



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

**IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL
BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ EN LA FINCA SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA**

Erik Deleón Arcia

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, febrero de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL
BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ EN LA FINCA SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ERIK DELEÓN ARCIA

ASESORADO POR EL ING: CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2021

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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
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:

IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ EN LA FINCA SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 5 de septiembre de 2017



Erik Deleón Arcia

Guatemala, 04 de febrero del 2020

Ingeniero
Gilberto Enrique Morales Baiza
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad San Carlos de Guatemala

Ingeniero Morales:

Me dirijo a usted para informarle que, de acuerdo con la autorización recibida, he asesorado al estudiante ERIK DELEON ARCIA, carné No. 198715896, en el desarrollo de su trabajo de graduación titulado "IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BENFICIO HÚMEDO DE CAFÉ EN LA FINCA SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA" Y ,considerando el trabajo satisfactorio en su estructura, contenido y resultados, me permito dar aprobación al mismo remitiéndole a la dirección de escuela para continuar el trámite correspondiente.

Sin otro particular,

Atentamente,



Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Ingeniero Mecánico Industrial

Colegiado No. 3413

ASESOR



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.025.2020

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ EN LA FINCA SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA** presentado por el estudiante **Erik Deleon Arcia**, CUI **1893205080101** y Reg. Académico No. **198715896** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero 2020



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.018.2021

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 y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ EN LA FINCA SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA** del estudiante **Erik Deleón Arcia**, CUI **1893205080101**, Reg. Académico **198715896** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, febrero 2021
/aej

DTG. 047.2021.

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: **IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ EN LA FINCA SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA**, presentado por el estudiante universitario: **Erik Deleón Arcia**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, febrero de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme dado la vida, bendecirme de gran manera y darme la sabiduría que tengo entre otras cosas.

Mis padres

Emanuel Deleón Zamora y Graciela Arcia Ambeliz, por apoyarme incondicionalmente, inculcarme valores y enseñarme a valorar la vida.

Mi hermana

Inga. Elid Deleón Arcia, por apoyarme incondicionalmente desde el inicio y motivarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por ser mi *alma máter*.

Facultad de Ingeniería Por formarme y darme las herramientas necesarias a lo largo de mi carrera.

Mi asesor Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez, por su apoyo y por compartir sus conocimientos a mi persona para el desarrollo de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. DESCRIPCIÓN DE LAS REPARACIONES DE LA MAQUINARIA E INSTALACIONES EN EL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ.....	1
1.1. Cambio de cojinetes en los pulperos.....	1
1.2. Rectificación de los palacios en el pulpero.....	2
1.3. Cambio de las camisas de aluminio del pulpero.....	3
1.4. Sustitución de fajas que dan movimiento a los pulperos	4
1.5. Cambio de chumaceras en el conductor helicoidal de los pulperos.....	5
1.6. Rectificación de las cuñas en las poleas	7
1.7. Enderezar aspas en el conductor helicoidal	8
1.8. Soldar placas en el canal de movimiento de la pulpa	9
1.9. Cambio de los hilos plásticos de la criba	10
2. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ.....	13
2.1. ¿Qué es mantenimiento preventivo?	13
2.2. ¿Qué es beneficio húmedo de café?	14

2.3.	¿Cuál es la maquinaria a la que se le realizará mantenimiento preventivo?	16
2.4.	Como hacer hojas de servicio de mantenimiento preventivo en el beneficio húmedo de café	17
3.	PROGRAMACIÓN DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS DIFERENTES MECÁNISMOS MÓVILES DEL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ	19
3.1.	Limpieza en los mecanismos del beneficio húmedo de café....	19
3.2.	Revisión en los componentes mecánicos del beneficio húmedo de café	19
3.3.	Inspección de los rodamientos como: ruido, temperatura y vibración.....	20
3.4.	Inspección de las poleas por daños en las cuñas y su diámetro interno	20
3.5.	Rectificación del conductor helicoidal y de su excentricidad	21
3.6.	Revisión de la holgura entre pechos y camisas del pulpero.....	21
3.7.	Revisión de tuberías y llaves de paso que alimentan el agua a los pulperos.....	22
3.8.	Inspección de la tensión en la cadena que transmite el movimiento a la criba	22
4.	PLAN DE LUBRICACIÓN EN EL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ	23
4.1.	Lubricación con aceite en los rodamientos de los pulperos	23
4.2.	Lubricación con grasa en las chumaceras del conductor helicoidal	23
4.3.	Lubricación con aerosol Bel Ray en la cadena conductora de movimiento en la criba	24
4.4.	Lubricación con grasa en las chumaceras de la criba.....	24

