



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA EMPRESA DE
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE CUERO, UBICADA EN VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

Ing. Erick Alejandro Leppe de León

Asesorado por el Mtro. Ing. José Carlos Boanerges Leppe De León

Guatemala, agosto de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA EMPRESA DE
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE CUERO, UBICADA EN VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. ERICK ALEJANDRO LEPPE DE LEÓN
ASESORADO POR EL MTRO. ING. JOSÉ CARLOS BOANERGES LEPPE DE
LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.) |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton De León Bran |
| VOCAL IV | Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente |
| VOCAL V | Br. Fernando José Paz González |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| DIRECTOR | Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí |
| EXAMINADOR | Mtro. Ing. Walter Darío Caal Mérida |
| EXAMINADORA | Mtra. Inga. Brenda Zulema Sierra Belches |
| 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:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA EMPRESA DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE CUERO, UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 25 de abril de 2022.



Ing. Erick Alejandro Leppe de León

LNG.DECANATO.OI.606.2023

El Decano 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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA EMPRESA DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE CUERO, UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por: **Ing. Erick Alejandro Leppe de León**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión industrial después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, agosto de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, agosto de 2023

LNG.EEP.OI.606.2023


En mi calidad de Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA EMPRESA DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE CUERO, UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA”

presentado por **Ing. Erick Alejandro Leppe de León** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 12 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA EMPRESA DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE CUERO, UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA”** del estudiante **Erick Alejandro Leppe De Leon** quien se identifica con número de carné **201010289** del programa de Maestria En Gestion Industrial.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el ***Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014.*** Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador
Maestria En Gestion Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 12 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA EMPRESA DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE CUERO, UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA"** del estudiante **Erick Alejandro Leppe De León** del programa de **Maestría En Gestión Industrial** identificado(a) con número de carné 201010289.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

A handwritten signature in blue ink is written over a rectangular professional stamp. The stamp contains the text: "José Carlos Boanerges Leppe de León", "Ingeniero Químico", and "Colegiado 2,196".

Mtro. Ing. José Carlos Boanerges Leppe De León
Colegiado No. 2196
Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por la vida, por el conocimiento y habilidades dadas a mi persona que, sin las mismas, no podría llegar hasta acá.

Mis padres

Carlos Leppe y Clara De León, por su amor, dedicación y confianza de manera incondicional.

Mis hermanos

Karla y José Leppe, y Oscar Flores, por estar siempre presentes a pesar de las adversidades.

Mis sobrinos

Alexia, Camila y Leo Flores, por su cariño y por ser la alegría de la casa.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi *alma mater*, por las oportunidades y por todas las herramientas y conocimientos que provee.

Facultad de Ingeniería

Por el tiempo, experiencias y conocimientos transmitidos a lo largo de la carrera.

**Mis amigos de la
Facultad**

Mauricio Orantes, Meli Jerez, Dani Dardón, José Miguel Roche, Héctor Contreras y Patricia Samayoa. Por su acompañamiento durante la carrera, por la amistad, recuerdos, experiencias y momentos inolvidables.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | VII |
| GLOSARIO..... | IX |
| RESUMEN..... | XIII |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | XV |
| OBJETIVOS | XIX |
| RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO | XXI |
| INTRODUCCIÓN..... | XXIX |
| | |
| 1. MARCO REFERENCIAL..... | 1 |
| 1.1. Estudios previos | 1 |
| | |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 9 |
| 2.1. Historia de las pieles..... | 9 |
| 2.2. Pieles y cueros | 10 |
| 2.3. Tipos de cuero..... | 11 |
| 2.4. Industria del cuero: gran potencial y escalabilidad en el mercado | 14 |
| 2.5. Cuero como materia prima | 14 |
| 2.6. Mantenimiento | 16 |
| 2.6.1. Objetivos del mantenimiento | 18 |
| 2.6.2. Tipos de mantenimiento..... | 20 |
| 2.6.2.1. Mantenimiento correctivo | 21 |
| 2.6.2.2. Mantenimiento preventivo | 23 |
| 2.6.2.3. Mantenimiento predictivo | 26 |

| | | | |
|------|--|---|----|
| | 2.6.2.4. | Mantenimiento cero horas | 27 |
| | 2.6.2.5. | Mantenimiento proactivo | 28 |
| 3. | DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN | | 29 |
| 3.1. | Diagnóstico de la situación de la empresa | | 29 |
| | 3.1.1. | Análisis FODA | 30 |
| | 3.1.2. | Definición del problema: análisis de Pareto | 33 |
| | 3.1.3. | Definición de causas: análisis de Ishikawa | 36 |
| 3.2. | Análisis de factores internos..... | | 37 |
| | 3.2.1. | Listado de maquinarias utilizadas en la operación .. | 37 |
| | 3.2.2. | Evaluación de maquinarias que ralentizan la operación | 42 |
| 3.3. | Análisis de factores externos..... | | 44 |
| | 3.3.1. | Listado de procesos u operaciones que afectan la producción..... | 44 |
| | 3.3.2. | Evaluación de operaciones ajenas que ralentizan el proceso..... | 45 |
| | 3.3.3. | Definición de cambios para mejora del proceso productivo..... | 46 |
| 4. | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS..... | | 49 |
| 4.1. | Elaborar un esquema para la identificación de equipos, así como su criticidad en la línea de producción, según las fallas identificadas de cada maquinaria. | | 49 |
| 4.2. | Determinar las actividades necesarias para la realización del mantenimiento preventivo de la maquinaria que compone la línea de producción, según las fallas identificadas de cada maquinaria. | | 53 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.3. | Documentar los procedimientos realizados para el correcto mantenimiento y funcionamiento de la maquinaria y equipos utilizados. | 58 |
| 5. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 65 |
| 5.1. | Fichas de mantenimiento..... | 68 |
| 5.2. | Cambios en el área..... | 69 |
| | CONCLUSIONES | 71 |
| | RECOMENDACIONES..... | 73 |
| | REFERENCIAS | 75 |
| | APÉNDICES..... | 81 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figura 1. | Conformación del cuero vacuno..... | 11 |
| Figura 2. | Fundas para electrónicos hechas con cuero de grano completo... | 12 |
| Figura 3. | Sillón elaborado con cuero de grano superior | 13 |
| Figura 4. | Cuero con rasguños y cicatrices o cuero de grano corregido. | 13 |
| Figura 5 | Gráfica de Pareto para análisis de fallas..... | 35 |
| Figura 6. | Diagrama de pescado | 36 |
| Figura 7. | Máquina para escurrido | 38 |
| Figura 8. | Máquina manual de rebajado de cuero | 39 |
| Figura 9. | Máquina para neutralizado, teñido o rehidratante | 40 |
| Figura 10. | Máquina de pigmentación de cuero | 41 |
| Figura 11. | Máquina para pulir cuero y pieles | 42 |
| Figura 12. | Esquema del proceso productivo | 50 |
| Figura 13. | Inconvenientes encontrados en conexiones | 62 |
| Figura 14. | Croquis del proceso productivo actual | 69 |
| Figura 15. | Croquis de propuesta para el proceso | 70 |

