



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

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EN EQUIPOS DE LA LÍNEA P3200 DE PASTA LARGA EN INDUSTRIA NACIONAL
ALIMENTICIA S. A.**

Helmut Valerio De León Kamper

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, junio de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EN EQUIPOS DE LA LÍNEA P3200 DE PASTA LARGA EN INDUSTRIA NACIONAL
ALIMENTICIA S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HELMUT VALERIO DE LEÓN KAMPER
ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO 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 Vladimir Armando Cruz Llorente
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. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
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:

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EN EQUIPOS DE LA LÍNEA P3200 DE PASTA LARGA EN INDUSTRIA NACIONAL
ALIMENTICIA S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 7 octubre del 2020.



Helmut Valerio De León Kamper



Guatemala, 28 de abril de 2022
REF.EPS.DOC.28.04.2022

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. 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 de la Carrera de Ingeniería Mecánica, **HELMUT VALERIO DE LEÓN KAMPER, Registro Académico No. 201630495** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS DE LA LINEA P3200 DE PASTA LARGA EN INDUSTRIA NACIONAL ALIMENTICIA 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. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



NISZ/ns

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 04 de mayo de 2022
REF.EPS.D.152.04.2022

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: **REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS DE LA LINEA P3200 DE PASTA LARGA EN INDUSTRIA NACIONAL ALIMENTICIA S. A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Helmut Valerio de León Kamper** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

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.E.I.M.032.2022

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: **REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS DE LA LÍNEA P3200 DE PASTA LARGA** del estudiante **Helmut Valerio De León Kamper, CUI 3387403251001, Registro Académico 201630495** 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. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor
Coordinador Área Complementaria

Guatemala, mayo de 2022

/aej

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.133.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: **REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS DE LA LÍNEA P3200 DE PASTA LARGA EN INDUSTRIA NACIONAL ALIMENTICIA S. A.**, presentado por: **Helmut Valerio De León Kamper**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



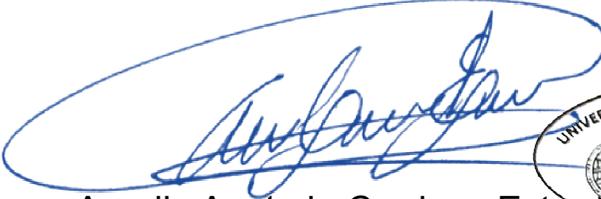
Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, junio de 2022

LNG.DECANATO.OI.456.2022

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: **REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS DE LA LÍNEA P3200 DE PASTA LARGA EN INDUSTRIA NACIONAL ALIMENTICIA S. A.**, presentado por: **Helmut Valerio De León Kamper**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, junio de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por permitirme alcanzar esta meta, a Él sea el honor y la gloria.
Mi madre	Susana Kamper, por ser incondicional en mi proceso formativo.
Mi hermana	Valeria Kamper, por siempre estar pendiente de uno.
Mi esposa	Diana Herrera, por tu amor a pesar de la distancia.
Mis hijos	Emilio y Daniel De León Herrera, son mi vida entera, los amo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios y permitir mi formación académica como profesional, de la cual estoy orgulloso de egresar.

Facultad de Ingeniería

Por enriquecer mis conocimientos, y fortalecerme profesionalmente.

Mi asesor

Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma, por haberme guiado en el trabajo de graduación.

Mi amigo

José Ramos, por ser mi guía y mentor dejaste algo positivo en mi vida que jamás olvidare.

Mi amigo

Alfonso Ayerdi, a pesar de la distancia fuiste incondicional conmigo tu familia es como mi familia.

Mi amigo

Jonatan Calderón, siempre me he considerado parte de tu familia no hay día que no me apoyen gracias.

	1.8.1.1.3.	Mantenimiento predictivo.....	9
1.8.2.		Programa de mantenimiento	17
1.8.3.		Características constructivas de los equipos.....	23
	1.8.3.1.	Ciclones de carga de sémola	24
	1.8.3.1.1.	Pulmón compensador individual para sémola ..	24
	1.8.3.1.2.	Dosificador sémola.....	25
	1.8.3.1.3.	Premezcladora	27
	1.8.3.1.4.	Tina mezcladora doble	27
	1.8.3.1.5.	Tina distribuidora.....	28
	1.8.3.1.6.	Bomba para el vacío	30
	1.8.3.1.7.	Grupos de extrusión.....	30
	1.8.3.1.8.	Cabezal rectilíneo	31
	1.8.3.1.9.	Recuperación despuntado	33
	1.8.3.1.10.	Grupo elevación molde	33
	1.8.3.2.	Paneles	34
	1.8.3.3.	Extendedor	34
	1.8.3.3.1.	Cizallas superiores.....	36
	1.8.3.3.2.	Grupo rebatidor	36
	1.8.3.3.3.	Grupo cizallas inferior ...	36
	1.8.3.3.4.	Grupo de transporte varillas con movimiento intermitente	36

	1.8.3.3.5.	Grupo peine descenso varillas	37
	1.8.3.3.6.	Grupo transporte varillas movimiento continuo y traslación.....	37
	1.8.3.3.7.	Grupo banda acompañadora pasta, banda de transporte desperdicios y transporte neumático de reciclado desperdicios	37
	1.8.3.3.8.	Grupo repartidor y ventilación pasta.....	38
	1.8.3.3.9.	Grupo regreso varillas ..	38
	1.8.3.4.	Presecado.....	39
	1.8.3.5.	Secado	40
1.9.		Estándares de calidad en insumos	42
	1.9.1.	Calidad de agua de <i>Chiller</i>	42
	1.9.2.	Calidad de agua de caldera.....	43
	1.9.3.	Harina	46
1.10.		Índice de criticidad de equipos P3200	48
	1.10.1.	Criticidad por subequipos	52
1.11.		Justificación fase técnico profesional	57
2.		FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	61
2.1.		Características técnicas de los elementos mecánicos, eléctricos, instrumentación	61
	2.1.1.	Elementos mecánicos.....	62

2.1.1.1.	Caja reductora.....	62
2.1.1.2.	Bombas de agua	68
2.1.1.3.	Ejes paleteros.....	73
2.1.1.3.1.	Mezclador.....	74
2.1.1.3.2.	Amasadora.....	77
2.1.1.4.	Dosificadores.....	82
2.1.1.4.1.	Dosificador harina	83
2.1.1.4.2.	Dosificador de agua	86
2.1.1.5.	Radiadores	89
2.1.2.	Equipos eléctricos	91
2.1.2.1.	Motores AC	91
2.1.3.	Instrumentación.....	97
2.1.3.1.	Circuito de enfriamiento	97
2.1.3.2.	Prensa	99
2.1.3.3.	Presecador	101
2.1.3.4.	Unidad de separación	103
2.1.3.5.	Secador TAS-PL	104
2.1.3.6.	Zona de humidificación	108
2.1.3.7.	Zona de refrigeración	108
2.1.3.8.	Circuito de seguridad de sobrepresión.....	108
2.2.	Tribología y lubricación	109
2.3.	Mantenimiento preventivo de los elementos de maquinaria...	117
2.3.1.	Sistema de seguridad.....	118
2.3.2.	Limpieza	119
2.3.3.	Controles e inspecciones de elementos	120
2.3.4.	Tribología	122
2.3.5.	Bombas de agua	125
2.3.6.	Ejes paleteros.....	127

2.3.7.	Dosificadores	128
2.3.8.	Motores eléctricos.....	129
2.3.9.	Instrumentación	132
2.3.10.	Caja reductora	144
2.3.11.	Ficha de insumos.....	148
2.3.12.	Indicadores de interés	150
2.3.12.1.	Producto no conforme	150
2.3.12.2.	Cumplimiento del mantenimiento preventivo de equipos e infraestructura.....	151
2.3.12.3.	Tiempo improductivo de maquinaria (mantenimiento, calidad, inocuidad, producción).....	153
3.	FASE DE DOCENCIA	155
3.1.	Capacitación al personal de mantenimiento	155
3.1.1.	Definición del perfil de operario, de mantenimiento y supervisores	155
3.1.2.	Operario.....	156
3.1.3.	Técnico de mantenimiento.....	159
3.1.4.	Supervisor de mantenimiento	160
3.2.	Importancia del orden en las labores de mantenimiento	162
3.3.	Importancia de los historiales de operación y funcionamiento y mantenimiento	166
3.4.	Metodología de proceso en orden de trabajo adjudicada-finalizada	167

CONCLUSIONES..... 171
RECOMENDACIONES 173
BIBLIOGRAFÍA..... 179

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa.....	2
2.	Bodega de almacenamiento.....	3
3.	Línea de producción de pasta larga	23
4.	Ciclones de carga de sémola	24
5.	Pulmón compensador	25
6.	Dosificador sémola.....	26
7.	Premezcladora	27
8.	Mezcladora doble eje	28
9.	Tina distribuidora sensor laser	29
10.	Eje paletero distribuidor.....	29
11.	Cabezal rectilíneo	31
12.	Cabezal rectilíneo molde.....	32
13.	Cabezal rectilíneo P3200	32
14.	Recuperación despuntado	33
15.	Paneles	34
16.	Extendedor	35
17.	Extendedor P3200.....	35
18.	Retorno de varillas	38
19.	Presecado	40
20.	Área de Secador P3200	40
21.	Secador P3200	41
22.	Secado	42
23.	Caldera.....	45

24.	Mantenimiento calderas 300 BHP.....	45
25.	Cepillado.....	46
26.	Sistema de distribución de harina.....	47
27.	<i>Blowers</i> de distribución de harina.....	48
28.	Caja reductora.....	64
29.	Fuga caja reductora.....	65
30.	Condición de elementos en caja reductora.....	68
31.	Conjunto de Motores, bombas y válvulas neumáticas.....	69
32.	Motobomba.....	71
33.	Ejes paleteros.....	74
34.	Cuerpo de ejes paleteros.....	75
35.	Eje paletero de amasado.....	78
36.	Dosificador de harina-.....	86
37.	Conjunto dosificador de agua.....	89
38.	Radiador.....	90
39.	Motores AC.....	92
40.	Contactores, interruptor y controladores.....	96
41.	Elementos de medición y accionamiento.....	97
42.	Sonda PT-100 y manómetro.....	98
43.	Medidor de flujo.....	99
44.	Conjunto de regulación de temperatura.....	102
45.	Sistema de regulación de temperatura secador.....	105
46.	Prensa.....	114
47.	Extendedor.....	115
48.	Secador.....	116
49.	Secador.....	140
50.	Operario.....	158
51.	Supervisor de mantenimiento.....	161
52.	Operario y técnico en mantenimiento.....	162

53.	Seguridad.....	163
54.	Inocuidad.....	164
55.	Importancia del orden en las labores de mantenimiento.....	165
56.	Orden de trabajo	170

TABLAS

I.	Clasificación de los sistemas de la línea	48
II.	Factores de criticidad determinados por sistema	49
III.	Número de fallas por sistema.....	50
IV.	Nivel de criticidad	51
V.	Matriz de criticidad para sistemas de línea P3200	52
VI.	Motores, bombas, reductores, ventiladores	53
VII.	Presecador	54
VIII.	Secador.....	55
IX.	Reductores.....	56
X.	Baño de aceite	110
XI.	Utilización de aceite en los reductores	111
XII.	Nomenclatura y marcas de aceites lubricantes.....	112
XIII.	Nomenclatura y características de lubricantes.....	113
XIV.	Nomenclatura y marcas de grasas lubricantes	113
XV.	Programa de sistema de seguridad.....	118
XVI.	Programa de limpieza	119
XVII.	Programa de controles	120
XVIII.	Frecuencia de lubricación	123
XIX.	Programa de mantenimiento de las bombas de agua.....	126
XX.	Programa de mantenimiento de los ejes paleteros	128
XXI.	Programa de mantenimiento de dosificadores	129
XXII.	Programa de mantenimiento de los motores eléctricos.....	130

XXIII.	Ficha de seguimiento a motores eléctricos mediciones de vibración, estado de bornera y temperatura	131
XXIV.	Ficha de seguimiento a motores eléctricos mediciones eléctricas.....	132
XXV.	Valores de calibración de los accionadores neumáticos.....	133
XXVI.	Valores de operación de temperatura en los elementos generales del proceso	134
XXVII.	Valores recomendados por el fabricante para temperatura y humedad relativa en presecado, contra los operacionales	135
XXVIII.	Valores recomendados por el fabricante para temperatura y humedad relativa en secador TAS-PL, contra los operacionales	137
XXIX.	Programa de mantenimiento y calibración de la instrumentación	144
XXX.	Programa de mantenimiento en reductores	146
XXXI.	Ficha de seguimiento reductor	148
XXXII.	Ficha de seguimiento agua de proceso	148
XXXIII.	Ficha de seguimiento vapor	149
XXXIV.	Ficha de seguimiento aire comprimido	149
XXXV.	Ficha de seguimiento harina	149

GLOSARIO

Cavitación	Es un efecto de hidrodinámico en el cual un fluido en estado líquido pasa a una gran velocidad a un estado de vapor.
Confiabilidad	Probabilidad de que una parte de la máquina o del producto funcione adecuadamente en un momento determinado y bajo unas condiciones establecidas.
Disponibilidad	Porcentaje del tiempo en que una máquina está en condiciones de uso para desempeñar su actividad.
Engranajes	Son mecanismos que se utilizan para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina.
Impulsor	Es un tipo de rotor que se encarga de impulsar un fluido en un conducto.
Lubricación limítrofe	Es la lubricación que se da cuando la película de lubricante es muy delgada, casi nula.
Mantenimiento predictivo	Es el mantenimiento que nos ayuda a una detección temprana de fallos en los equipos.

Rigidez	Capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
Rodamientos	Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y una pieza conectada a este.
Revoluciones por minuto	(RPM) Una revolución por minuto es una unidad de frecuencia que se usa también para expresar velocidad angular. En este contexto, se indica el número de rotaciones completadas cada minuto por un cuerpo que gira alrededor de un eje.
Sensor de vibración	Mecanismo mediante el cual se convierte una señal de movimiento, a una señal eléctrica que luego es interpretada por un equipo analizador de vibraciones.
Tiempo estándar	Valor de tiempo unitario para una tarea que se determina por aplicación apropiada de las técnicas de la medición de trabajo mediante personal calificado.
Tiempo muerto	Intervalo de tiempo correspondiente a la suspensión de las operaciones debido a descomposturas de la herramienta o maquinaria, falta de material, entre otros.

Tolerancias	Diferencia necesaria en las dimensiones para asegurar el funcionamiento adecuado de las partes de acoplamiento.
Ultrasónico	Sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano. Tiene muchas aplicaciones industriales, entre ellas la medición del espesor de tuberías.
Vibración	Oscilación perceptible y medible en la superficie de las máquinas, que ocurre como consecuencia de fuerzas dinámicas que excitan el movimiento oscilatorio.
Viscosidad	Medida de la resistencia de un líquido a fluir. La medida común métrica de la viscosidad absoluta es el Poise, que es definido como la fuerza necesaria para mover un centímetro cuadrado de área sobre una superficie paralela a la velocidad de 1 cm. por segundo.
VOSO	Ver, oír, sentir, oler.
Temperatura nominal de trabajo	Esta es la temperatura que tiene un motor eléctrico tipo jaula de ardilla, trabajando con plena carga.

RESUMEN

Las industrias alimenticias afrontan condiciones de producción con cortos intervalos destinados a la mantenibilidad por lo cual es indispensable conocer, analizar y seleccionar metodologías de mantenimiento adecuadas para la consecución de la función de la empresa, el objeto de estudio se basa en una línea de producción de pasta larga con capacidad de producción de 3 200 Kg/hr y una jornada de producción de 25 a 27 días continuos siendo necesario contar con alta disponibilidad y confiabilidad en los equipos, no es posible garantizar los objetivos dadas las metodologías correctivas y preventivas que se ejecutan, por lo cual antes de proponer monitoreo por condición y actividades proactivas se debe rediseñar e implementar la metodología preventiva que garantice cumplir la función de forma integral.

A través de estandarización en procedimientos del departamento de ingeniería se logra evitar redundancia de insumos para la ejecución de labores, generando cronogramas para determinar la criticidad en equipos y proponer frecuencias de recambio en los elementos a través de experiencias y análisis realizados, obteniendo la ejecución de labores de mantenimiento por personal capacitado según políticas de mantenibilidad que maneja el departamento de ingeniería.

La integración de los actores en la planificación de las acciones de mantenibilidad garantiza un amplio sentido de pertenencia, que permite implementar a nivel operativo la metodología autónoma delegando y empoderando al operador a cumplir con labores esenciales y rutinarias que brindan condiciones ideales de operación en los equipos, descargando

responsabilidades rutinarias a mecánicos especialistas, enfocándose en labores asignadas por el planificador de mantenimiento que deben ser inspeccionadas por supervisores de mantenimiento, creando un sistema de retroalimentación que garantice el estado real de la planta.

Este sistema de retroalimentación indica la importancia de monitorear la función de los equipos por medio de tecnologías predictivas, generando histogramas de tendencia que indiquen valores permisibles de operación en función de carga, tamaño e importancia de equipos, estableciendo información necesaria para valores no permisibles los cuales son el soporte para planificar una intervención preventiva que no afecte la función del activo, maximice la vida útil de elemento de recambio y optimice el tiempo destinado para actividades de mantenimiento.

Como resultado se tienen fichas de seguimiento para insumos, monitoreos predictivos, cronogramas de inspección y recambio de elementos en función de histogramas que indican la existencia de modos de falla. Los histogramas revelan el inicio de falla, pero no lo previenen, lo que sugiere invertir mayor cantidad de recursos en el diseño y comisionamiento de equipos: brindando condiciones ideales de operatividad y mantenibilidad, reduciendo la probabilidad de ocurrencia de los modos de falla existentes en los equipos y reduciendo el tiempo de intervención en los equipos por actividades correctivas o preventivas.

OBJETIVOS

General

Rediseño e implementación de plan de mantenimiento preventivo en la maquinaria de línea P3200.

Específicos

1. Estandarizar los procedimientos del departamento de Ingeniería para evitar órdenes de trabajo asignadas y no supervisadas, logrando disminuir órdenes de trabajo no ejecutadas.
2. Implementar cronogramas para generar el análisis estadístico útil para determinar criticidad de equipos y periodicidad de recambio de elementos mecánicos y de control.
3. Capacitar al personal técnico en el nuevo plan de mantenimiento preventivo respectivamente.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento a través del tiempo ha evolucionado de acciones correctivas hasta acciones proactivas el proceso ha requerido que las empresas a nivel mundial presten sus esfuerzos para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de la función del activo, evaluando distintos aspectos que se traducen en términos financieros; las técnicas correctivas implican alta indisponibilidad y aumento en tiempo improductivo, repercute negativamente al balance general de la empresa. La metodología preventiva indica que bajo factores de seguridad se realiza cambio de elementos de desgaste que no han cumplido su ciclo de vida, preservando la función y minimizando paros no programados, en contra parte aumenta la cantidad de paros programados y de inventarios. La metodología predictiva monitorea el estado de equipos para determinar el ciclo de vida del activo, analizando que condiciones no son aceptables para la función del equipo afectando así la producción esto requiere programar el cambio del elemento, disminuyendo inventario en bodega y optimizando el tiempo productivo; Estos beneficios tienen un alto costo de implementación.

Los eventos de mantenimiento deben de analizarse en función de la criticidad que el elemento representa para el sistema observando como la pérdida de su función afecta la productividad total, se sugiere implementar parte de cada una de las metodologías anteriormente mencionadas para preservar la función enfatizando el menor costo total.

El departamento de mantenimiento debe promover actividades proactivas en los comisionamientos, garantizando las condiciones ideales de montaje y

operación reduciendo toda posibilidad de fallo temprano, es vital prestar e invertir la mayor cantidad de recursos en prevenir los distintos modos de falla brindando una reducción de acciones de mantenimiento posteriores al inicio de modo de falla.

Las buenas prácticas de mantenimiento se estandarizaron para categorizar los esfuerzos que las industrias pueden o no adoptar dando como resultado el contexto institucional como una industria líder a nivel centroamericano y del caribe con una jornada de producción de 25 a 27 días que requiere de una disponibilidad y confiabilidad tal que garantice un flujo continuo de producción que debe ser comercializada y entregada en puntos clave teniendo como consecuencia periodos breves de intervención de la maquinaria.

Según las condiciones del sistema la metodología predictiva y proactiva son las indicadas para monitorear y planificar el momento de recambio del elemento sin afectar las horas de producción, siendo irreal dicha situación se hallan actividades correctivas y mantenimiento preventivo ambiguo que no cumple las expectativas de preservar la función del activo, debiendo rediseñar el plan preventivo e inculcar técnicas predictivas de monitoreo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad creando una mejora continua en las metodologías de mantenimiento priorizando los proceso de ingeniería mecánica, eléctrica e industrial teniendo como resultados la creación de procesos, delegación de responsabilidades en el sistema de mantenimiento, análisis de tiempos y cronogramas de actividades; Los cuales brindan soporte estadístico para los análisis de criticidad y periodicidad de las intervenciones y recambios de elementos que son ejecutados por personal técnico de primera línea debidamente capacitados proponiendo así un nuevo plan de mantenimiento

preventivo con técnicas predictivas de monitoreo en una línea de producción de pasta larga.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la empresa

La Industria Nacional Alimenticia S.A. está dedicada a la producción de distintas modalidades de pasta las cuales pueden ser largas o cortas, entre las pastas largas se encuentra el espagueti y linguini, mientras que en las pastas cortas están los coditos, caracoles, corbatines, tornillo, recortado y pluma que es pasta en forma de nidos y tipo chao mein.

Posee un área de 16 000 metros cuadrados, el control de acceso es con carné; la planta cuenta con área de vestidores para operarios, los cuales deben tener su uniforme en buen estado y limpio cada día, con la higiene personal necesaria como parte fundamental para trabajar.

Dado a los distintos productos que la empresa produce, esta posee distintas líneas de producción que dan abasto a las distintas formas de pasta que se requieran, esto dado a la alta demanda de producción que poseen, mientras que productos que no poseen tal demanda es factible realizarlo en una línea de producción que puede cambiar el molde o función.

El área de producción cuenta con nueve máquinas, dos para pastas largas, dos nideras, una para chao mein y lasaña y cuatro para pastas cortas, nombradas según su capacidad, las cuales son: P1250, P1000, P600, P400, P4500, P500, P1500, P3200 y máquina de chao mein; también cuentan con una bodega para repuestos y taller de mantenimiento.

Se cuenta con un área de bodega y el área del molino con cinco niveles, el molino tiene área de taller y de empaque, se cuenta con una clínica para el personal, un salón para capacitaciones y oficinas administrativas. También en una instalación frente de la planta se cuenta con unas bodegas, las cuales son para almacenamiento y maquila, con un área de 12 800 metros cuadrados.

Debido a la estrategia tomada desde la alta gerencia de la corporación que se enfoca a la calidad y excelencia de los productos la industria se ha posicionado en toda Centroamérica y El Caribe como el líder de producción de pasta para el mercado contando con líneas de producción que pueden satisfacer las demandas según sea la calidad de materias primas a utilizar.

1.1.1. Ubicación

La Industria Nacional Alimenticia S. A. se encuentra en la ciudad de Guatemala en la 33 calle 6-34 zona 11 Las Charcas, se encuentra a una altitud de 1487 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. Ubicación de la empresa



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Figura 2. **Bodega de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.1.2. Misión

Desempeñarse como una corporación de clase mundial, a la vanguardia de la industria alimenticia en los mercados donde se tenga presencia, siendo líder en negocios importantes y expandiéndose de manera objetiva, generando beneficios de manera sostenida para sus inversores, proveedores, clientes, trabajadores y la comunidad.

1.1.3. Visión

Ser líderes a nivel mundial en la elaboración de los mejores productos alimenticios, la implementación de los procedimientos productivos más eficientes y en el trato humano y cordial con los colaboradores, posicionando el producto como el mejor de su tipo en los diversos mercados en los que se incursione y expandiendo constantemente con estrategias e innovaciones acorde a las necesidades del consumidor, mientras se mantiene la calidad que siempre ha caracterizado la empresa conservando y promoviendo la confiabilidad del cliente.

1.1.4. Valores

- El respeto debe mantenerse en todo momento entre los colaboradores de la empresa, ya que consiste en el reconocimiento y consideración de los derechos hacia las demás personas y la promoción de estos entre los compañeros de trabajo.
- La excelencia en las labores a desempeñar la cual busca que día a día con base en el esfuerzo y trabajo arduo se logre los mejores resultados. Para ello se debe buscar la mejora continua en todos los procedimientos hechos, con el fin de obtener los mejores resultados y aumentar constantemente la eficiencia y productividad de los procesos.
- La integridad es la concordancia de lo que se dice y promueve con las acciones que se realizan, esta debe estar presente en la mente de los colaboradores para desempeñarse acorde a lo que se instruye para continuar creciendo como empresa y organización.
- La responsabilidad debe aceptarse al inicio de cualquier labor a desempeñar por lo cual, uno realiza cada tarea asignada con excelencia y con la mayor eficiencia posible, asumiendo las consecuencias resultantes de cualquier acto realizado.

1.2. Planteamiento del problema

Industria Nacional Alimenticia S.A. es una empresa que se dedica a la elaboración de pasta en sus diferentes presentaciones produciendo sus propias marcas como maquilando las distintas marcas que el mercado presenta para el consumo, al tener distintas líneas de producción se posee distintos planes de

mantenimiento preventivo como correctivo, dichos planes de mantenimiento se han querido estandarizar en todas las líneas lo cual genera ambigüedad en los trabajos a realizar al no ser preciso, dicho esto se desea un plan de mantenimiento el cual genere el control de fecha de recambio de la pieza, programar próximo cambio de manera preventiva, quien es el responsable, y posibles visitas por parte del mecánico de planta para comprobar el estado actual de funcionamiento y por consiguiente generar posibles predicciones en el tiempo de recambio de la pieza.

1.3. Antecedentes

Al ser una de las plantas más grandes a nivel Latinoamericano en la producción de pastas se tienen grandes retos en cada una de las áreas que corresponden a esta planta dado que actualmente se está en una producción continua de 24 horas durante 7 días a la semana durante 25 días al mes con lo cual logra dar abasto a la demanda de producción que la región requiere. Sin embargo, las altas exigencias en términos de producción generan que el mantenimiento tenga una planificación de prevención mientras la maquinaria está en operación, y realizar una optimización del tiempo destinado para el mantenimiento que mensualmente se tiene, con lo cual se logra tener disponibilidad y confiabilidad en los equipos de la empresa.

El departamento de Ingeniería debe tener planes y rutinas de mantenimientos efectivos, proponiendo así cronogramas de mantenimiento y una supervisión constante de los trabajos de los técnicos para garantizar que la maquinaria no tendrá un paro no programado por un servicio no prestado o no reportado evitando repetitividad de servicios y eficacia en el uso de los recursos de esta empresa.

1.4. Justificación

Siendo las pastas producto de primera necesidad en los hogares existe un incremento en la producción de estas, por lo tanto, se ve la necesidad que exista un programa de mantenimiento que garantice disponibilidad de los equipos, y un aumento en su eficiencia, dado que el crecimiento se mantiene constante en dicha planta. Por tal razón la ausencia de supervisión por parte de los encargados hacia los técnicos de servicio genera una brecha entre lo dicho, lo auditado y lo ejecutado siendo necesario que existan esos procedimientos que garanticen estandarización de los servicios de mantenimiento prestados y así llevar un control estadístico para el recambio de piezas en el tiempo programado por el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria.

1.5. Formulación y delimitación del problema

Un plan de mantenimiento preventivo ambiguo, generalizado y no especializado a las necesidades de la maquinaria, cronograma de mantenimiento y bitácoras de trabajos realizados generan conflicto entre mantenimientos asignados y los mantenimientos ejecutados.

La delimitación del proyecto se fundamenta en la demanda de producción mensual que posee cada línea lo cual conlleva a que exista poco tiempo para la ejecución de los servicios mayores, lo cual hace llegar al factor de prevenir o predecir las fallas para evitar incurrir en servicios mayores y solo concurrir los servicios menores que no representen tiempos muertos en la producción.

1.6. Alcances

- Incrementar la disponibilidad de la línea P3200 de la Industria Nacional Alimenticia S.A.
- Capacitar a los supervisores siguiendo las metodologías de órdenes de trabajo específicos y trabajos realizados a través de libros de actas, generando así la supervisión de cada tarea asignada.
- Generar el análisis estadístico de los trabajos asignados y trabajos ejecutados generando así un programa de mantenimiento preventivo dinámico.

1.7. Límites

- Aprobación de cambios en el programa de mantenimiento.
- Aprobación del presupuesto para la implementación de técnicas predictivas.

1.8. Fundamentos teóricos

Se debe de conocer los principios que rigen los planteamientos que se aplicaran dentro de este trabajo de EPS, por lo cual es fundamental conocer la esencia de que es mantenimiento, los tipos de metodologías que existen, que elementos y equipos se analizaran y como están constituidos los mismos.

1.8.1. Mantenimiento

Conjunto de acciones que se realizan con el objetivo de preservar y mantener la función de los activos físicos. Procurando eliminar, reducir o evitar las consecuencias de las fallas.

1.8.1.1. Tipos de mantenimiento

Las distintas formas en las cuales uno va a accionar para eliminar, reducir o evitar las consecuencias de las fallas son a través de metodologías de mantenimiento las cuales en este trabajo que describirán como: correctivo, preventivo y predictivo.

1.8.1.1.1. Mantenimiento correctivo

Dicho mantenimiento es conocido como reactivo lo cual indica que se responde a la falla accionando por medio de una actividad de corrección en el equipo, elemento o componente mecánico una vez este ha presentado una detención en el proceso productivo ocasionando mermas en la producción el problema puede afectar a la calidad del producto o la seguridad del personal operativo.

1.8.1.1.2. Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de actividades y acciones dirigidas a la prevención de fallo funcional de un equipo, componente o elemento de este. Preservando así la función del activo físico manteniendo la confiabilidad en la operación. Esta metodología de mantenimiento está fundamentada en las rutinas de inspección,

recambio en los componentes según horas de uso y reparaciones establecidas a través de intervalos de tiempo fijos.