5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMO ANTERIORMENTE SE REPARABA LA MAQUINARIA CONTRA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.....	25
5.1.	Reparación de fallas por no contar con un mantenimiento preventivo	25
5.2.	Análisis del mantenimiento preventivo propuesto para evitar fallas en la maquinaria.....	25
5.3.	Análisis del mejoramiento en el beneficio húmedo de café	26
	CONCLUSIONES	27
	RECOMENDACIONES.....	29
	BIBLIOGRAFÍA.....	31
	APÉNDICE.....	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Pulpero extractor de la pulpa	2
2.	Palacios del pulpero	3
3.	Camisa del pulpero	4
4.	Faja que da movimiento a los pulperos.....	5
5.	Conductor helicoidal.....	6
6.	Cuñas de las poleas.....	7
7.	Aspas del conductor helicoidal.....	8
8.	Canal de movimiento de la pulpa	9
9.	Criba.....	10
10.	Diagrama del proceso del beneficiado del café.....	16
11.	Secuencia de revisión de los componentes mecánicos del beneficio húmedo de café	20
12.	Inspección de poleas.....	21

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
GPa	Gigapascales
°C	Grados centígrados
MPa	Megapascales
m/s	Metro sobre segundo
mm	Milímetro
Nm	Newton-metro
O₂	Oxígeno
ft/s	Pies sobre segundo
%	Porcentaje
Psi	<i>Pound per square inch</i> (Libra por pulgada cuadrada)
in (pulg)	Pulgadas
Fe	Símbolo del elemento químico hierro

GLOSARIO

Calentamiento global	Se refiere al aumento gradual de las temperaturas de la atmósfera y océanos de la Tierra que se ha detectado en la actualidad, además de su continuo aumento que se proyecta a futuro.
Demanda	Hace referencia a la cantidad de bienes (productos) o servicios que se solicitan o se desean en un determinado mercado de una economía a un precio específico.
Estudio de pre factibilidad	Consiste en la investigación a los factores y fuentes primarias y secundarias de investigación de mercado detallando la tecnología que se utilizará en el proyecto, así como de los aspectos político/legales que lo afectan.
Material compuesto	Son aquellos materiales que se forman por la unión de dos materiales para conseguir la combinación de propiedades que no es posible obtener en los materiales originales.
Oferta	Se refiere a la cantidad de bienes, productos o servicios que se ofrecen en un mercado bajo unas determinadas condiciones.

**Poliétileno de
baja densidad**

Es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como LDPE (por sus siglas en inglés, Low Density Polyethylene) o PEBD, polietileno de baja densidad.

RESUMEN

La formulación del proyecto de investigación titulado “Implementación del programa de mantenimiento preventivo para el beneficio húmedo de café en la finca San José de la Montaña”, nació con el objetivo principal de desarrollarlo en el área rural donde pueda ser de mayor utilidad, y provea herramientas de competitividad ventajosa a los diversos beneficios de café que puedan presentar las mismas variables geográficas y de servicios.

Para llevar a cabo el proyecto, se tomará en cuenta los diferentes manuales de mantenimiento preventivo y literatura, que brinden información sobre este mantenimiento y así perfeccionar el trabajo. Al realizar las hojas de mantenimiento en las diferentes estaciones del proceso de beneficiado del fruto de café, se podrá optimizar su culminación, entregando un grano sin desperfectos y con muy buena presentación.

Dentro de este mantenimiento se realizarán ajustes en las tolerancias de los despulpadores para evitar que existan fracturas en los granos, y obstrucciones de los mismos a la hora de correr el proceso de beneficiado.

En este mantenimiento se tomará en cuenta la corrosión química que se le atribuye a los líquidos que produce el fruto de café al realizar el proceso de despulpe, para su prevención.

Esta investigación contiene la principal función de proporcionar un estudio de pre factibilidad, dicho estudio es la herramienta necesaria para la toma de decisiones en un proyecto debido a que en él se analizan los aspectos económicos, legales, técnicos, y del mercado. Posteriormente se establecen todos los aspectos anteriormente mencionados para la óptima localización, administración, y funcionamiento del proyecto.

OBJETIVOS

General

Implementar un programa de mantenimiento preventivo para el beneficio húmedo de café en la finca San José de la Montaña.

Específicos

1. Describir la forma en que se llevan las reparaciones de la maquinaria e instalaciones del beneficio húmedo de café de la finca San José de la Montaña.
2. Recabar información necesaria para crear mantenimiento preventivo en maquinaria de beneficio húmedo de café.
3. Realizar un mantenimiento preventivo para los diferentes mecanismos móviles del beneficio húmedo de café.
4. Aplicar lubricación a todas las piezas sujetas a movimiento como: poleas, cojinetes, chumaceras, engranes y contra ejes.
5. Ejecutar un análisis comparativo de cómo anteriormente se reparaba la maquinaria contra el programa de mantenimiento propuesto.

INTRODUCCIÓN

La caficultura es uno de los procesos más importantes de la agroindustria guatemalteca.