TABLAS

| | | |
|-----------------|--|-------|
| Tabla 1. | Variables del estudio..... | XXIII |
| Tabla 2. | Matriz FODA..... | 30 |
| Tabla 3. | Paros en el proceso..... | 33 |
| Tabla 4. | Tabla de datos para análisis de Pareto..... | 34 |
| Tabla 5. | Maquinaria que ralentiza o detiene el proyecto | 43 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 6. | Identificación de máquinas y su criticidad en el proceso | 52 |
| Tabla 7. | Ficha de mantenimiento de motores | 59 |
| Tabla 8. | Ficha de mantenimiento de sistema neumático | 60 |
| Tabla 9. | Ficha de mantenimiento de ventiladores extractores | 61 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|------------|-------------------------|
| kg | Kilogramos |
| m | Metros |
| Q | Quetzales |
| RPM | Revoluciones por minuto |

GLOSARIO

| | |
|--------------------------|--|
| Análisis FODA | Herramienta administrativa utilizada para determinar las fortalezas y debilidades internas como oportunidades y amenazas externas, con la finalidad de poder plantear las estrategias hacia un área, proyecto o departamento determinado. |
| Curtición | Conjunto de operaciones fisicoquímicas, que mediante el adecuado uso de productos químicos, convierten a la piel (comúnmente llamada cuero) en un material durable e imputrescible. |
| Curtientes | Piel o cuero curtido exclusivamente con sales de cromo o con estas juntamente con pequeñas cantidades de otro curtiente, usado para coadyuvar al proceso de curtición al cromo y no en cantidad suficiente para alterar el carácter esencial de la curtición al cromo. |
| Diagrama de flujo | Conocido también como flujograma; su finalidad es representar en forma gráfica las actividades necesarias en un proceso productivo, en el cual incluye operaciones, demoras, inspecciones, transporte, entre otros. |

| | |
|---------------------------|---|
| Diseño de manuales | Basado en necesidades encontrados con inspecciones o hallazgos para determinar las necesidades que deben atenderse para corregir todos los problemas. |
| Epidermis | Capa exterior de la piel, no vascular, situada sobre la dermis. |
| Guía | Documento que establece pautas para desarrollar una o más actividades de un proceso o procedimiento. |
| Instrucción | Describen los pasos correctos para realizar una tarea específica. Cómo lograr una tarea específica dentro de un proceso con instrucciones muy detalladas. |
| Instructivo | Presenta las instrucciones para organizar un juego, armar un artefacto o hacer un experimento. |
| Manual | Guía para la corrección de problemas o establecimiento de actividades o procedimientos en las áreas de trabajo. Son de relevancia para transmitir información que ha de servir a los colaboradores para desenvolverse en una situación determinada. |
| Proceso | Actividades relacionadas entre sí que se llevan a cabo para generar un resultado o producto. |

Recurtientes

Piel o cuero que ha sido curtido al cromo en todo su espesor y luego tratado o con agentes curtientes vegetales y/o sintéticos y/o resinas de relleno, penetrando estos en el interior del cuero, aunque no es necesario que sea a través de todo su espesor.

Registro

Constancia de haber llevado a cabo una actividad.

RESUMEN

Todas las empresas tienen la necesidad de implementar planes de mantenimiento en la maquinaria y equipo que utilizan de forma recurrente en sus procesos productivos; para la empresa en estudio era necesario proponer cambios en los diversos procesos, productivos debido a las múltiples fallas y paros en la manufactura de productos de cuero. Entre julio 2021 a junio 2022 el proceso se detuvo en 24 ocasiones; estos paros generaron retrasos en la producción e incrementos de los costos.

Por tal motivo se desarrolló el proyecto que permitió conocer los antecedentes y el porqué de la problemática. Luego de haber identificado las causas, se estableció una planificación que, a través del mantenimiento, permitió devolver las maquinarias, equipos y componentes a un estado en el cual el funcionamiento era acorde a la necesidad del proceso.

A través de la planificación de este mantenimiento, se establecieron diversos ciclos, la rutina de revisión y actividades a realizar en las máquinas y equipos, con la finalidad de generar una mejora del proceso que permitió tener la mayor disponibilidad de la maquinaria y equipo para la producción de accesorios de cuero. La planificación del mantenimiento fue plasmada en fichas de mantenimiento que sirvieron para corroborar que las actividades establecidas se realizaron de forma adecuada y acorde a lo establecido, para garantizar que la máquina y equipos siguieran funcionando de acuerdo con lo requerido por el proceso de producción.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto general

Entre los meses de julio de 2021 y junio de 2022, la empresa de elaboración de productos de cuero había presentado paros de la producción por problemas en fallos de las maquinarias, esto por la falta de mantenimiento que existía en las diversas máquinas que eran utilizadas en el procesamiento y elaboración de piezas de cuero.

- Descripción del problema

El mantenimiento es fundamental para cualquier industria debido a que las maquinarias utilizadas en la manufactura de los productos son las que permiten que se realicen los entregables establecidos y requeridos por el área de producción. El personal operativo de las maquinas debe de garantizar el uso correcto de las máquinas y a su vez, garantizar que reciban el mantenimiento requerido y adecuado para que cumplan con el tiempo de vida establecido.

La importancia de implementar y gestionar de manera correcta el mantenimiento se debe a que, es una manera segura de garantizar que las maquinarias y equipos del activo se encuentren en disponibilidad cuando la producción lo requiere, además de garantizar y establecer un control de costos que se incurren durante la vida útil.

Los planes de mantenimiento se establecen para garantizar una alta probabilidad de disponibilidad requerida, a un costo mínimo. Cabe recalcar que

se ajustan a las necesidades de los activos, conforme a su utilización y tiempo de vida utilizado, entre otros factores; con ello se tiene un control del uso y del posible impacto que tengan las fallas del equipo, así como el tiempo de reacción para estas.

- Formulación del problema

Los paros constantes en la producción de piezas de cuero, debido a problemas técnicos en la maquinaria y equipo utilizado en la manufactura, generaban importantes inconvenientes a la empresa en cuestión, por esta razón, y con la finalidad de darle una correcta solución a la situación evitando un alza en las fallas y paros del proceso, se plantearon las siguientes preguntas:

- Pregunta central

- ¿Es factible desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la reducción de paros en una línea de producción de productos de cuero?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son los equipos y maquinarias críticas que afectan el proceso productivo de la planta, al momento de tener una falla?
- ¿Cuál es la forma adecuada de brindar mantenimiento preventivo a equipos neumáticos y de fuerza?

- ¿Qué criterios y parámetros se deben de definir para garantizar la realización del mantenimiento de las máquinas y equipos de una línea de producción?
- Delimitación del problema

El diseño e implementación del plan de mantenimiento se realizó en una empresa de manufactura de piezas de cuero; los datos históricos de entre julio 2021 y junio de 2022 fueron proporcionados por el personal encargado, a nivel operativo, de la empresa.

OBJETIVOS

General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria utilizada en la elaboración de productos de cuero para la disminución de paros en la línea de producción.

Específicos

1. Elaborar un esquema para la identificación de equipos, así como su criticidad en la línea de producción, con base en el número de fallas generadas durante el estudio.
2. Determinar las actividades necesarias para la realización del mantenimiento preventivo de la maquinaria que compone la línea de producción, según las fallas identificadas en cada una.
3. Documentar los procedimientos realizados para el correcto mantenimiento y funcionamiento de la maquinaria y equipos utilizados.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Enfoque

El proyecto se desarrolló con un enfoque cuantitativo, pues la investigación fue diseñada basándose en el número de veces que la empresa presentó fallos en su línea productiva en el lapso de un año.