La metodología presenta ciertas características que la diferencian del resto, las cuales son de utilidad a la hora de decidir implementar un sistema de trabajo fundamentado en el mantenimiento preventivo:

- Posee una programación básica.
- No necesita equipos especiales de inspección.
- Necesita personal menos calificado.
- Menor costo de implementación con respecto al mantenimiento predictivo.
- Mayor cantidad de paros programados para ejecución de este.
- Menor confiabilidad que Mantenimiento predictivo, pero mayor confiabilidad que mantenimiento correctivo.
- Mayor costo en cantidad de mano de obra.
- Mayor presupuesto por recambio de piezas.

1.8.1.1.3. Mantenimiento predictivo

Dichas metodologías de actividades de mantenimiento son basadas en las condiciones de operación de los equipos. Luego tras realizar un análisis de las condiciones de operación que han presentado condiciones de falla se procede a realizar una programación de reparación o cambio de componentes apoyándonos de la metodología de mantenimiento preventivo esto respaldados por los resultados y análisis obtenidos de herramientas de diagnóstico (análisis de lubricantes, vibraciones, termografía, ultrasonido), donde el objetivo es generar estimaciones de falla y por consiguiente realizar intervenciones en los

equipos lo más cercano a la falla para optimizar la vida útil del elemento y evitar la falla del equipo en operación.

La metodología presenta ciertas características que la diferencian del resto, las cuales son de utilidad a la hora de decidir implementar un sistema de trabajo fundamentado en el mantenimiento predictivo:

- Al detectarse una falla en la condición necesita programación dentro de las actividades mensuales.
- La tecnificación y cualificación del personal que realiza el análisis debe ser certificado para garantizar calidad en el trabajo realizado.
- Requiere de una inversión inicial alta dado al costo de los equipos de medición y tecnificación del personal.
- Nos garantiza mayor confiabilidad y continuidad en operaciones.
- Requiere menor cantidad de personal en planta puesto que existe programación.
- El stock de repuesto tiende a priorizarse.

Realizar las mediciones con los equipos o instrumentos adecuados brindara datos, pero dichos datos deben ser comparados con información base para ser de utilidad, dado esto el personal debe ser capacitado para generar dichos análisis y que los mismos sean confiables y precisos.

Dados los elementos que se están evaluando siendo estos motores eléctricos, bombas, cajas reductoras entre otros pueden presentar diferentes tipos de fallas que pueden ser: desalineamiento, desbalance de masa, solduras mecánicas, insuficiente rigidez, desgaste en rodamientos, problemas de origen electromecánico en motores eléctricos, desgaste/soldura en bandas de transmisión, resonancia, desgaste en engranajes, problemas de montaje,

excentricidad de rotores, turbulencia en flujo, flexión en ejes, entre otros. Toda aquella falla que pueda ser prevenida a través de monitoreo brindará la confiabilidad del equipo y la justificación de la implementación de la tecnología, la justificación debe verse reflejada a la hora de seleccionar que personal deberá de realizar la manutención siendo el de la empresa junto a los insumos necesarios o personal subcontratado.

- Termografía

La termografía es una técnica de análisis predictivo que brinda una imagen visible a partir de la radiación infrarroja, emitida por la temperatura superficial de un objeto lo cual indicara posibles escapes de energía en tuberías, fallos o cortos en circuitos eléctricos o el fallo en el desplazamiento de un rodamiento, esto a través de una cámara termográfica que brinda una imagen térmica del objeto de interés.

Este monitoreo sirve para generar mapas de calor y hallar lo puntos máximos de temperatura con lo cual puede indicar por donde atacar la falla, dado que la cantidad de energía tiene relación directa con la temperatura a mayor temperatura exista en un punto la posibilidad de una falla por el sobrecalentamiento es más probable.

Los fallos electromecánicos antes de su aparición generan calor y aumento de la temperatura ya sea de forma subida o progresiva, lo cual da a entender que un valor puntual de medición no es de utilidad dado que si no se compara respecto a un historial del mismo no indicara como están las condiciones de operación de dicho elemento sin embargo mantener la estadística aporta la evolución del fallo y la detección del mismo en su gestación o punto máximo admisible y con esto realizar un paro programado

para evitar pérdidas en producción o temas de seguridad, aumentando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

En los sistemas eléctricos la termografía indica el estado de componentes defectuosos, dado el aumento de la resistencia óhmica algunas de las causas de estos problemas son:

- Posicionamiento de componentes y fallos en circuitos eléctricos
- Conexiones afectadas por corrosión
- Suciedad en conexiones y/o en contactos
- Degradación de los materiales aislantes

A la hora de la lectura de la temperatura existen factores importantes a tomar en cuenta en el aspecto mecánico, después de la inspección y cambio de elementos mecánicos a las respectivas bombas, motores eléctricos, caja reductora es importante prestar atención al proceso de instalación de los rodamientos puesto que su mala instalación genera aumento de temperatura y vibración.

El factor complementario es la lubricación adecuada para cada aplicación puesto que usar grasa de alta temperatura en aplicaciones de baja revolución genera conflictos puesto que al ser más gruesa la grasa disminuye la capacidad de rotación del elemento y por el contrario usar grasa muy líquida en rodamientos de alta revolución es expulsada la grasa dejando expuesto el rodamiento.

- Mediciones eléctricas

Las mediciones eléctricas han sido de utilidad en la industria para determinar el estado de los motores entre sus fases y su puesta a tierra estas lecturas de manera periódica en funcionamiento de la misma carga indican el estado de los elementos siendo de gran ayuda para la toma de decisiones planificadas, cabe mencionar que el aumento de 10 grados de temperatura en los motores eléctricos logra disminuir hasta un 50 % la vida útil de nuestro motor. Normalmente los equipos eléctricos están sometidos a tensiones las cuales están aisladas evitando los contactos accidentales. Pero puede presentarse defectos en dichos aislamientos provocando que la carcasa metálica tenga tensión respecto a tierra.

En las instalaciones eléctricas se pueden producir distintas fallas en función de defectos en el aislamiento sean estos: cortos a masa, cortocircuitos o cortos a tierra.

- Cortocircuito a masa: es una unión conductora, debida al defecto de aislamiento, entre la masa y las partes activas de un aparato eléctrico, la resistencia de la unión conductora en el lugar del defecto es prácticamente nula. En dicha situación el cortocircuito se conoce como franco, al ser franco circula corriente muy elevada que produce un disparo de los elementos de protección para sobre corrientes. Por otro lado, si el corto no es pleno puede existir un flujo de corriente en determinadas condiciones que son incapaces de provocar el accionamiento de los sistemas de protección, tales cortos son peligrosos, al no ser detectados y pueden dar lugar a incendios.

- Cortocircuito a tierra: es una unión conductora, debida al defecto de aislamiento entre un conductor de línea o un neutro normalmente aislado respecto a tierra o partes puestas a tierra.
- Análisis de vibraciones

El análisis de vibraciones permite monitorear las condiciones de operación de los distintos equipos brindándonos información para la detección de fallos en equipos rotatorios a través de los niveles de vibración y el espectro que el mismo produce, esto a través de los equipos adecuados para la medición los cuales, al utilizarlos en los puntos adecuados en los motores, turbinas o demás maquinas rotativas brindaran datos para el análisis.

Tiene mucho valor mencionar que las tecnologías predictivas van de la mano en su utilización por lo cual esto indica que si se tienen lecturas anómalas en los histogramas de temperatura será fundamental constatarlo con otra técnica predictiva que confirme que está sucediendo una condición anómala de operación en el elemento mecánico si ambos confirman la sospecha se procede a efectuar un mantenimiento preventivo programado si es permisible el lapso de intervención.

- Técnica para medición de vibraciones:
 - Puntos de medición: En los apoyos donde la máquina este posicionada. En el caso de motores eléctricos es importante medir en los rodamientos o cojinetes.

Los distintos equipos de medición de vibraciones están diseñados para cumplir con las funciones de lectura en las carcasas de los cojinetes y

apoyarnos en la lectura de problemas potenciales en engranajes y cojinetes antifricción, cabe mencionar que el punto de colocación de los sensores son escogidos estratégicamente para obtener la medición más directa respecto al punto de rotación, por lo cual también este punto se considera apropiado para realizar las lecturas de temperatura y alimentar los mapas de calor.

La secuencia lógica para realizar las mediciones en los equipos es la siguiente:

- Deben de colocarse los sensores en los puntos más cercanos o inmediatos a las carcasas de soporte de los rodamientos y tomar las lecturas de vibraciones en aceleración principalmente para inferirlas a velocidad y desplazamiento despectivamente al tener dichos valores en los equipos de vibración puede ajustar un modo de prueba para rodamientos, el cual filtrará las vibraciones y marcará solo las de nuestro interés, ósea las inadmisibles.
- Se selecciona la velocidad a la cual la máquina está rotando en RPM. El medidor indica, solamente los componentes de alta frecuencia de vibración, desechando las vibraciones causadas por falta de lubricación o ligeras desalineaciones que son del cuarto armónico hacia abajo y permite observar del quinto armónico hacia adelante los cuales son frecuencias que se asocian directamente con defectos de engranajes o rodamientos, a mayor valor de lectura mayor cantidad de energía destructiva se genera.
- Los siguientes son tomados del modo de prueba de cojinetes, puede considerarse una aproximación de la condición de uso que posean, no se utilizan estos valores como absolutos, pueden

variar según sea la geometría del rodamiento (razón del diámetro de anillo interior a exterior, tamaño del eje, tipo de elemento de rodamiento, tamaño de elemento de rodamiento):

- Cojinete nuevo: 0,3 a 0,6 G's
- Cojinete en servicio, bueno: 0,5 a 1,0 G's
- Cojinete con defectos: 1,5 a 2,5 G's
- Cojinete con falla: de 3 a 6 G's
- Cojinete averiado: 8 a 12 G's

Dichos valores son generales, los valores absolutos para determinada máquina que posee un rodamiento de tamaño y tipo específico se consigue a través de registros históricos. La condición del rodamiento puede ser referenciada a las lecturas de prueba de cojinete, y puede ser utilizado como un indicador para evaluar la condición del rodamiento para futuras lecturas.

La utilización de estos sistemas de medición de vibraciones es para generar tendencias a través del tiempo la cual ayuda en la detección de una falla temprana o condiciones de manutención como el engrase de los cojinetes o recambio si presentan desgaste, alineación y balanceo. Generando así la programación del mantenimiento preventivo evitando costos por paros no programados, sin embargo, si se presentan valores totalmente inadmisibles es recomendable realizar el paro de la maquinaria de forma inmediata.

El punto apropiado para la colocación de sensor para la medición de la vibración es en las carcasas de los cojinetes puede existir el caso que no sean de fácil acceso por lo cual el apoyo más cercano a rodamiento será de utilidad para la toma de la lectura. Cabe mencionar que la detección de exceso de vibración en la carcasa no es sinónimo de un rodamiento en mal estado, puede

existir situaciones como un componente de rotor suelto que genera vibración a lo largo del eje rotor.

El valor máximo permitido de vibración que puede tolerarse en una máquina depende de los siguientes factores:

- La rigidez de los soportes y la base del cojinete.
- Alineación de las coplas y cojinetes.
- La velocidad de operación como relación a la resonancia y la velocidad crítica.
- La vibración emitida por otras fuentes que generan resonancias en la medición.

1.8.2. Programa de mantenimiento

A la hora de generar una planeación y un programa de mantenimiento existen distintas formas para dar marcha a dicho plan, se puede realizar las tareas preventivas de forma periódica a través de instrucciones de fabricante de los equipos, basarse en protocolos de mantenimiento según la clase de equipo o basarse en análisis de fallos potenciales en la instalación. Cabe mencionar que todo sistema tiene sus ventajas y desventajas lo más apropiado es realizar una mezcla entre los distintos métodos sacando máximo provecho a sus cualidades aprovechando datos del fabricante, siguiendo protocolos según dimensiones del equipo y monitorear las condiciones de operación de los equipos.

- Plan de mantenimiento

Esta metodología es la más cómoda y habitual de elaborar sin embargo no representa simplicidad a la hora de ejecutar puesto que debe existir una recopilación de datos técnicos de cada fabricante y se debe también elaborar instrucciones de mantenimiento en un formato único de instrucciones.

Dicho esto, se convierte en el plan de mantenimiento más laborioso de realizar, pero conlleva a obtener grandes ventajas las cuales son:

Una garantía de la maquinaria por parte del fabricante, esto puede obtenerse si y solo si se han cumplido con el periodo de recambio de piezas, frecuencias de lubricación, marca de las piezas de recambio a utilizar entre otras.

Este plan de mantenimiento no requiere de personal técnico altamente cualificado para su realización por lo cual no se necesita tener conocimiento pleno de toda la maquinaria logrando que todo el personal de mantenimiento y subcontratado sepa que funciones debe desempeñar a la hora de brindar un orden de trabajo.

Estas dos ventajas son de gran interés para los propietarios de los equipos por lo cual es el que con mayor frecuencia que mirara en las distintas plantas de producción.

Para poder llevar a cabo de manera apropiada este mantenimiento se necesita obtener cierta información que se detalla a continuación.

- Crear listado de sistemas que componen la planta.
- Determinar un formato para todo el sistema de mantenimiento.

- Identificar todos los equipos que componen los sistemas.
- Respalda la información con manuales de operación y de mantenimiento.
- Extraer la frecuencia de cada acción de mantenimiento y recomendaciones.
- Obtener información por parte de los técnicos de mantenimiento respecto a la maquinaria.
- Establecer indicadores de utilidad para el departamento de ingeniería.

Entre las desventajas que es posible hallar en este método se puede mencionar la dejadez de algunos fabricantes en no abarcar todas las áreas o aspectos de mantenimiento de su maquinaria, por el contrario, hay algunos fabricantes que sobre mantienen sus equipos generan que la vida útil de la pieza no se aproveche al máximo y por consiguiente siempre exista un desperdicio de utilidad de los activos.

También la mayoría de los fabricantes no propone el uso de tecnologías predictivas a pesar de que la confiabilidad de dichas técnicas está claramente comprobada, esto promueve una disminución en el uso de los repuestos.

Puede existir una propuesta por parte del equipo de ingenieros en modificar los materiales con los cuales son realizados ciertos componentes, en busca de obtener mejores cualidades de dureza, resistencia, capacidad para evitar la corrosión entre otros.

Tras conocer ventajas, desventajas y requisitos previos que se debe de cumplir para dar marcha a nuestro plan de mantenimiento se debe enfocar directamente en lo que son los tiempos, las frecuencias tanto de inspección

como de realización de las actividades de recambio de elementos antes de la presentación de un fallo en plena producción.

La forma para indicar los periodos de actividad puede ser definida en tiempos fijos o en función de las horas de operación de los equipos y la frecuencia la se puede determinar de tres formas: utilizando métodos estadísticos, utilizando modelos matemáticos o basándose en la experiencia de los técnicos de mantenimiento que ejecutan las acciones del plan de mantenimiento.

La utilización de los métodos estadísticos requiere de una alta cantidad de datos de alta confiabilidad para que tenga la credibilidad la información que arroja la distribución de *Weibull* para la ejecución de la tarea o labor de mantenimiento.

Basar nuestras frecuencias de manutención en función de la experiencia de los técnicos de mantenimiento hace que nuestras intervenciones estén respaldadas por el hecho de las inspecciones periódicas las cuales brindan información descriptiva de cómo se encuentra cada elemento, si esta información recabada por el técnico de mantenimiento se complementa a través de tecnologías predictivas se logra tener un panorama claro de cómo los elementos que conforman los equipos y por consiguiente las líneas de producción se comportan y realizar las intervenciones necesarias en el momento antes de la falla.

Teniendo claros los métodos empleados para la obtención de las frecuencias, se debe decidir de qué manera se va a cuantificar la duración de los periodos de intervención, sea a través de formas periódicas o a través de horas de servicio.

Antes de empezar a describir ambos métodos se analiza las condiciones en donde el plan de mantenimiento se ejecutará, es una planta de producción masiva de alimentos la cual tiene turnos de operación de 24 horas al día durante 25 a 27 días al mes lo cual indica que la disponibilidad del equipo debe ser alta y hay muy poco tiempo para hacer las labores. Esto indica que al generar ciclos en función de periodos fijos resulta imposible de cumplir, porque el paro de una maquina por cambio de figura, limpieza o fallo en algún componente afecta la programación desperdiciando valiosos ciclos de vida de los distintos elementos, por el contrario, la rigurosidad de la medición a través de horómetros obliga a generar comunicación en el sistema de gestión integral con el departamento de producción y por consiguiente determinar a través de la planificación mensual de producción la cantidad de horas que la maquinaria va a trabajar y planificar las labores de mantención de los elementos.

Se debe considerar que las variables que detienen la producción de manera no programada durante los ciclos productivos diarios deben ser tomados en cuenta para prolongar la cantidad de horas de horómetro de mantenimiento lo cual propone aun mayor control y sobre todo comunicación por las partes involucradas para generar las actividades en los tiempos oportunos y al realizarlas pasar a la evaluación, esta evaluación brinda la oportunidad de prolongar o acortar las frecuencias.

Poder generar las frecuencias de intervención implica tener un modelo base el cual evaluará según las frecuencias indicadas y por consiguiente generar el análisis estadístico que brinde la información para la toma de decisiones a la hora de prolongar las frecuencias o acortarlas según sean los resultados obtenidos por el monitoreo de condiciones e inspección de la pieza a la frecuencia indicada. Las acciones deben priorizar el costo, confiabilidad, disponibilidad y reducción del tiempo medio entre fallas.

En las frecuencias se tiene que caracterizar las actividades a realizar en frecuencias diarias, mensuales, trimestrales, anual y subdivisiones.

La frecuencia diaria es modificable en función de turnos u horas de operación o de una acción estas actividades son realizadas por operadores y se concentran en: inspecciones de sensores, toma de datos y limpiezas.

La frecuencia mensual puede asignarse a tareas mecánicas y eléctricas que no pueden realizarse por el ciclo de producción continuo en menores frecuencias de intervención y su postergación mermaría en la confiabilidad de los equipos se abarca desajustes, reemplazo de elementos y frecuencia de lubricación.

La frecuencia trimestral es la indicada para las actividades predictivas de la empresa y trabajos eléctricos elementales para el funcionamiento de la línea.

La frecuencia anual abarca los trabajos que demandan mayor tiempo para su ejecución, si es de forma distribuida se reserva para acciones que pueden planificarse durante el año distribuyendo la carga de trabajo por etapas o por equipos de forma equitativa durante los 12 meses, por otro lado, si es en parada se reserva para aquellas tareas que se realizan en coordinación con otras instituciones en la misma fecha exclusivamente.

Dicho esto, para dar abasto en las labores de mantenimiento sin aumentar considerablemente el costo de mano de obra y de planilla por prestaciones el contar con personal subcontratado para ciertas labores amplia la oportunidad de cumplir con el mantenimiento en parada y el personal cubrir las actividades durante el transcurso del ciclo anual.

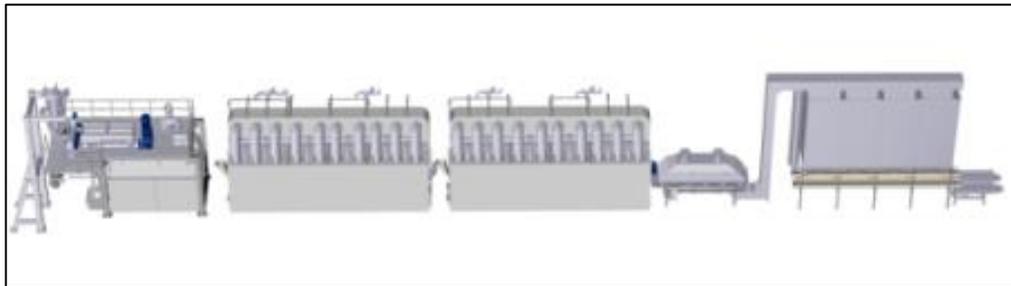
Existe una frecuencia bienal que es empleada para la calibración e instrumentación con esto logran conocer el estado de los lazos de control.

Estas frecuencias de intervención están basadas bajo eventos fijos, por lo cual es conveniente por la forma de producción de la empresa acoplarla a un modelo bajo funcionamiento de horas el cual generara que sea dinámico el plan de mantenimiento en función de la coordinación entre la producción y el mantenimiento logrando así optimizar los recursos.

1.8.3. Características constructivas de los equipos

A continuación, se brinda la información de cómo están conformados los equipos de prensa, extendedor y secador los cuales poseen un conjunto de elementos que son necesarios para la ejecución de la función de la producción.

Figura 3. Línea de producción de pasta larga



Fuente: Pavan Group. *Líneas para la producción de la pasta seca.*

<https://docplayer.es/71714664-Lineas-para-la-produccion-de-la-pasta-seca-tecnologia-de-vanguardia-desarrollada-por-pioneros.html>. Consulta: 8 de agosto del 2021.

1.8.3.1. Ciclones de carga de sémola

Elemento que recibe el producto del área de silos el cual es enviado a través de un sistema de tuberías propulsado por sopladores, está conformado por una plancha de acero con ranura de visión hecha en plexiglás, posee una sonda capacitiva mínima para la carga automática del ciclón la cual opera en función del tiempo.

Figura 4. **Ciclones de carga de sémola**



Fuente: Pavan Group. *Ciclones de carga de sémola*. <https://docplayer.es/71714664-Lineas-para-la-produccion-de-la-pasta-seca-tecnologia-de-vanguardia-desarrollada-por-pioneros.html>.

Consulta: 8 de agosto del 2021.

1.8.3.1.1. Pulmón compensador individual para sémola

Elemento volumétrico que permite una alimentación constante del dosificador y puede constituir un elemento de reserva en caso de que las instalaciones de alimentación de sémola estén ubicadas a larga distancia, este

posee una sonda de control de nivel mínimo que opera al o detectar producto sobre su campo de visión.

Figura 5. **Pulmón compensador**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.8.3.1.2. Dosificador sémola

Es un elemento de tipo volumétrico compuesto de una bomba rotatoria el cual se compone de un rotor hecho en hierro cromado con cofias en bronce y aluminio. Funciona al cierre en vacío, al detectar la ausencia de harina automáticamente detiene el dosificador e interrumpe el flujo de agua de empaste.

El motor reductor del dosificador funciona a través de variaciones de velocidad por medio de un inversor comandado desde el PLC, dicha regulación se realiza a través de la presión, con un medidor de capacidad electrónica y válvula neumática modulante de acero inoxidable con unión alimenticia, este

medidor de capacidad electrónica emite una señal análoga de 4-20mA proporcional a la capacidad del agua.

Figura 6. **Dosificador sémola**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

El PLC controla la señal análoga adecuando la abertura de la válvula para mantener la capacidad requerida, controla los valores de alarma operando automáticamente el stop del dosificador de harina y de agua.

La temperatura del agua de amasado se controla a través de una sonda de temperatura termo resistente y válvula neumática de mezcla a 3 vías de acero inoxidable con unión alimenticio, el PLC controla a través de la sonda la temperatura del agua modulando la válvula de mezclado y generando las alarmas correspondientes según las condiciones de operación.

1.8.3.1.3. Premezcladora

Se compone de un doble eje paletero para una uniforme mezcla de los productos de molienda, está realizado en su totalidad por acero inoxidable. Funciona al cierre en vacío, posee un sistema de guías y bisagras para extraer los ejes paleteros de la carcasa consiguiendo así una rápida limpieza y manutención.

Figura 7. **Premezcladora**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.8.3.1.4. Tina mezcladora doble

Elaborada en acero inoxidable en las partes en contacto con el empaste agua-harina, posee ejes paleteros y rascadores. Funciona al cierre en vacío y el movimiento de los ejes se logra a través de reductores de engranajes y motores asíncronos trifásicos.

Las tapas de cierre de la tina son de forma modular en plexiglás, con armadura de acero inoxidable y con empaques para la obtención de vacío inflables, poseen abertura y cerrado manual y el bloqueo se realiza a través de un cierre mecánico aplicado en las tapas.

Figura 8. **Mezcladora doble eje**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.8.3.1.5. Tina distribuidora

Elaborada en acero inoxidable en las partes en contacto con el empaste agua-harina, posee ejes paleteros y rascadores. Funciona al cierre en vacío y el movimiento de los ejes se logra a través de reductores de engranajes y motores asíncronos trifásicos.

Las tapas de cierre de la tina son de forma modular en plexiglás, con armadura de acero inoxidable y con empaques para la obtención de vacío

inflables, poseen abertura y cerrado manual y el bloqueo se realiza a través de un cierre mecánico aplicado en las tapas.

Posee un sensor laser que se ocupa de regular el nivel del empaste, a través de una señal de alarma el PLC detiene automáticamente los dosificadores al alcanzar el nivel máximo admitido además procede al arranque automático sucesivo.

Figura 9. **Tina distribuidora sensor laser**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Figura 10. **Eje paletero distribuidor**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.8.3.1.6. Bomba para el vacío

Está conformada por un motor con junta elástica de acoplamiento con base motor-bomba con válvula rompe vacío y contra cavitación.

Posee un pulmón para generar vacío el cual está conformado en acero inoxidable dicho elemento actúa al cierre de las tapas de la tina mezcladora, además posee una válvula de respiradero y decantación de polvo, con válvula automática de abertura y cerrado que garantiza la decantación del polvo del empaste de modo que esta no obture el circuito de vacío, el vacuómetro indicador de la tina amasadora posee señal de alarma mínimo de vacío, este instrumento es electrónico y emite una señal analógica de 4-20mA proporcional al vacío de la tina amasadora, el PLC controla los valores de alarmas programadas y opera automáticamente el stop cuando el vacío este por nivel mínimo.

En el interior de la tina se posee un serpentín de cobre para el paso del líquido refrigerante que garantiza una temperatura constante del anillo de la bomba de vacío.

1.8.3.1.7. Grupos de extrusión

Se compone por un cilindro en acero al carbón y encamisado externo en acero inoxidable para la circulación del agua de calentamiento o enfriamiento, además posee un tornillo de compresión en acero inoxidable al carbón cromado junto con un reductor de tornillo y ases paralelos con engranaje oblicuo rectificado y templado. Para completar el posee se posee un motor asíncrono trifásico con regulación electrónica de velocidad por medio de inversor.

Grupo de extracción tornillos, del lado reductor posee accionamiento automático con bomba y pistones oleodinámicos. La temperatura del circuito de los cilindros varía en automático a través de la regulación de la válvula modulante, con señal proveniente de la sonda de control, calibrada en valores programados

1.8.3.1.8. Cabezal rectilíneo

Posee válvulas modulantes, bomba de circulación, sonda de temperatura para el mantenimiento continuo de los valores de temperatura prefijados, posee un manómetro indicador de presión de trabajo en el cabezal. Se conforma por un instrumento electrónico que funciona a través de una señal análoga de 4-20 mA proporcional a la presión de trabajo, dicho sistema funciona a través del PLC que gestiona las alarmas y eventuales detenciones de la maquina según sea el valor de la presión.

Figura 11. **Cabezal rectilíneo**



Fuente: Pavan Group. *Líneas para la producción de la pasta seca.*

<https://docplayer.es/71714664-Lineas-para-la-produccion-de-la-pasta-seca-tecnologia-de-vanguardia-desarrollada-por-pioneros.html>. Consulta: 11 de agosto del 2021.

Figura 12. **Cabezal rectilíneo molde**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Figura 13. **Cabezal rectilíneo P3200**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.8.3.1.9. Recuperación despuntado

Comprendido por un ciclón elaborado en plancha de acero con ranura en plexiglás para control visual, a la vez posee una capsula con contiene un rotor hecho en hierro cromado y carcasa en bronce de aluminio, el accionamiento se efectúa a través de un motor asíncrono trifásico y reductor de tornillo sin fin.

Figura 14. **Recuperación despuntado**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.8.3.1.10. Grupo elevación molde

Constituido por polea eléctrica con rotación horizontal a doble velocidad.

1.8.3.2. Paneles

Todos los órganos en movimiento están aislados con paneles que son realizados en acero al carbón, de fácil acceso para los operadores y seccionada para facilitar la instalación, el piso está conformado por planchas de acero revestido con plancha de aluminio antideslizante.

Figura 15. **Paneles**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.8.3.3. Extendedor

Sistema encargado de la elaboración del manto de pasta con longitud exacta el cual será transportado por medio de varillas a través de los distintos secadores aprovechando el recortado de exceso para realimentar la mezcladora.

Figura 16. **Extendedor**



Fuente: Pavan Group. *Extendedor*. <https://docplayer.es/71714664-Lineas-para-la-produccion-de-la-pasta-seca-tecnologia-de-vanguardia-desarrollada-por-pioneros.html>.

Consulta: 11 de agosto del 2021.

Figura 17. **Extendedor P3200**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.8.3.3.1. Cizallas superiores

Grupo para el corte de las cortinas de pasta, cada componente está constituido por una cizalla rotatoria de acero al carbono con cuchilla de corte insertada y contra cuchilla de latón, el movimiento de rotación de las cizallas se suministra por un único motor reductor por medio de una transmisión de engranajes.

1.8.3.3.2. Grupo rebatidor

Su tarea es la de permitir una correcta extensión y plegado de todas las cortinas de pasta sobre las varillas el movimiento deriva del grupo de movimiento de la cadena intermitente.

1.8.3.3.3. Grupo cizallas inferior

Sirve para igualar la cortina de pasta duplicada y extendida sobre las varillas. Está constituido por un par de cuchillas realizadas en acero inoxidable, de las cuales una es fija y una móvil y el movimiento es dado por medio de un motor reductor independiente.

1.8.3.3.4. Grupo de transporte varillas con movimiento intermitente

Debe extraer las varillas del regreso y llevarlas a la posición de trabajo esperando las cortinas de pasta, una vez que se ha completado la primera capa, se hace realizar a las carillas un nuevo movimiento para permitir el duplicado de este y el corte superior.

1.8.3.3.5. Grupo peine descenso varillas

Transfiere las varillas desde la cadena de movimiento intermitente a la que tiene movimiento continuo, la acción del descenso y del ascenso se produce por medio de pistones neumáticos.

1.8.3.3.6. Grupo transporte varillas movimiento continuo y traslación

La movilización deriva del tiro general de la línea por medio de un eje de transmisión y de un reductor de engranajes. Las varillas de esta manera vendrán transferidas sobre la cadena de la envolvedora.