Es relevante proporcionar mantenimiento adecuado al equipo y maquinaria utilizada en el beneficio húmedo, para procesar el fruto maduro de café pergamino.

La inexistencia de un programa preventivo; es el motivo para llevar a cabo esta investigación, es primordial reducir los costos de operación, corrección de fallas que existen en el beneficio húmedo, e incrementar el tiempo de operación de máquinas entre paradas por falla.

Se hace necesario el programa de mantenimiento preventivo, que lleve un control de todas las actividades, hacia la búsqueda de un mejor desempeño en la operación de los mecanismos del beneficio húmedo de café.

Este programa de mantenimiento preventivo iniciará con el despiece de los diferentes componentes mecánicos del beneficio húmedo de café. Proponiendo el diseño de tablas para el control del mismo, planes de limpieza y lubricación.

1. DESCRIPCIÓN DE LAS REPARACIONES DE LA MAQUINARIA E INSTALACIONES EN EL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ

1.1. Cambio de cojinetes en los pulperos

El cambio de cojinetes en los pulperos se inicia con desmontar el pulpero removiendo los tornillos de fijación, y se extrae de la línea de alimentación de café que le da movimiento por el conductor helicoidal por la parte de arriba, y por la parte de abajo la faja que le transmite movimiento al pulpero.

Con el pulpero desconectado se procede a extraer los cojinetes de ambos lados y su remplazo.

Luego se regresa el pulpero a su sitio conectando la faja que le da movimiento y se vuelve a colocar los tornillos de fijación.

Figura 1. **Pulpero extractor de la pulpa**



Fuente: elaboración propia.

1.2. Rectificación de los palacios en el pulpero

Para proceder a rectificar los palacios en los pulperos se necesita tomar unos granos de café e introducirlos por el pulpero y proceder a mover el tornillo de ajuste, observando si tiene cáscara el grano o salió limpio. Si está con cáscara significa que su abertura es muy grande y necesita cerrarse unas vueltas, y si está quebrado el grano, su abertura es muy pequeña.

Figura 2. **Palacios del pulpero**



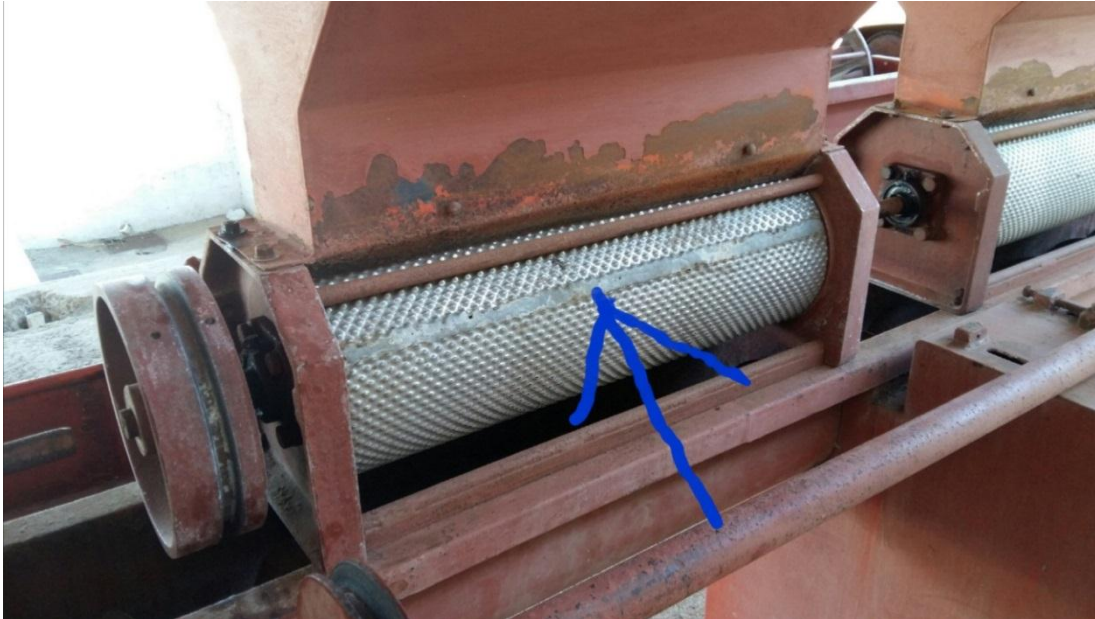
Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta esto se dejan los tornillos de ajuste con una abertura óptima para no tener fallas en los granos de café.

1.3. Cambio de las camisas de aluminio del pulpero

Para cambiar la camisa del pulpero, lo extraemos de la línea de alimentación de café, removiendo los tornillos de fijación, y la faja que le da movimiento. Teniendo solo el pulpero, se quitan los remaches que lo sujetan al cilindro y se procede a limpiar el cilindro, se monta la nueva camisa colocándole nuevos remaches.