La investigación y desarrollo del proyecto se basaron en diversos criterios, por ejemplo: la necesidad de establecer el plan de mantenimiento preventivo para las máquinas que más afectan a la producción; de esta forma, se identificaron causas que generaban atrasos y soluciones a estas, basadas en el plan de mantenimiento.

Se establecieron, en una lista de prioridad, las maquinarias que afectan al proceso productivo. Así mismo, se detallaron los impactos que generaban en toda la línea productiva. Con esto se analizó la criticidad de la maquinaria y los procesos dependientes de cada máquina.

- Alcance

Para la realización del proyecto se definió un alcance correlacional pues se buscó establecer la relación que hay entre la falta de mantenimiento y control en las maquinarias, con los paros de producción que había tenido la línea de producción.

- Diseño

El diseño utilizado para la investigación fue no experimental; debido a que esta técnica permite identificar y cuantificar las causas de un efecto. Además, se consideró toda la información obtenida sobre cuál es la maquinaria que se ha detenido; así también, el tipo de fallo que ha tenido para documentarlo; luego, finalizado el estudio, se presenta la solución para esta situación.

- Unidad de análisis

Para el caso del presente se analizaron los paros o fallos que se han obtenido en el día a día del proceso productivo para curar cuero y/o pieles. En este caso se analizaron a detalle los tipos de fallos, así como la recurrencia que tienen estos para garantizar que el mantenimiento preventivo que se proponía iba a satisfacer las necesidades de la empresa a corto y mediano plazo.

- Variables

A continuación se enlistan algunas de estas variables que fueron definidas para el desarrollo del estudio.

Tabla 1.

Variables del estudio

| Objetivos | Variable | Indicador |
|---|---|--|
| Elaborar un esquema para la identificación de equipos, así como su criticidad en la línea de producción. | Establecimiento de las maquinarias utilizadas para la elaboración de las piezas | Identificación de maquinaria/equipo y el número de veces que ha presentado fallas y generado paro en la línea. |
| Determinar las rutinas adecuadas para la realización del mantenimiento de la línea de producción, según las necesidades de la maquinaria. | Tipo de piezas o accesorio fabricado | Comparativa de veces que se ha detenido la línea antes de la implementación vs., después de la implementación. |
| Documentar los procedimientos realizados para el correcto mantenimiento y funcionamiento de la maquinaria y equipos utilizados | Correcto seguimiento y llenado de fichas de mantenimiento preestablecidas. Cantidad de fichas utilizadas en ciclos de mantenimiento. | Cantidad de errores en servicio. Cantidad de fallas encontradas por el personal al realizar mantenimiento. Cantidad de fallas evitadas en el mantenimiento. Cantidad de fichas de mantenimiento. Utilización de ficha por equipo/maquinaria |

Nota. Variables del estudio realizado, con sus objetivos e indicadores. Elaboración propia, realizado en Word.

- Técnicas

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo a través de visitas a la planta de producción de piezas de cuero; estas se realizaron para conocer el proceso de fabricación y las actividades desarrolladas para producir una pieza de cuero. También se determinaron los tiempos para producir un lote de piezas, según pedido o requerimiento; además, permitió conocer todas y cada una de las máquinas inmersas en el proceso productivo, así como las fallas comunes que existen en la línea de producción. que causan impacto en pequeña o gran medida al proceso.

A partir del conocimiento y reconocimiento de áreas y maquinaria se pudo determinar un diagrama de flujo sobre cómo se realiza el proceso productivo, mismo que permitió identificar y analizar los errores o fallas que hay en el proceso. Para conocer las fallas se realizó una investigación sobre la forma en que operan las maquinarias, los cuidados y usos adecuados que se le deben de dar a estas para evitar fallas y que el equipo opere bajo las condiciones mínimas para las que fue diseñado y desarrollado.

Este plan o guía fue definido para que, a futuro, sirva para generar un plan de fiabilidad de piezas y maquinarias para la empresa y a su vez ayudará para la mejora de las actividades del mantenimiento preventivo.

- Fases del estudio

Se describen las fases en las cuales se estableció el desarrollo del proyecto:

- Fase 1: diagnóstico de la situación actual; durante esta etapa del proyecto se realizaron entrevistas con los encargados de las líneas productivas para saber cuáles son los paros y fallas más comunes que se tienen durante los ciclos productivos. Estas entrevistas sirvieron para conocer los antecedentes de las fallas y paros del proceso, además de conocer más información sobre cómo trabajaba la empresa en el desarrollo de la investigación.
- Fase 2: análisis de factores internos; este análisis permitió determinar y detallar si las maquinarias son afectadas por los procesos productivos, la sobrecarga de trabajo o la falta de procedimientos o instrucciones establecidas para el correcto uso de las maquinarias. Con esto también se determinó si las fallas son consecuencia de las acciones, o bien, si estas son producto de actividades ajenas al proceso. Esta fase se desarrolló al momento de tener el conocimiento y entendimiento respecto de cómo funcionaba la línea productiva y las maquinarias utilizadas durante los procesos operativos.
- Fase 3: análisis de factores externos; al igual que la fase 2, esta fase se realizó con la finalidad de identificar la problemática de las fallas de las maquinarias. Con este análisis se establecieron todos los factores externos a la empresa, o proceso productivo, que afectaban directamente a la maquinaria. En este caso, se consideraron las condiciones de piezas que son compradas para reemplazo en futuras fallas de la maquinaria; además, también se tomaron en cuenta factores ambientales que pueden afectar a la maquinaria y a las piezas previamente adquiridas para reemplazo. La finalidad es conocer si las afecciones son provocadas por otros

factores como mal manejo de piezas y un correcto almacenamiento.

- Fase 4: determinar procesos de mantenimiento según maquinaria; se establecieron todas las necesidades que deberían satisfacerse en la empresa, detectando los diversos factores que afectan a las maquinarias y equipos. Se diseñó un proceso de mantenimiento preventivo de todas y cada uno de los componentes de las máquinas que solían tener problema en los procesos productivos. Se determinó, a través del proceso de mantenimiento, si las necesidades de la maquinaria son de reemplazo de piezas para evitar las fallas, si son problemas de lubricación o únicamente de limpieza de esta.
- Fase 5: elaboración de documentación del mantenimiento preventivo; se definieron todos los factores que afectan a las maquinarias, mismos que fueron identificados en las fases 2 y 3. También se utilizaron las listas de criticidad de maquinarias elaboradas a través de los diagramas de flujo de actividades.

La información sobre la criticidad de las máquinas, así como las listas de actividades por realizar para el mantenimiento fueron plasmadas en las fichas de mantenimiento, mismas que sirvieron para realizar el mantenimiento preventivo de la maquinaria utilizada en el proceso productivo de piezas de cuero elaboradas en la empresa.

La lista determinó el total de actividades que se tenían que llevar a cabo para el mantenimiento, las cuales consistían en: reemplazo de piezas, lubricación, así como la determinación o calendarización de dichas actividades; todo esto con la finalidad de disminuir las fallas y/o paros productivos que ocurrían, al momento de la investigación, en la planta.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en Guatemala, las piezas manufacturadas a base de cuero no son consideradas de buena calidad; esto se debe al tipo de pieles y cueros utilizados y producidos. Además de la calidad de la materia prima, la industria suele ser considerada pequeña, incluso a veces artesanal, debido a que los espacios de aprovechamiento del producto son limitados.

