18367,39
Colgante	2	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,63	18367,39
Punta	1	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,63	18367,39
Transportador retorno fruta									
Lado del motor	1	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,32	12636,07
Colgante	2	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,32	12636,07
Punta	1	0,5	0,3	0,7	0,6	1	10	0,32	12636,07

Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

Para el Área de Extracción, se muestran los resultados obtenidos en la tabla VII.

Tabla VII. **Periodos de relubricación, extracción**

Descripción Equipo	Puntos Lub.	Ft	Fc	Fh	Fv	Fp	Fd	K	Frecuencia (horas)
Prensas de extracción 1, 2, 3, 4									
Inicio caja de engranajes	2	0,5	0,3	0,4	0,6	1	1	0,036	3521,85
Inicio caja de engranajes	2	0,5	0,3	0,4	0,6	1	1	0,036	3521,85
Parte intermedia	2	0,5	0,3	0,4	0,6	1	1	0,036	3256,44
Punta del eje	2	0,5	0,3	0,4	0,6	1	1	0,036	5889,96
Digestor #1									
Superior (cojinete pequeño)	1	0,2	0,3	0,4	0,9	0,5	1	0,011	595,93
Debajo (cojinete grande)	1	0,2	0,3	0,4	0,9	0,5	1	0,011	595,93
Digestor #2									
Superior (cojinete pequeño)	1	0,2	0,3	0,4	0,9	0,5	10	0,108	11489,21
Debajo (cojinete grande)	1	0,2	0,3	0,4	0,9	0,5	10	0,108	7242,21
Digestor #3									
Superior (cojinete pequeño)	1	0,2	0,3	0,4	0,9	0,5	10	0,108	8887,95
Debajo (cojinete grande)	1	0,2	0,3	0,4	0,9	0,5	10	0,108	6796,59
Digestor #4									
Superior (cojinete pequeño)	1	0,2	0,3	0,4	0,9	0,5	10	0,108	8887,95
Debajo (cojinete grande)	1	0,2	0,3	0,4	0,9	0,5	10	0,108	6796,59

Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

Para el Área de Raquis, se muestran los resultados obtenidos en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Periodos de relubricación raquis**

Descripción Equipo	Puntos Lub.	Ft	Fc	Fh	Fv	Fp	Fd	K	Frecuencia (horas)
Prensas de raquis 1, 2, 3									
Después del acople flexible	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	9582,1
Después del acople flexible	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	9289,3
Punta del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	7774,1
Picadoras de raquis 1, 2									
Inicio del eje	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	12486,5
Final del eje	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	12486,5
Elevador raquis prensado									
Inicio cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	327901,1
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	327901,1
Elevador de raquis									
Inicio cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	327901,1
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	327901,1
Transportador de cadena y retorno raquis									
Inicio cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	236875,6
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	236875,6
Transportador raquis de retroceso									
Inicio cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	236875,6
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	236875,6
Alimentador prensas de raquis									
Inicio cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	236875,6
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	236875,6

Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

Para el área de palmistería, se muestran los resultados obtenidos en la tabla IX.

Tabla IX. **Periodos de relubricación palmistería**

Descripción Equipo	Puntos Lub.	Ft	Fc	Fh	Fv	Fp	Fd	K	Frecuencia (horas)
Transporte helicoidal fibra y nuez 1 y 2									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	85714,14
Colgantes	10	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	85714,14
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	85714,14
Ciclón de Fibra 1 y 2									
Ventilador de ciclón	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	1432,54
Tambor pulidor 1 y 2									
Inicio del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	1339,04
Final del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	1339,04
Transporte helicoidal de nuez 1									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	37193,29
Colgantes	3	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	37193,29
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	37193,29
Transporte helicoidal de nuez 2									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	32990,76
Colgantes	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	32990,76
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	32990,76
Elevador de fibra									
Inicio de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	140675,38
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	13207,55
Elevador de nuez									
Inicio cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	132075,51
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	13207,55
Tambor clasificador 1									
Inicio del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	166314,58
Final del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	166314,58

Continuación de la tabla IX.