Figura 3. **Camisa del pulpero**



Fuente: elaboración propia.

Se regresa el pulpero a su sitio, colocándole sus tornillos que lo fijan a la línea de alimentación de café, y la faja que le da el movimiento.

1.4. Sustitución de fajas que dan movimiento a los pulperos

La sustitución de la faja de los pulperos, solo se aflojan los tornillos que lo sujetan para permitir que la faja pierda tensión, y se procede a quitar la polea del pulpero y la polea del eje conductor. Se instala la nueva faja y luego se ajustan los tornillos de fijación, tomando en cuenta la alineación de la polea conducida con la conductora.

Figura 4. **Faja que da movimiento a los pulperos**



Fuente: elaboración propia.

1.5. Cambio de chumaceras en el conductor helicoidal de los pulperos

En el cambio de las chumaceras se aflojan los tornillos que las sujetan al canal conductor de café, en las tres chumaceras, liberando el eje que transmite el movimiento a todos los pulperos.

Figura 5. **Conductor helicoidal**



Fuente: elaboración propia.

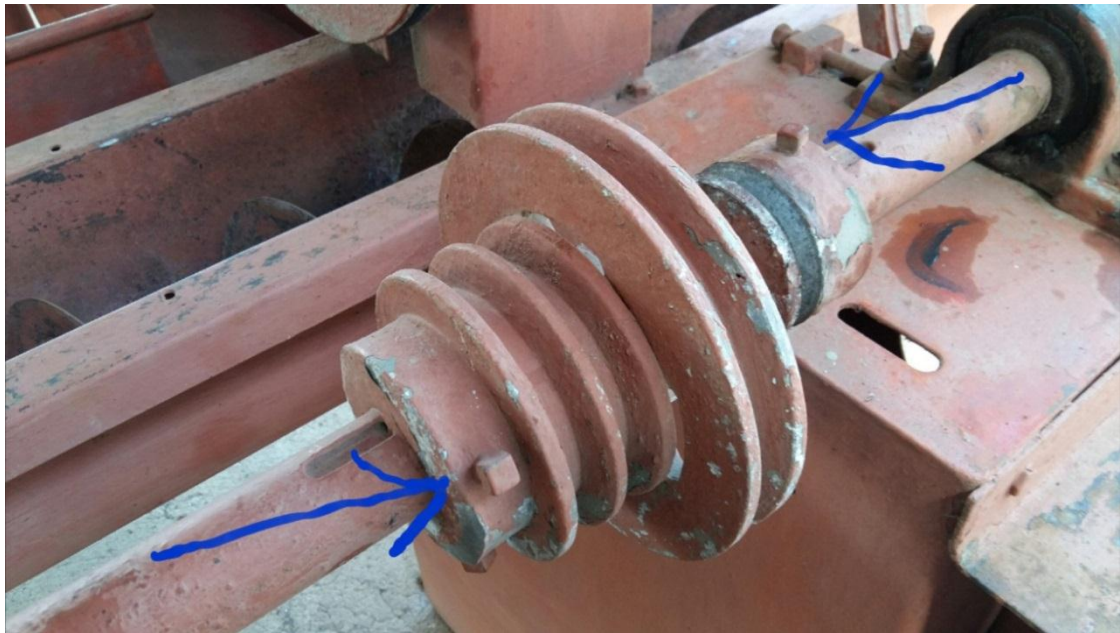
Con el eje ya afuera se procede a sacar una por una las chumaceras y se remplazan por una nueva, se toma en cuenta la alineación del eje cuando se ajustan los tornillos fijadores de cada chumacera.

1.6. Rectificación de las cuñas en las poleas

Para rectificar las cuñas, se precede a desmontar la polea del eje conductor que está sujeto por las chumaceras, teniendo en cuenta la posición de la cuña en la polea. Con la polea desmontada se verifica el espesor de la cuña y si está con un desgaste muy avanzado se cambia la cuña, de lo contrario no.

Se monta la polea en el eje y se sujeta el eje con los tornillos de las chumaceras.

Figura 6. **Cuñas de las poleas**



Fuente: elaboración propia.

1.7. Enderezar aspas en el conductor helicoidal

Al enderezar las aspas del tornillo helicoidal, primero se retira el eje conductor de la pulpa, removiendo los tornillos de las chumaceras que lo sujetan al canal, y se endereza aspa por aspa manteniendo su alineación con respecto a su eje, al terminar se procede a instalar el eje dentro del canal conductor de la pulpa, sujetado por los tornillos de las chumaceras y se hace girar para su verificación.

Figura 7. **Aspas del conductor helicoidal**



Fuente: elaboración propia.