1.8.3.3.7. Grupo banda acompañadora pasta, banda de transporte desperdicios y transporte neumático de reciclado desperdicios

Constituido por una banda de acompañamiento de las capas de pastas extendidas sobre las carillas y por una banda para la transferencia al exterior de la máquina de los desperdicios de igualado, ambas bandas están mandadas por un motor reductor independiente. El grupo envía desperdicios a la prensa y está compuesto por un ventilador desmenuzador de acero dotado de motor propio y tuberías.

1.8.3.3.8. Grupo repartidor y ventilación pasta

Su función es la de dividir las dos capas de pasta en la salida del molde y de abrirlas para permitir la extensión sobre las varillas, en el curso de dicha operación se efectúa la ventilación de la pasta con aire caliente utilizando ventiladores combinados con radiadores de agua caliente.

1.8.3.3.9. Grupo regreso varillas

Efectúa la recuperación de las varillas de la sierra y su transporte hasta su introducción en el ingreso del extendedor, con motorización independiente, las cadenas de transporte son de acero al carbono.

Figura 18. **Retorno de varillas**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.8.3.4. Presecado

Primera y fundamental fase de secado de la pasta, extendida sobre las varillas busca eliminar el agua rápidamente, dura aproximadamente una hora, durante la cual la pasta pierde el 60-70 % del agua de empaste y su humedad pasa a ser del 30 % al 13-15 %.

Está constituido por un túnel adecuado a la producción de la prensa, conectado al inicio con el tendedor y al final con los grupos de secado, las varillas de pasta son distanciadas y transportadas por medio de un par de cadenas con alzas moldeadas que avanzan en fase con el resto de la línea. El aislamiento térmico del aparato está asegurado por medio de paneles de acero inoxidable aislantes con poliuretano extendido. La inspección y el control de la pasta son facilitados con puertecillas y ojos de buey adecuadamente colocados.

El calor necesario es abastecido por un conjunto de radiador-ventilador sobre la pasta, la circulación del aire esta adecuadamente orientada por un deflector puesto en el fondo. El posicionamiento y el control automático de las temperaturas y humedad internas vienen efectuadas por medio de aparatos electrónicos, las mismas reciben señales de sondas apropiadas y determinan el funcionamiento de las válvulas modulantes para el agua caliente y de los actuadores neumáticos para el control de la humedad relativa, de manera tal que tengan en la fase de eliminación de agua las condiciones climáticas apropiadas.

Figura 19. **Presecado**



Fuente: Pavan Group. *Presecado*. <https://docplayer.es/71714664-Lineas-para-la-produccion-de-la-pasta-seca-tecnologia-de-vanguardia-desarrollada-por-pioneros.html>. Consulta: 15 de agosto del 2021.

1.8.3.5. **Secado**

Es la zona donde se cumple la fase del proceso de secado de la pasta, la misma es secada lentamente en condiciones climáticas idóneas, constantemente controladas y su porcentaje de humedad pasa a 12-13 %.

Figura 20. **Área de Secador P3200**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

La galería comprende tres zonas en las cuales están colocadas una serie de centrales de ventilación completos de radiadores y ventiladores, térmicamente independientes cuyo valor es determinado por sondas de control (seco húmedo) y (secos) que regulan la temperatura y la humedad interna precedentemente programada en los circuitos térmicos. Las sondas (seco húmedo) están colocadas en proximidad de los grupos de extracción del aire húmedo, y por medio de su señal extraen la humedad de exceso reintegrando la zona con aire ambiente.

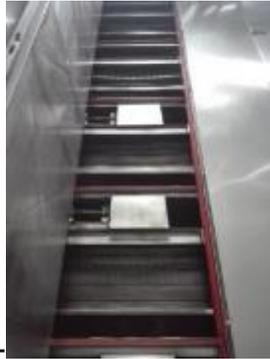
Figura 21. **Secador P3200**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Las varillas son transportadas a lo largo de los planos por un par de cadenas de alzas, el movimiento es suministrado por el eje de transmisión general, en fase con el resto de la línea, presecador, unidad de separación y refrigerador. El suministro de calor está garantizado por las unidades de termo ventilación, dispuestas adecuadamente. El aislamiento térmico está asegurado por paneles de acero inoxidable, correctamente aislados y la inspección, el control del producto y la manutención de la galería están aseguradas por puertas adecuadamente posicionadas.

Figura 22. **Secado**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.9. Estándares de calidad en insumos

Son aquellos parámetros que son considerados ideales a la hora de producción en la elaboración de la pasta por lo cual es indispensable que en nuestros procesos de intercambio de calor se tengan los valores deseados de temperatura de enfriamiento, temperatura de aporte de calor y mezcla entre harinas.

1.9.1. Calidad de agua de *Chiller*

La unidad de enfriamiento de agua conocida como Chiller es un equipo que está conformado por un compresor, un condensador, evaporadores de placas, válvulas de expansión, refrigerante y tuberías además de un sistema de control electrónico. Su funcionamiento consiste en la extracción de calor de un fluido de proceso a través del intercambio de energía en forma de conducción y convección esto a través de dos fluidos a distintas temperaturas las cuales se modulan para una temperatura final.

El equipo está conformado por dos compresores que poseen su unidad de refrigeración con capacidad de 95 Kg de refrigerante y la presión máxima del refrigerante es de 16,2 bar, condensador de aire frío, tanque de captación o cisterna que cuenta con un volumen de reserva de 20 000 litros la presión máxima del agua es de 10,3 bar, válvulas de alimentación y separadores de aceite que posee 10,1 litros de aceite dentro del sistema. La potencia del equipo se encuentra entre 525 y 1 750 kW y una frecuencia entre 50 y 60 Hz. Dicha agua de enfriamiento tiene utilidad en el proceso de amasado donde el dosificador hace la mezcla de ambos fluidos para obtener un tercer fluido con condiciones deseadas, además se emplea en el proceso de enfriamiento de pasta donde disminuye la temperatura generando el proceso de secado y estabilización del producto, la temperatura de salida del agua de *chiller* es de 14,6 °C la cual retorna de planta tras pasar por una torre de enfriamiento a 16,9 °C.

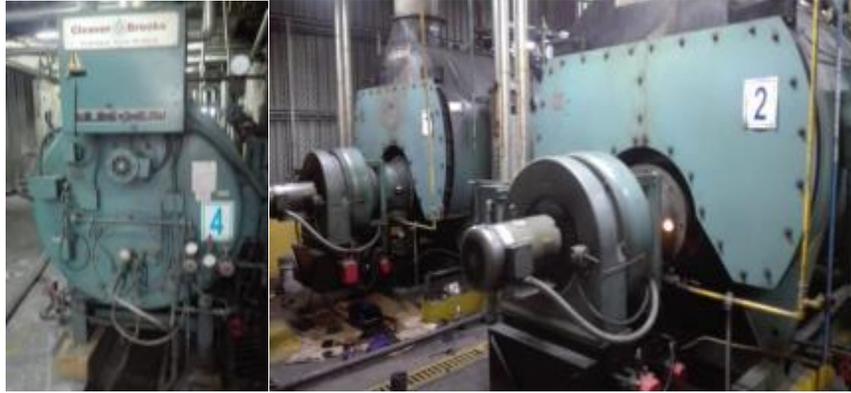
1.9.2. Calidad de agua de caldera

Las calderas que regulan la temperatura del agua son de tipo piro tubular, con una capacidad de 300 BHP y característica constructivas de 4 pasos con una presión de trabajo de 10,34 bar en marca Cleaver Brooks se poseen dos calderas de dicha capacidad las cuales deben operar de forma alternada una semana cada una estas no llegan a realizar el proceso de transformación de estado líquido a gaseoso por lo cual se les puede considerar como calentadores de agua de proceso la cual se entrega a una temperatura de 138 °C la cual sirve para la circulación del agua en los procesos de amasado, presecado y secado, a la vez se poseen dos calderas una de 300 BHP y la otra de 100 BHP de marca Cleaver Brooks además de un calderín marca Fulton las cuales si realizan el cambio de estado del agua de proceso generando vapor, el cual es de utilidad para el proceso de humidificación.

Dichos equipos son alimentados a través de combustible de tipo bunker, las calderas empleadas para el calentamiento del agua son automatizadas por lo cual su curva de combustión viene dada por parámetros PID teniendo 20 puntos de curva de combustión donde se regulara la cantidad de aire (oxígeno) y cantidad de combustible esto a través del accionamiento de dos servomotores los cuales tienen una amplitud de 360 grados y proporcionalmente generan la apertura de las necesidades de demanda de agua de proceso, por otro lado las calderas de vapor son de tipo manual con una leva moduladora la cual regula el flujo de aire y combustión según las necesidades.

Es importante remarcar la calidad del agua de proceso que ingresa a la caldera dado que si esta no posee un tratamiento químico generara en primera instancia incrustación en los tubos de fuego de la caldera esto debido a las sales que se adhieren a la superficie de los mismos generando una transferencia de calor ineficiente un mayor consumo de combustible demanda de la caldera para suplir la demanda de agua de proceso en las condiciones deseadas en segunda instancia se tiene que el agua que va hacia planta es transportada por tuberías que poseen uniones, bridas, válvulas, bombas, radiadores, y equipo de instrumentación los cuales son susceptibles al mismo proceso de incrustación generando obturaciones, taponamientos y reducción del diámetro interno efectivo de los elementos y por consiguiente, posibles aumentos de presiones, deficiencia en la dotación de agua de proceso requerido, mediciones erróneas por parte de los equipos y daños a los equipos generando un reemplazo que suma al costo de mantenimiento mensual lo cual puede ser mitigado a través una cultura y acciones preventivas en el tratamiento del agua de caldera con químicos que darán como resultado un pH apropiado para el proceso y sus respectivas purgas.

Figura 23. **Caldera**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Figura 24. **Mantenimiento calderas 300 BHP**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Figura 25. **Cepillado**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.9.3. Harina

En el proceso productivo la materia prima variara en función de los requerimientos que el cliente solicite por lo cual se describen los tipos de harina que se emplean la elaboración de pasta en sus distintas presentaciones.

Se tienen a disposición tres tipos de harina pasteras que ubicadas de forma piramidal se tiene en la cúspide una harina clase HAD que representa la mejor en términos pasteros siendo las seca y más densa en su granulometría, seguidamente se tiene el tipo XTL la cual representa la media de la pirámide con características intermedias entre pastera y panadera y en la base de la pirámide se tiene HRW la cual es eminentemente panadera. Para la formulación de los clientes se tienen distintos porcentajes que van desde un 78 % de HAD

hasta un 100 % de HRW para un cliente específico empleando de por medio el XTL que es el regulador entre las mezclas de harina.

Las tres variedades que se emplean para la elaboración del producto final son recibidas en distinta presentación de envasado sean por sacos como HAD o XTL, pipa como HRW los cuales se obtienen de las fábricas transformadoras de trigo en harina halladas en Guatemala, El Salvador y México. A la vez la materia prima como el trigo se importa de Estados Unidos, Rusia, México, Canadá entre otros.

Figura 26. **Sistema de distribución de harina**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Figura 27. **Blowers de distribución de harina**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

1.10. Índice de criticidad de equipos P3200

En el apartado de índice de criticidad de equipos está compuesto por un análisis de frecuencia de fallas y el impacto que producen en el proceso productivo, la clasificación de los sistemas fue a través de los distintos equipos de la línea de producción. La presentación de los resultados da como resultado una matriz de criticidad.

Tabla I. **Clasificación de los sistemas de la línea**

Nombre del sistema	Nombre asignado
Prensa	Sistema A
Extendedor	Sistema B
Presecador	Sistema C
Secador	Sistema D

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Son 5 los factores de criticidad que deben brindarnos certeza en el trabajo que se realiza con lo cual pueda evaluarse todas las consecuencias de mal

funcionamiento que puede tener el sistema, el mal funcionamiento repercutirá directamente en lo que es nuestra producción, que tan complejo resulte realizar la reparación y el alcance de sus efectos brindara una mayor o menor importancia dentro del sistema.

- Número de componentes macro de cada sistema
- Naturaleza de sus componentes individuales
- Accesibilidad dentro de la línea para reparación o reemplazo
- Grado de importancia para el proceso general
- Importancia individual objetiva para el proceso

Cada factor brinda un nivel de criticidad a los sistemas, en conjunto genera un nivel de consecuencia © por cada sistema, el valor de cada grado es de 1 a 5 se presenta a continuación los distintos valores de los factores.

Tabla II. **Factores de criticidad determinados por sistema**

Sistema	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
A	2	2	1	3	3
B	2	2	2	3	3
C	2	4	3	5	4
D	2	4	4	5	5

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Dichos factores de criticidad hallados para cada sistema se utilizarán en una ecuación que otorgara el nivel de consecuencia ©, la ecuación es:

$$C = 1 \times [2+3] \times 4+5$$

Se procede a calcular la consecuencia © de cada sistema.

- Sistema A: $C = 2 \times [2 + 1] \times 3 + 3 = 21$
- Sistema B: $C = 2 \times [2 + 2] \times 3 + 3 = 27$
- Sistema C: $C = 2 \times [4 + 3] \times 5 + 4 = 74$
- Sistema D: $C = 2 \times [4 + 4] \times 5 + 5 = 85$

Se procede a determinar la frecuencia de ocurrencia de falla en dichos sistemas, en función a la cantidad de fallas documentadas durante el transcurso de 4 meses dando la siguiente rubrica de clasificación de fallas.

- Entre 0 y 1 falla en 4 meses: Nivel de frecuencia = 1
- Entre 2 y 9 fallas en 4 meses: Nivel de frecuencia = 2
- Entre 10 y 19 fallas en 4 meses: Nivel de frecuencia = 3
- Entre 20 o más fallas en 4 meses: Nivel de frecuencia = 4

Se presenta la tabulación de cantidad de fallas registrados en el periodo analizado.

Tabla III. **Número de fallas por sistema**

Sistema	Numero de fallas	Nivel de frecuencia (F)
A	5	1
B	9	2
C	9	2
D	12	3

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Con los datos obtenidos se puede determinar el valor de criticidad total (CTR) de cada sistema con la siguiente formula:

$$CTR = (C) \times (F)$$

- Sistema A: $CTR = 21 \times 1 = 21$
- Sistema B: $CTR = 27 \times 2 = 540$
- Sistema C: $CTR = 74 \times 2 = 148$
- Sistema D: $CTR = 85 \times 3 = 255$

La rúbrica para enmarcar el nivel de criticidad total está calculada de la siguiente manera:

- Criticidad baja: Entre 1 y 19
- Criticidad media: Entre 20 y 69
- Criticidad alta: Entre 70 y 140
- Criticidad muy elevada: Entre 141 y más

Tabla IV. **Nivel de criticidad**

1	Muy elevada
2	Alto
3	Medio
4	Bajo

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Se muestra a continuación la matriz de criticidad para los cuatro sistemas de pasta larga lo cual brinda la posibilidad de priorizar los equipos para la toma de decisiones en temas de inversión y prevención de los activos.

Tabla V. **Matriz de criticidad para sistemas de línea P3200**

FRECUENCIA	4																		
	3																		D: 25 5
	2					A: 21	B: 54									C: 14 8			
	1																		
	0	1-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89
CONSECUENCIA A PARO DE PROCESO																			

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

1.10.1. Criticidad por subequipos

Valoración que se le adjudica a motores eléctricos, cajas reductoras y bombas las cuales forman parte de los cuatro sistemas de línea que se analizaron de forma macro.

Dicha valoración incluye la actividad proactiva de comisionamiento, metodología de mantenimiento preventivo o predictivo y la importancia que tiene si la función de este se ve interrumpida. Esto a través de la experiencia, tamaño de equipo, dificultad de accesibilidad e información técnica brindada por el fabricante.

Tabla VI. **Motores, bombas, reductores, ventiladores**

No.	Ubicación	Criticidad
Prensa		
1	Motor bomba de aceite lubricante	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
2	Motor bomba de vacío línea P3200	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
3	Motorreductor amasador A	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
4	Motorreductor amasador B	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
5	Motor bomba de control temperatura cilindro 1	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
6	Motor bomba de control temperatura cilindro 2	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
7	Motorreductor de mezclador	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
8	Motorreductor de pulmón compensador	3.AP.PO. VOSO→Predictivo
9	Motorreductor dosificador de harina	3.AP.PO. VOSO→Predictivo
10	Motor extractor de pulmón compensador	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
11	Motorreductor recuperador de recortes	3.AP.PO. VOSO→Predictivo
12	Motorreductor tina de distribución	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
13	Motorreductor tornillo compresión 1 DX	1.AP.PO. Monitoreo→Predictivo
14	Motorreductor tornillo de compresión 2 SX	1.AP.PO. Monitoreo→Predictivo
Extendedor		
15	Motorreductor de banda descarga recortes	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
16	Motorreductor de banda recuperadora recortes	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
17	Motorreductor de cadena intermitente	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
18	Motorreductor de centrifuga recortes	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
19	Motorreductor de cizalla inferior	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
20	Motorreductor de cizalla superior	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
21	Motor bomba de control temperatura cabezal A	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
22	Motor bomba de control temperatura cabezal B	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
23	Motorreductor de retorno cañas	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
24	Motor de ventilador A de cañas	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
25	Motor de ventilador B de cañas	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
26	Motor movimiento de línea	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
27	Motor ventilador de cabezal A DX	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
28	Motor ventilador de cabezal B SX	2.AP.PO. VOSO→Preventivo

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla VII. **Presecador**

Presecador		
29	Motor bomba 1 central del presecador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
30	Motor bomba 2 central del presecador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
31	Motor bomba 3 central del presecador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
32	Motor bomba 4-5 central del presecador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
33	Motor bomba 6-7 central del presecador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
34	Motor bomba lubricación de cadenas	1.AP.PO. Predictivo
35	Motor extractor humedad C presecador	2.AP.PO. VOSO→Preventivo
36	Motor ventilador 1 central A presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
37	Motor ventilador 1 central B presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
38	Motor ventilador 1 central C presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
39	Motor ventilador 1 central D presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
40	Motor ventilador 2 central A presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
41	Motor ventilador 2 central B presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
42	Motor ventilador 2 central C presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
43	Motor ventilador 2 central D presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
44	Motor ventilador 3 central A presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
45	Motor ventilador 3 central B presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
46	Motor ventilador 3 central C presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
47	Motor ventilador 3 central D presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
48	Motor ventilador 4 central A presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
49	Motor ventilador 4 central B presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
50	Motor ventilador 4 central C presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
51	Motor ventilador 4 central D presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
52	Motor ventilador 5 central A presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
53	Motor ventilador 5 central B presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
54	Motor ventilador 5 central C presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
55	Motor ventilador 5 central D presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
56	Motor ventilador 6 central A presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
57	Motor ventilador 6 central B presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
58	Motor ventilador 6 central C presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
59	Motor ventilador 6 central D presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
60	Motor ventilador 7 central A presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
61	Motor ventilador 7 central B presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
62	Motor ventilador 7 central C presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
63	Motor ventilador 7 central D presecador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla VIII. **Secador**

Secador		
64	Motor ventilador 2 central C secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
65	Motor bomba 1 central del secador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
66	Motor bomba 2 central del secador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
67	Motor bomba 3 central del secador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
68	Motor bomba 4 central del secador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
69	Motor bomba 5 central del secador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
70	Motor bomba 6 central del secador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
71	Motor bomba 7 central del secador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
72	Motor bomba 8 central del secador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
73	Motor ventilador 1 central A secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
74	Motor ventilador 1 central B secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
75	Motor ventilador 1 central C secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
76	Motor ventilador 1 central D secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
77	Motor ventilador 2 central A secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
78	Motor ventilador 2 central B secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
79	Motor ventilador 2 central D secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
80	Motor ventilador 3 central A secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
81	Motor ventilador 3 central B secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
82	Motor ventilador 3 central C secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
83	Motor ventilador 3 central D secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
84	Motor ventilador 4 central A secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
85	Motor ventilador 4 central B secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
86	Motor ventilador 4 central C secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
87	Motor ventilador 4 central D secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
88	Motor ventilador 5 central A secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
89	Motor ventilador 5 central B secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
90	Motor ventilador 5 central C secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
91	Motor ventilador 5 central D secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
92	Motor ventilador 6 central A secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
93	Motor ventilador 6 central B secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
94	Motor ventilador 6 central C secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
95	Motor ventilador 6 central D secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
96	Motor ventilador 7 central A secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
97	Motor ventilador 7 central B secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
98	Motor ventilador 7 central C secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
99	Motor ventilador 7 central D secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
100	Motor ventilador 8 central A secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
101	Motor ventilador 8 central B secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
102	Motor ventilador 8 central C secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo
103	Motor ventilador 8 central D secador	3.AP.PO. VOSO→Preventivo

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla IX. **Reductores**

No.	Ubicación	Criticidad
Presecador		
1	Reductor enlace movimiento presecador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
2	Reductor movimiento del presecador	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
Secador		
3	Reductor enlace movimien secador ingreso	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
4	Reductor enlace movimient secador egreso	2.AP.PO. VOSO→Predictivo
5	Reductor movim ingreso piso 1 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
6	Reductor movim ingreso piso 1 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
7	Reductor movim ingreso piso 2 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
8	Reductor movim ingreso piso 2 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
9	Reductor movim ingreso piso 3 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
10	Reductor movim ingreso piso 3 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
11	Reductor movim ingreso piso 4 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
12	Reductor movim ingreso piso 4 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
13	Reductor movim ingreso piso 5 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
14	Reductor movim ingreso piso 5 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
15	Reductor movimi egreso piso 1 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
16	Reductor movimi egreso piso 1 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
17	Reductor movimi egreso piso 2 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
18	Reductor movimi egreso piso 2 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
19	Reductor movimi egreso piso 3 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
20	Reductor movimi egreso piso 3 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
21	Reductor movimi egreso piso 4 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
22	Reductor movimi egreso piso 4 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
23	Reductor movimi egreso piso 5 secador DX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo
24	Reductor movimi egreso piso 5 secador SX	1.AP.PO. VOSO→Predictivo

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Con base en información técnica, técnicos, experiencia, importancia del equipo.

Proactivamente se propone brindar las condiciones de accesibilidad adecuadas para equipos de difícil acceso.

1 → Supercrítico

2 → Crítico

3 → No crítico

A.P → Comisionamiento proactivo

P.O → Parámetros operativos

Si VOSO indica parámetro fuera de condiciones operativas → Medir Vibraciones, Temperatura y planificar

1.11. Justificación fase técnico profesional

El sentido de este proyecto es el rediseño y readecuación de los procesos seguidos en el departamento de ingeniería, dado que tener planes de mantenimiento universales para toda la maquinaria no genera optimización de los recursos esto por el hecho que las condiciones de operación como carga, velocidad y tiempo varían lo cual hace que equipos con las mismas especificaciones técnicas tengan frecuencias de intervención mayores o no según sea el caso por este como muchos otro motivos que se mencionan es importante que se especialice e individualice el mantenimiento de los elementos de cada línea sean estos motores, reductores, bombas de agua además de los equipos como tales los cuales deben de brindárseles frecuencias de actividades de prevención para evitar daños estructurales o de funcionamiento que eleven costos de mantenimiento.

Muy importante es medir y obtener información sobre lo que dice, hace y ejecuta el plan de mantenimiento dado que los indicadores que posee la empresa no reflejan la situación real puesto que de forma selectiva se hace un sesgo o se inserta cierta información dentro de otras casillas logrando cumplir con algunos indicadores pero sin que estos representen información útil dado que en el día a día y en la planificación del mes de mantenimiento se sigue obteniendo una no conformidad con la cantidad de mantenimiento correctivos lo cual sencillamente indica que la cantidad de mantenimiento preventivo que se brinda que cumple a conformidad con lo establecido, no es efectivo o es irreal la

medición realizada. El ejecutar estos análisis permite observar que el factor humano es el eslabón débil de este sistema de mantenimiento, dado que los supervisores no ejecutan una función como tal de constatar los servicios asignados a sus técnicos de mantenimiento y personal subcontratado esto genera que del listado de actividades a realizar en el mantenimiento preventivo el mecánico parcialice y priorice según su punto de vista y solo realice una u otra tarea las cuales no tienen de por medio el indicador de tiempo lo que genera tiempos muertos de mantenibilidad por parte de los técnicos y no garantiza confiabilidad en el equipo que se le presta servicio.

Por lo cual el supervisor debe tomarse a la tarea de realizar una inspección previa del área o del equipo a realizar mantenimiento, tomando referencia de las notas generadas por las inspecciones de mantenimiento que se realizan de manera mensual para informar donde se encuentran los puntos de fallas y así asignar el trabajo específico que uno requiere para su línea con lo cual al ser finalizado por el mecánico de turno se procede a revisar las actividades asignadas para dar por finalizada cada orden de trabajo en campo y con evidencia física del repuesto empleado y anotado en la bitácora de actividades diarias evitando que la supervisión sean hecha escritorio evitando así que sea un simple digitador y personal para entrega de repuestos en el sistema.

Evidenciando algunos otros puntos a mejorar en los sistemas de mantenimiento es importante que las actividades de mantenimiento a realizar tengan descripción del tiempo promedio para ejecutar cada tarea, cantidad de personal necesario, material a utilizar lo cual implica un rediseño total de las actividades que se realizan el personal a cargo de planificación de mantenimiento tendrá la labor de hacer dichas propuestas y cambios en el

sistema con el objetivo de reorientar y hacer efectivo y preciso la orden de trabajo que se le asigne al mecánico.

Los sistemas de medición representan parte vital para la línea de producción puesto que regulan y estabilizan nuestro producto para obtener las condiciones de calidad en todo momento con lo cual se debe prestar interés en generar frecuencias de verificación de estos lazos de control, de los parámetros que se utilizan y su capacidad de medición para determinar que el equipo opera de manera correcta y no presenta falla con lo cual la lectura visualizada por el operador corresponde a la lectura hecha por el equipo, debe constatarse de igual forma que las condiciones donde se ubica el equipo de medición este en perfecto estado evitando que existan rupturas en paneles o agrietamientos que permitan la formación de condensados y la pérdidas de las zonas climáticas individualizadas que poseen los secadores en sus distintas fases y niveles.

Por ultimo evaluar la criticidad de los equipos es de vital importancia dado que indica claramente las áreas o partes de la línea de producción en las cuales se debe prestar toda la atención con el objetivo de prevenir, preservar y proteger los equipos con lo cual hace que nuestras metodologías de mantenimiento cambien de forma radical analizando el factor económico y haciendo un balance del costo de reemplazo del equipo en caso de presentar una falla, el costo de tener un equipo en bodega, el utilizar tecnología predictiva en los equipos más críticos evaluando su estado y por consiguiente evitar o predecir el punto de fallo para hacer la intervención en el momento oportuno o el recambio de la pieza de manera preventiva todas las anteriores priorizando el costo, la disponibilidad y la confiabilidad de la producción en general.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

El plan actual de mantenimiento indica de manera generalizada que inspeccionar causando que el técnico en mantenimiento sea quien decide que reparar o no a la hora que se tiene destinado el mantenimiento preventivo esto causa que el técnico primero deba inspeccionar el equipo en generar y luego decidir e informar al supervisor que elemento planea reacondicionar y hasta ese momento gestionar todos los insumos necesarios para dicha reparación creando así un sistema reactivo y ambiguo que no garantiza el punto óptimo de repuestos en bodega ni optimización del tiempo y mano de obra a utilizar.

El rediseño consiste en cómo abordar los distintos elementos de interés en la línea de producción P3200 prestando importancia en elementos mecánicos, eléctricos y de instrumentación en las áreas de prensa, extendedor y secador. Entre estos mismos elementos se prioriza y observa cuales necesitan de mayores visitas de campo e inspecciones para que se brinde la confiabilidad y disponibilidad de los equipos con las distintas metodologías de mantenimiento generando ordenes de trabajo mensuales con la información del equipo a prestar servicio, elementos por recambiar e insumos necesarios.

2.1. Características técnicas de los elementos mecánicos, eléctricos, instrumentación

Se hablará de los elementos mecánicos, eléctricos y de control los cuales engloban las acciones de mantenimiento propuestas con el fin de preservarlos por medio de metodologías de mantenimiento predictivo y preventivo

aumentando así su disponibilidad y confiabilidad al mejor costo posible sin afectar la función del activo.

2.1.1. Elementos mecánicos

Conformado por cajas reductoras, bombas de agua, ejes paleteros, dosificadores y radiadores se brinda información respecto a su mantenimiento desde un punto de vista preventivo o predictivo a la vez de las técnicas que se puede utilizar para la detección de fallas con el fin de poder controlarla en función del tiempo y planificarla para su respectiva acción de mantenimiento.

2.1.1.1. Caja reductora

Las cajas reductoras tienen relación directa en su mantenimiento preventivo con la tribología y lubricación, al ser estos elementos mecánicos de transmisión de potencia están sometidas a altas cargas las cuales al ser periódicas generan fatiga a los elementos como las coronas, ruedas dentadas y rodamiento, por tal el monitoreo de sus características es de vital importancia a la vez realizar inspecciones VOSO y tener histogramas de temperatura y vibraciones que brindaran un panorama más preciso sobre las condiciones de operación de los equipos.

Al tener un plan de mantenimiento preventivo se obtiene información respecto al historial de repuestos, control de la temperatura, tendencia de vibraciones y stock de repuestos, esto permite predecir en función del desgaste las acciones de mantenimiento futuro y por consiguiente estimar cantidad de lubricante a almacenar, existencia de rodamientos y mandar a realizar a torno piñones y engranajes críticos que pueden presentar falla debido a las altas cargas o atrancamientos del sistema.

Realizar inspecciones rutinarias se convierten de forma inmediata en nuestro sistema de auditoria o inspección del estado de los equipos en planta, con esto se puede realizar los dictámenes técnicos que tendrán valor legal a la hora de existir situaciones no previstas, que brindarán la información más reciente de los equipos avalados por técnicos calificados lo cual respaldara que el equipo está funcionando sin cambios notorios en rendimiento o no esto a través de sus variables operacionales como la temperatura, el nivel de ruido y vibración así como análisis de aceites.