Tambor clasificador 2									
Inicio del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	72987,90
Final del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	72987,90
Quebradores 1, 2, 3, 4									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	1270,00
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	1270,00
Transporte helicoidal mezcla quebrada									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	46548,31
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	46548,31
Elevador de mezcla 1 y 2									
Inicio cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	132075,51
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	13207,55
Separador de almendra y cascara/polvo									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	118128,60
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	118128,60
Ciclón polvo y cascara 1 y 2									
Ventilador de cascarilla	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	15458,56
Transporte helicoidal de almendra 1									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	72987,90
Colgantes	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	72987,90
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	72987,90
Transporte helicoidal de almendra 2									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Colgantes	3	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Transporte helicoidal de almendra 3, 4 Y 5									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Colgantes	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15

Continuación de la tabla IX.

Transporte helicoidal de almendra 6									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Colgantes	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Elevador de almendra									
Inicio cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	94559,73
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	94559,73

Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

Para el Área de Coquitos, se muestran los resultados obtenidos en la tabla X.

Tabla X. **Periodos de relubricación, coquitos**

Descripción Equipo	Puntos Lub.	Ft	Fc	Fh	Fv	Fp	Fd	K	Frecuencia (horas)
Prensa de coquito 1 al 7									
Caja de engranajes	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	7997,09
Segunda plancha	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	8359,64
Tercera plancha	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	8774,64
Molino de harina 1 y 2									
Inicio del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	6849,42
Final del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	6849,42
Zaranda aceite de palmiste									
Cojinete rotor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	1297,96
Cojinete rotor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	1	0,1	1297,96
Tamizador de harina especial									
Inicio del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	23052,30
Final del eje	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	23052,30

Continuación de la tabla X.

Transporte helicoidal almendra y harina (abajo)									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Colgantes	4	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	81711,15
Transporte helicoidal almendra y harina (arriba)									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	89581,42
Colgantes	4	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	89581,42
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	89581,42
Elevador de harina 1 y 2									
Inicio cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	32395,56
Final de la cadena	2	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	32395,56
Transportador helicoidal a tolva de harina									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	118679,38
Colgantes	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	118679,38
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	118679,38
Transportador helicoidal a tamiz de harina									
Lado del motor	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	118679,38
Punta	1	0,9	0,3	0,7	0,6	1	10	1,1	118679,38

Fuente: elaboración propia, realizado con Word.

3.4.1. Cantidad de bombazos con SKF DialSet

Debido a que muchos de los cojinetes de los equipos de la planta operaban a velocidades bajas (bajas rpm), se utilizó una herramienta alternativa al primer método de relubricación por fórmula, el programa de SKF DialSet.

Este programa está disponible como aplicación para Andorid y también como aplicación de escritorio para Windows y como herramienta *online* en la

página de SKF. Su función principal es proporcionar de manera sencilla y rápida los intervalos de relubricación y los cálculos de cantidad de grasa a aplicar en los equipos, tomando en cuenta criterios como la velocidad, la carga, la temperatura del ambiente, la orientación del eje, entre otros.

Para empezar, se ingresaron las dimensiones de los rodamientos en el programa, el diámetro interior, exterior y el ancho en milímetros, se ingresó el tipo de rodamiento (de bolas, esféricos, cilíndricos), las revoluciones por minuto, horas de operación, contaminación, carga, temperatura ambiente y de operación, orientación del eje. Luego de ingresar estos datos, el programa arroja un factor denominado “Velocidad de alimentación”, el cual nos indica la cantidad de gramos por día que se deben bombear al cojinete.

El dato de velocidad de alimentación se convirtió de gramos por día a gramos por hora y se ingresó a la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de Bombazos} = \frac{\left(\frac{Gr}{hr}\right) * ((Dt * 24) + Ht)}{Cb}$$

Donde:

Gr/hr = Cantidad de gramos por hora del cojinete

Dt = Días transcurridos desde la última lubricación


Ht = Horas transcurridas desde la última lubricación

Cb = Cantidad de gramos de la bomba aplicadora

De esta manera, se realizó un formato donde se puede lubricar no en función de las horas transcurridas, sino en función de los bombazos a aplicar y

los días y horas que han transcurrido desde la última lubricación, como se ve en la figura 17.