1.8. Soldar placas en el canal de movimiento de la pulpa

En el canal de movimiento de la pulpa se cambian las placas, primero se cortan las zonas que tienen alta corrosión, usando una pulidora y tomando en cuenta la medida de la placa removida. Se busca lamina del mismo espesor y se corta de la misma medida procediendo a soldar en el canal, al terminar las soldaduras se usa la pulidora cambiando el disco de corte por uno para pulir.

Verificando que no quede ninguna parte, que obstruya el movimiento de la pulpa hacia el área de recolección de la misma.

Figura 8. Canal de movimiento de la pulpa



Fuente: elaboración propia.

1.9. Cambio de los hilos plásticos de la criba

Para cambiar los hilos de la criba, primero se desmonta la criba del tanque seleccionador, la cual está sujeta por los tornillos de las chumaceras que están sujetas por su eje.

Con la criba desmontada se toma una cuchilla y se procede a cortar los hilos plásticos y se limpia la superficie antes de colocar el nuevo hilo plástico.

Se coloca el nuevo hilo plástico que tiene un diámetro de 1 mm girando la criba hasta llenarla de lado a lado manteniendo la distancia entre hilos, para no permitir el paso de los granos.

Figura 9. **Criba**



Fuente: elaboración propia.

Se toma la criba y se regresa a su sitio en el tanque seleccionador, se sujetan los tornillos de las chumaceras y se le da movimiento, para comprobar su alineación y se verifica la tensión de los hilos plásticos.

2. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ

2.1. ¿Qué es mantenimiento preventivo?

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza de manera anticipada con el fin de prevenir el surgimiento de averías en los artefactos, vehículos automotores, maquinarias pesadas y agrícolas.

Algunas acciones del mantenimiento preventivo son: ajustes, limpieza, análisis, lubricación, calibración, reparación, cambios de piezas, entre otros.

De igual manera, el costo del mantenimiento preventivo se calcula a través del tiempo extra, tiempo de los ayudantes, la mano de obra, y el inventario de repuestos, por ejemplo: en los automóviles cambio de filtros, lubricación, cada repuesto posee un costo diferente.

El mantenimiento preventivo se efectúa periódicamente. De igual manera, el mantenimiento preventivo tiene como objetivo detectar fallas que puedan llevar al mal funcionamiento del objeto en mantenimiento, y de esta manera se evitan los altos costos de reparación y se disminuye la probabilidad de paros imprevistos. Permite una mayor duración de los equipos e instalaciones y mayor seguridad para los trabajadores, sobre todo en el caso de aquellos empleados que laboran en industrias con grandes maquinarias.

El mantenimiento preventivo se divide en: mantenimiento programado, mantenimiento predictivo y mantenimiento de oportunidad. El mantenimiento

programado se caracteriza por realizarse en un determinado tiempo o kilometraje, como es el caso de los carros; el mantenimiento predictivo se realiza a través de un seguimiento que determina el momento en que debe de realizarse la referida manutención, y el mantenimiento de oportunidad como lo indica su nombre se realiza aprovechando los periodos en que no se utiliza el objeto.

Por otro lado, la persona encargada de realizar los diferentes tipos de mantenimientos en las máquinas, equipos, vehículos y otros, recibe el nombre de técnicos; son individuos con capacidades o habilidades en relación a esta área.

2.2. ¿Qué es beneficio húmedo de café?

El beneficio húmedo de café consiste en un conjunto de operaciones para transformar los frutos de café, en café pergamino, y por su estabilidad en un amplio rango de condiciones ambientales, este es el estado en el que se comercializa.

El proceso de beneficio húmedo de café lo realizan los caficultores, en su gran mayoría, en las instalaciones que tienen en sus fincas y donde realizan básicamente el recibo, despulpado, remoción de mucílago, lavado, diversas clasificaciones y secado.

En la finca San José de la montaña se utiliza el beneficio húmedo, que comprende las siguientes etapas: despulpado, remoción del mucílago por fermentación natural, lavado y secado.

A continuación, se describen las etapas del beneficio húmedo de café:

Se recibe el café cereza en la tolva de la despulpadora y se procede al despulpado. Consiste en retirar la pulpa de la cereza por medio de presión que ejerce la camisa de la despulpadora, este fue conducido por el agua en el decantador y debe iniciarse inmediatamente después de que se cosechan los frutos.

Remoción del mucílago. El mucílago es la baba que recubre el grano despulpado. El mucílago se remueve por medio del proceso de fermentación natural.

El proceso de fermentación se realiza en los tanques donde se recibe el grano despulpado. En la fermentación natural se controla el tiempo para asegurar la calidad del grano, porque si el café se sobre fermenta se producen los defectos de sabor y aroma a vinagre, fermento o rancio.