Esta investigación permitió realizar un análisis crítico de la maquinaria y equipo que se ve involucrada en el proceso de elaboración de productos de cuero; esto debido a fallos que había tenido a lo largo del tiempo y del proceso productivo. Para dar solución a la problemática de los paros y reprocesos de la línea de producción, se planteó un plan de mantenimiento para las máquinas y equipos críticos que están inmersos durante uno o más procesos de la manufactura de los productos de cuero.

La importancia de este estudio se alineó a las necesidades que tenían en ese momento las autoridades o personas a cargo del proceso productivo, pues tenían un elevado costo de manufactura por los paros, fallas y reprocesos de la materia prima utilizada.

El resultado fundamental que se obtuvo con esta investigación, una vez implementado, a través de un diseño no experimental, con enfoque cuantitativo y un alcance correlacional, basado en los hallazgos de los paros del proceso generados por problemas en máquinas que utilizan sistemas neumáticos o de fuerzas, fue el establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo en donde se utilizan equipos de fuerza, motores, o neumáticos.

El informe de esta investigación fue estructurado en capítulos que permiten definir los antecedentes de dicha problemática. En el capítulo uno se detalla la forma en que se realiza el proceso de curado y manufacturado de cueros y pieles. El marco teórico se incluye en el segundo capítulo, el cual permitió conocer la historia de las pieles y cueros, la importancia de estas a través del tiempo para el ser humano, los tipos de cuero, información relacionada con el mismo y su elaboración. Otro dato importante presentado en este capítulo es la teoría sobre qué es un mantenimiento, la necesidad de establecerlo en la industria, los tipos que pueden ser definidos y aplicados, según la necesidad de cada persona o industria.

En el tercer capítulo se desarrolló la investigación y se realizó un diagnóstico de la situación de la empresa; una de las herramientas utilizadas fue el FODA. También, se describieron, a través de un gráfico de Pareto, los detalles de las fallas y el porcentaje de criticidad que tenía cada una de ellas sobre el total de fallas encontradas; adicional a esto se definieron sus causas, con análisis de pescado o Ishikawa.

La presentación de resultados de la investigación incluyó el análisis de las fallas encontradas; se identificaron las maquinarias y procesos, así como la criticidad de cada una de ellas en el desarrollo de artículos de cuero. El análisis de fallas permitió identificar que la línea de producción carece de un mantenimiento adecuado que permita mantener el buen estado de los equipos y maquinarias. En el momento de la investigación únicamente se contaba con un mantenimiento reactivo, mismo que solo permitía cambiar partes o realizar arreglos momentáneos para evitar paros de larga duración de la línea. Por esto mismo se generaron las fichas de mantenimiento para: la fuerza motriz de la línea, el sistema neumático y sistema de ventilación de la planta.

El quinto y último capítulo, correspondiente a la discusión de resultados, incluye el análisis de los impactos presentados, así como la evaluación de estos. Es decir, se contrastó la forma de operación de la línea de producción, antes de la investigación, con la correcta ejecución de las fichas de mantenimiento.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Estudios previos

Ciertos autores hablan de la sensibilidad que ha tenido el sector textil en los últimos años en la región y específicamente en Guatemala, tal es el caso de Prado y Hernández (2010), quienes en su estudio mencionan que:

La industria textil y confección en Guatemala ha sido un eje económico central a nivel local, regional y nacional. Hasta mediados de los años ochenta, el sector se encontraba orientado casi exclusivamente hacia la producción nacional y centroamericana. Sin embargo, a partir de esa época el modelo de desarrollo cambió –de la sustitución de importaciones a la promoción de exportaciones– como resultado de los regímenes especiales para incentivar la exportación y de las propias tendencias y presiones de la globalización. (p. 5)

Cabe mencionar que la manufactura de productos de cuero es todo un proceso productivo que inicia curando y descarnando las pieles de los animales. A diferencia de las pieles, el cuero no tiene pelos de los animales de los cuales se obtiene.

Con las pieles y cueros se pueden obtener diversos productos, sin embargo, para producirlo se debe cumplir con los siguientes procesos:

- Curado
- Empapado
- Eliminación de residuos y pelo
- Desencalado o tratamiento
- Curtido

A pesar de que en Guatemala se obtienen diversos productos de cuero, la calidad de estos no es muy buena y se debe directamente a las clases y tipos que se utilizan y producen en el mercado, los cuales no cumplen con una muy buena calidad, aunque siempre hay excepciones.

La mayor parte del cuero producido en Guatemala es conocido como flor pigmentada y flor corregida pigmentada, es decir cuero que tiene imperfecciones. A pesar de esto, se suele trabajar para corregir las fallas y se tiñe para aparentar los errores. Con estos tratamientos se reduce la calidad de las pieles y cueros, además, se obtiene una mejor calidad de los productos. En su estudio respecto de la importancia del diseño industrial para la innovación del proceso de acabado del cuero y la diversificación de nuevos productos para hacer competitivo el cuero de Guatemala, Morales (2005) señala que el cuero es:

Una materia prima heterogénea, ya que la piel de un animal difiere una de la otra, aún en países donde las reses tienen cuidados extremos. Los cueros y las pieles forman su estructura según sean los hábitos de la vida animal, la estación del año, edad, sexo y crianza que hayan recibido.

(p. 3)

A través de los años, Guatemala ha tenido una importante producción de cuero y ha experimentado un crecimiento considerable. A pesar de que se está produciendo cuero, este no logra cumplir con las cualidades requeridas y calidad exigidas por otros países y por lo tanto un porcentaje pequeño suele exportarse; se trata de un aproximado de 18.5 %; el resto suele ser utilizado para la peletería o fabricación de piezas vendidas a nivel nacional, es decir para consumo interno. Una vez brindadas las pautas necesarias para conocer la utilización de las pieles y cueros de los animales, así como la importancia que estas generan en el desarrollo del país, hay que hablar de la industrialización de este mercado.

Para la industrialización del cuero suele utilizarse diversidad de maquinarias, equipos y herramientas, como máquinas para hacer cortes, orificios, martillos y cortadoras manuales, entre otros. El uso continuo de estas maquinarias y equipos representa que estas tendrán un desgaste o necesidad de ser reparados conforme el tiempo y cantidad de uso.

A raíz de esta problemática nace el estudio, puesto que se busca la reducción de paros de la línea de producción de la planta. Estos se habían generado por el mal estado físico y mecánico de buena parte de los equipos que componen dicha línea productiva. Como punto inicial, se planteó la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas que generaban, en buena medida, la problemática.

Para material de apoyo fue necesaria la revisión literaria relacionada con el tema, el curtido del cuero, el mantenimiento, mantenimientos preventivos y sus demás variantes; esto con la finalidad de establecer parámetros adecuados al estudio, que una vez realizado, permitió establecer los roles del personal y las tareas específicas y adecuadas que se deben efectuar con la maquinaria.

García (2010) define el mantenimiento como “el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio, durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento” (p. 1).

Williams (2010) señala que el mantenimiento “es el trabajo que permite conservar los sitios, edificios, máquinas y equipo de control en condiciones de seguridad y de trabajo eficiente, de tal manera que realicen sus funciones adecuadamente” (p. 3).