Durante las inspecciones se observará en el engranaje:

- Inspección visual general de piezas
- Aflojamiento de pernos de anclaje del reductor en función de vibraciones
- Inspección de fugas de aceite en las tuberías de centrales oleo hidráulicas
- Lecturas de temperatura de servicio fuera de rango
- Fugas de aceite en retenedores y carcasas
- Nivel de aceite adecuado
- Ruidos anómalos en los diferentes engranajes
- Rectificación de dispositivos de protección

A la hora de ejecutar monitoreo de condiciones a los reductores a través de mantenimiento sistemático y vigilancia de condiciones es posible ejecutar un plan de mantenimiento preventivo de los equipos, logrando predecir los requerimientos y acciones de mantenimiento futuras a través de las siguientes mediciones: temperatura, vibración, análisis de lubricante y VOSO.

Figura 28. **Caja reductora**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Monitorear estas condiciones en las cajas reductoras dan indicios de su funcionamiento si estos son estables y constante, o si empieza a desarrollarse cierta tendencia, los cuales uno debe darse a la tarea analítica de interpretar el desarrollo durante un breve periodo y realizar la explicación correspondiente que está generando cierta tendencia particular, siendo causa de posibles desgastes normales, un mal mantenimiento, mal ensamblaje o incluso defectos de fabricación.

Lo importante durante el mantenimiento sistemático y del análisis de registros de condición, es realizar las indicaciones en el momento oportuno para identificar las causas por la cual se está desarrollando una tendencia en específico y planificar las acciones pertinentes.

Los límites permisibles de los elementos de recambio son hallados en manuales de fabricante o normas constructivas ISO, la experiencia de los mecánicos de turno con el equipo en mención normalmente será el que

determine las condiciones e indicios de una falla que puede ocasionar niveles inaceptables, no es prudente obtener información a través de la superación de los límites establecidos por el fabricante y esperar el punto crítico y falla del equipo. Lo adecuado es registrar el cambio, la condición compararla con los límites conocidos y estimados para luego analizar si son razonables y aceptables para dar confirmación a una acción de mantenimiento.

Figura 29. **Fuga caja reductora**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Saber el momento de intervención es el objetivo clave porque no siempre el aumento de una determinada medición significa que se está gestando una falla, un ligero incremento a causa de tolerancias inherentes al proceso de medición, por lo cual es recomendable utilizar siempre el mismo instrumento de medición y garantizar que se encuentra calibrado, importante en toda medición determinar la temperatura ambiental puesto que afecta directamente las mediciones obtenidas, no son las mismas en verano que en invierno, cambio en el elemento de producción.

Las acciones de mantenimiento preventivo deben centrarse en cuatro áreas críticas que pueden vigilarse (análisis de lubricante, temperatura, vibración, inspección VOSO). Para cada una de ellas se presentan pautas, datos y ejemplos para acciones de mantenimiento preventivo.

Análisis de lubricante: tras realizar el índice de criticidad de los equipos y determinar cuáles son los de mayor importancia se debe considerar dicho análisis para respaldar nuestras frecuencias de lubricación con lo cual se tendrá la información correspondiente para poder prolongar o acortar nuestras frecuencias de manera técnica, se debe inspeccionar la cantidad de desgaste y que material en específico es el que se está desgastando para atacar o saber dónde está presentándose la falla siendo un engranaje, rodamiento, corona o piñón.

Temperatura: realizar las mediciones de temperatura en los puntos indicados, siendo la temperatura normal 50-60 °C o menos y un máximo de 85 °C para aceite lubricante para engranaje de extrema presión, en caso de aumentar la temperatura del lubricante, las posibles causas pueden ser:

- Incremento en la temperatura ambiental
- Deficiencia en el sistema de enfriamiento por bloqueo de las tuberías o del enfriador mismo
- Problemas en el suministro de agua al enfriador o al sistema de enfriamiento por aire dada suciedad y polvo en las nervaduras del enfriador
- Desgaste en la bomba de aceite si aumenta la temperatura del rodamiento o incrementa el diferencial de temperatura entre el rodamiento y el aceite, la causa puede ser: insuficiente flujo de aceite hacia el cojinete o falla del cojinete.

Vibración: las vibraciones de las cajas reductoras con índice de criticidad elevado se monitorean mediante sensores ubicados en puntos de movimiento como la entrada y salida de potencia, esto puede hacerse por medio de analizadores de vibración de manera frecuente para generar el análisis de las lecturas y vigilar el estado de funcionamiento de los engranajes y rodamientos, logrando una vigilancia sistemática en la condición del reductor que permite conocer la condición actual y futura así como los requerimientos de mantenimiento.

Inspección VOSO: las técnicas VOSO son importantes para que los operadores avisen a los mecánicos de turno en función de los indicios que pueden observar con sus sentidos generando un análisis de condición física sin tener la dependencia de los sensores. Esta evaluación se debe realizar observando los distintos elementos fundamentales de las cajas reductoras.

- La carcasa no debe de presentar fugas de aceite por lo cual es hermética, por lo cual se debe examinar si hay fugas de aceite en juntas y en los ejes de entrada y salida de potencia.
- Deben revisarse si los dientes de los engranajes se encuentran en buen estado sin presentar grietas, desgaste o picaduras entre ellos puesto que el buen estado de estos garantiza una operación duradera.
- En los rodamientos rectificar el estado de los rodillos y rieles para reportar cualquier cambio de desgaste como picaduras o corrosión, las jaulas se deben inspeccionar para detectar daños. Al estar en operación la mayoría de los equipos debe utilizarse la tecnología de medición de vibraciones para poder inferir el estado de este.

- La cantidad de lubricante debe ser la correcta para garantizar la ausencia de desgaste en la superficie de contacto logrando preservar la vida de los cojinetes y engranajes, revisar la circulación de aceite y aspecto.

Figura 30. **Condición de elementos en caja reductora**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

2.1.1.2. Bombas de agua

La periodicidad en el mantenimiento no es la misma en los distintos equipos de bombeo, estos varían según sus condiciones de servicio. Una unidad de bombeo que conduzca fluidos limpios y no corrosivos requiere menor cantidad de mantenimiento que una bomba del mismo tamaño y tipo que deba de conducir fluidos corrosivos o arenisca.

Figura 31. **Conjunto de Motores, bombas y válvulas neumáticas**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Ruido, vibración, calor y olor excesivos: Mientras está en funcionamiento, el motor debe tener unas condiciones de operación ideales las cuales debe considerarse como una cantidad de sonido permisible y un calentamiento no excesivo el cual indica que no está siendo forzado a sobrecargado o existan elementos extraños durante la operación. Estos síntomas indican fallas en los componentes internos de equipo sean estos: los rodamientos, falta de alineación del eje, desgaste en el impulsor, cavitación o falla en los componentes del motor.

El calor puede a la vez presentar un olor de la quema en la empaquetadura lo cual representa una falla en bobinas de motor, exceso de energía, terminales flojas y fallas en el sistema de control del motor.

Fugas de agua: Debe de presentarse en la caja de empaquetadura un goteo constante a través del casquillo, no debe de ser excesivo ni generar humedad alrededor del motor.

Polvo y suciedad: Debe hallarse indicios de polvo alrededor de las aspas de ventilación del motor y entradas de aire. El polvo inhibe el flujo de aire para enfriar bobinas del motor.

Fuga de lubricante: Las bombas no se deben lubricar en exceso, dado que existe la probabilidad de producir fallas en los rodamientos y calentar el motor. Algunos indicios que la lubricación fue excesiva es la existencia de grasa que sale de los sellos de los rodamientos y la acumulación de grasa o aceite alrededor de la bomba o motor, además si el aceite presenta una apariencia lechosa significa que está contaminado con humedad.

Debe realizarse un análisis de las condiciones de operación de los equipos y la cantidad de equipos que uno posee con esta información se sabe que las bombas son de vital importancia en el proceso de transferencia de flujos y que al tener demasiadas líneas de producción y tiempo insuficiente para poder mantener y preservar todas en 7 días, se considera pérdida de tiempo el desmontar una bomba para examinar todos sus componentes internos como: anillos, impulsor, eje, rodamientos, carcasa y acople.

Figura 32. **Motobomba**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Por lo cual este procedimiento que corresponde a un mantenimiento preventivo por equipo no se considera económicamente viable por el costo de oportunidad y tiempo.

Por el contrario, considerar intervenciones de inspección y visita a los equipos mientras están operando con normalidad puede ser una buena alternativa dado que se puede planificar la inspección de todas las bombas a través de un encargado especialista de bombas, el cual evaluara condiciones de operación siendo estos los siguientes: temperatura de los rodamientos en bomba y motor, análisis de vibraciones en soportes de elemento de rotación, desalineación de eje, desbalance del impulsor por desgastes prematuros, medición con equipo de ultrasonido.

Con estos controles que corresponden al mantenimiento predictivo uno debe analizar como esto afecta la bomba en su curva de rendimiento teniendo en cuenta las posibles fugas que posea la bomba debido al sello mecánico.

Con este análisis de ambas situaciones es prudente implementar un mantenimiento predictivo en las bombas de la línea de producción dado que el cronograma de intervención que se realizara durante la operación normal de la línea sin solicitar detener la línea y por consiguiente al presentar una falla o falla en desarrollo programar durante el paro su intervención específica.

- Instrucciones y procedimientos

Temperatura de cojinetes: debe comprobarse la temperatura de los rodamientos al aplicar tecnologías predictivas, se considera totalmente obsoleto el método de tacto para saber si está o no caliente la carcasa que lleva un rodamiento, dicho análisis puede solo sugerirse en la rutina diaria del operador de línea en un análisis VOSO para avisar a los técnicos y los mismos generar los análisis correspondientes.

El análisis de termografía es de utilidad siempre y cuando se tenga un registro estadístico de la temperatura y como esta influye en el deterioro de la pieza es importante realizar una relación directa con la frecuencia de lubricación dado que el exceso de lubricación del mismo elemento genera fricción y calentamiento excesivos.

Lubricación de cojinetes: remover la grasa o aceite siguiendo las recomendaciones de la sección de tribología del presente documento emplear aceite o grasa que cumpla con las condiciones de operación, altas temperaturas y humedad que se manejan en el medio.

Prensa estopa: Al presentarse una fuga o una revisión del equipo en el interior es indispensable realizar el cambio de la prensa estopa utilizando material de asbesto grafitado dada la alta temperatura y presión empleando el espesor apropiado para poder generar el sello entre las dos piezas acopladas. Existe el caso en el cual se emplea sello mecánico en dicha situación no debe realizarse ajuste, pero debe cambiarse siempre que exista fuga o se haga una inspección.

Flecha: la flecha y eje poseen una protección de anillos de bronce que son conocidos como manguitos los cuales son el material de sacrificio con el objetivo de proteger la flecha de ralladuras o desgastes.

Alineación: debe verificar que la alineación entre el conjunto motor y bomba sea el apropiado esto a través de un sistema de laminillas que pueden insertarse en el acople con lo cual se busca tener la misma cantidad de laminillas en cada una de las cruces de acople de no tener dicha holgura de forma homogénea se puede a realizar el ajuste necesario para no tener complicaciones en operación.

2.1.1.3. Ejes paleteros

Elemento el cual posee paletas con cierto distanciamiento y ángulo entre sí con el objetivo de homogenizar una mezcla entre múltiples sustancias las cuales al entrar en contacto no se asocian de inmediato y generan la formación de cúmulos los cuales deben disolverse creando una masa uniforme que se enviara a través de vacío al siguiente contenedor preservando así el capsulismo.

Figura 33. **Ejes paleteros**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

2.1.1.3.1. Mezclador

Es el punto de partida en el proceso de mezcla entre las dos materias primas dosificadas anteriormente este es un rápido mezclado al vacío, en su composición este elemento tiene un cuerpo hecho en acero inoxidable empotrado a la tina amasadora y dentro del cuerpo se alojan dos ejes paleteros con sentido inverso de rotación uno del otro, los cuales pueden extraerse fácilmente para limpieza exhaustiva gracias a un sistema de carro móvil.

Figura 34. **Cuerpo de ejes paleteros**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

El mantenimiento preventivo con técnicas predictivas correspondiente a dicho sistema está en función a su caja reductora y su motor ventilado, estos deben de evaluarse a través de un sistema VOSO, análisis de vibraciones, aceite y termografía con lo cual se logra monitorear las condiciones de operación de los equipos y por consiguiente garantizar disponibilidad y confiabilidad al equipo durante su ciclo de operación anual, es importante cumplir con su ciclo de frecuencia de lubricación y recambio con el objetivo de brindar las condiciones óptimas de operación durante la premezcla. Además, se sugiere tener por lo menos uno de cada uno en bodega para hacer su recambio anual programado y brindarle su servicio preventivo al equipo puesto fuera de marcha.

En las inspecciones de control se debe prestar atención a la eficacia que brinden las juntas de estanca para brindarnos un cierre al vacío total, estas

deben de ser lubricadas con aceite o grasa alimenticia, esto con el fin de preservar las condiciones organolépticas de nuestro producto, esto al ser un elemento que afecta las condiciones de calidad del producto debe inspeccionarse de manera trimestral y tomar en consideración la modificaciones pertinentes para prolongar o acortar la frecuencia.

Los ejes paleteros pueden ser extraídos fácilmente para limpieza desenroscando dos tornillos y utilizando un martillo de impacto para desbloquear el acoplamiento entre cono, paletas y eje de arrastre, al remontar el eje paletero debe limpiarse bien con aceite vegetal toda parte interna del grupo que este en contacto con la caja y parte fija, las lengüetas deben ser injertadas en el propio eje de arrastre con extremo cuidado, con el objetivo de mantener los ejes en la correcta posición de trabajo, al tratarse de limpieza y ser esta indispensable para cumplir con la inocuidad y calidad se recomienda realizarla a final de cada turno de producción para garantizar estos parámetros o indicadores.

El micro de seguridad con llave montado sobre el grupo mezclador que permite la detención del sistema en caso de una apertura involuntaria con el objetivo de detener los ejes de paleta que pueden generar un acto inseguro, por ser un elemento de seguridad es indispensable su revisión y chequeo de funcionamiento de forma mensual.

En caso de presentarse una falla en los rodamientos de bronce será necesario extraer el aceite de la caja reductora, remover el cárter y las correas junto con la polea sucesivamente quitar los anillos *Seeger*, lavar los tornillos de bloqueo de la tapa y a través de los agujeros de extracción quitar la tapa donde se alojan los rodamientos, con esto se debe extraer los distanciadores y ruedas dentadas empleando los agujeros de extracción los cuales al remontar deben

contraponerse a 180° para hallarse en fase los ejes, quitar los ejes de arrastre controlando la posición de montaje entre derecho e izquierda y finalmente proceder a extraer los cojinetes de los ejes. Esta intervención se deberá de realizar tras presentarse un análisis de condiciones y determinarse una falla en el área del rodamiento de bronce.

El carrito móvil tiene una pareja de guías lineares que permiten deslizamiento horizontal de la caja reductora, además que está prevista de holguras en los soportes y tornillos para obtener una perfecta centralización de los ejes respecto a la caja fija para evitar el rozamiento entre las paredes interiores y el eje, eventualmente es apropiado centrar los ejes mientras el mezclador funciona con producto lo cual servirá como capa aislante entre las paredes, esta práctica deberá realizarse con una frecuencia semestral.

Debe periódicamente limpiar con aire comprimido el ande y guías lineares para poder lubricar con grasa apropiado y evitar resequedad, la práctica de estas acciones de mantenimiento deben realizarse según la frecuencia de lubricación en el primer caso y de forma mensual en el segundo.

2.1.1.3.2. Amasadora

Tras el proceso de pre amasado desciende al área de la amasadora la cual concluye el proceso de homogenización, las paletas de estos ejes realizan una función de corte y su posición debe estar de manera octogonal respecto al eje de calentamiento, nuestra primera inspección estará a cargo por personal calificado entre los operadores y los técnicos de mantenimiento para realizar anotaciones y ciertos ajustes a las paletas inclinándolas levemente logrando una variación en el tiempo de empaste en la masa. El objetivo principal de estos ajustes es asegurarse del sentido de rotación del eje paletero el cual debe rotar

en sentido contrario a la hélice que se forma por las paletas en el eje de calentamiento.

Para poder realizar el ajuste de las paletas que están acopladas de manera cónica y un bloqueo de tornillo, debe desatornillarse levemente los tornillos de bloqueo que se hallan en la tapa y golpear muy despacio con lo cual permite mover fácilmente cada paleta. Los técnicos deben ser precavidos de no inclinar de manera excesiva las paletas dado que aumenta la carga en la paleta y puede presentarse una rotura y la paleta puede ser enviada directamente al área del tornillo de compresión creando daños irreparables y pérdidas considerables. Es preferible actuar en tres o más paletas de manera consecutiva logrando una ligera inclinación entre 10 ° a 25 ° en función de la velocidad de permanencia que se desea dar al empaste evitando cargas excesivas en los elementos, al finalizar la tarea de ajuste deben fijarse las paletas al fondo golpeando la extremidad superior con un mazo de bronce y bloquear los tornillos.

Figura 35. **Eje paletero de amasado**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

El mantenimiento preventivo con técnicas predictivas correspondiente a dicho sistema está en función a su caja reductora y su motor ventilado, estos deben de evaluarse a través de un sistema VOSO, análisis de vibraciones, aceite y termografía con lo cual se logra monitorear las condiciones de operación de los equipos y por consiguiente garantizar disponibilidad y confiabilidad al equipo durante su ciclo de operación anual, es importante cumplir con su ciclo de frecuencia de lubricación y recambio con el objetivo de brindar las condiciones óptimas de operación durante la mezcla.

En la tina amasadora se ha colocado un dispositivo electrónico de llenado excesivo que detiene los dosificadores de alimentación de materia primas y se reactiva cuando el nivel de empaste desciende esto con la finalidad de no forzar los motores y caja reductora que activa a dichos ejes puesto que puede crear daños y paros no programados en la línea.

Este grupo de motorreductores que accionan ambos ejes están lubricados con aceite y se hallaban puestos en fase entre ellos a través de una junta interpuesta entre los dos reductores lo cual generaba que los dos ejes amasadores rotasen en sentido contrario el uno del otro y se encontrasen en fase, con esto se garantizaba una correcta homogenización del producto y una mejor calidad a la vez que representaba un aumento en la producción por cada vuelta dada por el tornillo. Cuando es el primer montaje de la maquina se recomienda desmontar la junta de goma y poner en fase de manera individual cada eje paletero contraponiendo las paletas un eje respecto de otro al encontrarse en fase acoplar la junta la cual garantizará en todo momento su correcta ubicación.

Al estar conectada esta junta los motores eléctricos estaban colocados en posición vertical y a la hora de existir una sobrepresión rápidamente los sellos

del reductor fallaban y existía una fuga la cual se trasladaba al motor y el aceite entraba al embobinado causando que se quemara o entre a corto, una fase lo cual requería reemplazos de forma periódica, por tal motivo de manera paliativa se eliminó la junta de conexión y se cambió la dirección de puesta del motor causando que ahora se ubiquen en posición horizontal y a la hora de existir una fuga el lubricante no se traslade hacia el motor causando la pérdida del equipo.

Esta situación no se abordó de manera directa el problema sin llegar a su causa puesto que al existir una sobre presión en el sistema de ejes que son accionados a través del reductor que multiplica la potencia brindada por el motor eléctrico tiene implicaciones directas tanto en la parte operativa como la parte de mantenimiento las cuales se describirán adelante.

Operativa: La cantidad de producto agregado es mayor a lo recomendado a la capacidad de la tina amasadora, al poder deseleccionar el modo automático de trabajo en la línea de producción los operarios con tal de realizar su trabajo de manera más rápida aumentan la velocidad de la línea de 3 200 Kg/h a 3 500 Kg/h esto de manera inmediata repercute en el llenado de la tina más rápido, pero los motores y reductores no pueden aumentar ese ritmo de trabajo lo cual genera una detención del equipo por exceso de masa por el sensor electrónico y mientras la masa empieza a disminuir el empaste automáticamente empieza a solidificarse lo cual genera que tanto los reductores como los motores tengan un sobreesfuerzo y existan implicaciones de daño mecánico en los elementos como coronas, engranajes cojinetes y el motor eléctrico, lo cual representa con urgencia un paro de la línea porque los operarios llaman a los técnicos pidiendo que los motores funcionen, sin embargo estos se mandan a proteger a través del guarda motor puesto que el esfuerzo que realizan para mover la masa solidificada supera el amperaje nominal de operación por lo cual pueden suceder los siguientes dos resultados.

La primera que es la pérdida del empaste extra que se encuentra dentro de la tina cortando el proceso de producción y generando pérdidas durante el tiempo que se vació la tina amasadora y la segunda que es el aumento del amperaje nominal y por consecuente forzar los motores y comprometer la integridad de los reductores con lo cual puede existir un paro no programado por el daño de alguno de estos elementos mecánicos lo cual aumenta la cantidad de horas perdidas de producción y los costos de reparación son elevados.

Ante estas situaciones la recomendación es optar por la remoción de la masa excedente dentro de la tina y hacer un llamado al operador que aumento la velocidad de producción de la maquinaria dado que la suma de pérdidas totales por mano de obra, repuestos y horas de no producción superan la suma de pérdidas totales por realizar el proceso a la velocidad preestablecida por el sistema automatizado.

Mantenimiento: el no cumplir con las acciones de mantenimiento y lubricación compromete la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, a través de las inspecciones y técnicas predictivas se obtiene un estado general de los equipos. Al hablar de la amasadora está emplea unos rodamientos oscilantes con soporte de tiro de tipo comercial tanto del lado de tiro como del opuesto y debe realizarse su lubricación a través de engrasadores empleando grasa de consistencia 2/3 y debe realizarse con los órganos en movimiento evitando sobrepresiones indeseadas, la frecuencia de lubricación puede hallarse en el área de Tribología y lubricación.

Para la lubricación de los anillos de retención se posee dos tanques a nivel puestos del lado del reductor y otro opuesto, salen dos tubos de material plástico que alimentan un soporte que lubrica los anillos de cierre al vacío

puestos en la espiga del tornillo de compresión de los grupos de extrusión derecho e izquierdo, en caso de realizar mantenimiento a los anillos puede excluir la entrada de aceite a través de los grifos de intercepción.

Si llegase a existir la necesidad de sustituir los anillos de retención estos son de tipo cortado con jaula interna lo cual resulta sencilla la sustitución sin necesidad de desmontar los soportes, para esto se debe desenroscar la tuerca de mariposa y extraer la brida externa. Al momento del montaje debe abrirse el anillo cogiéndolo de las terminales y tirando longitudinalmente formando una hélice en el eje, luego introducir el anillo en el alojamiento ubicado en la brida interna e inspeccionar que la terminal se dirija hacia arriba y luego montar el muelle en el eje estas deben contraponerse argolla y gancho 45 ° respecto a la terminal del anillo.

Cuando sea indispensable sustituir los anillos de retención vacío al eje distribuidor lado reductor u opuesto del reductor quitar la tapa y anillo *Seeger*, aflojar los tornillos de bloqueo soporte y tuberías aplicadas a ellos luego extraer el soporte donde se ubica el rodamiento, el anillo de retención y los anillos *Seeger* tras desconectarla tubería vinculada a ellos finalmente quitar el anillo porta-anillo de retención y sustituir los desgastados.

2.1.1.4. Dosificadores

Elementos volumétricos los cuales brindan una fracción de la cantidad total que ellos manejan con el objetivo de cumplir con los valores de mezcla preestablecidos

2.1.1.4.1. Dosificador harina

La periodicidad en el mantenimiento de un dosificador de harina se basa en la limpieza y control periódico de los filtros en molienda y que a la hora de realizar la limpieza del equipo dosificador no queden cuerpos o partículas extrañas que pueda dañar de forma irremediable el sistema de capsulismo que genera la hermeticidad de vacío dentro de los rotores.

Es importante las inspecciones rutinarias para obtener información sobre el estado actual del rotor se hagan desde la parte superior de cada caja sin desmontar el rotor.

Se debe retirar el ciclón de llegada de molienda y el pulmón compensador seguidamente se desmonta la tapa superior de aluminio dejando al descubierto el interior del rotor. Al extraer la semi-tapa superior que está apoyada sobre el rotor, debe iniciarse la inspección controlando el estado de desgaste del rotor como el de la semi-tapa, debe constatarse que el rotor no presente atrancamientos y gire libremente el mismo con lo cual se da por finalizada la inspección.

Tanto el desmontaje como el montaje del equipo deben ser realizados con extremo cuidado puesto que una mala instalación daña los equipos, por lo cual la calibración de los muelles son de vital importancia dado que determinan la cantidad de presión que ejerce la semi-tapa circular hallada sobre el rotor. La presión que debe existir en los muelles debe ser suficiente para mantener elevado la tapa de aluminio del cuerpo rotor aproximadamente 2-3 mm antes de la fijación por lo cual se debe utilizar los pernos de registración para nuestro apoyo.

La caja y la tapa se deben fijar a fondo con los tornillos sellando su perímetro de forma hermética, nuevamente se debe asegurar que el complejo gire libremente sin atrancamiento. Con esto se debe colocar con extrema cautela el anillo de cierre superior y checar el sentido del labio entre tapa de aluminio y semi-tapa circular tras haber verificado el desgaste.

De manera periódica sustituir cierres al vacío y anillos para evitar la pérdida de vacío puesto que compromete las condiciones organolépticas de nuestro producto, por lo cual en condiciones de emergencia y al existir una falla que no fue planificada su reparación es recomendable poseer un recambio de dosificador completo para evitar paros prolongados y prestar un servicio de mantenimiento anualmente.

El método para que dosificador proporcione el movimiento a la harina es a través de un reductor que transfiere su movimiento a por medio de una cadena y esta se calibra con un tensor apropiado para la aplicación, como todo elemento de transmisión tanto la cadena como el reductor se debe controlar su grasa y nivel de aceite respectivamente, así como el elongamiento de los eslabones y desgaste del reductor, por lo cual se aplican métodos predictivos para el reductor y métodos preventivos para la cadena.

El reductor posee un motor autoventilado que es comandado por un invertir y regulado a través de un PLC logrando así satisfacer las exigencias de producción en cualquier momento con lo cual es recomendable prestar su servicio de limpieza eléctrico cada trimestre para tener contacto sin falsos y la señal sea recibida de forma óptima, de manera bianual se realiza una comprobación de lazos de control para corroborar que la señal enviada sea la ejecutada.

Ruido, vibración, calor y olor excesivos: Mientras está en funcionamiento, el motor debe tener unas condiciones de operación ideales las cuales debe considerarse como una cantidad de sonido permisible y un calentamiento no excesivo el cual indica que no está siendo forzado a sobrecargado o existan elementos extraños durante la operación. Estos síntomas indican fallas en los componentes internos de equipo sean estos: los rodamientos o falla en los componentes del motor.

Debe realizarse un análisis de las condiciones de operación de los equipos y la cantidad de equipos que uno posee, con esta información se sabe que los dosificadores son de vital importancia en el proceso de transferencia de materia prima por lo cual su disponibilidad y confiabilidad debe ser alta con estos prerequisites que uno debe de satisfacer para la producción es necesario la implementación de técnicas predictivas para los elementos de transmisión de potencia y técnicas e inspecciones preventivas al dosificador en sí teniendo la disponibilidad de otro equipo en bodega y realizar su recambio de manera anual para brindar su servicio durante la fuera en puesta del equipo y tener los indicadores en perfecto cumplimiento.

- Instrucciones y Procedimientos

Temperatura de cojinetes: debe comprobarse la temperatura de los rodamientos al aplicar tecnologías predictivas, se considera totalmente obsoleto el método de tacto para saber si está o no caliente la carcasa que lleva un rodamiento, dicho análisis puede solo sugerirse en la rutina diaria del operador de línea en un análisis VOSO para avisar a los técnicos y los mismos generar los análisis correspondientes.

El análisis de termografía es de utilidad siempre y cuando se tenga un registro estadístico de la temperatura y como está influye en el deterioro de la pieza es importante realizar una relación directa con la frecuencia de lubricación dado que el exceso de lubricación del mismo elemento genera fricción y calentamiento excesivos.

Lubricación de cojinetes: remover la grasa o aceite siguiendo las recomendaciones de la sección de tribología del presente documento emplear aceite o grasa que cumpla con las condiciones de operación y altas temperaturas que se manejan en el medio.

Figura 36. **Dosificador de harina-**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

2.1.1.4.2. Dosificador de agua

La periodicidad en el mantenimiento de un dosificador de agua se basa en la limpieza y control periódico de los filtros en agua y que a la hora de realizar la

limpieza del equipo dosificador no queden cuerpos o partículas extrañas que puedan obstruir los filtros generar sobrepresiones o contaminación del producto a mezclar.

Son importantes las inspecciones rutinarias para obtener información sobre el estado actual del conjunto dosificador de agua.

Para la tubería de entrada de líquidos debe poseer una válvula manual y sistema automático de para extracción de líquidos, dicho sistema puede constituirse por un presostato, una banda capacitiva y al detectar la ausencia o falta de líquido bloquea instantáneamente el motor del dosificador pausando así la erogación del producto de molienda o del líquido generando señal para intervención de los operadores, por ultimo posee un vaso de expansión que garantiza la uniformidad de funcionamiento mitigando las presiones diferenciadas y golpes de aire. Ambos accesorios deben de prestárseles servicio para evitar la incrustación o mal funcionamiento de este, considerar la calidad de líquido de entrada al sistema puesto que la reducción de diámetro por la adhesión de sales a la superficie de la tubería genera aumento de presiones y debilitamiento del elemento conductor por la oxidación y capacidad abrasiva de los mismos además de la inoperatividad de las válvulas al estar pegadas.

La tubería de salida se encarga de conducir el fluido ya dosificado esta como la de entrada deben brindárseles minuciosas y exhaustivas limpiezas a final de cada ciclo productivo las recomendaciones de mantenimiento por incrustación aplican de igual manera en este caso.

El cuerpo dosificador se debe tomar en cuenta que su material al ser una industria alimenticia debe ser el acero inoxidable rectificado y pulido el cual se

hallara en las superficies de contacto con el rotor esto para garantizar la impermeabilidad del fluido a dosificar, sobre el mismo se halla una tubería transparente que debe prestársele atención y limpieza frecuente con el fin de evitar contaminación de fluido en el cual se efectúa la dosificación actuando sobre la virola que determina el movimiento del pisto en el interior de la tubería.