Figura 17. Formato de relubricación


		PLANTA EXTRACTORA PTX			Días		15
		ÁREA: ESTERILIZACIÓN			Horas		24
ENGRASE DE EQUIPOS CADA SEMANA		Fecha Realización: _____					
No.	Descripción Equipo	Puntos Lub.	Lubricante	Bombazos	Check List		
1	Mesa de Transferencia 1 y 2						
2	Inicio de la cadena	2	MULTIS EP 2	8			
3	Final de la cadena	2	MULTIS EP 2	8			
4	Ruedas movimiento transfe	8	MULTIS EP 2	7			
5	Puente Móvil						
6	Ruedas movimiento puente	8	MULTIS EP 2	10			
7	Extremos rampa	2	MULTIS EP 2	6			
8	Esterilizador 1, 2, 3						
9	Puerta parte superior	2	MULTIS EP 2	6			
10	Puerta parte inferior	2	MULTIS EP 2	6			
NOTA:		Realizó: _____					
Engrasar la cadena motriz de los equipos cada 2 engrases.							
Motores eléctricos no se deben engrasar		Supervisor: _____					

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

3.5. Codificación de cojinetes

Para llevar un correcto control del mantenimiento preventivo y de la relubricación de los equipos de la planta, se implementó un formato donde además de incluir toda la información de la lubricación respectiva, se incluyó también el número de cojinete de cada equipo, sus puntos de lubricación y el lubricante que se utiliza. Se clasificó por área y por máquina para su fácil interpretación en la práctica, como se puede ver en la figura 18.

Figura 18. **Codificación de cojinetes**

 PLANTA EXTRACTORA PTX ÁREA: ESTERILIZACIÓN ENGRASE DE EQUIPOS CADA SEMANA. Fecha Realización: _____					
No.	Descripción Equipo	Puntos Lub.	Lubricante	No. Chumacera	Cojinete
1	Mesa de Transferencia 1 y 2				
2	Inicio de la cadena	2	MULTIS EP 2	SNL 515-612	22215 EK
3	Final de la cadena	2	MULTIS EP 2	SNL 515-612	22215 EK
4	Ruedas movimiento transfe	8	MULTIS EP 2	SY 513 M	YAR 213-2F
5	Puente Móvil				
6	Ruedas movimiento puente	8	MULTIS EP 2	F 210	UC 210
7	Extremos rampa	2	MULTIS EP 2	F 208	UC 208
8	Esterilizador 1, 2, 3				
9	Puerta parte superior	2	MULTIS EP 2	F 215	UC 215
10	Puerta parte inferior	2	MULTIS EP 2	F 215	UC 215

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Del mismo modo se realizó para todas las áreas y todo el equipo de la planta, para facilitar la consulta rápida en caso de ser necesario un reemplazo del cojinete o en caso de requerir información adicional.


3.6. **Diseño del programa de lubricación**

El programa de lubricación se realizó con un enfoque hacia la norma ISO 9001, en su sección 6.3 correspondiente a la infraestructura y el mantenimiento del equipo industrial de la empresa. La norma ISO 9001 promueve la aplicación en forma constante de una política de mantenimiento adecuada a la infraestructura utilizada por la empresa, generando reducción de paradas imprevistas, manejo más racional del capital humano, compra ordenada de repuestos y prolongación de la vida útil de los equipos entre otros beneficios,

los que decididamente contribuyen a asegurar el logro de la conformidad con los requisitos del producto o el servicio.

Para el diseño final del programa de lubricación y su formato, se tomaron en cuenta los datos más importantes que debía llevar el formato como el área, el nombre del equipo, puntos de lubricación, lubricante, bombazos, persona que realizó la lubricación y firma del supervisor de planta. El diseño final se puede ver en la figura 19.