Fernández (2005), define el mantenimiento industrial de la siguiente forma:

Es un campo de la ingeniería de gran interés y con una amplia repercusión económica, tal como justifica el hecho de que en las sociedades industriales los costes de mantenimiento constituyen un porcentaje apreciable de su producto interior bruto. En algunos sectores, el mantenimiento resulta esencial para el desarrollo de su propia actividad sobre la que se aplica, mientras que en otros la existencia de un mantenimiento eficaz constituye uno de los elementos más importantes para la consecución de la competitividad en el marco económico global.

(p. 4)

Como una compilación de las ideas de varios autores se puede definir al mantenimiento como la suma de los procedimientos a los cuales un equipo o maquinaria suele ser sometido para recibir tratamientos, cambios de piezas o reacondicionamientos; la necesidad de realizar estas actividades se debe al paso

del tiempo, las horas de trabajo o afecciones exteriores, y se realiza con la finalidad de que las máquinas y equipos no dejen de funcionar y no se interrumpan los procesos en los que están involucradas las maquinarias.

Un plan de mantenimiento agrupa diversas instrucciones, actividades, procesos y procedimientos que ayudan a que las maquinarias alcancen el tiempo de vida u horas de trabajo para los cuales fueron diseñados. Además, los planes de mantenimiento también son realizados para que las maquinarias tengan un mayor nivel de confiabilidad y sean utilizadas sin problema en los procesos productivos de la planta o empresa que las emplea. Los mantenimientos y la planificación correspondiente deben realizarse a todos los equipos y maquinarias de los procesos productivos. En el caso de este estudio, fue establecido para tres tipos de maquinarias y componentes, entre estos: los motores y los sistemas neumáticos.

Los motores se componen de diversos equipos y piezas, incluyendo partes y sistemas eléctricos y electrónicos. Respecto del mantenimiento a estos equipos Jiménez (2018) menciona:

Un buen plan de mantenimiento preventivo para los equipos electrónicos implica la eliminación de tiempos muertos, aumenta su vida útil y reduce costes de producción. Esto implica tener stock de estos equipos electrónicos, ya que en caso de avería es necesario sustituirlos. Las principales operaciones de mantenimiento preventivo consisten en:

- Limpieza de los agentes (polvo, suciedad) que pueden afectar a su mal funcionamiento.

- Sustitución de componentes críticos, como memorias RAM, RTM y baterías. (párr. 1)

En relación con el mantenimiento preventivo de los sistemas neumáticos Creus (2010) explica que:

Consiste en la inspección periódica del aparato o dispositivo y su reparación o sustitución, incluso aunque no muestre signos de mal funcionamiento. De este modo se intenta conseguir que disminuya la tasa de fallos aleatorios, antes de la entrada de la etapa final de desgaste o envejecimiento. Las revisiones se planifican por anticipado presumiblemente en las fechas de paro de la planta y con el servicio preparado con los aparatos, piezas de recambio y recursos humanos necesarios. Una desventaja de este método es que en muchas ocasiones se revisa un equipo sin necesidad, con lo cual puede posiblemente alterarse su funcionamiento, y pueda ocurrir un fallo prematuro del mismo. (p. 347)

Cabe mencionar que los planes de mantenimiento también son diseñados y establecidos para que las maquinarias y equipos sean utilizados de forma correcta, es decir no sean empleadas con otro propósito para el cual fueron diseñadas. Otro de los objetivos de estos planes es que los equipos y maquinarias estén siempre disponibles para el área de producción, y se adapten a las necesidades productivas, siempre garantizando el tiempo de vida óptimo para el cual fueron diseñados.

Por todo esto, se puede decir que la finalidad de diseñar y establecer un plan de mantenimiento de maquinarias y equipos es evitar costos de reparación a los cuales la empresa está obligada a tener con la maquinaria, a menos que sea rentada; todo esto conllevará un gasto mínimo a la empresa en reparaciones, por lo que los activos mantendrán su valor. De acuerdo con SEGUAS (s. f.) un buen plan de mantenimiento permitirá un acceso a los activos de forma casi inmediata; estos deben estar en óptimo estado y acordes a las necesidades productivas que disponga la empresa.

2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se detallan más aspectos importantes sobre la manufactura de artículos de pieles y cuero, así también las necesidades que estas han cubierto a través del tiempo para el ser humano. También se describen aspectos técnicos de los tipos de cuero que se utilizan en la actualidad en la elaboración de piezas de cuero, calzado, artículos varios, entre otros. Adicional, se detalla información acorde a las necesidades de mantenimiento, y tipos de mantenimientos aplicables a las diversas las maquinarias que se utilizan en el proceso de manufactura de las piezas de cuero.

2.1. Historia de las pieles

Por decirlo de alguna manera, la evolución del ser humano se relaciona con el cuero; esto se debe a que desde sus inicios aprendió a utilizarlo y adaptarlo según las necesidades que tenía, tales como vestimenta y calzado, además de utilizarlo para elaborar otras herramientas. El ser humano aprendió a adaptar las pieles de los animales que cazaba; según era el tamaño así era la finalidad que le daba a las pieles de este; por ejemplo: si cazaban animales pequeños, las pieles eran utilizadas para calzados, pantalones o vestidos, además de camisas. Las pieles más grandes, de ciervos, o incluso a veces felinos, servían para elaborar abrigo o estructuras de techo que utilizaban en sus viviendas.

A través del tiempo el ser humano también ha ido aprendiendo y experimentando diversas técnicas para su procesamiento, o conservación. Se tiene conocimiento de cuáles eran las técnicas más utilizadas para el procesamiento del cuero, las cuales consistían en: el curtido con grasa, que no

era más que adaptar las grasas que quedaban de residuos en las pieles y utilizarlas para otras aplicaciones; el curtido con humo que se realizaba tendiendo las pieles cerca de las fuentes de fuego y humo para que se secaran, y a su vez estas quedaran utilizables rápidamente.

Además de la adaptación de las pieles y métodos que utilizaban para la vestimenta, aprendieron también a darles distintos colores, o teñirlos, y a que si mezclaban diversos componentes vegetales o animales podían teñir las pieles, dándoles atractivos diferentes y superiores.

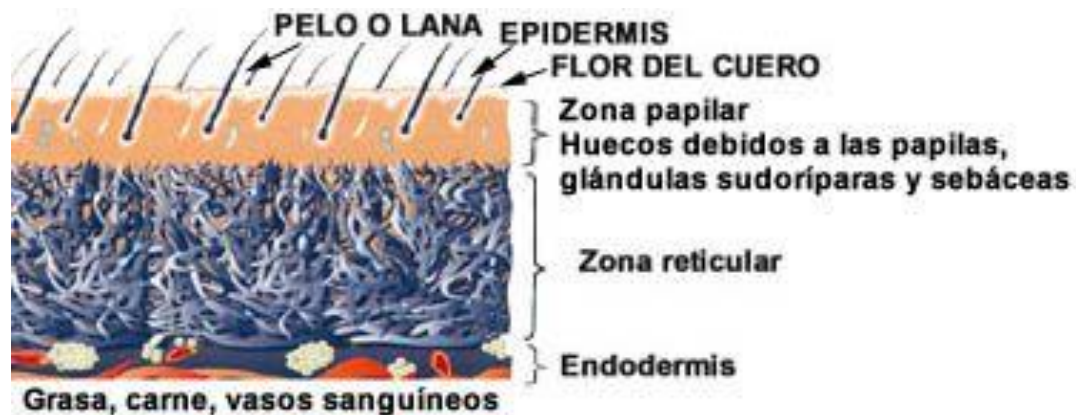
2.2. Piel y cueros

Se pueden definir las pieles de distintas maneras, conforme a su estructura y la función que brindan. De forma estructural se sabe que la piel es el órgano que recubre el cuerpo de un humano o animal, conformado por 3 capas: dermis, epidermis e hipodermis. Como función, se tiene el conocimiento que la piel es utilizada para brindar protección al cuerpo, además de ser un regulador de temperatura y también, dar sensaciones al tacto, según los ambientes en los que se encuentra, ya sea sensaciones de calor o frío.