El rotor se encuentra acoplado directamente al cuerpo dosificador se debe evitar la intervención de la superficie de trabajo de este con herramientas que puedan dañar la superficie puesto que se arriesga al decaimiento de la hermeticidad, no es recomendable hacer girar el dosificador en seco dado el riesgo de arruinar las superficies de contacto entre ambos cuerpos. Con lo cual se recomienda una limpieza de ambos únicamente con estropajos mojados en sustancias desengrasantes no abrasivas.

El bloque precargador transmite la presión adecuada sobre el rotor asegurando la impermeabilidad del fluido, al montar todo el grupo tras las operaciones normales de limpieza deben observarse la limpieza de la superficies entre rotor y precargador y se genere presión de forma uniformes sobre toda el área de contacto, será necesario con el tiempo nuevas registraciones de la presión sobre el bloque la cual se solucionara accionando la tuerca y contratuerca en la fijación de las manijas de bloqueo.

En el listado de actividades a realizar en el área de dosificador de agua se puede enmarcar las mismas en: Control periódico de la calidad de agua para mitigar la incrustación dentro de las tuberías, limpieza del cuerpo y del equipo, inspección del sello de hermeticidad entre el cuerpo y el rotor, inspección periódica de accesorios de tubería, funcionamiento adecuado de válvulas y por último control de los lazos de control de todo el sistema comandado por PLC.

Figura 37. **Conjunto dosificador de agua**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

2.1.1.5. Radiadores

La periodicidad en el mantenimiento de un radiador se basa en la limpieza y control periódico del tratamiento químico que se está aplicando al agua de proceso desde el área de calderas con el fin de evitar la incrustación de sales en la superficie de las tuberías y evitar taponamiento en el paso dentro del radiador y por consiguiente su indisponibilidad. A la hora de realizar la limpieza exterior del equipo debe observarse si existen indicios de que las superficies del panel estén corroídas y posean picaduras que se traduzcan en fugas de agua, se deben evitar sobrepresiones para evitar que sedimentos de lado de agua de la caldera sean enviados al sistema y existan complicaciones en la confiabilidad de los equipos.

Figura 38. **Radiador**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Son importantes las inspecciones rutinarias para obtener información sobre el estado actual los radiadores tanto en prensa como el conjunto del secador.

Deben de prestárseles servicio para evitar la incrustación o mal funcionamiento de este, considerar la calidad de líquido de entrada al sistema puesto que la reducción de diámetro por la adhesión de sales a la superficie de la tubería genera aumento de presiones que contribuyen a una deficiencia en el flujo de agua caliente suministrada y sobreesfuerzo de las bombas por suplir la demanda de circuito hídrico.

En el listado de actividades a realizar en radiador de agua se puede enmarcar las mismas en: Control periódico de la calidad de agua para mitigar la incrustación dentro de las tuberías, limpieza exterior de los radiadores, sistema

de tratamiento para la dureza del agua, inspección periódica de fugas en los radiadores que afecten la presurización de la línea.

2.1.2. Equipos eléctricos

Se entiende por equipo eléctrico todos aquellos productos destinados a convertir la energía eléctrica en otro tipo de energía, ya sea energía mecánica o calórica, y los dispositivos creados para llevar a cabo tal fin, como elementos de control, protección, transporte y medición de energía eléctrica.

2.1.2.1. Motores AC

Se ha determinado que muchas de las fallas que presentan los equipos no están relacionadas con el tiempo, sino equipos que están comprometidos a cargas periódicas altas, además de una sobretensión en su sistema eléctrico causando estrés en el aislamiento y cableado, un mal ensamblado y el calor excesivo, el cual puede ser causado por: Alimentación excesiva (corriente superior a la corriente a plena carga normal del motor), alta temperatura en las condiciones de operación y ventilación insuficiente del motor. Estas posibles causas de falla no son mitigables a través de un sistema de protección o guarda motor puesto que se seguirá disparando el mismo sin llegar a la raíz del problema y causando condiciones extremas de operación de los equipos.

Las sobretensiones en carga normal del motor pueden ser originadas por cargas de alta inercia, tales como: transportadores cargados, condiciones de rotor bloqueado, bajo voltaje, falla de fase y desbalance de fase.

En los motores eléctricos operar bajo condiciones controladas garantizan la mejor confiabilidad, disponibilidad y productividad de sus operaciones en el

proceso productivo dicho esto es apropiado que los motores posean un cronograma de actividades de mantenimiento predictivos puesto que esperar a que ocurra la falla repercute en un paro de producción y pérdida de producto que debe de ser reprocesado, tener un cronograma de actividades preventivas incurre a lubricación periódica, y recambio de piezas lo que significa sacar de marcha al motor lo cual sugiere como mínimo tener un stock en bodega de motores lo suficiente como para hacer este procedimiento de manera sistémica con la mayoría de motores de la línea, lo cual no es favorable tampoco.

Dicho esto, se analiza que es recomendable tener un *stock* de motores críticos de proceso los cuales son de difícil acceso en el mercado y brindar las condiciones de monitoreo a través de las condiciones, controlando aspectos claves de los mismos siendo estos los siguientes: Frecuencia de lubricación, termografía, control del recambio del rodamiento, realizar análisis de ultrasonido al rodamiento para determinar su condición actual, análisis de vibraciones buscando desbalance del eje, pruebas de medición eléctrica entre líneas, y consumos nominales que debe tener el equipo según operaciones.

Figura 39. **Motores AC**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Se considera que tomar estas acciones brindaran la confiabilidad de los equipos y darán como resultado paros programados de los motores según sea el análisis de sus condiciones de operación, logrando el recambio oportuno de los elementos a través de los técnicos de mantenimiento o por el personal subcontratado para la labor.

Las pruebas eléctricas pertinentes para realizar a los motores eléctricos son las siguientes:

- Lectura de resistencia: En L1-L2, L2-L3, L1-L3 deben realizarse lecturas si presenta un desbalance resistivo menor al 5 % el motor se encuentra en óptimas condiciones de operación. Si por el contrario el desbalance resistivo supera el 5 % debe precisar de una reparación urgente y anotar toda lectura realizada en las bitácoras.
- Lectura de resistencia a tierra: En L1-PE, L2-PE, L3,-PE se debe de realizar mediciones en las líneas y su puesta a tierra, si no marcarse continuidad el multímetro, el motor está en condiciones de operación. Sin embargo, si existe continuidad según el multímetro se necesita de una reparación urgente del motor.

Es de suma importancia también realizar una revisión externa del motor la cual conlleva a revisar bornes de conexión eléctrica, si estos no tuvieran grasa se procede a apretar los contactos y continuar con las demás labores. Pero si llegasen a presentar grasa debe realizarse una limpieza con desengrasante y realizar los aprietes necesarios.

También debe realizarse una revisión de cables y caja de bornes, si se presentaran cables rotos, debe repararse y aislar con cinta además de limpiar la

caja de bornes y registrar su estado actual, es preciso valorar el estado general del cableado si existen condiciones de humedad y altas temperaturas donde se ubica el motor eléctrico.

Al realizar un monitoreo por condiciones en motores eléctricos una técnica que puede dar buenos resultados es la termografía, la cual busca sacar imágenes de la temperatura en distintas partes del motor siendo los puntos de interés los siguientes:

- Devanado anterior, caja de bornes abierta y devanado posterior:
 - Temperatura menor a 20 °C no precisa de reparación urgente, se debe dejar constancia de la imagen y hacer un registro estadístico de la temperatura.
 - Temperatura de 20 °C a 40 °C precisa de reparación urgente en el margen de 30 días, debe dejarse constancia con imagen y hacer registro de la temperatura.
 - Temperatura mayor a 40 °C precisa de reparación inmediata con constancia de imagen y control estadístico.

Otra técnica para un monitoreo por condiciones en motores eléctricos es el análisis de vibraciones, el cual se basa en la detección de fallos en equipos rotatorios a través de los niveles de vibración y el espectro que el mismo produce para su análisis que debe ser efectivo, representativo y concluyente esto a través de cierta información técnica que se debe recabar siendo esta la siguiente: tipo de cojinetes, de correas, numero de alabes o palas entre otras.

Los puntos de medición deben ser los adecuados para obtener el valor más fidedigno posible.

Un problema que es de vital importancia resolver y afecta a toda medición es la calidad de anclaje de los equipos, esto se refiere a que si la base no posee la suficiente rigidez el equipo empezara a desplazarse en función de las oscilaciones que este posee, es un inconveniente que puede ser fácilmente resuelto por el personal de planta a través de aumentar espesores o durezas de los materiales sin que estos presenten fracturas y emplear el uso de aisladores de vibraciones para amortiguar la cantidad de energía disiparla a valor permisibles y no afectar la estructura del equipo, lo cual implica mayor confiabilidad en los equipos y por consiguiente menor gasto en el mantenimiento y cantidad de mediciones que se realizan al equipo.

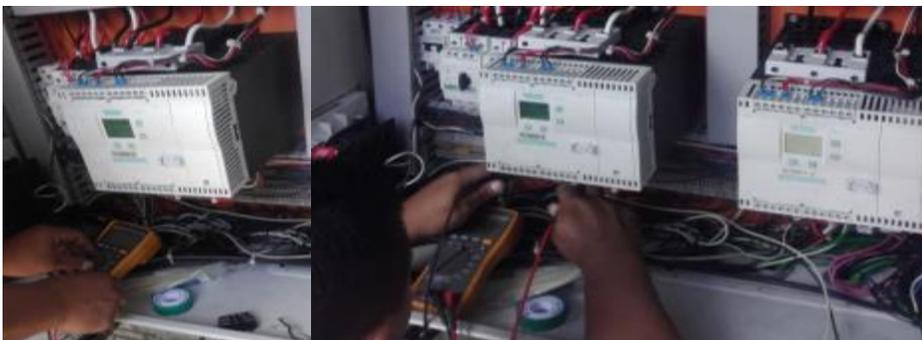
Debe hacerse un análisis de causa raíz con lo cual el análisis estadístico pueda tenerlo el personal para lograr determinar causas y proveer situaciones y cómo manejarlas. Los problemas de vibración deben ser determinados mediante el empleo de un medidor de vibraciones y analizar cuáles son las fuentes que pueden estar desbalanceando los rotores y principalmente si los acoples y bandas no logran cumplir con su ciclo de vida o si el consumo energético supera los valores de placa.

Si un motor eléctrico en la planta presenta a través de la evaluación de condiciones externas valores que ameriten su fuera de puesta, será necesario proceder a una inspección interna para determinar que se encuentra en malas condiciones este procedimiento se detalla a continuación.

- Remover copla o polea delantera aflojando el castigador.
- Remover el ventilador trasero, extrayendo el seguro con pinzas.

- Remover tornillos de tapadera delantera y verificar, si tiene porta cojinete, extraer los tornillos y quitar con un martillo de caucho cojinete.
- Remover tapadera trasera quitando tornillos y verificar, si tienen porta cojinete y remover los tornillos.
- Remover rotor.
- Verificar el estator golpeando el aislante para asegurar que no esté cristalizado por recalentamiento, de encontrarse cristalizado remover el aislante y aplicar aislante.
- Verificar amarre de la bobina, si se encuentra en malas condiciones colocar aislante.
- Verificar embobinado que no se levante y tope con rotor.
- Verificar hogar de la porta cojinetes para chequear que no exista holgura y quede flojo.
- Verificar que el rotor no está oxidado, brindar limpieza y barnizar.
- Verificar que los cojinetes del rotor no posean mucho juego o desgaste, si se encuentra en mal estado los cojinetes, cambiarlos y colocarlos correctamente.

Figura 40. **Contactores, interruptor y controladores**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

2.1.3. Instrumentación

Se posee un grupo de elementos de instrumentación los cuales brindan información para la modulación de los distintos accionamientos, esto por medio del PLC la mayoría de los instrumentos de la línea de producción funciona a través de señales analógicas de 4 a 20 mA los cuales modulan alguna variable de interés sean estas: presión, temperatura y humedad.

Figura 41. **Elementos de medición y accionamiento**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

2.1.3.1. Circuito de enfriamiento

Todos los equipos de medición y control hallados en la línea se encuentran en constante comunicación por lo cual el PLC al ser el encargado de controlar y modular en función de los valores de *setpoint* automáticamente regula la línea entera dando como resultado variaciones en cada punto de medición sea esta una sonda y otro elemento de control causando que dicha regulación establezca el proceso de producción a pesar de existir una anomalía en una parte del sistema, se tiene conocimiento bajo la experiencia y mediciones realizadas que el proceso de producción puede seguir su cauce

normal inclusive si un ventilador está fallando en la zona de presecado y puede llegar a soportar la pérdida de dos ventilador en el área de secado generando su desconexión a través de los contactores y guarda motores de los tableros eléctricos, esperando la oportunidad para un paro de oportunidad dado que la cantidad de producto que puede perderse en un paro representa costos elevados a la producción.

Esto genera la necesidad que se tenga el equipo necesario de reemplazo en bodega técnicos cualificados para su sustitución y además tener las aptitudes necesarias para realizar la calibración de los equipos de medición dado que lecturas erróneas detienen la línea completa de producción.

La instrumentación además de medir brinda la capacidad de modular y por consiguiente condicionar la forma de trabajo de los equipos con el fin de lograr las condiciones ideales de operación, al observar la línea de producción se comprende que desde los dosificadores de agua y harina hasta las zonas climáticas se posee instrumentos para su control.

Figura 42. **Sonda PT-100 y manómetro**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

2.1.3.2. Prensa

El dosificador volumétrico de harina es comandado por un motor trifásico conectado a un invertir que modula la capacidad en proporción al número de giros y al peso específico de la harina, calculando y regulando automáticamente la velocidad del dosificador a la velocidad de producción pedida.

Se posee una válvula mezcladora de tres vías con sonda de control de temperatura, la cual regula agua fría y agua caliente a 70 °C a través de una sonda PT100 que detecta la temperatura y a través de la programación en el PLC realiza la mezcla justa para obtener una temperatura de agua de proceso entre 45 °C y 55 °C.

Una válvula modulante y flujómetro electromagnético se utilizan para la dosificación de líquidos, los cuales poseen unos reductores de presión para mantener constante la presión del agua junto con un presostato para la lectura del mínimo y máximo, al existir una caída de presión en el circuito se bloquea el proceso con esto el sistema utiliza el dato de la cantidad de harina y calcula la cantidad de agua a agregar para obtener la humeada de empaste deseada.

Figura 43. **Medidor de flujo**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Con dichos elementos de regulación el operador debe de suministrar al sistema la cantidad de harina en kilogramos por hora, el peso específico de la materia prima en kilogramos por decímetros cúbicos, el porcentaje de humedad inicial de la materia prima y el porcentaje de humedad del empaste deseado, esto a través de un sistema de control de lazo abierto que permite la retroalimentación.

Seguidamente en nuestro sistema se tiene la instrumentación y control del calentamiento de la tina amasadora, el cual su objetivo es pre calentar la tina dos horas antes y durante el ciclo productivo con el fin de mantener limpias las paredes de la tina y que el producto pueda amalgamarse de mejor manera, esto se logra a través de una sonda de control la cual releva la temperatura de las paredes de la tina sin superar los 45 °C a 55 °C que corresponde a la temperatura del agua de proceso, mandando a desactivar las abrazaderas de calefacción al superar la temperatura y reactivándolas al estar por debajo del límite establecido.

Tras mencionar el sistema de regulación de temperatura de la tina amasadora, se debe citar en la misma el sistema de control y regulación del nivel de empaste el cual en nuestro caso actúa a través de una sonda laser de control de nivel que tienen calibrado distintos radios de lecturas a las diferentes alturas además la cual a través de PLC interactúa en su lazo abierto para modular la capacidad de carga y numero de giros de los dosificadores con base en el empaste deseado.

Esto lo logra con la información programada de PV, SP, DEV-, DEV+, HL, LL los cuales brindan la posibilidad de evaluar el error entre *setpoint* y el nivel real y así poder interactuar con los dosificadores. El nivel de empaste en aumento DEV- produce que a través del PLC disminuya el número de giros en

el dosificador hasta que los valores no se encuentren por debajo del PV, de forma contraria si el nivel de empaste en disminución DEV+ el PLC aumenta el número de giros del dosificador logrando encontrarse dentro de los parámetros.

Además, se posee dos umbrales de alerta siendo HL y LL los cuales detienen el proceso de amasado tanto por empaste excesivo como por empaste bajo respectivamente, por lo cual el operador en primera instancia deberá controlar y diagnosticar de donde proviene el problema para evitar la reincidencia de estas alarmas.

Dicho esto, se tiene valores de temperatura que se deben de mantener en el área de presecador y de secador los cuales se consiguen a través de centrales termo ventiladas o conjunto ventilador-radiador lo cuales brindan el intercambio de calor necesario para obtenerla temperatura de proceso requerida.

Por último, en nuestro sistema de control de la tina amasadora se posee una resistencia de calefacción para la tapa evitando la formación de condensación y logrando tanto una mejor visualización del operador como una mayor precisión en la lectura de la sonda de nivel que se encuentra, esta resistencia regula entre 38 °C a 43 °C a través de un termoelemento puesto sobre la tapa y calibrada de forma manual a través de un amperímetro.

2.1.3.3. Presecador

Se prosigue a analizar las cinco zonas climáticas distintas que posee la línea, siendo la primera zona el presecador que es una maquinaria eliminadora de agua L85G y se compone de radiadores de calentamiento situadas bajo las

centrales de ventilación, estos radiadores están alimentados con agua sobrecalentada entre 130 °C a 140 °C.

El circuito de termorregulación se encuentra instalado al lado de la máquina y es controlada la temperatura a través de una sonda seca instalada en la parte central de la zona de ventilación que envía la señal al PLC, al ser enviada la señal se actúa sobre el convertidor electroneumático que acciona válvula neumática de dos vías modulando y regulando así el paso de agua. A la vez se tiene una sonda seco-húmedo que se emplea para controlar las condiciones de humedad relativa del ambiente regulando así la extracción de aire húmedo, actuando a través de un convertidor electroneumático en el actuador neumático.

Si la temperatura interna es inferior al valor de la temperatura de la temperatura regulada, se abre una válvula modulante y el circuito reintegra con agua caliente el circuito, por el contrario, si la temperatura interna es superior a la temperatura regulada, la válvula modulante se cierra y de este modo la bomba hace recircular el agua del circuito hasta regular.

Figura 44. **Conjunto de regulación de temperatura**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Estos procesos de cambio de temperatura y humedad que son proporcionados por el calor hallado en los radiadores son distribuido y trasferido por los ventiladores que realizan una extracción del aire húmedo y caliente hallado en distintas secciones de la máquina, manteniendo así un justo porcentaje de humedad y eliminando el agua superflua liberada por el producto. Este flujo de aire aspirado es regulado en función del valor de humedad suministrado por la sonda capacitiva colocada en las gargantas de aspiración y enviada a los convertidores electroneumáticos abriendo o cerrando las compuertas a través de un mecanismo de palancas. Todos los sistemas poseen un circuito de seguridad que posee una válvula de tres vías que cierra automáticamente los actuadores de extracción de aire evitando que el producto se seque por ausencia de corriente eléctrica en las electroválvulas.

2.1.3.4. Unidad de separación

Seguidamente la unidad de separación UDS permite que la pasta logre estabilizarse durante un breve tiempo sin ventilación mecánica antes de entrar a la zona de secado (TAS-HP), la UDS es separada del eliminador de agua por un radiador de calentamiento creando una temperatura constante y creando una zona climática, dentro del sistema del UDS solo se posee otro radiador que sirve para el calentamiento de la cadena de transporte evitando así la creación de condensado en la misma, las condiciones de alimentación de ambos radiadores son las mismas con lo cual se obtiene agua recalentada a 130 °C a 140 °C con conexión de la instalación térmica externa a presión nominal PN16.

Estos radiadores están alimentados por la bomba general de instalación térmica que posee la función de empuje y regreso y posee un filtro y dos válvulas de cierre, por medio de la válvula de mando se pone el motor de tiro general en marcha y se activa la válvula neumática que abre el circuito de

calentamiento y lo cierra al concluir con la producción y detiene el motor de tiro general por el contrario, para parcializar el caudal de agua caliente hacia los radiadores debe emplearse de forma manual válvula de regulación.

2.1.3.5. Secador TAS-PL

La siguiente zona es el Secador TAS-PL el cual alterna diferentes zonas climáticas siendo de secado ESS y de estabilización STAB que permiten un secado gradual a la pasta, las sondas capacitivas están colocadas en las zonas donde se produce la extracción de aire húmedo y regulan la temperatura actuando en las válvulas neumáticas de los circuitos térmicos, controlan la humedad relativa del ambiente abriendo y cerrando los accionadores electroneumáticos, mientras las sondas secas están colocadas en las zonas donde no hay extracción de aire húmedo, regulando la temperatura ambiente actuando sobre las válvulas neumáticas de los circuitos térmicos y los radiadores del secador situadas antes de los electroventiladores centrífugos son alimentados de igual manera que los del presecador y estabilizador.

La máquina se subdivide en tres pisos teniendo en el primer piso radiadores alimentados directamente por la bomba general de la instalación térmica colocada cerca de la sala de calderas y la regulación es efectuada por medio de válvulas neumáticas de dos vías, mientras que el segundo y tercer piso los radiadores son alimentados por el circuito de termorregulación que se ocupa de la alimentación de agua caliente a la misma condición que las demás áreas y agua fría entre 12 °C a 15 °C. Con lo cual se realiza la regulación por medio de válvulas de dos y tres vías con bomba de circulación, estos fluidos son conducidos de forma externa a la maquina a las mismas condiciones de presión nominal.

En el primer piso se tiene radiadores que se alimentan por la bomba general de instalación térmica que posee la función de empuje y regreso y posee un filtro y dos válvulas de cierre, con un control modulante de temperatura a cargo de dos tipos de sondas siendo una seca y otra seca húmeda esto a través del PLC y se regula el valor de lectura de mínimo y máximo registrado a través de las sondas, cuando el valor de temperatura interna alcanza el valor mínimo el PLC activa la válvula de mando y apertura la válvula neumática por el contrario si la temperatura interna es superior a la programada se cierra la válvula.

Figura 45. **Sistema de regulación de temperatura secador**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Para la emisión de aire se tiene un circuito térmico de calentamiento con radiadores los cuales son alimentados por la bomba general de la instalación térmica y posee la función de empuje y regreso y posee un filtro y dos válvulas de cierre. El control de la temperatura del aire se produce mediante la lectura de una sonda PT 100 ubicada en los tubos de emisión de aire caliente, la puesta en marcha del motor colocado en el ventilador soplante, activa una válvula de

mando que mantiene la posición abierta de la válvula neumática hasta que el motor se apague, la temperatura del aire puede oscilar entre los 60 °C a 65 °C y se regula de forma manual la válvula.

Por el otro lado el circuito de termostatación del segundo y tercer piso del secador se encuentra a un lado de la máquina y alimenta al grupo de radiadores, estos poseen controles modulantes de la temperatura y extracción del aire húmedo a través de las sondas seco-húmedo con el objetivo de disminuir de forma gradual el clima interno y aumentando el porcentaje de humedad relativa sin llegar al punto de rocío. La manera que se emplea para disminuir la temperatura es a través de un intercambiador de calor alimentado por agua caliente de recirculación con temperaturas que oscilan entre 120 °C a 130 °C provenientes de los grupos de radiadores y agua fría que se encuentra entre 12 °C a 15 °C.

A través de la sonda que controla la temperatura del aire el PLC como sistema de control actúa independiente o sobre las válvulas neumáticas de control activando el movimiento de las válvulas neumáticas que regulan el flujo de agua caliente o fría del intercambiador. La sonda PT100 colocada en la tubería de descarga de los radiadores controla la temperatura de agua en el circuito cuyo valor se transmite al software de control el cual posee el diagrama de Mollier para evitar que la temperatura de agua baje y sea inferior a la temperatura de rocío de la zona.

El circuito de alimentación posee la capacidad de carga y descarga desde la instalación térmica con la función de cumplir la calefacción de los radiadores en caso de ser necesario el circuito primario reincorpora agua caliente abriendo la válvula neumática del circuito caliente y cerrando la del circuito de refrigeración. Además, se posee un sistema de seguridad que consiste en una

válvula de sobrepresión que envía el agua del circuito de enfriamiento a la descarga cuando se superan los 4,5 BAR de presión, se puede constatar esta situación cuando las tuberías internas del intercambiador de calor presentan picaduras dada la corrosión y se encuentran en contacto agua recalentada a 130 °C con agua fría del circuito.

Estos procesos de cambio de temperatura y humedad que son proporcionados por el calor hallado en los radiadores son distribuido y trasferido por los ventiladores que realizan una extracción del aire húmedo y caliente hallado en distintas secciones de la máquina, manteniendo así un justo porcentaje de humedad y eliminando el agua superflua liberada por el producto. Este flujo de aire aspirado es regulado en función del valor de humedad suministrado por la sonda capacitiva colocada en las gargantas de aspiración y enviada a los convertidores electroneumáticos abriendo o cerrando las compuertas a través de un mecanismo de palancas. Todos los sistemas poseen un circuito de seguridad que posee una válvula de tres vías que cierra automáticamente los actuadores de extracción de aire evitando que el producto se seque por ausencia de corriente eléctrica en las electroválvulas.

Para el proceso de emisión se emplean los ventiladores que introducen aire caliente calentado previamente en los radiadores, es regulado en función del valor de humedad suministrado por la sonda capacitiva colocada en las gargantas de aspiración y enviada a los convertidores electroneumáticos abriendo o cerrando las compuertas a través de un mecanismo de palancas. Todos los sistemas poseen un circuito de seguridad que posee una válvula de tres vías que cierra automáticamente los actuadores de extracción de aire evitando que el producto se seque por ausencia de corriente eléctrica en las electroválvulas.

2.1.3.6. Zona de humidificación

El clima interno del humidificador es controlado por una sonda termocapacitiva instalada en la zona central de ventilación que envía la señal de regulación de la temperatura a un circuito de termo regulación compuesto por un intercambiador de calor y bomba de circulación a través de valores mínimos y máximos, la humedad relativa se modula por medio de una válvula neumática de dos vías que regula el flujo de vapor al interior de la máquina, si no se encuentra la humedad entre los valores de *setpoint* programados la válvula permite a una presión nominal de 0,7 BAR, la emisión de vapor el cual se inyecta desde la parte aspiradora de las ventiladoras que se ocupan de pulverizarlo. Además, el circuito posee un descargador de condensado automático que se ocupa de eliminar el residuo formado en el separador.

2.1.3.7. Zona de refrigeración

La función del refrigerador es llevar la pasta a temperatura ambiente, estabilizando el valor final de la humedad residual del producto, esto por medio de radiadores de enfriamiento que circulan agua fría entre 13 °C a 15 °C y se efectúa por medio de una válvula neumática, bomba de circulación y una sonda de temperatura.

2.1.3.8. Circuito de seguridad de sobrepresión

Al final de cada línea de alimentación del circuito térmico existe un bypass que conecta los colectores de empuje y regreso del circuito este sistema es indispensable para evitar la ruptura o daño de la bomba primaria colocada en el área de caldera dada una sobrepresión, el accionamiento de este sistema es de forma automática a través de un regulador de trabajo que necesita una

alimentación de aire comprimido a 2 Bar que posee el valor de máximo de 4,5 Bar y una presión de operación de 3,5 Bar, en caso de superarse esos valores la válvula neumática actuara haciendo que circule el agua de la instalación por medio del bypass logrando una disminución en la presión nominal del trabajo y cerrando la válvula neumática.

2.2. Tribología y lubricación

Dicho elemento es uno de los pilares de todo plan de mantenimiento preventivo por lo cual su análisis y rigurosidad en la toma de decisiones para mejor y hacer cumplir los periodos de lubricación, las cantidades y cualidades del elemento lubricante son fundamentales para la preservación de la vida útil en ciclos de los elementos lubricados, es fundamental evitar mezclar aceites ya sea de la misma marca u otra sean estos minerales y sintéticos esto aplica para grasas a la vez.

Los elementos a evaluar principalmente son, cajas reductoras y motores debe mencionarse que algunos elementos de soporte deberán ser lubricados con cierta periodicidad, debe tenerse la consideración que los elementos de transmisión de movimiento que deban tener algún grado de contacto con el producto alimenticio deberán de utilizar una grasa o aceite de lubricación con propiedades de grado alimenticio para evitar su contaminación, de no ser posible el uso de dicho lubricante es necesario recurrir a mejoras o innovaciones de infraestructura para poner un medio físico capaz de generar una barrera entre el producto alimenticio y las partes en movimiento.

Se poseen dos tipos de lubricación sea está por medio de aceite o por grasa según sea el elemento por lubricar la recomendación indicara una u otra,

a continuación, se describe cada una con las consideraciones apropiadas para el caso.

- Control periódico de los niveles:

Si la cantidad de aceite a agregar para llegar al nivel deseado supera más del 20 %, se recomienda la revisión y corrección de las posibles causas de falla en el mecanismo.

- Baño de aceite

Limpieza interna de los mecanismos lubricados en baño de aceite en cada sustitución se debe lavar el interior de los mecanismos lubricados en baño de aceite, empleando aceites cuyas características sean.

Tabla X. **Baño de aceite**

Grado de viscosidad ISO VG	°E/50 °C	Agip	Esso	Mobil	Shell
22	2,2	MAG 22	NURAY 32	RUBREX 100	VITREA 32

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

La operación de lavado se realiza después de haber descargado del propio tapón el aceite contenido en el mecanismo, introducir el aceite para el lavado en cantidad igual a la prevista, hacer funcionar el mecanismo a bajo esfuerzo por 3-4 minutos.

Tabla XI. **Utilización de aceite en los reductores**

Características				A	B
Sigla	Utilización aceite en los reductores	Tipo	Viscosidad	Cada hora	Cada hora
①	Reductores con tornillo sin fin Reductores de engranajes.	Sintético	460	5 000	15 000
②	Reductores de engranajes cilíndricos	Sintético	320	5 000	15 000
③	Soportes grupo de tope	Sintético	320		+
④	Reductores lubricados a vida	Sintético	320		
⑤	Mandos hidrostáticos		-46	1 000	24 000
⑥	Compresores tipo "ROOTS"		-100		4 000
⑦	Variadores Epicicloidales		-160		2 000
⑧	Reductores epicicloidales	Sintético	220	500	2 500
⑨	Lubricación Manual de las cadenas externas de los secaderos o maquinas		-100	500	500
⑩	Lubricación por perder (Anillos de retención en las prensas) (Pulverizadores)				1 500
⑪	Lubricación por perder o manual de las cadenas internas de los secaderos (Internas a la cámara de secado)	USDA	150		/
⑫	Lubricación por perder, hecha con bomba, de las cadenas internas secaderos para pasta larga				500
⑬	Lubricación manual de las cadenas internas de los secaderos (externas a la cámara de secado)		-		500

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

- Columna A: Chequeo sucesivo y eventual restablecimiento del nivel de reductor y cadenas.
- Columna B: Sustitución completa del lubricante en los reductores y cadenas.