Figura 19. **Diseño final formato de lubricación**

		PLANTA EXTRACTORA PTX ÁREA: ESTERILIZACIÓN		<table border="1"> <tr> <td>Días</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Horas</td> <td>24</td> </tr> </table>	Días	7	Horas	24
		Días	7					
Horas	24							
ENGRASE DE EQUIPOS CADA SEMANA Fecha Realización: _____								
No.	Descripción Equipo	Puntos Lub.	Lubricante	Bombazos	Check List			
1	Mesa de Transferencia 1 y 2							
2	Inicio de la cadena	2	MULTIS EP 2	4	<input type="checkbox"/>			
3	Final de la cadena	2	MULTIS EP 2	4	<input type="checkbox"/>			
4	Ruedas movimiento transfer	8	MULTIS EP 2	4	<input type="checkbox"/>			
5	Puente Móvil							
6	Ruedas movimiento puente	8	MULTIS EP 2	5	<input type="checkbox"/>			
7	Extremos rampa	2	MULTIS EP 2	3	<input type="checkbox"/>			
8	Esterilizador 1, 2, 3							
9	Puerta parte superior	2	MULTIS EP 2	3	<input type="checkbox"/>			
10	Puerta parte inferior	2	MULTIS EP 2	3	<input type="checkbox"/>			
NOTA: Engrasar la cadena motriz de los equipos cada 2 engrases. Motores eléctricos no se deben engrasar		Realizó: _____ Supervisor: _____						

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

4. FASE DE DOCENCIA

Cuando se quiere lograr un adecuado mantenimiento preventivo en la planta de producción, se requiere que el personal que está a cargo de dicha actividad posea un adecuado conocimiento de las actividades a realizar, asegurando así que los esfuerzos por implementar un programa de mantenimiento preventivo en la Planta, sean efectivos. Para esto se debe capacitar al personal que tendrá a cargo las tareas de mantenimiento preventivo dentro de la planta.

4.1. Importancia del registro de las actividades de lubricación


Llevar un adecuado registro de las actividades de lubricación, es igual de importante que la tarea en sí de lubricar. Actualmente la lubricación inadecuada o sin la frecuencia correcta ocasiona aproximadamente el 50 % de las fallas de rodamientos y un 60 % de las fallas mecánicas.⁷

El costo de no efectuar las actividades de lubricación adecuadamente es muy alto. Si además añadimos a esta situación que los engrasadores y lubricadores son en general personal con poca experiencia y sin capacitación, que con frecuencia “olvidan” la aplicación de la grasa o revisar los niveles de aceite, el resultado es realmente dramático.

⁷ LUBRICACION DE MAQUINARIA. *Administración de la lubricación*. <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/administracion-de-la-lubricacion>. Consultado: febrero de 2021.

El Ingeniero supervisor encargado de administrar la correcta lubricación de la planta, necesita llevar un adecuado control y registro de las actividades de lubricación en los equipos, para asegurarse que la lubricación fue realizada en el tiempo adecuado y de manera correcta. Para esto, se realizó el formato de control de lubricación de los equipos, presentado en la figura 20.

Figura 20. **Formato control de lubricación**

		PLANTA EXTRACTORA PTX		Días		7
		ÁREA: ESTERILIZACIÓN		Horas		24
ENGRASE DE EQUIPOS CADA SEMANA				Fecha Realización: _____		
No.	Descripción Equipo	Puntos Lub.	Lubricante	Bombazos	Check List	
1	Mesa de Transferencia 1 y 2					
2	Inicio de la cadena	2	MULTIS EP 2	4		
3	Final de la cadena	2	MULTIS EP 2	4		
4	Ruedas movimiento transfer	8	MULTIS EP 2	4		
5	Puente Móvil					
6	Ruedas movimiento puente	8	MULTIS EP 2	5		
7	Extremos rampa	2	MULTIS EP 2	3		
8	Esterilizador 1, 2, 3					
9	Puerta parte superior	2	MULTIS EP 2	3		
10	Puerta parte inferior	2	MULTIS EP 2	3		
NOTA:				Realizó: _____		
Engrasar la cadena motriz de los equipos cada 2 engrases.				Supervisor: _____		
Motores eléctricos no se deben engrasar						

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

En este formato se colocó el equipo, sus puntos de lubricación, el lubricante que se debe utilizar en cada punto y la cantidad de bombazos a aplicar. Cabe mencionar que la cantidad de bombazos está en función de los días y las horas que han transcurrido desde la última lubricación. También se colocó un área para la fecha en que se realiza la lubricación, el nombre y firma de la persona que lo realizó y el nombre y firma del supervisor de la planta.

Debido a que el personal que está a cargo de las tareas de lubricación son los operarios de los equipos, a cada uno se le entregó una hoja de control de la lubricación de los equipos y se les explicó el contenido y como debían utilizar este formato.