Puede decirse que la diferencia principal entre piel y cuero se da por la sensación que esta tiene, por ejemplo: la piel es suave al tacto y es flexible. El cuero en cambio es duro y resistente; de ahí proviene la utilización de este para hacer artículos. Cuando se ven diversos artículos de venta en mercados se pueden identificar ciertas diferencias entre las pieles de los cueros, pues las pieles aún conservan el pelaje del animal del cual fue extraído, en cambio el cuero no tiene ningún pelo del animal, si este tuviese.

Figura 1.

Conformación del cuero vacuno



Nota. Diagrama sobre las diversas capas de la piel. Obtenido de Institución Educativa La Pamba (s.f.) (<https://lapamba.wordpress.com/?s=cuero>), consultado el 21 de octubre de 2022.

De igual manera, se puede llegar a reconocer un buen cuero cuando las piezas realizadas con este tienen un espesor uniforme, se ve sano y no tiene deformaciones, cambios de color, hendiduras, entre otras características. Cabe aclarar que estas características también dependen del curtidor, quien es la persona que se encarga de procesar el cuero del animal, hasta obtener las mejores propiedades como texturas, colores, formas, entre otras.

2.3. Tipos de cuero

Existe una gran diversidad de cueros; estos dependen de dónde serán utilizados. Su uso va de la mano con la calidad de estos. Según Silvia Barretto (2006) "los cueros se clasifican por tamaño, peso, origen y calidad. Los de menor tamaño generalmente tienen mayor precio, por cuanto finura, textura y grano son utilizados para la fabricación de artículos de mayor costo" (p. 85). Cada piel según su origen determina una clasificación particular.

A continuación se describen los diversos tipos de cuero:

- Cuero con grano completo: es obtenido de la capa superior de la piel; conserva su tenacidad, y es considerado el de mejor calidad; es bastante utilizado en sillas de montar por lo cual también es más caro.

Figura 2.

Fundas para electrónicos hechas con cuero de grano completo



Nota. Productos elaborados con cuero de grano completo. Obtenido de cuero.com.pe (s.f.).
:(<https://cuero.com.pe/piezas-de-cuero-vacuno>), consultado el 20 de octubre de 2022.

- Cuero de grano superior: por lo general es utilizado para obtener gamuzas es el segundo de mejor calidad es más suave pero también es flexible.

Figura 3.

Sillón elaborado con cuero de grano superior



Nota. Utilización del cuero de grano superior en la industria del mueble. Obtenido de Moka Deco (s.f.). (vitalitywebb.com), consultado el 20 de octubre de 2022.

- Cuero de grano corregido: también conocido como cuero genuino; este es obtenido al quitar las imperfecciones de otros cueros, por lo que pierde la transpirabilidad.

Figura 4.

Cuero con rasguños y cicatrices o cuero de grano corregido



Nota. Muestras de cuero de grano corregido. Obtenido de RUAVINTAGE (s.f.). (<https://ruavintage.es/bolsa-piel-camara-fotos-ray/>), consultado el 20 de octubre de 2022.

Además de estos tipos de cuero, que son bastante utilizados en la industria para vestimentas y calzado, se cuenta con cueros de baja calidad que se utilizan para elaborar suelas de zapatos (las internas), artículos de confección como cinchos, billeteras, entre otros productos que se obtienen de estos.

2.4. Industria del cuero: gran potencial y escalabilidad en el mercado

La manufactura de cuero es una industria dedicada a tratar pieles de animales mediante procesos de tratamiento llamado curtido. Para el proceso de curtir las pieles suelen utilizarse taninos, que son compuestos químicos que no permiten la putrefacción de pieles.

Los cueros son obtenidos de diversos animales; estos pueden ser bovinos, provenientes de vacas; además, se pueden obtener los cueros de ovejas y cabras. Además de las vacas, ovejas y cabras, que son por lo general animales que brindan cueros, también pueden obtenerse de animales como reptiles, nutrias y equinos.

El curtir cueros tiene como finalidad comercializar el material obtenido al finalizar el tratamiento de curtido. Estos productos luego son ofrecidos a empresas de diversa magnitud, grandes o artesanales, para que luego sean procesadas en diversos productos como bolsos, cinchos, vestimentas, accesorios, tapizados, zapatos, entre otros.

2.5. Cuero como materia prima

El cuero, como materia prima, está conformado por diversos compuestos; las pieles de los animales difieren una de la otra, aunque sean del mismo tipo de animal, por ejemplo, las reses tienen cuidados extremos. Los cueros y pieles de

los animales se van formando y tomando una estructura según sean los hábitos de vida de estos; además, también difieren según la época o estación del año, la edad del animal, el sexo y la crianza que han tenido.

Para tener una comparativa real de los cueros y pieles de los animales, como por ejemplo, de las vacas, el ganado que se cría para la obtención de cuero en praderas o áreas abiertas suele presentar mejores características y propiedades; esto en relación con animales que son criados en interiores, a pesar de tener, aparentes, mejores cuidados.

Para un buen artesano curtidor de pieles y cueros, los buenos cueros y pieles tienen un espesor uniforme, son sanos, además de poseer una buena resistencia. En contraparte, un cuero delgado suele tener una conformación débil, que se quiebra si no tiene el cuidado adecuado; y al ser industrializado, las características de los productos manufacturados son inferiores.

Como ya se había hablado anteriormente, los cueros y pieles pueden ser clasificados según el animal del cual provengan. Como, por ejemplo: el cuero bovino, obtenido de cabras, vacas y equinos. Además de los cueros ovinos, de becerros, también están los cueros de cerdos y pieles de serpientes.

Las pieles más utilizadas en la industria, por su cantidad y/o volumen de producción son las de origen bovino y por consiguiente son las más trabajadas en los países que tienen industrias de cuero y pieles. Los cueros bovinos suelen estar compuestos por tejidos elásticos y bastante fibrosos, que una vez manufacturados presentan características superiores y por lo tanto se obtienen cueros de alta calidad.

Las pieles y cueros son tratados y preparados con diversos químicos, lo cual genera que presenten diversas características y propiedades, como la flexibilidad y resistencia a impactos o desgastes, además de ser menos propensos a arruinarse o descomponerse. Estas características y propiedades también son dependientes de la raza y tipo de animal del que se extraiga, además de las características de la crianza, el clima en que se desarrollaron, la alimentación, entre otros factores.

Los daños que pueden tener las pieles y cueros dependen directamente de los parásitos que el animal pudo tener o no, las lesiones y enfermedades; el conjunto de todas estas características permitirá definir los tipos de cueros y pieles, así como la necesidad de tratamiento y acabados que tendrán; si necesitarán ser pigmentados y tratados de diversa manera para ocultar fallas, rayones o defectos, además de cicatrices del animal.