Tabla XII. **Nomenclatura y marcas de aceites lubricantes**

Características Reductores			ESSO	MOBIL	SHELL
Sigla	Tipo	Viscosidad			
①	Sintético	460	Glycolube Range 320/460	GLYG6YLE HE 420	Tivela OIL SC 460
②	Sintético	320	Glycolube Range 220/320	Glygoyle HE 320	TIVELA OIL SC 320
③	Sintético	320			
④	Sintético	320			
⑤		-46	Nuto H 46	Mobil DTE 25	Tellus OIL 46
⑥		-100	Nuto H 100	Mobil DTE Extra Duty	Tellus OIL 100
⑦		-160	ATF dexron	ATF 220	ATF dexron III
⑧	Sintético	220	Spartan SEP 320	Mobilgear SHC XMP 220	OMALA HD 220
Características Cadenas			KLUBER	CATROL OPTIMOL	SHELL
Sigla	Tipo	Viscosidad			
⑨		-100	Structovis EHD	Castrol Perfecto T100	-
⑩			Paralidq P 40	Optimol Optileb HY 68	-
⑪		USDA 150	Kluberoil 4 UH1-220 N	Optimol Viscoleb 150	CASSIDA CHAIN OIL150
⑫					
⑬		-	Structovis BHD	Optimol Viscogen KL 300	-

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

- **Grasa**

Para ejecutar una correcta lubricación de los mecanismos lubricados con grasa, en algunos casos se requiere que sean desmontados, los mecanismos que vienen provistos con grasa a vida o aceite sintético que no requieren lubricación periódica, al menos que a través de una avería o revisión se deba realizar una cuidados limpieza y restablecer con el mismo tipo y cantidad de grasa a vida.

Tabla XIII. **Nomenclatura y características de lubricantes**

Características			A	B
Sigla	Utilización Grasas	Consistencia	Cada hora	Cada hora
⑭	Engrase en general (con grasa consistencia 2)	2	500	
⑮	Engrase en general (con grasa consistencia 3)	3	2 500	
⑯	Engrase de los cojinetes de los motores internos a los secadores (Ventiladores MV)	-	4 000	
⑰	Engrase de los cojinetes funcionantes de alta temperatura	2	3 000	
⑱	Engrase de los soportes de los rodillos de la cinta (TR56-OTROS)			
⑲	Reductores lubricados a vida con grasa	2./3	500	
⑳	Lubricación cojinetes y cadenas a base de fluorantes	1./2	2 500	
①	Lubricación de los cojinetes sobre los motores de tracción tornillo de compresión	0	-	+
①			6 000	
②			500	
③			5 000	

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

- Columna A: Chequeo sucesivo y eventual restablecimiento de Grasa
- Columna B: Sustitución completa de grasa

Tabla XIV. **Nomenclatura y marcas de grasas lubricantes**

Características		MOBIL	KLUBER	Chevron SKF-IP Molygardgisteda
Sigla	Consistencia			
⑭	2	Mobilux EP2	Centoplex 2 EP	SKF Lg EP2
⑮	3	Mobilux ep3	Centoplex 3 EP	IP atesia GR 3
⑯	-	-	Klubersynt BH 72-422	-
⑰	2	Mobilith SHC 100	Kluberplex BEM 41 132	-
⑱		-	Petamo GHY 133N	-

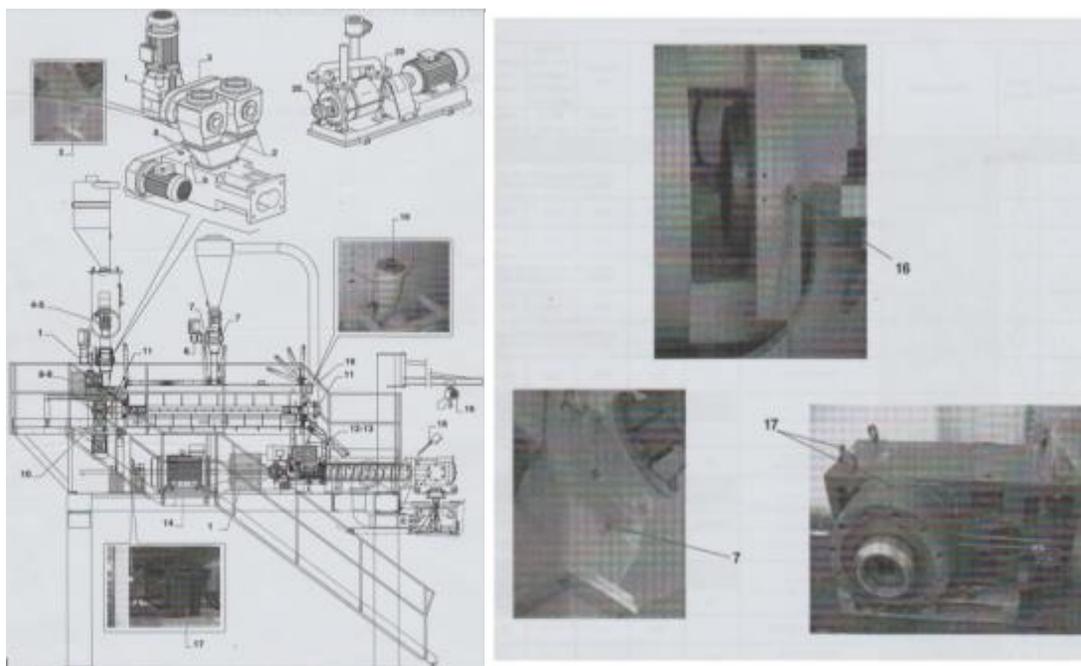
Continuación de la tabla XIV.

19	2/3	-	Staburags NBU 12/300 KP	-
20	1/2	Mobiltemp 78	Staburags NBU 12 MF	Chevron Sr1 Grease 2
0	0	Mobilux EP 004	Structovis P Liquid	IP telesia compound a
1		-	-	Molygard Fluor Grease
2	2	-	PARALIQ GA 343	Gisteda Alimentar Grease 250
3		-	Staburags NBU 8 EP	-

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

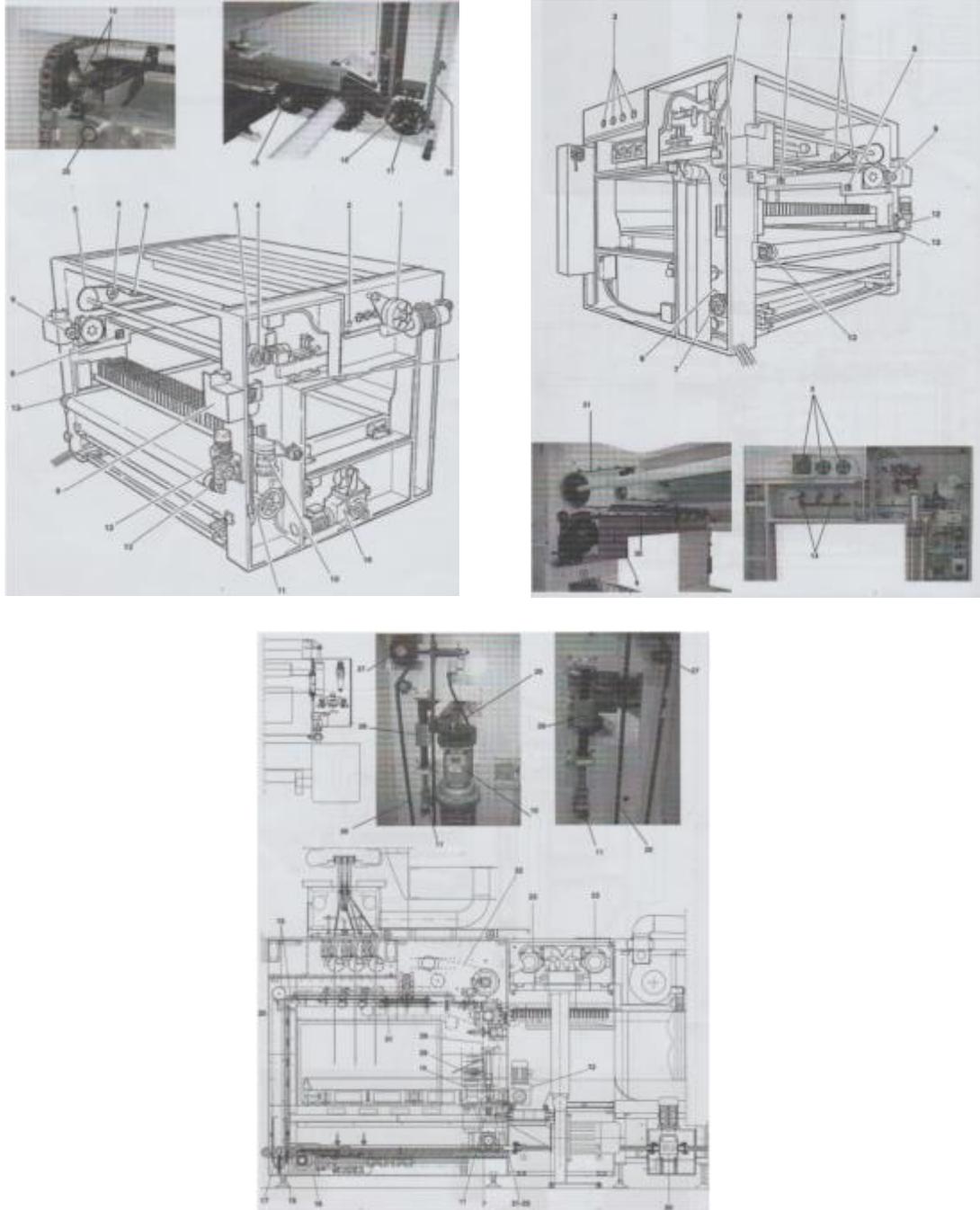
- Posición de aplicación de lubricante

Figura 46. Prensa



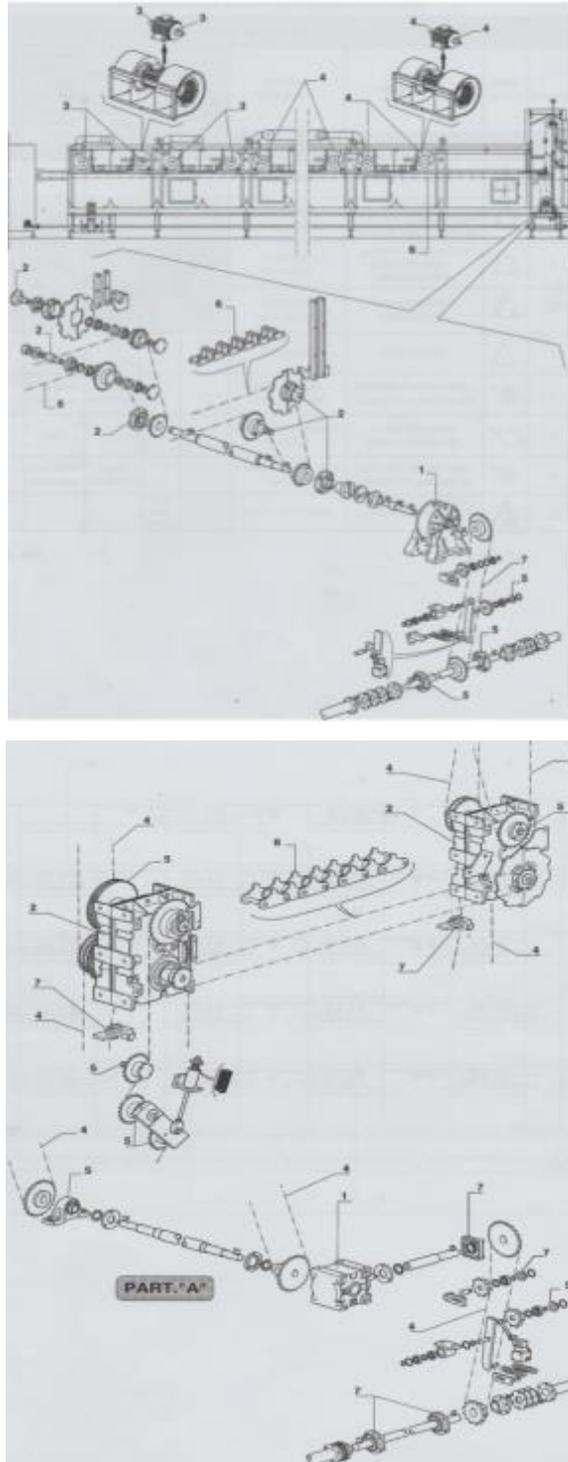
Fuente: Pasta INA. *Manual de puntos de lubricación*. p. 10.

Figura 47. **Extendedor**

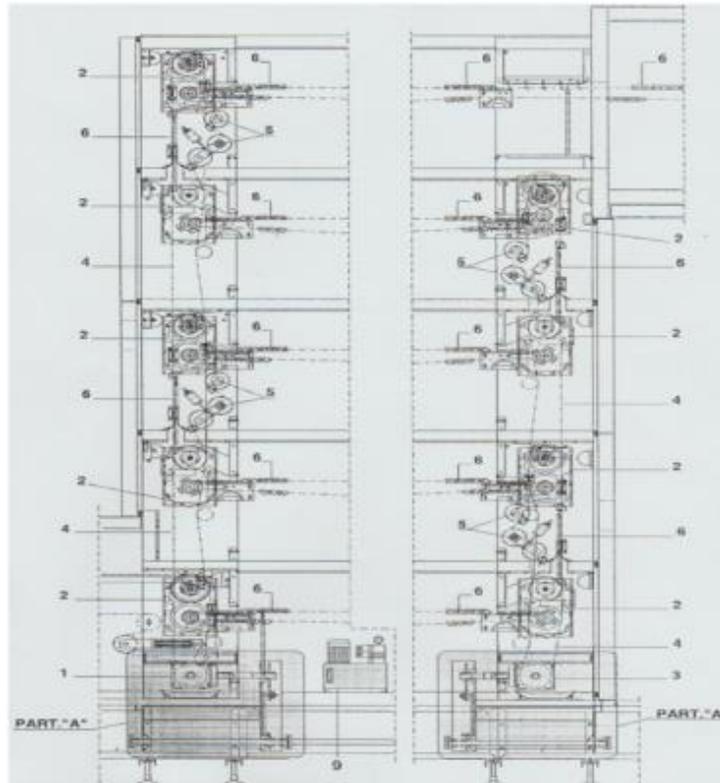


Fuente: Pasta INA. *Manual de puntos de lubricación*. p. 11.

Figura 48. **Secador**



Continuación de la figura 48.



Fuente: Pasta INA. *Manual de puntos de lubricación*. p. 12.

2.3. Mantenimiento preventivo de los elementos de maquinaria

El mantenimiento preventivo de nuestra maquinaria debe quedar plasmado en frecuencias de ejecución de actividades por lo cual al emplear un sistema basado en cantidad de horas que un elemento ejecuta una actividad se debe realizar ciertos supuestos para dar marcha el formato. Se asumirá un ciclo de producción 2021 con un total de 24 días continuos lo cual brinda la cantidad de horas en operación de la maquinaria, con un total de 576 horas que están sujetas condicionadas a limpieza de moldes, de maquinaria o cambio de figura a realizar.

2.3.1. Sistema de seguridad

Toda actividad debe realizarse en condiciones de seguridad, para la preservación de los activos y la preservación de los colaboradores en los procesos productivos por lo cual cualquier elemento eléctrico, mecánico o electrónico que brinde protección para evitar un acto inseguro y así evitar un accidente laboral amerita que se le brinde mantenimiento y control.

Tabla XV. Programa de sistema de seguridad

Programa de Sistema de Seguridad		Maquina: PRENSA				
Grupo de empleo	Punto de empleo	Actividad	Inicio	Fin	7 días	30 días
Dispositivos de Seguridad		Control, presencia y funcionamiento de todos los elementos de seguridad instalados en la maquina (protecciones fijas y móviles, teclas de emergencia, hongos de seguridad y micros.				
Programa de Sistema de Seguridad			Maquina: EXTENDEDOR			
Dispositivos de Seguridad		Control, presencia y funcionamiento de todos los elementos de seguridad instalados en la maquina (protecciones fijas y móviles, teclas de emergencia, hongos de seguridad y micros.				
Seguridades mecánicas		Control y funcionamiento de las seguridades mecánicas				
Programa de Sistema de Seguridad			Maquina: PRESECADOR Y SECADOR			
Dispositivos de Seguridad		Control, presencia y funcionamiento de todos los elementos de seguridad instalados en la maquina (protecciones fijas y móviles, teclas de emergencia, hongos de seguridad y micros.				

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

2.3.2. Limpieza

El orden y la limpieza por parte de todos los actores es fundamental para preservar el estado y funcionamiento de los equipos, es importante realizar de manera rigurosa las actividades del área o equipos en mención para lograr las condiciones de inocuidad y generar calidad en el producto, se enlistan las actividades, frecuencias y puntos de limpieza en la línea P3200.

Tabla XVI. Programa de limpieza

Programa de limpieza		Maquina: PRENSA						
Grupo	Punto de empleo	Actividad	Inicio	Fin	7 días	30 días	6 meses	Otro
Grupo alimentación harina		Limpieza del grupo						Cada detención mayor de 8-10 días
Dosificador agua/líquidos con flujómetro		Limpieza y esterilización de todo el grupo						
Pre amasador		Limpieza y esterilización de todo el grupo						
Tina amasadora		Limpieza tina y tapas						
Tina distribuidora		Limpieza tina y tapas						
Grupo Compresión		Limpieza y esterilización de todo el grupo						
Cabezal		Limpieza cabezal						
		Limpieza anillos de estanqueidad						
		Lavado de moldes						
		Limpieza y control de los conductos-tapas y difusores inferiores cabezal						
Instalación de vacío		Limpieza del pulmón						
		Limpieza del depósito de decantación						
Estructura		Limpieza de plano de trabajo						Cada 8 horas

Continuación de la tabla XVI.

	Limpieza de estructura						
Programa de Limpieza		Maquina: EXTENDEDOR					
Estructura	Limpieza de plano de trabajo						Cada 8 horas
	Limpieza de estructura						
Programa de Limpieza		Maquina: PRESECADOR Y SECADOR					
Instalación térmica hídrica	Limpieza filtros						
Instalación vapor	Limpieza filtros						

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

2.3.3. Controles e inspecciones de elementos

Evaluar y controlar a través de inspecciones ciertos elementos que forman parte del conjunto de la prensa, extendedor y secador se convierten en tareas de prevención lo cual brinda la posibilidad de planificar y programar las acciones de mantenimiento en los elementos durante su punto P-F logrando ser efectivo antes de llegar a la instancia F-TF.

Tabla XVII. Programa de controles

Programa de Controles		Maquina: PRENSA					
Grupo Punto de empleo	Actividad	Inicio	Fin	7 días	30 días	6 meses	Otro
Grupo de corte	Control y estiramiento de correa de transmisión						
	Control cuchilla de corte						
	Control estanqueidad del aire cilindro de elevación						
Introducción molde de pasta larga	Control cilindros de expulsión						

Continuación de la tabla XVII.

Grupo Compresión	Control acople del motorreductor al tornillo de compresión						
	Control y sustitución de anillos de estanqueidad sobre mango del tornillo						Cada 12 meses
	Control y verificación de tolerancia entre tornillo y cilindro						Cada 12 meses
Instalación neumática	Control nivel de aceite en el rociador						
	Control del funcionamiento de electroválvulas						
	Descarga eventual de condensación						
Instalación de vacío	Control del nivel y temperatura de agua						Cada 8 horas
	Engrase de los soportes de la bomba						
	Control del filtro del depósito de decantación						
Programa de Controles		Maquina: EXTENDEDOR					
Grupo cinematismo	Control y eventual tensión de las cadenas de transmisión						
	Control y eventual tensión de las cadenas de transporte varillas						
Grupo cizallas superiores	Control y eventual afilado de cuchilla y contra cuchilla						
Grupo cizallas inferiores	Control y eventual afilado de cuchilla y contra cuchilla						
Grupo remachador	Control de la fase						
Bandas de recuperación desperdicios	Control y tensión de las bandas						
Grupo triturador desperdicios	Control cuchillas fijas y móviles						
Fase	Control de la puesta en fase de toda la maquina realizando algunos ciclos en vacío						

Continuación de la tabla XVII.

Programa de Controles		Maquina: PRESECADOR Y SECADOR					
Cinematismo	Control tensor de cadena						
Instalación de inflado guarniciones y control retención guarniciones	Control y funcionamiento de inflado						
	Control estado y retención guarniciones						
Instalación vapor	Control vapores y rebajador de condensación						
	Control generador de vapor						

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

2.3.4. Tribología

Se realiza el cronograma específico para lubricación que indica el elemento a lubricar, donde se ubica con qué frecuencia intervenir y la cantidad de lubricante a aplicar, se prioriza el uso de aceite sintético donde exista la viabilidad para emplear.

Al observar las distintas frecuencias que presenta la carta de lubricación se definen acciones en función de horas siendo estas las siguientes: 120 horas, 500 horas, 1 000 horas, 1 500 horas, 2 000 horas, 4 000 horas, 5 000 horas, 6 000 horas, 15 000 horas y 24 000 horas. Teniendo como mínimo 576 horas de producción mensual se adicionan 24 horas con un total de 600 horas y 7 200 horas anuales, lo cual indica que el primer análisis de condición para determinar si es o no prudente prolongar la inspección o recambio según el fabricante es a las 120 horas y 500 horas, de manera sucesiva las demás actividades. Al trabajar 600 horas al mes se posterga las actividades 100 horas, que se

monitorearan en función de condiciones observadas en tareas de inspección y de recambio en la línea P-3200.

Tabla XVIII. Frecuencia de lubricación

Programa de Lubricación				Línea: P 3200							
Posición	Sigla	Descripción	Punto de Aplicación	Cantidad	5 días	1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	6 meses	Otro
				Litros / Kg							
PRENSA											
9	⑩	Pre Amasadora 4000	ANILLOS DE ESTANQUEIDAD	0.8							
14		Tina Distribuidora		0.5							
17		Tornillos de Compresión		0.5							
3	⑨	Dosificador Harina	CADENA DE ARRASTRE	-							
18	⑦	Manómetro Cabezal	SOPORTE MANOMETRO								
18	⑤	Instalación Oleodinámica	CENTRALITA	100							Inspección, recambio a las 24000 hrs
2	⑪	Dosificador de Harina	SOPORTES	0.01							
5		Pulmón Compensador									
7		Recuperación Recortes									
11		Tina Amasadora									
13	⑪	Tina Distribuidora	SOPORTES EJES	0.02							
21	⑪	Bomba de Vacío	SOPORTES								
15	⑩	Arrastre Tornillos de Compresión	COJINETES MOTORES	Hasta que no salga el nuevo aceite de desfogue							Cada 7 meses
8	②	Pre Amasadora 4000	CAJA ENGRANAJES	2.2							Inspección, recambio a las 15000 hrs
10	②	Tina Amasadora	Reductor (Mod. MRC-21-140 U O2H-B7)	N°2X9.5 cada uno							
12	②	Tina Distribuidora	Reductor (Mod. A503UH50 S4 DV Pv)	8.5							
16	②	Arrastre Tornillos de Compresión	Reductor (Mod. MZPE3-320-A-B3)	N°2X100 cada uno							
20	②	Aparejo Elevador Moldes	REDUCTOR	0.15							
1	④	Dosificador Harina	Reductor (Mod. A 30 2 LR F1C P90 VA)	3							
4	④	Pulmón Compensador	Reductor (Mod. A 30 2 LH35 P90 VA)	3							
6	④	Recuperación Recortes	Reductor (Mod. VF 63 F1 P90 B5 V0)	0.35							
EXTENDEDOR											
3	⑧	Caja Opuesta Motorización	SOPORTES								
5	⑧	Eje Arrastre Cadena									
6	⑧	Cinematismo Cadena	COJINETES-PIÑONES								
8	⑧	Cinematismo Cadena Continua									
9	⑧	Eje Arrastre Cadena	SOPORTES								
13	⑧	Cinematismo Cinta									
14	⑧	Movimiento Sistema Dobladores Pasta	SOPORTES								
15	⑧	Cinematismo Cadena Intermitente	PIÑONES DE CONTRAMARCH A								
18	⑨	Movimiento Palanca de Elevación Cañas	COJINETES								

Continuación de la tabla XVIII.

2	②	Arrastre Piso Secador	REDUCTOR RAP 60LC-VB	N°18X1 3.5						Inspección, recambio a las 15000 hrs
3	②	Arrastre Sobre Cabecera Secador, Largo Descarga	REDUCTOR RAN 38 SD	3.5						
4	⑨	Cinematismo Externo Cabecera	CADENAS	-						
8	⑩	Ventilador MV1	COJINETES MOTOR	-						Cada 7 meses
1	②	Arrastre Sobre Cabecera Secador, Largo Carga	REDUCTOR RAN 38 SA	3.5						Inspección, recambio a las 15000 hrs
6	⑫	Lubricación por Medio de Central Automática	CADENAS INTERNA PISO	-	-					Lubricar hasta apertura de equipo
9	⑬	Central Automática Para Lubricación	TANQUE	15	-					

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Nota: Para la lubricación de las cadenas indicadas con el ⑩, utilizar lubricante tipo Aerosol Klüberoil 4 UH 1-1500 de Klüber, para no ensuciar el producto en el tapete.

Dada esta información se determinó el plan de mantenimiento preventivo de lubricación, debe siempre corroborarse las frecuencias en función del monitoreo de condiciones de los equipos, analizar selectivamente las muestras de lubricante y observar la calidad del lubricante para ajustar las frecuencias. Muchos de estos equipos durante el plan anual tendrán intervenciones de supervisión y control de nivel monitoreando que no exista un llenado mayor al 20 % del valor total de lubricante, control riguroso en no mezclar los lubricantes y mantener limpieza en las superficies de contacto evitarán la abrasión.

2.3.5. Bombas de agua

Las inspecciones a los equipos de bombeo deben hacerse bimestral o anualmente, según el servicio a prestar; mientras más pesado sea el servicio más frecuente debe ser la inspección.

Tabla XIX. Programa de mantenimiento de las bombas de agua

Programa de Mantenimiento		Línea: P 3200					
Grupo Punto de empleo	Actividad	7 días	15 días	30 días	3 meses	6 meses	Otro
Bombas	Verificar temperatura de los rodamientos						
	Empaque prensa estopa						
	Revisar cuerpo						Cada siete meses
Equipo completo	Verificar alineación						
	Verificar estado físico de la flecha						
Circuito de termostatacion	Engrase de los cojinetes de las bombas						
	Control y limpieza de filtros						
	Control de la prensa estopa de las válvulas neumáticas						
Instalación térmica hídrica	Control y verificación de bombas de circulación						

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

La frecuencia de intervención en las tomas de vibraciones para los equipos de bombeo por estar acoplados al motor debe hacerse en conjunto concatenando así su índice de criticidad por lo cual dependerá de la criticidad de estos dentro del sistema de producción, si una bomba es de vital importancia para el proceso productivo su motor por ende será crítico y viceversa, comprendiendo que al tener acople directo o por medio de correa o faja tanto la

vibración del conductor al conducido genera los espectros de vibración que si no se encuentran en perfectas condiciones de alineamiento repercutirán con desgaste al eje a través de movimientos axiales que se sufrirán directamente los rodamientos con lo cual se clasifican los equipos de la siguiente manera:

- Críticos deben tener intervenciones en un periodo no mayor de 4 meses.
- Importantes deben tener intervenciones cada 6 meses.
- No críticos deben tener una intervención cada 2 años.

Dada esta información se determinó el plan de mantenimiento preventivo de bombas, corroborar las frecuencias en función del monitoreo de condiciones de los equipos, analizar el historial de temperatura, observar el estado de los elementos para concluir si las frecuencias de intervención son apropiadas o no. El ciclo de mantenimiento preventivo es de 7 meses en los equipos de bombeo, considerar que entre menos intervenciones de desmontaje del equipo mayor disponibilidad se tendrá en los equipos por medio del monitoreo de condiciones por lo cual prestar atención a los factores externos como: temperatura ambiental condiciones de carga que pueden indicar anomalías en operación y deben respaldarse por el dictamen del técnico de mantenimiento y las técnicas predictivas para justificar el paro del equipo.

2.3.6. Ejes paleteros

Las frecuencias de intervención de los ejes paleteros se basan en lubricación de sus reductores y motores, a la vez controlar y estirar cadena de movimiento de ser necesario, limpieza de guías lineares y su lubricación, alinear ejes respecto a caja fija, chequeo de elementos de seguridad, inspección del cierre de junta de conexión e inspección de inclinación de paletas en el eje. A la vez las conexiones eléctricas deben ser inspeccionadas para evitar los falsos

contactos de forma trimestral como lo indique la sección de motores eléctricos, finalmente los dispositivos de control de llenado para regular y modular el nivel de empaste en forma de inspecciones bianuales del lazo de control.

Tabla XX. **Programa de mantenimiento de los ejes paleteros**

Programa de Mantenimiento		Ejes Paleteros		
Punto de empleo	Actividad	Cada 7 días	Cada 30 días	Cada 6 meses
Pre Amasadora	Control y eventual relleno de lubricación en anillos de estanqueidad			
	Controlar y de ser necesario estirar la cadena del movimiento			
	Limpieza con aire comprimido en guías lineales y lubricación			
	Centralización de ejes respecto a caja fija			
	Revisión y chequeo micro de seguridad			
Tina Amasadora	Controlar el cierre de la junta de conexión			
	Inspección inclinación de paletas en el eje.			
	Control y eventual relleno de lubricación en anillos de estanqueidad			

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

2.3.7. Dosificadores

Las frecuencias de intervención de los equipos de dosificación se basan en lubricación de sus reductores y motores, inspeccionar la superficie de contacto entre rotor y estator, la tensión de los muelles, la lubricación del rotor al inicio de cada puesta en marcha, la tensión y estiramiento de la cadena de movimiento, verificar el funcionamiento del flujómetro, limpieza y control del

filtros, prensa, estopa y válvulas. A la vez las conexiones eléctricas deben ser inspeccionadas para evitar los falsos contactos de forma trimestral como lo indique la sección de motores eléctricos, finalizar con la verificación y comprobación de activación de los lazos de control para señal enviada y ejecutada.