4.2. Importancia de la limpieza en las actividades de lubricación

La lubricación es una de las actividades más importantes a nivel de prevención al momento de hablar de mantenimiento, sin embargo, otra de las actividades que tiene una gran relevancia e importancia es la limpieza. En la planta existen varios puntos de lubricación, pero únicamente tres engrasadoras manuales por lo que esto puede llegar a afectar la eficiencia del lubricante a aplicar.

Debido a esto se dio una charla a los operadores encargados de la lubricación, sobre la importancia de la limpieza al momento de lubricar. Se les explicó cómo se debe limpiar la engrasadora manual antes de utilizarla y se recomendó que en cada engrasadora manual únicamente aplicaran la misma grasa para evitar residuos y otros contaminantes que puedan afectar la composición química de otra grasa.

4.3. Correcta aplicación de grasa en los cojinetes

Una lubricación correcta y un mantenimiento regular son importantes para un funcionamiento fiable y una prolongada duración de vida de los rodamientos. El problema principal que se identificó al momento de realizar una inspección al mantenimiento preventivo, específicamente a la lubricación, fue el de la aplicación de grasa en los cojinetes. El procedimiento que realizaba el personal al momento de lubricar era el siguiente:

- El operario se dirige hacia la bodega, donde solicita el lubricante requerido para realizar la lubricación.
- En ocasiones, no había disponibilidad del lubricante requerido por el operario, entonces el operario solicitaba otro tipo de lubricante distinto.
- Debido a que los operarios no contaban con engrasadoras manuales propias, solicitaban el equipo al supervisor de mantenimiento (3 engrasadoras manuales disponibles en total).
- Algunas veces, la engrasadora tenía otro tipo de grasa dentro por lo que los operarios únicamente la sacaban sin limpiar los residuos del interior y cargaban la grasa nueva.
- Los operarios engrasaban diferentes equipos de su área sin tomar en cuenta cual grasa debían aplicar.

En este procedimiento se pudo observar un claro desorden y falta de conocimiento por parte del personal de mantenimiento al momento de lubricar los equipos. Debido a esto, se habló con el supervisor de mantenimiento y el Ingeniero supervisor de producción, para que se provea a los operarios al menos una engrasadora manual por área. Esto para evitar la contaminación de las grasas al momento de cargar grasas distintas en las engrasadoras.

CONCLUSIONES

1. Con el desarrollo del ejercicio profesional se encontraron falencias en sus procesos de lubricación de los equipos, así como, total ausencia de registro de actividades de lubricación. El personal de mantenimiento indicó que en ciertas ocasiones o bajo circunstancias especiales se anotaba un registro de las actividades, pero las hojas no contenían formato oficial y tampoco lugar de almacenaje específico.
2. Se registraron 50 equipos, algunos estacionarios, otros fijos y otros móviles, el análisis incluye como punto de partida la estación de recepción de contenedores, donde inicia el proceso de vaciado, cargado, traslado, trituración, compresión, extracción, clarificación, decantación, lavado y separación, el proceso como tal concluye con el llenado de aceite en canecas especiales para su traslado hacia bodega.
3. La apreciación de las especificaciones de los equipos de mayor relevancia se presenta a partir del numeral 3.1.1.1. *tricket* 10/12 TON, motor 6.6 HP a 1750 rpm, presentando los que obtuvieron mayor relevancia y de los que se pudo obtener información específica, concluye en esa descripción técnica el numeral 3.1.9.3. ventiladores estos operan individualmente a 1800 rpm con nivel de contaminación moderada y cojinetes número 22215, 22213, 22228, 222117.
4. Para cada área se obtuvieron diferentes actividades, algunas con orden lógico de comienzo y otras con deficiencias en sus operaciones, la mayoría de sus debilidades se centra por la falta de programación, no

solamente en actividades de mantenimiento a sus equipos, también por la asignación de tareas sin considerar una tarea representativamente necesaria, algunas actividades dan comienzo pero para continuar deben esperar a que sea realizada otra actividad que debería realizarse con anterioridad.

5. NaturaAceites no presentaba bitácoras o registros de los cojinetes que se han sustituido desde el comienzo de sus actividades, algunos fueron reemplazados sin considerar las especificaciones del fabricante del equipo, se apoyaron en catálogos codificados que utilizan en las ventas de repuestos.