2.6. Mantenimiento

El mantenimiento, por definición, es una combinación de actividades y procesos administrativos por los cuales la maquinaria, equipo o sistema como tal se mantienen en óptimas condiciones con la finalidad de cumplir con las necesidades y actividades para las cuales fueron diseñadas. Según Souris (1992) “la dirección de mantenimiento consiste en hacer funcionar la empresa con coste global óptimo. Por tanto, en este marco los hombres de este departamento deben aportar un cierto número de prestaciones precisas” (p. 4).

El mantenimiento se ha vuelto de suma importancia para las empresas o plantas de producción, y se lleva a cabo en todas y cada una de las maquinarias, equipos y sistemas que llegan a conformar. A través de los mantenimientos se puede definir y establecer el nivel de calidad de los productos o servicios que se

prestan o proveen. Cabe mencionar que el mantenimiento también suele relacionarse directamente con la estrategia competitiva que tiene una empresa, o planta, frente a otra pues ayuda a producir y proveer de mejores productos o servicios. También, se reconocerá el nivel del personal a cargo de las maquinarias, haciéndolas más competitivas en el mercado y generando una mejor imagen de las empresas o industrias que empleen a dichas personas.

Cuando las actividades operativas no son consistentes en los procesos y equipos productivos, suele existir una gran variabilidad en las características de los productos que elaboran, o incluso, se puede llegar a tener una producción de baja calidad y/o defectuosa que no cumple con los requerimientos del proceso o del cliente. En su contraparte, para obtener productos o servicios de buena y correcta calidad, los equipos y maquinarias deben operar con las especificaciones establecidas por el fabricante y con las actividades específicas para cada una.

El mantener y establecer las actividades específicas de cada maquinaria y equipo es una de las claves importantes de los mantenimientos, pues, ya sea por la forma de uso, o tiempo de uso o vida de la maquinaria, entre otras características, se sabe que llegará a fallar. Es a través del mantenimiento que se puede determinar si las formas de uso, así como la función que se le da a la maquinaria es la establecida según su diseño; también permitirá definir si necesita correcciones, mismas que pueden ser mínimas, como una nivelación del equipo, el cambio de una pieza móvil o estática dentro de esta, un servicio menor, mayor o una simple lubricación o cambio de aceite.

Como se detallaba con anterioridad, para especificar y realizar un mantenimiento se debe de diseñar y ejecutar un plan de trabajo; en este se definirá un método de trabajo, pues el hecho de darle un mantenimiento a una

maquinaria o un equipo no es solo de desarmar la misma, sino de saber qué componente realiza cada función, la forma de revisión, el trato que se le debe de dar e incluso el proceso para hacer el cambio de cada pieza. La finalidad real será la de planificar y organizar un buen plan de mantenimiento para la reducción de costos.

Al momento de establecer los planes de mantenimiento, la reducción de costos es el motivo principal por el cual son diseñados e implementados en una empresa; sin embargo, muchas veces solo queda plasmado en papel, ya que por la necesidad de financiar los mantenimientos, suelen ser usados como referencia y solo utilizan los mantenimientos correctivos en las maquinarias y equipos de la empresa.

A pesar de esto, también son conscientes que los mantenimientos son necesarios para evitar problemas en las áreas de trabajo; además de conocer el impacto que una falla produciría a una línea de producción, sin importar en qué departamento sucediese el fallo.

2.6.1. Objetivos del mantenimiento

La finalidad principal de realizar un mantenimiento es la de cumplir con los objetivos operativos de la empresa o de la planta productiva, de la cual forma parte la maquinaria o el equipo. Por este motivo, la finalidad de establecer un plan de mantenimiento debe fijarse en los objetivos de la empresa, pues con ellos se buscará el correcto cumplimiento del mantenimiento, ya que de esta forma se conocen los riesgos que conlleva el no realizarlo de manera correcta o en los tiempos establecidos. En palabras de Torres (2015) “los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área” (p. 3).

En contexto con este autor, los objetivos del mantenimiento son:

- Maximizar la disponibilidad de los equipos y maquinarias que están inmersas en el proceso productivo.
- Preservar o conservar el valor de la planta y de su equipo, minimizando el desgaste y deterioro.
- La eficiencia se logrará alcanzando las distintas metas y objetivos con el menor uso de recursos.

A través de la definición de tareas, actividades y funciones se logran los diversos objetivos y requerimientos que el mantenimiento necesita para hacerse cumplir de la mejor manera. Por lo mismo todas estas actividades se pueden dividir o clasificar en grupos, según las necesidades:

- Funciones primarias
 - Mantenimiento del equipo, que se compondrá de las reparaciones y revisiones, así también, de las reconstrucciones de maquinarias y equipos.
 - Mantenimiento de edificios, guiado a la infraestructura.
 - Lubricaciones de las diversas partes que componen las maquinarias y equipos.
 - Cambios de equipos e infraestructura.
 - Nuevas instalaciones, según necesidades y capacidades.
 - Planificación y calendarización de los trabajos de mantenimiento.
 - Selección, capacitación y entrenamiento de personal para llevar a cabo todas las tareas de mantenimiento.

- Funciones secundarias
 - Asesorías y acompañamientos en compras de nuevos equipos.
 - Asesorías en el establecimiento de nuevas labores y procesos para cumplir con los requerimientos de mantenimiento.
 - Elaborar la solicitud de todos los materiales y herramientas para efectuar el mantenimiento. Además de los repuestos, piezas y equipos necesarios para el mantenimiento.
 - Manejo y control de los almacenes y bodegas de repuesto.
 - Contabilidad e inventario de activos.

2.6.2. Tipos de mantenimiento

García Garrido (2010) afirma que, tradicionalmente, “se han distinguido cinco tipos de mantenimiento que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen” (p. 17):

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento *hard time* o cero horas
- Mantenimiento en uso

Adicional a estos, son también conocidos los mantenimientos proactivos. Los mantenimientos tienen diversas clasificaciones, como las definidas con anterioridad y se diferencian por las características que tienen unas y otras, a pesar de que establecer un mantenimiento tiene una misma finalidad. El tipo de mantenimiento dependerá de las necesidades de la empresa, como: las

necesidades productivas, de seguridad, las normativas aplicadas en sus procesos, las necesidades o urgencias que se tienen.

2.6.2.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, definido por su nombre, se refiere a la corrección de fallas después de que sucede o en el momento que sucede la misma. Según Rodríguez *et al.* (2006) “es necesario no solo reparar la máquina averiada sino también buscar, diagnosticar y corregir la causa real que provocó el fallo” (p. 12).

Este tipo de mantenimiento está siempre a la espera de una falla o un suceso que afecte a la maquinaria o equipo, debido a que dicha falla señala que se necesita hacer correcciones para que siga funcionando de la manera correcta. La finalidad del mantenimiento correctivo es darle solución al problema con prontitud y con un costo o inversión reducida. Sin embargo, no siempre se logra realizar con bajo costo, pues puede afectar las operaciones productivas de toda la planta y por lo tanto, los departamentos mismos, los cuales generarán presión para hacer que la maquinaria regrese a sus labores a la brevedad posible.

El mantenimiento de una maquinaria o de un equipo se irá incrementando según su antigüedad y también dependerá de lo complejo de la máquina, además de las partes que lo componen. La antigüedad de la maquinaria tiene correlación directa con el desgaste que tiene esta y también en función del tiempo; esto tiene por consecuencia un incremento en los paros del proceso productivo y también del personal que maneja esta maquinaria o equipo.