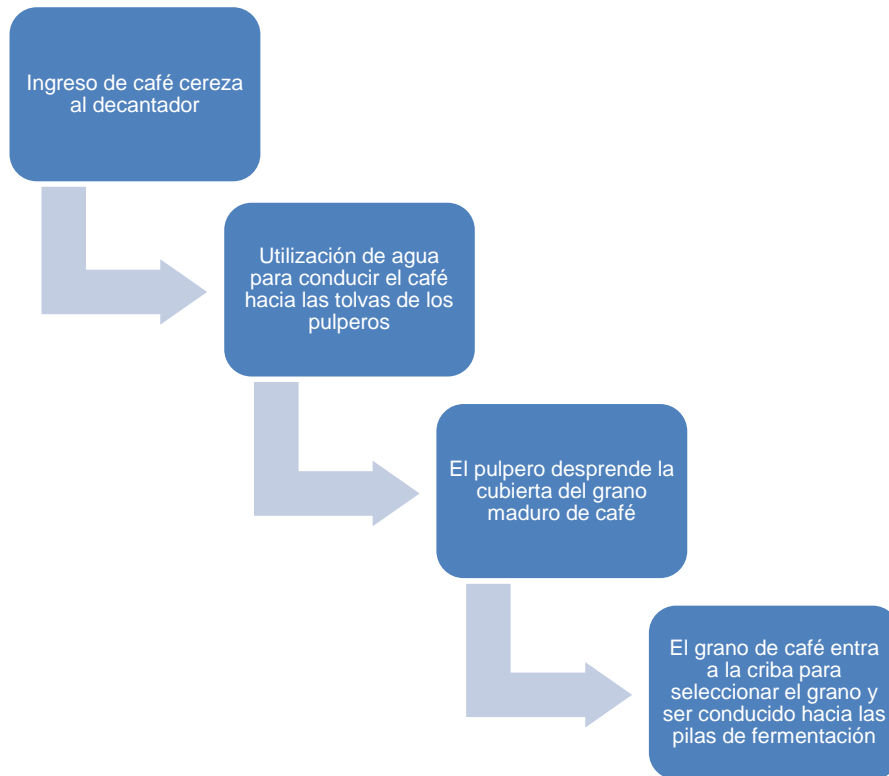
- Para realizar la fermentación

El tiempo que se necesita esta entre 18 a 24 horas, dependiendo de la temperatura. Esta oscila entre 20 a 32 grados centígrados. Para estimar el punto de lavado se toma en cuenta la unificación de los granos. Según los técnicos de ANACAFE. Por lo que no existe ninguna tabla para determinarlo.

Lavado. El lavado permite retirar totalmente el mucílago fermentado del grano. Se usa agua limpia para evitar defectos como el grano manchado, sucio, el sabor a fermento y la contaminación.

Al terminar el lavado se procede a llevar los granos de café a los patios para su secado y con eso se termina el proceso de beneficiado húmedo de café.

Figura 10. **Diagrama del proceso del beneficiado del café**



Fuente: elaboración propia.

2.3. **¿Cuál es la maquinaria a la que se le realizará mantenimiento preventivo?**

El pulpero, los palacios del pulpero, las camisas del pulpero, las fajas de las poleas, las chumaceras, el eje conductor de los pulperos, el eje del conductor helicoidal, canal de movimiento de la pulpa, y la criba.

2.4. Como hacer hojas de servicio de mantenimiento preventivo en el beneficio húmedo de café

Tomando en cuenta, las diferentes máquinas que componen el beneficio húmedo de café, se realiza una tabla que llevaría: la lubricación de las máquinas, las horas de servicio, cuantificación de las partes que son reemplazables, el tiempo de vida de cada una de estas partes y limpieza de las mismas. Observaciones, el nombre del encargado de verificarlo y el nombre del operador que lo realizará.

3. PROGRAMACIÓN DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS DIFERENTES MECANISMOS MÓVILES DEL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ

3.1. Limpieza en los mecanismos del beneficio húmedo de café

Este proceso de limpieza, toma como prioridad los mecanismos que tuvieron contacto con la pulpa de café, como los pulperos y sus rodamientos, usando agua para poder quitar la miel que produce la pulpa y que es muy corrosiva.

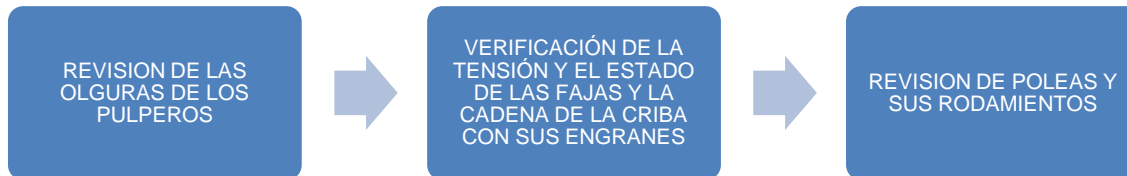
Después se pasa al tornillo sin fin que es el encargado de mandar la pulpa fuera del beneficio, utilizando una espátula para poder quitar toda la pulpa que quedó adherida a los álabes del tornillo sin fin.