Tabla XXI. **Programa de mantenimiento de dosificadores**

Programa de Mantenimiento		Dosificadores		
Punto de empleo	Actividad	Inicio producción	Cada 6 Meses	Otro
Dosificador harina	Regulación de la tensión de los muelles de la envoltura			En caso de disminución de vacío
	Lubricación del rotor con aceite alimenticio			
	Controlar y de ser necesario estirar la cadena del movimiento			
Dosificador agua/ líquidos con flujómetro	Controlar superficies contacto rotor-estator			Durante operaciones de limpieza
	Control prensa, estopas y válvulas			
	Control y limpieza de filtros			
	Verificar funcionamiento flujómetro			

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

2.3.8. Motores eléctricos

Las inspecciones a los motores eléctricos variaran según sea el monitoreo por realizar, los análisis de vibraciones están en función de la criticidad de los equipos, las frecuencias de lubricación dependerán del uso que posee el motor y las mediciones eléctricas y limpiezas son generalizadas para todos los

equipos. Teniendo en cuenta nuestro ciclo de trabajo de 25 días al mes se procederá a hacer los cálculos con 600 horas de operación mensual.

Tabla XXII. **Programa de mantenimiento de los motores eléctricos**

Programa de Mantenimiento		Línea: P 3200					
Grupo Punto de empleo	Actividad	7 días	15 días	30 días	3 meses	6 meses	Otro
Motor	Lectura de voltaje y amperaje						
	Verificar temperatura de cojinetes						
	Verificar elementos térmicos						
	Limpieza de arrancador						
	Limpieza de interruptor de seguridad						

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

La frecuencia de intervención en la toma de vibraciones para los motores dependerá de la criticidad de estos dentro del sistema de producción siendo así su clasificación:

- Críticos deben tener intervenciones en un periodo no mayor de 4 meses.
- Importantes deben tener intervenciones cada 6 meses.
- No críticos deben tener una intervención cada 2 años.

Los desbalances en los ejes de los motores eléctricos deben de tener especial monitoreo dado que pueden causar aumentos de temperatura en los rodamientos a causa del movimiento radial que se está generando, a la vez la

presencia de productos externos u oxido adherido en las aspas de la turbina pueden fomentar la generación de esta condición.

Debe especificarse el motor que se está trabajando su código y ubicación para mayor control, deben recopilarse los datos necesarios para análisis a realizar, de vital importancia resulta saber la capacidad y velocidad de operación con esto puede interpretarse las lecturas que se obtienen del análisis de vibraciones y de medición de temperatura, toda la información recopilada luego debe ser tabulada por los supervisores para brindar el histograma de operación de los equipos.

Resulta imperante que los trabajos realizados por los técnicos de mantenimiento sean supervisados por las personas correspondiente, con esto se denota que es necesario que de forma aleatoria los supervisores realicen mediciones eléctricas, de temperatura y de vibraciones a los equipos con el fin de dar respaldo y credibilidad al trabajo realizado con el objetivo de otorgar confiabilidad al departamento de ingeniería.

Tabla XXIII. Ficha de seguimiento a motores eléctricos mediciones de vibración, estado de bornera y temperatura

Categoría: Crítico, no crítico, importante												
Fecha:					ESTADO		VIBRACION					Recomendación
No	Ubicación	Código	Capacidad	RPM	Revisión Bornera	Tempera	Ventilador V H		Carga V H A			
1												
2												
3												
N												

V: Vertical H: Horizontal A: Axial

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla XXIV. **Ficha de seguimiento a motores eléctricos mediciones eléctricas**

Categoría: Crítico, no crítico, importante

Fecha:				Lectura Resistencias			Guarda Motor		Recomendaciones
No.	Ubicación	Código	Capacidad	A	B	C	Verificación de amperaje de disparo	Revisión de Guard motor	
				(L1-L2)	(L2-L3)	(L1-L3)			
1									
2									

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Cálculo de desbalance debe ser menor al 5 %

2.3.9. Instrumentación

Se debe tener el conocimiento de cómo calibrar las válvulas accionadoras neumáticas para determinar si el campo del accionador corresponde al valor de corriente de salida y la presión de aire que posee por lo que conocer la corriente, presión y longitud del accionador brindara la operación correcta.

A continuación, los valores de calibración de los accionadores neumáticos:

Tabla XXV. **Valores de calibración de los accionadores neumáticos**

CALIBRACION ACCIONADORES NEUMATICOS				
Corriente de salida mA	Presión Aire en Bar	Presión Aire en Psi	Salida accionador mm	Campo de trabajo accionador %
4,0	0,207	3	0,0	0 %
5,3	0,276	4	5,8	0-25 %
6,7	0,	5	11,7	
8,0	345	6	17,5	
9,3	0,414	7	23,3	25-50 %
10,7	0,483	8	29,2	
12,0	0,552	9	35,0	
13,3	0,621	10	40,8	50-75 %
14,7	0,689	11	46,7	
16,0	0,758	12	52,5	
17,3	0,827	13	58,3	75-100 %
18,7	0,965	14	64,2	
20,0	1,034	15	70,0	

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Es de suma importancia el control de las variables dado que indica si el proceso productivo se está realizando según condiciones recomendadas por el fabricante, la criticidad de estar fuera de rango perjudica directamente a la calidad del producto al agrietarse, quemarse o presentar condiciones de no conformidad dadas las características físicas. Por lo cual se adjuntan las tablas con la información recomendada por el fabricante del equipo, seguidamente las condiciones de operación de la planta y por último el análisis técnico de ambas situaciones.

Tabla XXVI. Valores de operación de temperatura en los elementos generales del proceso

Agua de amasado			
Temperatura			
Valor mínimo de trabajo		Valor máximo de trabajo	
37,2 °C		38,8 °C	
Bolsas de amasado			
Temperatura			
Valor mínimo de trabajo		Valor máximo de trabajo	
39,2 °C		40,8 °C	
Cilindros			
Cilindro 1		Cilindro 2	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
29,4 °C	30,6 °C	29,4 °C	30,6 °C
Cabezales			
Cabezal 1		Cabezal 2	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
40,2 °C	41,8 °C	40,2 °C	41,8 °C
Radiador de ventilación			
Temperatura			
Valor mínimo de trabajo		Valor máximo de trabajo	
73,5 °C		76,5 °C	
Velocidad de tornillos de amasado			
RPM			
Valor mínimo de trabajo		Valor máximo de trabajo	
27,44 RPM		28,56 RPM	

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla XXVII. **Valores recomendados por el fabricante para temperatura y humedad relativa en presecado, contra los operacionales**

Grupo 1			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
63 °C	68 °C	67,9 °C	72,1 °C
Humedad relativa teórica		Humedad relativa operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
74 %	80 %	67,9 %	72,1 %
Grupo 2			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
72 °C	78 °C	76,6 °C	81,4 °C
Humedad relativa teórica		Humedad relativa operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
76 %	84 %	67,9 %	72,1 %
Grupo 3			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
80 °C	84 °C	85,4 °C	90,6 °C
Humedad relativa teórica		Humedad relativa operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
78 %	86 %	67,9 %	72,1 %
Grupo 4			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
82 °C	86 °C	86,3 °C	91,7 °C
Humedad relativa teórica		Humedad relativa operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
80 %	86 %	77,6 %	82,4 %
Grupo 5			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
90 °C	96 °C	87,3 °C	92,7 °C

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Para realizar el análisis de la situación actual de los parámetros de operación se procede a obtener el porcentaje que se encuentra en rango en función de lo teórico en cada uno de los grupos tanto en la temperatura como en la humedad relativa.

En el grupo uno del presecador se tiene una temperatura mínima de 63 °C y máxima de 68 °C que reflejado con el valor operacional de 67,9 °C a 72,1 °C da una aceptación del 2 % sobre el máximo y respecto a la humedad relativa se sabe que teóricamente los valores mínimos y máximos corresponden a 74 % y 80 % respectivamente mientras que los valores de operación están entre 67,9 % a 72,1 % los cuales están sobre el rango preestablecido por el fabricante.

Sucesivamente en el grupo dos del presecador se tiene una temperatura mínima de 72 °C y máxima de 78 °C que reflejado con el valor operacional de 76,6 °C a 81,4 °C da una aceptación del 23,33 % sobre el máximo y respecto a la humedad relativa se sabe que teóricamente los valores mínimos y máximos corresponden a 76 % y 84 % respectivamente mientras que los valores operacionales se tiene un mínimo y máximo de 67,9 % y 72,1 % que de igual forma se encuentran en este caso por debajo del rango establecido.

Seguidamente en el grupo tres del presecador y se tiene temperatura mínima de 80 °C y máxima de 84 °C que reflejado con el valor operacional de 85,4 °C a 90,6 °C indica que se está sobre los niveles de aceptación de la línea de operación y respecto a la humedad relativa se sabe que teóricamente los valores mínimos y máximos corresponden a 78 % y 86 % respectivamente y dada la elevada temperatura operacional se tienen valores de trabajo mínimo y máximo de 67,9 % y 72,1 % que de igual forma se encuentran en este caso por debajo del rango establecido.

En el grupo cuatro del presecador y se tiene una temperatura mínima de 82 °C y máxima de 86 °C que reflejado con el valor operacional de 86,3 °C a 91,7 °C indica que se está sobre los niveles de aceptación de la línea de operación y respecto a la humedad relativa se sabe que teóricamente los valores mínimos y máximos corresponden a 80 % y 86 % respectivamente y se tienen valores de trabajo mínimo y máximo de 77,6 % y 82,4 % que se encuentran dentro del rango en un 40 % en la parte inferior.

Finalmente el grupo cinco del presecador y se tiene una temperatura mínima de 90 °C y máxima de 96 °C que reflejado con el valor operacional de 87,3 °C a 92,7 °C indica que se está dentro del rango en un 45 % al ser la última fase del presecador se busca estabilizar la pasta sin modificar su humedad antes de entrar al área de secador lo que indica desde el inicio que los parámetros de operación están elevados dado que se está generando un empaste demasiado húmedo y necesita mayor cantidad de energía para llevarlo a las condiciones deseadas.

Tabla XXVIII. Valores recomendados por el fabricante para temperatura y humedad relativa en secador TAS-PL, contra los operacionales

Grupo 1			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
80 °C	85 °C	83,4 °C	88,6 °C
Humedad relativa teórica		Humedad relativa operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
80 %	85 %	77,6 %	82,4 %
Grupo 2			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
80 °C	85 °C	83,4 °C	88,6 °C
Grupo 3			

Continuación de la tabla XXVIII.

Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
80 °C	85 °C	82,5 °C	87,6 °C
Humedad relativa teórica		Humedad relativa operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
80 %	85 %	75,7 %	80,3 %
Grupo 4			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
78 °C	82 °C	82,5 °C	87,6 °C
Humedad relativa teórica		Humedad relativa operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
78 %	84 %	76,6 %	81,4 %
Grupo 5			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
75 °C	80 °C	81,5 °C	86,5 °C
Grupo 6			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
75 °C	78 °C	81,5 °C	86,5 °C
Humedad relativa teórica		Humedad relativa operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
76 %	80 %	76,6 %	81,4 %
Grupo 7			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
72 °C	76 °C	78,6 °C	83,4 °C
Humedad relativa teórica		Humedad relativa operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
70 %	76 %	79,5 %	84,5 %
Grupo 8			
Temperatura teórica		Temperatura operacional	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
72 °C	76 °C	76,6 °C	81,4 °C
Grupo 9			
Temperatura		Humedad relativa	
Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo	Valor mínimo de trabajo	Valor máximo de trabajo
70 °C	76 °C	70 %	76 %

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Para realizar el análisis de la situación actual de los parámetros de operación se procede a obtener el porcentaje que se encuentra en rango en función de lo teórico en cada uno de los grupos tanto en la temperatura como en la humedad relativa.

En el grupo uno del secador se tiene una temperatura mínima de 80 °C y máxima de 85 °C que reflejado con el valor operacional de 83,4 °C a 88,6 °C da una aceptación del 32 % sobre el máximo y respecto a la humedad relativa se sabe que teóricamente los valores mínimos y máximos corresponden a 80 % y 85 % respectivamente mientras que operacionalmente se tiene 77,6 % 82,4 % como mínima y máxima ubicándonos dentro del rango en un 48 % sobre el máximo.

Sucesivamente en el grupo dos del secador se tiene una temperatura mínima de 80 °C y máxima de 85 °C que reflejado con el valor operacional de 83,4 °C a 88,6 °C da una aceptación del 23,33 % sobre el máximo.

Seguidamente en el grupo tres del secador y se tiene una temperatura mínima de 80 °C y máxima de 85 °C que reflejado con el valor operacional de 82,5 °C a 87,6 °C da una aceptación del 50 % sobre el máximo y respecto a la humedad relativa se sabe que teóricamente los valores mínimos y máximos corresponden a 80 % y 85 % respectivamente y se tienen valores de trabajo mínimo y máximo de 75,7 % y 80,3 % el cual solo representa el 6 % del rango por el mínimo.

Figura 49. **Secador**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

En el grupo cuatro del secador y se tiene una temperatura mínima de 78 °C y máxima de 82 °C que reflejado con el valor operacional de 82,5 °C a 87,6 °C indica que se está sobre los niveles de aceptación de la línea de operación y respecto a la humedad relativa se sabe que teóricamente los valores mínimos y máximos corresponden a 78 % y 84 % respectivamente y se tienen valores de trabajo mínimo y máximo de 76,6 % y 81,4 % que se encuentran dentro del rango en un 56,67 % en la parte inferior.

Según la información del grupo cinco del secador y se tiene una temperatura mínima de 75 °C y máxima de 80 °C que reflejado con el valor operacional de 81,5 °C a 86,5 °C indica que se está sobre los niveles de aceptación de la línea de operación.

Además, en el grupo seis del secador y se tiene una temperatura mínima de 75 °C y máxima de 78 °C que reflejado con el valor operacional de 81,5 °C a 86,5 °C indica que se está sobre los niveles de aceptación de la línea de operación y respecto a la humedad relativa se sabe que teóricamente los valores mínimos y máximos corresponden a 76 % y 80 % respectivamente y se tienen valores de trabajo mínimo y máximo de 76,6 % y 81,4 % que se encuentran dentro del rango en un 85 % de lo establecido.

Llegando al grupo siete del secador y se tiene una temperatura mínima de 72 °C y máxima de 76 °C que reflejado con el valor operacional de 78,6 °C a 83,4 °C indica que se está sobre los niveles de aceptación de la línea de operación y respecto a la humedad relativa se sabe que teóricamente los valores mínimos y máximos corresponden a 70 % y 76 % respectivamente y se tienen valores de trabajo mínimo y máximo de 79,5 % y 84,5 % que se encuentran por arriba del rango establecido.

Se denota que en el grupo ocho del secador se tiene una temperatura mínima de 72 °C y máxima de 76 °C que reflejado con el valor operacional de 76,6 °C a 81,4 °C indica que esta sobre los niveles de aceptación de la línea de operación.

Finalmente el grupo nueve del presecador y se tiene una temperatura mínima de 70 °C y máxima de 76 °C y humedad relativa entre 70 % y 76 % que reflejado con el valor operacional de 87,3 °C a 92,7 °C indica que se está dentro del rango en un 45 % al ser la última fase del presecador se busca estabilizar la pasta sin modificar su humedad antes de entrar al área de secador lo que indica desde el inicio que los parámetros de operación están elevados dado que se está generando un empaste demasiado húmedo y se necesita mayor cantidad de energía para llevarlo a las condiciones deseadas.

Al determinar los rangos y la desviación de lo teórico contra la operación se denota que a pesar de que el producto sale con las condiciones deseadas en la fase del grupo cinco del presecador en un 45 % no significa de ninguna manera que el proceso sea eficiente en términos de consumos energéticos y de insumos por lo cual se dice que se produce un empaste que tiene condiciones de humedad elevadas por consiguiente los valores normales de operación no son suficientes para poder llevar a cabo el proceso de transformación y secado de pasta.

Se debe corroborar la calibración de los elementos de medición en el área de empaste para modular de manera apropiada la cantidad de agua y harina logrando que en la amasadora bajo temperatura y vacío total se mantenga la calidad del producto para que en el extendedor exista un control y calibración adecuada del despuntado de pasta, ingresando al grupo uno en la condición óptima de humedad y regular el proceso bajo los valores teóricos y generar mejora sustancial del consumo energético de la planta puesto que producir temperaturas mayores en el agua de proceso que son enviadas a través de las tuberías por medio bombas y regulada por válvulas hasta los radiadores implica condiciones de desgaste, oxidación e incrustación en la recirculación del sistema termo hídrico y aumenta las acciones de mantenimiento. A la vez que los ventiladores envían un flujo de aire de mayor temperatura afectando la durabilidad de estos y principalmente de los motores eléctricos y cableado dada la posibilidad de inducir condiciones de corto circuito por temperatura y humedad, esto a consecuencia de la mala calibración de los equipos o condiciones de salida del empaste.

Si al recalibrar o reemplazar el instrumento de medición se siguen obteniendo resultados fuera del rango teórico de operación se debe analizar que cada grupo en el presecador y secador corresponden a zonas de

estabilización y secado del producto por lo cual están totalmente separadas entre sí y su aislamiento procura mantener las condiciones de temperatura y humedad en todo momento.

Se debe observar y determinar con tecnología predictiva si existe un indicio de falla entre las estructuras con el objetivo de hallar la falla antes que sea visible a simple vista. Por lo cual técnicas de ultrasonido para medir espesores y partículas penetrantes entre cada grupo brindara la posibilidad de determinar un estado de falla que en este caso se refiere al agrietamiento y disminución del espesor de las paredes que dividen estos grupos repercutiendo en el aislamiento de las zonas climáticas y generando la formación de condensados que no pueden ser extraídos por los termo ventiladores y a pesar que la calidad del empaste sea la apropiada estos condensados dentro de la zona brindan lecturas erróneas que inducen al aumento de las condiciones de operación y por consiguiente en un consumo energético, aumento en los costos de mantenimiento además de condicionar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos de termo ventilación.

Si llegase a ser este el caso puede comprenderse y justificarse que al inicio como al final de la producción existen mermas por el hecho que estos condensados no están aún formados dentro de la línea de la producción y lo cual provoca que las condiciones sean las ideales de operación al existir parámetro programados mayores a los de fabricante el producto de empaste tiende a quemarse o agrietarse según sea el caso en la zona consiguiendo producto con no conformidad lo cual indica que son muy elevados estos parámetros y al formarse el condensado el proceso se estabiliza sin ser eficiente creando producto acorde a calidad más sin embargo generado sin optimizar los recursos hídricos, térmicos, eléctricos entre otros.

Tabla XXIX. **Programa de mantenimiento y calibración de la instrumentación**

Programa de Mantenimiento			Línea: P 3200					
Grupo de empleo	Punto de empleo	Actividad	7 días	15 días	30 días	3 meses	6 meses	Otro
INSTALACION TERMICA PRENSA		Control temperatura entrada de radiadores						
INSTALACION HIDRICA DEL SECADOR		Control temperatura agua						
SONDAS PRENSA Y SECADOR		Control y verificación del funcionamiento, eventual calibración o sustitución en el caso que no funcionen						
INSTALACION TERMICA DEL SECADOR		Control retención válvulas						
INSTALACION EXTRACCION AIRE HUMEDO		Control compuertas y mecanismo de palancas						
		Controles accionadores neumáticos						

Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11.

2.3.10. Caja reductora

La frecuencia de intervención en las tomas de vibraciones para los equipos de reductores de velocidad que por estar acoplados al motor debe hacerse en conjunto concatenando así su índice de criticidad, si una bomba es de vital importancia para el proceso productivo su motor por ende será crítico y viceversa, comprendiendo que al tener acople directo o por medio de correa o

faja tanto la vibración del conductor al conducido genera los espectros de vibración que si no se encuentran en perfectas condiciones de alineamiento repercutirán con desgaste al eje a través de movimientos axiales que se sufrirán directamente los rodamientos con lo cual se clasifican los equipos de la siguiente manera:

- Críticos deben tener intervenciones en un periodo no mayor de 4 meses.
- Importantes deben tener intervenciones cada 6 meses.
- No críticos deben tener una intervención cada 2 años.

Los cojinetes en el campo industrial han sido diseñado o previsto para brindarnos como mínimo 65 000 horas de servicio sin falla mientras se cumplan las frecuencias de lubricación y los lubricantes sean los adecuados y en la cantidad apropiada para dicha aplicación, es importante recalcar que tanto los equipos de bombeo, motores y cajas reductoras poseen estos rodamientos y cada uno presenta distintas condiciones de operación y carga, por lo cual nuestro objetivo es mantener las condiciones de operación apropiadas para que el ciclo se pueda cumplir y de forma teórica se pueda realizar el recambio de estos elementos según fabricante.

Las inspecciones a los equipos de reducción de velocidad deben hacerse en función de su criticidad en el sistema, teniendo revisiones predictivas para estimar el ciclo de vida del elemento y recambios programados en función de las predicciones para ajustar los tiempos de recambio preventivo según las condiciones de operación y factores externos.

Tabla XXX. Programa de mantenimiento en reductores

Programa de Mantenimiento		Línea: P 3200					
Grupo Punto de empleo	Actividad	7 días	15 días	30 días	3 meses	6 meses	Otro
CAJAS REDUCTORAS	Revisar presencia de fugas en retenedores y carcasas						
CAJAS REDUCTORAS	Aflojamiento de pernos de anclaje del reductor en función de vibraciones						
	Inspección VOSO						
	Lecturas de temperatura de servicio fuera de rango						
	Rectificación de dispositivos de protección						
	Inspección visual general de piezas						
	Revisar la alineación del grupo motorreductor						
	Escuchar con un estetoscopio mecánico los ruidos del rodamiento y de los engranes.						
	Revisión general del reductor.						Anual
	Revisar el apriete del cono sobre la flecha.						Anual
	CAJAS REDUCTORAS	Ajustar las flechas del reductor.					
Revisar engranes y piñones.							Anual
Revisar los conos.							Anual
Central oleodinámica	Control del funcionamiento de las electroválvulas, mandos y desviadores						
	Limpieza de filtro						

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Dada esta información se ha determinado el plan de mantenimiento preventivo de cajas reductoras, se debe siempre corroborar las frecuencias en función del monitoreo de condiciones de equipos, se debe analizar el historial de temperatura exterior y del elemento para observar el estado de los elementos y si las frecuencias de intervención están siendo las apropiadas o no. El ciclo de mantenimiento preventivo es de 12 meses, debe considerarse que entre menos intervenciones de desmontaje del equipo mayor disponibilidad, en los equipos a través del monitoreo de condiciones debe prestarse atención a las variables externas como: temperatura ambiental y condiciones de carga que pueden indicarnos anomalías en la operación se debe constatar por el técnico de mantenimiento y técnicas predictivas para justificar el paro del equipo.

Debe especificarse el motor acoplado al reductor su código y rutina, deben recopilarse los datos necesarios para análisis a realizar, de vital importancia resulta saber el tipo de aceite, si tuvo que agregarse, cuanta cantidad agrego, si fue recambio de su totalidad, si se extrajo muestra de lubricante, si presenta fugas y la temperatura exterior. A la vez analizar las vibraciones en corona y tornillo. Y por último describir el estado externo de elemento moto reductor para tomar acciones de mantenimiento programadas, toda la información recopilada luego debe ser tabulada por los supervisores para brindar el histograma de operación de los equipos.

Tabla XXXI. **Ficha de seguimiento reductor**

Categoría: Crítico, no crítico, importante

Rutina No. 1,2,3					Fecha:				Análisis de vibración de				Condición externa								
N o	Descripción del motor	Código	Rutina	Tipo Aceite	Agrego aceite		Cambio Aceite	Muestra para Análisis	Temp Exterior °C	Caja				Fuga en Retenedor		Alineación y estado	Ruido	Sobre calentamiento	Pintura	Visor	Código
					SI	NO				Corona	RPM Op	Tornillo	RPM Op	Corona	Tornillo						
1																					
2																					
3																					
N																					

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

2.3.11. Ficha de insumos

A continuación, se presentan las fichas de seguimiento de los insumos de la línea.

Tabla XXXII. **Ficha de seguimiento agua de proceso**

FICHA DE SEGUIMIENTO AGUA DE PROCESO								
Hora	Fecha:		Línea:		Insumo:		Operador:	
	Medición en Equipos Auxiliares		Medición en línea de producción		Valor teórico en equipos auxiliares		Valor teórico en línea de producción	
06:00	°C		°C		°C		°C	
08:00	°C		°C		°C		°C	
10:00	°C		°C		°C		°C	
N	°C		°C		°C		°C	

Insumo: AF, AC.

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla XXXIII. **Ficha de seguimiento vapor**

FICHA DE SEGUIMIENTO VAPOR								
Hora	Fecha:		Línea:		Insumo: Vapor		Operador:	
	Medición en Equipos Auxiliares		Medición en línea de producción		Valor teórico en equipos auxiliares		Valor teórico en línea de producción	
	Temp	Presión	Temp	Presión	Temp	Presión	Temp	Presión
06:00	°C	Psi	°C	Psi	°C	Psi	°C	Psi
08:00	°C	Psi	°C	Psi	°C	Psi	°C	Psi
10:00	°C	Psi	°C	Psi	°C	Psi	°C	Psi
N	°C	Psi	°C	Psi	°C	Psi	°C	Psi

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla XXXIV. **Ficha de seguimiento aire comprimido**

FICHA DE SEGUIMIENTO AIRE COMPRIMIDO								
Hora	Fecha:		Línea:		Insumo: AC		Operador:	
	Medición en Equipos Auxiliares		Medición en línea de producción		Valor teórico en equipos auxiliares		Valor teórico en línea de producción	
06:00		Psi		Psi		Psi		Psi
08:00		Psi		Psi		Psi		Psi
10:00		Psi		Psi		Psi		Psi
N		Psi		Psi		Psi		Psi

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla XXXV. **Ficha de seguimiento harina**

FICHA DE SEGUIMIENTO HARINA								
Hora	Fecha:		Línea:		Insumo: Harina		Operador:	
	Tipo de harina y porcentaje recibida		Tipo de harina y porcentaje recibida		Tipo de harina y porcentaje supuesta		Tipo de harina y porcentaje supuesta	
06:00		%		%		%		%
08:00		%		%		%		%
10:00		%		%		%		%
N		%		%		%		%

Tipo: HAD, XTL, HRW.

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

2.3.12. Indicadores de interés

Parámetro utilizado para medir y cuantificar los objetivos de la empresa buscando optimizar y maximizar los recursos a utilizar a través de métricas a corto, mediano y largo plazo que concatenan para función por la cual la empresa existe.

2.3.12.1. Producto no conforme

Este indica que cantidad de producto no cumple con los parámetros establecidos en función de la cantidad total de producto producido siendo así un total de 1,94 % ya sea por: calidad, inocuidad los cuales sus causantes pueden ser malas prácticas de operación o malas prácticas de mantenimiento. En total se tienen la suma de 1 156 toneladas de producto no conforme de las cuales 372 toneladas corresponden estadísticamente a causas por mantenimiento alrededor de un tercio del total, esto nos indica que a pesar de tener una alta disponibilidad nuestra producción no siempre es confiable dado que no se cumplen con los estándares teniendo una eficiencia total del 91,86 % pero con margen a mejora en función de la operatividad y mantenibilidad.

Este indicador nos señala que tenemos desperdicios en prensa y desperdicios en empaque los cuales se puede Re catalogar como reproceso húmedo y reproceso seco los cuales puede o no utilizarse de nuevo como materia prima en función de un parámetro clave que es la inocuidad, si el producto salió de la línea de producción y toca superficies no aptas para el producto este queda sin efecto para el uso de materia prima a la vez que exista un foco de producción que se vea mermado por salmonela hace que el producto y lote sea totalmente descartado. Por el contrario, si el parámetro clave es la calidad que se representa por agrietamientos en la pasta a

consecuencia de no tener un correcto control en nuestros elementos de medición o accionamiento para control de la humedad y temperatura tanto de forma operativa como en su mantenibilidad nos invita a pensar que tenemos una debilidad y a la vez un punto de mejora adoptando procedimiento y estándares en temperatura para la operación y un programa de mantenimiento y calibración de elementos en la mantenibilidad brindando con estas acciones un aumento en la confiabilidad del producto por entregar.

2.3.12.2. Cumplimiento del mantenimiento preventivo de equipos e infraestructura

Este indica en qué porcentaje se ejecuta el plan de mantenimiento preventivo, cabe mencionar que las ordenes de trabajo no son específicas, la orden de trabajo solo guía que elementos deben de chequearse en forma VOSO la decisión y opinión quedan directamente en la responsabilidad del técnico. Por lo cual no indican que elemento o componente se va a trabajar, la herramienta necesaria, que personal se va a requerir para dichas labores, el tiempo que se necesita para la labor y quien va a supervisar la ejecución de dicha orden.

Se sugiere que los supervisores tengan el apoyo de digitadores para minimizar su carga administrativa y enfocarse en labores de supervisión en campo y que ellos realicen inspecciones programadas a los equipos para determinar cuáles serán los equipos por intervenir y dar mantenimiento teniendo los insumos, herramientas, equipos y personal presupuestados, logrando que los técnicos de mantenimiento tengan claro que lineamientos seguir a la hora de mantener los equipos y tener una continuación en las labores con lo cual el supervisor a través de la inspección dará por finalizada la orden de trabajo y

podrá tabular la información para planificar o monitorear la condición del equipo y llevar un control periódico de los elementos

Se indica que la relación de paros no programados va en función del tiempo asignado para intervención de la línea a mayor tiempo poseen menor cantidad de equipos fallan. Esto refleja que hay más paros de los que tienen previstos los altos mandos al analizar la situación se aborda que es necesario reestablecer los tiempos de intervención en mantenimiento aumentando la frecuencia de las acciones de mantenimiento. Pero dadas las condiciones de producción y apegándose a la función principal de la empresa que es la producción el método de mantenimiento preventivo y correctivo no va en línea con los objetivos de la empresa. Con lo cual migrar a mantenimiento preventivo con técnicas de monitoreo predictivo nos brinda la capacidad de conocer la condición de nuestros equipos y por ende decidir la intervención de este logrando así lo siguiente: máxima duración del elemento sin que se vea sacrificada la función del activo, reducción de paros no programados, confiabilidad y disponibilidad del activo.