6. La mayoría de fugas de agua, se encontraron en los nipples, puntos de conexión, puntos de derivación y acoples de mangueras, equipos y maquinaria para lavado a presión.

RECOMENDACIONES

1. Incorporar una guía de inspecciones, monitoreos y bitácora por cada servicio de lubricación, engrase y mantenimiento preventivo en los equipos de la planta, para el jefe de mantenimiento es prescindible desarrollar su formato interno de inspección, el cuál puede ser empleado para cada actividad requerida según la Norma ISO 9001. De esa forma se puede garantizar que se ejecutan los procesos de la forma en que se propone para cumplir las expectativas de la empresa.
2. Actualizar en inventario de los equipos empleados en el proceso de extracción, a su vez, se pueden extraer los puntos necesarios de lubricación y engrase, para diseñar la guía específica que puede ser empleada por el personal de mantenimiento, además, conforme el inventario actualizado el jefe de mantenimiento puede programar el mantenimiento de lubricación, levantamiento de datos y procesamiento de auditorías internas, para poder ser presentadas ante los auditores extranjeros que puedan autorizar el certificado requerido.
3. Actualizar la base de datos original de todos los equipos, para garantizar que los repuestos que serán sustituidos cumplan con las especificaciones idóneas del fabricante, además, le puede servir a la empresa para conocer detalladamente cuál es el alcance en sus operaciones según las especificaciones técnicas por cada línea de trabajo, con esa información se pueden proyectar las cargas de materias primas a procesar y la cantidad precisa de aceite a extraer.

4. Desarrollar el diagrama de operaciones de lubricación para cada equipo, la programación detallada de mantenimiento para cada área y el monitoreo constante dentro de todas las áreas que forman parte de la extracción del aceite de palma.
5. Realizar el levantamiento de información actualizada por cada cojinete presente en los equipos, actualizando las especificaciones técnicas y compararlas con el manual del fabricante, sino es viable, se deben sustituir estos cojinetes, colocando los idóneos para cada equipo, paralelamente se debe desarrollar el inventario actualizado y el diseño de la guía de inspección para iniciar el archivo histórico para cada maquinaria.
6. Analizar el compromiso con el medio ambiente, trabajando con mecanismos que permitan evitar por completo las fugas, desperdicios y mal uso del recurso natural, a su vez, se puede iniciar el modelo de producción más limpia encaminado hacia la economía circular.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABARCA, Pedro. *Descripción de Calderas y Generadores de Vapor*. [en línea]. <<https://docplayer.es/16281937-Descripcion-de-calderas-y-generadores-de-vapor.html>>. [Consulta: 4 de enero de 2021].
2. CARMEN. Derivados del petróleo: Aceites minerales: PETROLATUM. [en línea]. < <https://cuidartebio.es/derivados-petroleo-aceite-mineral-petrolatum/>>. [Consulta: noviembre de 2020].
3. Mobil. *Determinación de los intervalos de relubricación*. [en línea]. <<https://www.mobil.com.mx/es-mx/lubricantes/industrial/lubricant-expertise/resources/determining-relubrication-intervals>>. [Consulta: 11 de octubre de 2020].
4. NORIA. *Cálculo de la cantidad de grasa y de la frecuencia de re-engrase*. [en línea]. <<https://noria.mx/lublearn/calculo-de-la-cantidad-de-grasa-y-de-la-frecuencia-de-re-engrase/#:~:text=Para%20calcular%20la%20cantidad%20de,y%20a%20continuaci%C3%B3n%20multiplicarlas%20por%200.005>>. [Consulta: 4 de noviembre de 2020].
5. QUIMINET. *Conozca las características de los aceites hidráulicos*. [en línea]. <<https://www.quiminet.com/articulos/conozca-las-caracteristicas-de-los-aceites-hidraulicos-2744063.htm>>. [Consulta: enero de 2021].

6. LUBRICACIÓN DE MAQUINARIA. *Administración de la Lubricación*. [en línea]. <<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/administracion-de-la-lubricacion>>. [Consulta: febrero de 2021].

7. TOTAL ENERGIES. *Grasas Industriales*. [en línea]. <<https://totalenergies.com.ar/usos-profesionales/aplicaciones-industriales/grasas>>. [Consulta: noviembre de 2020].