3.2. Revisión en los componentes mecánicos del beneficio húmedo de café

Se inicia revisando la libertad de movimiento que tiene cada pulpero, luego se procede a verificar la tensión de las fajas y su estado, buscando que no tengan imperfecciones o rajaduras.

Se verifica el estado de las poleas, que no tengan ningún movimiento, para poder transmitir la potencia al eje. Se comprueba que los rodamientos se encuentren en el tornillo sin fin, y que mantenga su movimiento sin interrupciones.

Figura 11. **Secuencia de revisión de los componentes mecánicos del beneficio húmedo de café**



Fuente: elaboración propia.

Se revisa la tensión de la cadena de la criba, y sus engranajes que le transmiten el movimiento, se revisa el estado de sus dientes, comprobando que su acople sea perfecto para que no interrumpa el proceso de beneficiado.

3.3. Inspección de los rodamientos como: ruido, temperatura y vibración

Ya con todos los mecanismos limpios se procede a verificar, si los rodamientos tienen algún ruido, o la temperatura cambió drásticamente, siendo muy alta.

También se verifica el movimiento del rodamiento si es el adecuado con respecto a su eje.

3.4. Inspección de las poleas por daños en las cuñas y su diámetro interno

Se procede a remover el eje transmisor del movimiento de los pulperos, para verificar cada polea, se extraen las cuñas y se revisa si el espesor se ha mantenido para que no se salgan de su espacio y la polea pierda la fuerza de transmisión.

Se comprueba su diámetro con un vernier, verificando su excentricidad y el estado de su diámetro interno y externo.

Figura 12. **Inspección de poleas**



Fuente: elaboración propia

3.5. Rectificación del conductor helicoidal y de su excentricidad

Se extrae el conductor helicoidal del canal de extracción de la pulpa, verificando su excentricidad en su movimiento y revisando que no tenga fisuras en su cuerpo.

3.6. Revisión de la holgura entre pechos y camisas del pulpero

Este proceso de revisión se realiza con un poco de café maduro comprobando que el palacio del pecho mantenga una luz entre él y la camisa. Si el grano lleva pulpa, la luz es demasiado grande, y si el grano sale con alguna quebradura es muy poca la luz, el grano tiene que salir sin pulpa y sin ninguna imperfección.

3.7. Revisión de tuberías y llaves de paso que alimentan el agua a los pulperos

Se hace una verificación visual para que no existan fugas en la tubería de alimentación, en sus diferentes accesorios y en su abastecimiento, buscando grietas o que algún accesorio tenga pérdida de líquido.

Se comprueba que las válvulas puedan interrumpir el paso del agua o proveerla. Se revisa el estado de las mariposas de las válvulas, para que no tengan ningún desperfecto y así cerrar o abrir el paso.

3.8. Inspección de la tensión en la cadena que transmite el movimiento a la criba

Se le da movimiento a la criba para verificar su tensión, si es muy alta la tensión se reduce su movimiento, y si es demasiada baja, la cadena tiende a oscilar y golpea el cobertor de la misma.

Tiene que ser un término intermedio que le permita un movimiento perfecto para que mantenga la velocidad de la criba, y así pueda separar los granos malos o flotes de los granos buenos.

4. PLAN DE LUBRICACIÓN EN EL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ

4.1. Lubricación con aceite en los rodamientos de los pulperos

Esta lubricación se realiza manualmente, con una brocha de 3 pulgadas, con cerdas de plástico, aplicando el aceite SAE40 con normas API: CJ-4, CI-4Plus, CI-4, CH-4, CF/SM. Se utiliza este tipo de lubricación por reducción de costos.

De forma manual y evitando el derramamiento del mismo. Se aplica aceite y no grasa para poder mantener una limpieza más constante y así evitar remover la grasa que tiende a solidificarse al contacto con la miel de la pulpa del café.

4.2. Lubricación con grasa en las chumaceras del conductor helicoidal

La aplicación de esta grasa en las chumaceras se hace por medio de bomba manual, usando grasa a base de litio especialmente apropiada en condiciones de velocidad y temperatura normal. Su serie es NLGI No.2.

4.3. Lubricación con aerosol Bel Ray en la cadena conductora de movimiento en la criba

Esta se hace con aerosol Bel Ray que contiene repelente de humedad y evita la adherencia de polvo, prolongando la vida de la cadena. Se aplica en la parte de afuera de la cadena tomando en cuenta que el lubricante se aloje entre cada rodillo y por el lado de adentro de la cadena, fijándose en cada eslabón y así poderse acoplar en el engranaje que le transmite el movimiento.