El poder reclasificar las labores de mantenimiento y especificar las acciones a ejecutar con los equipos nos brinda la posibilidad de separar el mantenimiento en correctivo, preventivo y preventivo con técnicas predictivas con lo cual nos brinda el margen de cuantificar cuanto de cada tipo de mantenimiento realizamos y tener una visión acertada de nuestra disponibilidad y confiabilidad en función de nuestro sistema de producción logrando la correcta selección de las metodologías de mantenimiento.

2.3.12.3. Tiempo improductivo de maquinaria (mantenimiento, calidad, inocuidad, producción)

Nos indica la cantidad de horas que la maquinaria ha parado en función de las programadas siendo así 3,38 % representando así el 52,8 % del total de tiempo improductivo total, pero no aporta a mantenimiento si no se especifica y clasifica la razón por la cual fallo el equipo, es necesario clasificar si la improductividad es consecuencia de operación, calidad, inocuidad o mantenimiento esto nos brinda la capacidad de interrelacionar las acciones dado que una mala operación puede desencadenar que el producto no cumpla con la calidad deseada, pueden existir focos de contaminación y exceso de humedad la cual afecta a la inocuidad y en el peor de los casos afectar la integridad de los elementos mecánicos y sufran un daño que detiene los equipos. De igual manera si un elemento de la maquinaria se encuentra en mal estado o no brinda la eficiencia que nosotros deseamos nos puede afectar en la calidad del producto que se desea o con problemas de inocuidad, con esta interrelación para el departamento de mantenimiento es de vital importancia tipificar si es falla mecánica, eléctrica, instrumental o estructural.

Esta información nos permite enfocar nuestros esfuerzos de mantenimiento y prevención de las fallas invirtiendo mayor cantidad de tiempo en el comisionamiento de los equipos, monitoreo de la función del activo y rediseño si el equipo trabaja en condiciones ideales de operación y no sufre sobrecargas inducidas por operadores deberá analizarse la durabilidad de los componentes y aplicar reingeniería.

La parte operativa debe de incorporarse a las labores del mantenimiento a través de la metodología del mantenimiento autónomo el invertir en la

capacitación de los operadores para labores de lubricación, limpieza, reapriete y parámetros de operación nos garantiza descargar de labores a mantenimiento y que se están cumpliendo las condiciones ideales de operación sin arriesgar la vida de los activos por medio de un manual que contenga el rango óptimo para las variables de la línea como lo son: temperatura, humedad, nivel, velocidad, flujo y que hacer en condiciones de fallo

Al ser una planta de producción es de vital importancia el monitoreo de los parámetros claves en nuestro proceso termodinámico de extracción de humedad en función de intercambiadores de calor que los brindan las condiciones ideales por tal motivo la calibración de sensores de temperatura, humedad y elementos primarios de accionamiento que modulan las mezclas deberán de realizarse de manera periódica y por parte del departamento de mantenimiento en su sección de metrología con lo cual nos garantizara que nuestro producto cumpla las condiciones de producto conforme y no deba de pasar por reproceso alguno con lo cual se rectifica que no solamente el equipo está disponible sino que el equipo trabaja con un grado de confiabilidad brindando el estándar deseado por producción y calidad.

3. FASE DE DOCENCIA

La capacitación es de utilidad explicar cuáles son los requerimientos mínimos que cada perfil operativo requiere así el personal que labore sabe cuáles son sus roles dentro de la empresa y en qué nivel jerárquico se encuentran.

3.1. Capacitación al personal de mantenimiento

Recalcar la importancia que las labores a realizar en el mantenimiento deben de realizarse siempre con orden y limpieza procurando que los ejes de calidad, inocuidad, seguridad y medio ambiente sean cumplidos y que todo trabajo que el personal realice este amparado por órdenes de trabajo que tienen toda la información técnica de que se va a realizar cuanto tiempo tomaran dichas intervenciones y que personal y herramienta será necesaria para que se ejecuten.

3.1.1. Definición del perfil de operario, de mantenimiento y supervisores

Las competencias que debe de tener la persona que ocupe dicho rol son fundamentales para concretar una actividad en específico o resolver inconvenientes mediante métodos precisos y analíticos, a continuación, se describirán las competencias para los tres perfiles de trabajo.

3.1.2. Operario

Un operario de línea debe ser capaz de interpretar y llenar registros de manera periódica, esto con el fin de documentar y generar un historial de operaciones brindando información útil para: producción, fallas y variación de parámetros establecidos con lo cual el obtiene control de la temperatura, humedad, velocidad de motores y velocidad de línea en general, generando en el la capacidad de análisis de los datos entregados por el turno anterior para mantener un control de los parámetros de operación ideales y reportar anomalías tras el uso del método VOSO.

Debe de poseer dicho operario la capacidad de comunicación la cual le aportara liderazgo y podrá gestionar con las distintas áreas el abastecimiento de las materias primas y condiciones operacionales ideales de su línea siendo estas variables las siguientes: Cantidad de harina por parte del área de silos, temperatura del agua caliente, temperatura del agua fría, presión de aire comprimido para los distintos accionamientos neumáticos de la línea, la velocidad de los tornillos de amasado en función del tipo de sémola que se están utilizando y la cantidad de vapor para el área de humidificador.

Estos conocimientos deben de ser sustentado en la medida de lo posible con ciertas habilidades técnicas las cuales se pueden enmarcar como:

Mecánica básica: tener las nociones de cuales elementos son móviles la dirección de dichos elementos quien es conductor el conducido notar problemas en dichos elementos sea por desfase, sobrecargas y reportar anomalías según su experiencia en lo que ve, oye, siente y olfatea con lo cual puede reportar de manera más técnica o asertiva a sus homólogos de mantenimiento

Lubricación básica: formar parte integral del equipo de lubricación, asignándole a él las funciones de lubricación de los elementos que son de fácil acceso y que no requieran de un paro de la línea de producción, su asignación de carga de trabajo será en función del número de elementos de que debe lubricar en una periodicidad en horas de trabajo y deberá reportar a través de fichas de seguimiento los elementos de los cuales estará a cargo rindiendo cuentas al departamento de mantenimiento con lo cual son los primeros pasos para una gestión integral entre los distintos departamentos de la empresa.

Limpieza: dentro del formato de mantenimiento autónomo de resalta la importancia de una limpieza exhaustiva y constante en la maquinaria lo cual garantiza ciertas condiciones de operación deseadas siendo la inocuidad e higiene la principal de interés y en manera secundaria pero no menos importante la limpieza en las superficies de contacto de los elementos lubricados como engranajes, piñones los cuales al tener la suciedad con la harina generan una pasta con la grasa que tiene condiciones abrasivas que deterioran los tratamientos térmicos que poseen dichas piezas en su exterior, debilita su estructura presenta fragilidad y compromete su disponibilidad y confiabilidad.

Estos conocimientos deben de ser sustentado por conocimientos teóricos los cuales se pueden enmarcar como:

Temperaturas y humedad en la línea de producción: Poder clasificar según el tipo de semola que está ingresando la temperatura del agua de mezcla logrando así la condición ideal en el pre amasado, en función de la capacidad de producción en el momento de la línea saber que temperatura y humedad están suministrando los ventiladores y radiadores de las distintas áreas del

presecador y secador logrando las condiciones de estabilización y extracción de humedad correspondiente en el proceso.

Dirección de abastecimiento de materias primas: es importante tener conocimiento de la dirección en la cual se dirige un flujo y que elementos son los que hacen su conducción desde el origen de este hasta su disposición final el personal debe considerar obtener el conocimiento de válvulas, bridas, intercambiadores de calor, reductores, elementos de medición y control con lo cual puede identificar de manera más técnica donde puede existir una falla en el proceso de conducción de la materia.

Figura 50. **Operario**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

3.1.3. Técnico de mantenimiento

Un técnico de mantenimiento debe realizar el mantenimiento preventivo y correctivo con base en procedimientos especializados e instrucciones generales, con el fin de garantizar la continuidad del proceso, a través de registros de manera periódica generan un historial de mantenimiento y acciones sobre los distintos elementos de la maquinaria, los técnicos son capaces de comprender la causa en las variaciones de parámetros establecidos con lo cual puede brindar la solución a través de un análisis de causa raíz, logrando reestablecer las condiciones operacionales normales de la temperatura, humedad, velocidad de motores y velocidad de línea en general, generando confiabilidad y disponibilidad de los equipos a través de métodos preventivos y técnicas correctivas.

Debe de poseer dicho técnico la capacidad de comunicación la cual le aportara liderazgo y podrá gestionar con las distintas áreas de producción y mantenimiento una vía de comunicación siendo el quien generara reporte a sus supervisores, debe tener la capacidad de reparar la maquinaria e instalaciones eléctricas de la planta, debe instalar el equipo y maquinaria en el área de producción con el objetivo de garantizar la productividad a través de los planes de mantenimiento generados por los supervisores.

Estos conocimientos deben de ser sustentados con conocimientos técnicos reconocidos deseando que el técnico posea formación como electricista o mecánico con especialización de neumática, electrónica y PLC siendo estos los equipos más críticos de las líneas de producción son importantes que el conocimiento en variadores de frecuencia y equipos auxiliares sea comprobado puesto que generara un técnico con altas competencias de resolución de problemas.

Se sugiere dentro del organigrama del departamento de ingeniería promover la especialización de los técnicos con lo cual pueda tener personas competentes en distintas áreas sean estas: mecánica, eléctrica, electrónica, instrumentación y control y metalmecánica. Con el fin de brindar servicios de mantenimiento preventivo y correctivo de calidad puesto que son personas que dominan su campo de especialidad brindando mejor calidad en las reparaciones y trabajos realizados.

3.1.4. Supervisor de mantenimiento

Un supervisor de mantenimiento es el encargado de planificar, programar y supervisar los trabajos de mantenimiento establecidos en el sistema de control del PMP, asegurando la asignación de los recursos: tiempo, repuestos mano de obra y equipo necesario para dar cumplimiento al plan de trabajo; buscando el menor tiempo de inactividad y la máxima productividad de los recursos.

Debe asegurar la actualización y calidad de información, de manera que se obtenga: La mejora continua de los procesos y procedimientos, toma de decisiones sobre la frecuencia de la intervención de los equipos, basado en la confiabilidad de los activos y los indicadores del desempeño en el área de ingeniería.

Debe de poseer el supervisor la capacidad de comunicación la cual es necesaria para las relaciones internas y externas que debe de manejar con proveedores, contratistas, personal de mantenimiento y los supervisores los cuales alimentaran de información al supervisor para que proponga y gestione sus objetivos de trabajo llevando un control de lo ejecutado por el personal interno y externo documentando y logrando la preservación de sus activos.

Estos conocimientos y habilidades serán respaldadas a través de un título en ingeniería mecánica, industrial o eléctrica que posea reconocimientos en el mantenimiento industrial y posea experiencia en el área de maquinaria industrial esto brindara las condiciones para desenvolverse con el demás personal. Se sugiere que se divida en los 3 supervisores el personal a monitorizar con lo cual uno sea el encargado de todo lo relacionado a equipos auxiliares y líneas de abastecimiento, otro sea el encargado del mantenimiento mecánico, lubricación e instrumentación de equipos y el ultimo se encarga del mantenimiento eléctrico y electrónico de los elementos de la línea de producción.

Figura 51. **Supervisor de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA.

Figura 52. Operario y técnico en mantenimiento



Fuente: elaboración propia, Pasta INA.

3.2. Importancia del orden en las labores de mantenimiento

La gestión del mantenimiento dentro de la industria implica la interconexión entre todos los departamentos de la empresa y la ejecución de las labores con ciertos estándares a los cuales se está rigiendo. Al ser una industria alimenticia el cumplir con las normas de calidad, inocuidad, medio ambiente y seguridad ocupacional implica la calidad de todos los actores por lo cual el departamento de ingeniería debe realizar sus labores de intervención con:

Seguridad: cumpliendo a cabalidad con las autorizaciones y permisos de altura y ejecutar el anclaje de forma segura, utilizar en todo momento su equipo de protección personal, emplear los caminamientos preestablecidos, realizar los bloqueos mecánicos y eléctricos necesarios a la hora de intervenir y obedecer las señalizaciones y advertencias para mitigar la cantidad de actos inseguros en la línea de producción.

Figura 53. **Seguridad**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

Medio ambiente: el brindar las intervenciones sin afectar el medio ambiente contribuyen a la calidad de los servicios prestados en el área de mantenimiento realizando la adecuada descarga de lubricantes, evitar que recipientes con disolventes queden destapados al medio ambiente y estos se evaporen, prevenir los derrames de bunker o lubricante al ambiente por medio de un sistema de almacenamiento o retorno, desechando los componentes eléctricos con el personal apropiado para la labor y enviando los elementos mecánicos a lugares donde pueden ser reciclados con. Con estas acciones se mantiene el orden y la limpieza además de un cuidado del medio ambiente e inherente a la calidad en el producto por eliminar las fuentes de posible contaminación dentro de la línea de producción.

Calidad: al constatar que se tienen cubiertos los aspectos de seguridad en las labores, medio ambiente e inocuidad brinda indicadores de que realizamos las acciones con calidad si complementamos que las acciones de mantenimiento sean efectivas y se necesiten pocas intervenciones para lograr

mantener disponibilidad y confiabilidad en los equipos se está disminuyendo la posibilidad de inducir en una falla por intervenir periódicamente una maquinaria y así preservando las operaciones de producción.

Inocuidad: el mantener las áreas limpias y sin exposición a materiales que pueda contaminar el producto se convierte en una norma a cumplir por parte de mantenimiento dado que tornillería no puede quedar suelta ni en lugares cercanos a la producción, evitar los derrames y por consiguiente preservar el estado de las cajas reductoras y sus retenedores aportan a la inocuidad a la vez el mantener la calidad de los sellos de retención y hermeticidad de los equipos para evitar la formación de condensados y probables brotes de salmonela. Todas estas acciones son inherentes al personal de mantenimiento y a sus rutinas de inspección de no realizarlas pueden existir condiciones para presentar fallas por lo cual el orden y responsabilidad en las labores del personal debe cumplirse.

Figura 54. **Inocuidad**



Fuente: elaboración propia, Pasta INA, zona 11, Guatemala.

3.3. Importancia de los historiales de operación y funcionamiento y mantenimiento

La recolección de la información se convierte en una herramienta de gran utilidad a la hora de tomar decisiones por lo cual es una necesidad para el departamento de ingeniería recabar información que presente utilidad para justificar o analizar situaciones en la línea de producción, dicho esto se estipula que los mantenimientos que se han realizado en determinada sección de la línea deben sintetizarse para extraer la información que represente utilidad en toma de decisiones con lo cual se debe considerar los siguientes puntos a recabar: Elemento mecánico o eléctrico que se le brindo mantenimiento, tiempo necesario para la labor de mantenimiento, falla que presento, causa probable de la generación de la falla, personal que realizo el mantenimiento, producto que se elaboraba en el momento de la falla, capacidad o demanda a la cual la maquinaria operaba, operador encargado durante la falla y personal subcontratado encargado del servicio.

Estas variables que se van a recopilar para realizar nuestro historial se consideran claves con el fin de saber si se tienen problemas de operación, problemas de manutención si dicho problema es reincidente con algún mecánico en específico o personal subcontratado que no cumple ni con la calidad ni con los tiempos establecidos, en qué condiciones de operación se encontraba la línea si eran las ideales o se modificaron y si algún material o repuesto no cumple con los parámetros de calidad que se presuponen.

Para la alta gerencia y el personal de toma de decisiones estos indicadores repercuten de forma financiera lo cual genera una exigencia a los mandos medios que tomen las acciones pertinentes para reconducir los indicadores a sus valores predeterminados y ellos analizan las situaciones de

falla y al concluir ejecutan cambios o sanciones respectivas a personal que no efectúa su trabajo con excelencia en calidad como tiempo lo cual induce a modos de falla tras brindar el mantenimiento.

3.4. Metodología de proceso en orden de trabajo adjudicada-finalizada

Una orden de trabajo es un documento que describe que debe hacerse, como debe hacerse, con qué recursos debe de hacerse y en cuanto tiempo debe de hacerse. Por tal motivo antes de diseñarla es importante saber que buenas prácticas de operación y de mantenimiento se pueden utilizar para mitigar la cantidad de órdenes de trabajo correctivas regular la cantidad de ordenes preventivas y aumentar la cantidad de ordenes predictivas según sea el caso del equipo que se está analizando.

Basándose en el análisis de la pirámide de Bird se puede asumir que, de 10 000 Malas prácticas de operación, 600 corresponden a una mala práctica de mantenimiento de las cuales 30 son consideradas fallas potenciales en los equipos y pueden hallarse 10 fallas funcionales del equipo que conllevan a una falla total del equipo. Esto indica que los dos pilares de esta pirámide desencadenan fallas potenciales en los equipos que son imperceptibles aún más sin embargo se convertirán en funcionales.

Los pilares para un plan de mantenimiento y por consiguiente de la orden de mantenimiento es la planificación de recursos, personal, personal especializado, materiales y herramientas usar con lo cual se trasladan las demandas hacia el inventario y bodega para suplir las necesidades, a la vez que se debe programar el tiempo por tarea, días en función de la demanda de producción dado que se siguen las directrices de la organización. La programación de la tarea de mantenimiento abarca desde que se aplica

seguridades eléctricas y mecánicas pasando a través del proceso de destapar, limpiar y ajustar además el requerimiento de acondicionamiento y pruebas necesarias a realizar y remover las seguridades previamente colocadas estas acciones debe de presupuestarse con el objetivo de conocer los insumos necesarios para nuestra intervención.

Si estos dos pilares están fundamentados es inherente el aumento de la productividad en la mano de obra con una eficiencia en las labores de mantenimiento evitando así trabajar de manera reactiva, con el objetivo de evitar que se produzca la falla en vez de corregir la falla. Dicho esto, se puede planificar que nuestra composición de tipos de mantenimiento se subdividirá de la siguiente manera: 50 % mantenimiento basado en la condición, 30 % mantenimiento preventivo, 10 % mantenimiento correctivo y 10 % mantenimiento proactivo con lo cual el mejor mantenimiento es el que nunca debe brindarse buscando menor cantidad de intervenciones con la calidad absoluta de las labores.

Procurar que dichos porcentajes puedan mantenerse durante el tiempo requieren de procesos de Optimización del mantenimiento planificado dado que más del 20 % de los recursos se tienden a desplegar en actividades no programadas lo cual demanda del planificador la capacidad de comunicación con las personas que realizan inspecciones para recolectar datos, priorización de tareas esenciales, en función de los monitoreos por condición determinar el estado de los equipos críticos para programar en función de los tiempos de paro de producción y tras planificar los insumos necesarios y programar en el tiempo brindar a los supervisores dichas ordenes de trabajo para que su equipo de mecánicos lo realicen tras la ejecución de la tarea se debe supervisar la actividad de mantenimiento para dar por finalizada la acción.

Con dichas acciones tanto el planificador como los supervisores tienen como objetivos la eliminación de tareas que no agregan valor o induzcan problemas, reducir la ambigüedad de aquellas tareas de mantenimiento poco claras esto a través del análisis, eliminación de tareas vagas, tecnologías predictivas, eliminación de tareas duplicadas y la utilización efectiva de los recursos. Obteniendo los siguientes beneficios: mayor ingreso al negocio mediante mayor disponibilidad del activo, reducir riesgo de fallas específica del activo, mejorar procedimientos preventivos y predictivos, reducir los riesgos de seguridad y medioambiente con lo cual se logra que las personas estén motivadas y se enfocan en mejorar la confiabilidad de los equipos por medio de un abordaje estructurado y con revisiones mensual, semestral y anual.

A través de un software de mantenimiento se puede rastrear ordenes de trabajo, programar actividades, obtener la trazabilidad de trabajos hechos, saber la cantidad de trabajo externo requerido, tener un manejo de inventarios y poder servir de respaldo para certificaciones o auditorias.

Una orden de trabajo debe contener la mano de obra a utilizar, calendarización, repuestos, servicios externos, costos, información extra, especificaciones de repuesto o del trabajo.

Figura 56. Orden de trabajo

N. 00001			
Planta:	Ejemplo	Máquina:	Banda Transportadora
Línea de Producción:	2	Nombre:	
Sección:	B	Lectura:	
Ubicación:	Banda transportadora 2	Marca:	Modelo
Depto:	Mantenimiento	Modelo:	3SIE200L2A
Subequipos:	Motor Trifásico	Equipos Asociados:	
Verificación BPM/SOSI:			
SOSI:	Utilizar equipo de protección personal.		
BPM:	Limpieza final de equipo, verificar y completar tornillería.		
BPM:	Recolectar y Limpiar Herramienta		
BPM:	Recolección de químicos utilizados.		
BPM:	He de confirmar que se han eliminado los riesgos de contaminación del producto.		
Mano de Obra:			
Prioridad:	Alta.	Fecha de Inicio:	20/02/2021
Fecha de Solicitud:	10/02/2021	Usuario:	Juan José de León
Fecha Terminada:	20/02/2021	Hora de inicio:	
Responsable:		Hora de entrega:	
Aceptación:			
Recibí conforme:		Observaciones:	
<hr/> Nombre y Firma			
Actividades:		Puesto de Trabajo:	Tiempo:
1)	Inspección del motor.	Supervisor/Mecánico.	
2)	Verificación de estructura del motor.	Mecánico.	
3)	Alineación del rotor.	Mecánico.	
4)	Verificación de la resistencia eléctrica.	Mecánico.	
5)	Inspección visual del bobinado eléctrico.	Mecánico.	
6)	Limpieza de conexiones (borners, cableado, numeración).	Mecánico.	
7)	Inspección de elementos de protección (guarda motores, reles, plc, variador de frecuencia).	Mecánico.	
Herramientas:		Personal necesario:	
1)	Multímetro		
2)	Desarmador de bornera		
3)	Llave copa corona 8 y 10		
4)	Megóhmetro		

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

CONCLUSIONES

1. Se establece una metodología apropiada para la adjudicación de una hoja de trabajo partiendo de lo siguiente: Se tiene un plan de mantenimiento el cual planifica y cronograma distintas actividades de manutención de los equipos en mención, con lo cual se logra por medio de tecnologías predictivas monitorear y conocer la condición del equipo por lo cual la data recopilada es analizada e interpretada por los supervisores de mantenimiento, los cuales realizan sus observación a las anomalías presentadas y ellos corroboran la información por medio de otra técnica predictiva de ser congruente el resultado se procederá a informar al planificador de mantenimiento para que indique la actividad de recambio del elemento en función de la criticidad que represente o la severidad de la condición del equipo con lo cual los supervisores pueden delegar a los mecánicos la realización de la tarea contando con los insumos, herramientas, equipo, personal y tiempos preestablecidos con lo cual se lleva un control de los insumos de la empresa y tras la finalización de las acciones se da la supervisión por parte de los encargados con lo cual se da por finalizada la orden de trabajo.
2. Los equipos de prensa, extendedor, presecado, secado se clasifican según un índice de criticidad el cual indica la importancia dentro del proceso productivo a los cuales se les subclasifico en equipos que conforman cada uno de ellos analizando así 171 equipos conformados por motores eléctricos, bombas, caja reductoras, ejes paleteros y dosificadores de agua y sémola catalogándolos como importantes, críticos o no críticos en función de la disponibilidad de recambio, facilidad

de recambio, equipos de respaldo entre otros aspectos brindando además fichas para sus respectivos análisis predictivo en los cuales se tomaran los datos de las placas de los distintos equipos logrando así saber las capacidades de los equipos generando cronogramas de intervención en función de su importancia en el sistema.

3. Las distintas metodologías de mantenimiento se deben gestionar y aplicar según la criticidad del equipo con lo cual busca generar mayor confianza en los equipos y disponibilidad a la hora del proceso productivo balanceando aspectos económicos con calidad de los servicios prestados en manutención eliminando el paradigma de buscar el menor costo posible y reformularlo con preservar la función del activo y que esta función vaya acorde a los lineamientos y política de producción de la empresa brindando mayor tiempo e inversión en los comisionamientos y monitorear los equipos para controlar el ciclo de vida del activo logrando así brindar los aspectos anteriormente mencionados y que estos brinden valor a las operaciones con su función, esto causa que se deba tener un enfoque global de la importancia de las funciones de los distintos equipos creando en los mecánicos de turno la habilidad de discernir que equipos deben tener cronogramas de mantenimiento con frecuencias más cortas y priorizando las labores predictivas y en función a ellas las preventivas planificadas procurando tener las mejores condiciones para la operatividad de los equipos.

RECOMENDACIONES

1. Realizar inspecciones a los equipos de la línea P3200 con el objetivo de que los supervisores realicen anotaciones y observaciones sobre el estado de los componentes o que a su juicio estos presente modos de falla que sean de vital importancia reportar para planificar y programar dentro de los planes de mantenimiento correctivo dando así seguimiento al ciclo de vida del activo y por consiguiente reestablecer su función con el fin de mantener las condiciones ideales para los objetivos de la empresa
2. Ampliar el repertorio de técnicas de monitoreo predictivo según sea la criticidad y así determinar en distintos equipos los indicios de un punto de falla con lo cual se puede lograr simular el ciclo de vida del activo lo cual hace que se trabaje de manera preventiva planificado; es importante dar mayor énfasis a las metodologías proactivas en el comisionamiento para evitar los distintos modos de falla que pueden presentarse una vez puestos en marcha los equipos
3. Delegar por medio del mantenimiento autónomo a los operarios en labores de lubricación de periodicidad cada cinco días y mensuales y los mecánicos especialistas se encarguen de las demás frecuencias dando el rol de supervisor a los mecánicos para garantizar confianza en las labores de los operarios; A la gerencia de mantenimiento se le sugiere invertir en espacios físicos para el almacenaje correcto de lubricante, despacho correcto, transporte correcto hacia los puntos de aplicación y utilizar los elementos adecuados para transferir el aceite lubricante desde

su recipiente sin contaminar hasta los elementos mecánicos que lo necesiten.

4. Especificar los roles de cada actor dentro del mantenimiento para descargar de trabajo administrativo a los supervisores y planificador de mantenimiento creando plazas de digitadores dando así la libertad a los actores anteriormente mencionados para desenvolver sus actividades de manera correcta logrando así una línea de trabajo dinámica entre el gerente de mantenimiento que dará las políticas de mantenimiento, el planificador que realizara los cronogramas y actividades preventivas, predictivas y correctivas según sea la información brindada por los supervisores que en campo actualizaran las labores realizadas por los mecánicos de planta y turno los cuales de igual manera están sobrecargados de actividades que se desvían de la planta de producción como tal por lo cual se sugiere de igual manera personal específico para equipos auxiliares los cuales deberán de velar de los insumos básicos de producción como lo es agua caliente brindado por calderas, agua de refrigeración dada por chillers y aire comprimido a través de los compresores

5. Designar un espacio físico para los supervisores dentro de la planta para monitorear actividades de mantenimiento del personal a cargo tanto subcontratado como de la empresa realizando inspecciones, observaciones, anotaciones para retroalimentar al planificador de mantenimiento con lo observado y mejoras a los mecánicos de turno.

BIBLIOGRAFÍA

1. AYALA MATUS, Víctor Humberto. *Guía de mantenimiento preventivo, desarme y armado de reductores de velocidad tipo KMP marca Flender utilizados en el accionamiento de molinos verticales para la fabricación de cemento*. Tesis de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala. 2010. 168 p.
2. Cursos. Aiu. Edu. *Mantenimiento de instalaciones hidráulicas y mantenimiento de instalaciones de frío y de calor*. [en línea]. <[https://cursos.aiu.edu/Mantenimiento %20Industrial/PDF/Tema %204.pdf](https://cursos.aiu.edu/Mantenimiento%20Industrial/PDF/Tema%204.pdf)>. [Consulta: agosto del 2021].
3. Dokumen. *Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón*. [en línea]. <<https://dokumen.tips/documents/desmotadora-de-algodn-bibingusesbibingusesabreproy5311fichero5analisisdecriticidadpdfpdf.html>>. [Consulta: agosto del 2021].
4. FARIA, Iolanda; NAVAS, Helena; BRAGA, David. *Planeamiento de Acciones del Mantenimiento para Reductores Industriales en Accionamientos de Agitadores*. Departamento de Ingeniería Mecánica e Industrial. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Nova de Lisboa. Caparica, Portugal. 2012. 8 p.
5. FLORES FUENTES, Hansel Rubén. *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para un sistema de llenado horizontal*

“doy pack” para una industria alimenticia. Tesis de Ing. Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala. 2013. 151 p.

6. OCHOA LÓPEZ, Ubaldo Emilio. *Diseño, instalación y plan de mantenimiento de sistemas de bombeo para la empresa pozos y bombas.* Tesis de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala. 2016. 143 p.
7. PACACH FLORES, Pablo Fernando. *Actualización del mantenimiento preventivo de motores eléctricos por medio del análisis de fallas mediante gráficos de control.* Tesis de Ing. de Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala. 2017. 190 p.
8. Pavan Group. *Líneas para la producción de la pasta seca.* [en línea]. <<https://docplayer.es/71714664-Lineas-para-la-produccion-de-la-pasta-seca-tecnologia-de-vanguardia-desarrollada-por-pioneros.html>>. [Consulta: agosto del 2021].
9. QUIÑÓNEZ. FUENTES, Jerónimo Díaz. *Diseño de un programa de mantenimiento predictivo para motores eléctricos con base en monitoreo de temperatura y vibración.* Tesis de Ing. de Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala. 2008. 162 p.

10. SITES. *Reductores de velocidad.* [en línea].
<<https://sites.google.com/site/ensayodereducordevelocidades/>>.
[Consulta: agosto del 2021].

11. SOLARES ZARCEÑO, Byron Eleazar. *Mejora del programa de mantenimiento preventivo en las bombas impulsadoras de concreto.* Tesis de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala. 2006. 179 p.