4.4. Lubricación con grasa en las chumaceras de la criba

Esta lubricación se realiza con una bomba manual en las válvulas graseras de cada chumacera, utilizando la grasa a base de litio, que es apropiada para una temperatura normal de trabajo y que mantenga una velocidad normal en su eje de rotación.

5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMO ANTERIORMENTE SE REPARABA LA MAQUINARIA CONTRA EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

5.1. Reparación de fallas por no contar con un mantenimiento preventivo

Al no contar con un mantenimiento preventivo, las fallas en el beneficio se darán muy constantes, más en sus elementos de máquina que tienen contacto con la miel de la pulpa en el proceso de despulpe del grano de café, y esta es muy corrosiva.

Esto también ayudaba a que las piezas móviles del beneficio al tener corrosión aminoran su movimiento, sobrecalentando hasta que se diera una falla, y deteniendo el proceso de beneficiado del grano de café.

5.2. Análisis del mantenimiento preventivo propuesto para evitar fallas en la maquinaria

Un mantenimiento preventivo, son las acciones que se llevan a cabo en un equipo de trabajo para conservarlo en condiciones óptimas de productividad y seguridad.

En función del alcance de los puntos comprobados, de la frecuencia con que se realizará el mantenimiento en el beneficio o de si se efectuará por avería o por revisión preventiva, habrá más o menos posibilidades de que se produzca una falla en la maquinaria del mismo.

Este mantenimiento, no se tiene que limitar sólo a hacer intervenciones de conservación, sino que también tiene que participar en la mejora continua de los procesos productivos, teniendo en cuenta siempre la evolución de la tecnología para optimizar el mantenimiento.

El objetivo de este mantenimiento es evitar que la maquinaria se detenga por avería. El hecho de anticiparse a las averías favorece que se reduzca significativamente las paradas en el beneficio, y así el proceso de beneficiado de café no se detenga.

5.3. Análisis del mejoramiento en el beneficio húmedo de café

El mantenimiento no se tiene que limitar sólo a conservar los bienes productivos, sino que tiene que participar en la mejora continua del beneficio y la finca que lo acoge.

Para garantizar la competitividad de la finca en su sector, necesariamente hay que innovar con nuevos métodos de trabajo y mejorar los procesos de beneficiado de café.

El hecho de alcanzar un mejoramiento en el beneficio de café se traduce en una reducción de costes directos e indirectos, como las horas de paro de beneficiado, los costes de reparación y evitar que las partidas tengan un retraso en su proceso de transformación de cerezo a pergamino.

CONCLUSIONES

1. Al implementar el programa de mantenimiento en el beneficio se tendrá un mejor grano, se reducirá el tiempo de beneficiado y los gastos de energía y agua.
2. Con este programa se podrá alargar la vida útil de cada máquina del beneficio, por tener el conocimiento de sus horas de servicio, sus reparaciones y cambios de partes.
3. El programa implementado dará datos comparativos para poder ver la diferencia de la calidad de grano, se podrán reducir sus imperfecciones al pasar de maduro a pergamino.
4. Cuando se comparan los resultados al implementar el programa y se ve la diferencia de la proporción de maduro a pergamino, y como se reduce al contar con un beneficio óptimo que reduce pérdidas de grano, energía y agua. Con todo esto se ve la necesidad de contar con el programa.

RECOMENDACIONES

1. Implementar y dar continuidad al programa daría una mejora económica, ordenamiento y control de las actividades para el beneficio húmedo de café.
2. Mantener la continuidad de las hojas de servicio que reflejan los datos de las diferentes partes es primordial, y así tener un beneficio óptimo.
3. Con mantener la optimización del beneficio, se mantendrá un excelente grano para su comercialización.
4. Es importante evaluar periódicamente el funcionamiento de la maquinaria del beneficio, para no perder la excelencia en el proceso de beneficiado, y así entregar café pergamino de muy alta calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. MORROW, L.C. *Manual de mantenimiento industrial*. 1a ed. México: CECSA, 1986. 438 p.
2. RODAS, César., MENCHÚ, Juan Francisco., HERNÁNDEZ, Mario. *Manual del caficultor*. 2a ed. Guatemala: ANACAFE, 1991. 181 p.
3. ROSALES, Robert, y O. Rice Associates. *Manual de mantenimiento industrial*. México: McGraw-Hill, 1990. 154 p.
4. TIRADO SOTO, Carlos Alberto. *Propuesta de un mantenimiento preventivo para los tractores agrícolas y alzadoras del ingenio tierra buena*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 89 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Pilas de fermentación



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Limpieza de la corrosión



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Orden de trabajo para servicios en el beneficio**

N. de Orden _____

Nombre de la máquina	Nombre del encargado de revisar el trabajo	Nombre del trabajador que lo realiza	Fecha que se realiza el trabajo	Hora que se realiza el trabajo	Comentarios

Fuente: elaboración propia.