Al momento que suceden los problemas con las maquinarias y equipos se debe responder según el plan del mantenimiento para identificar la falla; esto se realiza de la siguiente manera:

- Identificación del problema
- Determinar todas las alternativas de reparación del equipo y maquinaria.
- Establecer, según las alternativas de reparación, la ventaja que asegura cada una, para así elegir la óptima.
- Ejecutar la reparación según la planificación con el personal, equipo y material disponible.
- Supervisar las actividades
- Clasificar y archivar.

Atributos:

- El costo de planificación de mantenimiento suele ser mínimo, o a veces mínimo.
- Poca inversión.
- *Stock* de repuestos o refracciones limitadas.
- Personal a cargo limitado cuando la maquinaria es de modelo reciente.

Desventajas:

- Inactividad del personal del área de producción.
- Tiempo ocioso en las máquinas.
- La demora en la obtención de repuestos para tenerlos en el inventario.
- El personal a cargo del mantenimiento de la maquinaria o equipo tiene una mayor presión. Esto se demuestra más por parte del personal si tienen incentivos por producción.

- Muchas veces se pone en peligro la integridad física de los colaboradores al no aplicar de forma correcta las normativas de seguridad.
- La forma en que afectan las fallas a la calidad del producto o servicio que se ofrece.

Cabe mencionar que el mantenimiento correctivo tiende a ser inevitable; esto debido a que, aunque se establezca e implemente cualquier tipo de mantenimiento adicional en la planta siempre existirán fallas no previstas.

2.6.2.2. Mantenimiento preventivo

Como menciona Torres (2015) “el mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y, de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones” (p. 148).

En otras palabras, este mantenimiento busca la prevención de las fallas que pueden generar funcionamiento de las maquinarias y equipos, detectando cualquier anomalía con anterioridad en las inspecciones de rutina o calendarizadas. Estas detecciones en las revisiones permitirán realizar también mantenimientos correctivos, antes que se llegue a la falla, para que no genere ningún problema en la producción.

El mantenimiento de la maquinaria y equipo se lleva a cabo según la planificación de actividades, procesos y procedimientos establecidos. En el plan se encontrarán definidas a cabalidad las revisiones, inspecciones, lubricaciones que requieren, así también la periodicidad. Para los mantenimientos preventivos será necesario contar con el apoyo del personal de la empresa; esto se debe a

que es necesario planificar con antelación para no afectar a los procesos productivos de la empresa o planta.

No está de más mencionar que los mantenimientos se deberán realizar en un tiempo establecido, por lo cual es la planificación y calendarización de este. También es de suma importancia llevar un control de las actividades que se realizan y el tipo de cambio efectuado, y velar por que todas las instrucciones se lleven a cabo de forma correcta. Todos estos registros permitirán definir si las anomalías o fallas de la maquinaria y equipo fueron corregidas de manera correcta, haciendo que la falla no exista más y la máquina vuelva a funcionar y cumplir con sus actividades establecidas.

Las ventajas que genera el uso y establecimiento de un mantenimiento preventivo es que se anticipan las acciones o actividades que se llevan a cabo, para hacer que la maquinaria se encuentre siempre en óptimas condiciones. Además, también se saben y mantienen los documentos técnicos que apoyan a las actividades del mantenimiento, además de tener siempre un inventario de repuestos y el personal atribuido a la maquinaria.

Los trabajos de mantenimiento pueden y deben de ser programados a futuro para no afectar las actividades productivas, con ello se debe disponer de un tiempo para realizar todas las tareas y actividades necesarias que no se pueden realizar cuando el equipo se encuentra en etapa productiva, es decir en funcionamiento. El mantenimiento correctivo debe centrarse en diversos enfoques a su vez, cuando se presentan diversas razones, entre estas:

- Si existen fallas prematuras con regularidad pueden revisarse y reducirse mediante controles adecuados de lubricación, ajustes mínimos de la

maquinaria y equipo, limpieza de esta, así como inspecciones para revisar el desempeño.

- Cuando una falla no puede prevenirse, las inspecciones que se realizaron con anterioridad ayudarán a definir el impacto o severidad que la falla tuvo. Esto también permitirá a determinar si puede existir, o no, un efecto dominó en más piezas o sistemas de la maquinaria; con esto se determinarán medidas de mitigación para reducir las consecuencias negativas hacia la seguridad, la capacidad productiva, entre otras.
- La degradación o desgaste de una pieza se puede vigilar según parámetros, es decir según sea la cantidad de material que pierde una pieza. Estos desgastes son directos de fallas de vibración, de calidad del material con los que está hecho el producto y a través de dichos desgastes se pueden detectar fallas inminentes que se generarán en la maquinaria o equipo.
- Por último, se pueden definir la diferencia de costos directos como la materia prima, e indirectos, como las pérdidas productivas, que se generan por la interrupción súbita y no planeada de las líneas de producción. En contraparte se puede definir la relación costo-beneficio de establecer los planes de mantenimiento que, obviamente, también tendrán un costo, pero llegará a ser menor pues los paros serán programados, según necesidades o producción.

El mantenimiento preventivo también se utiliza para determinar qué tipo de mantenimiento se le debe dar a la maquinaria; este puede ser: mecánico, eléctrico o de lubricación.

2.6.2.3. Mantenimiento predictivo

Para Félix Gómez (1998):

El mantenimiento predictivo, también conocido como mantenimiento según estado o según condición, surge como respuesta a la necesidad de reducir los costes de los métodos tradicionales -correctivo y preventivo- de mantenimiento. La idea básica de esta filosofía de mantenimiento parte del conocimiento del estado de los equipos. De esta manera es posible, por un lado, reemplazar los elementos cuando realmente no se encuentren en buenas condiciones operativas suprimiendo las paradas por inspección innecesarias y, por otro lado, evitar las averías imprevistas, mediante la detección de cualquier anomalía funcional y el seguimiento de su posible evolución. (p. 28)

Como bien se señaló anteriormente, para la correcta ejecución del mantenimiento predictivo será necesario según Gómez (1998), realizar inspecciones y mediciones. Estas deberán de realizarse con equipos especializados para llevar a cabo ensayos no destructivos. Para realizar estos estudios se requiere de una inversión mayor, pues los instrumentos tienen un alto costo, es aquí donde entra en juego la primera consideración: adquirir el equipo, o bien, contratar una empresa especializada. La ventaja de realizar este tipo de estudios con dichos instrumentos, es que las inspecciones se realizan con el equipo en funcionamiento y sin realizar paros en las maquinarias.

Por lo general, este tipo de mantenimiento se realiza en equipos o máquinas que presentan un peligro para la integridad de los colaboradores y personal que labora cerca de estas, o bien, que puedan causar daños mayores a la planta. Dentro de los instrumentos utilizados para este mantenimiento se pueden llegar a describir:

- De desgaste: espectrofotómetro de absorción atómica (AA), suele utilizarse para hacer pruebas a aceites y permite identificar desgastes de material que ocurren en el interior o en sistema que alimenta.
- De espesor: con ultrasonido
- De fracturas: se utilizan equipos de rayos X, pruebas de partículas magnéticas, ultrasonidos, entre otros.

El mantenimiento predictivo es una base sólida para formular e implementar un programa de mantenimiento preventivo, esto se debe a que el mantenimiento predictivo a través de inspecciones o análisis permite identificar fallas en su etapa de inicio, laceraciones, torcimientos o hendiduras, entre otros aspectos que pueden afectar el correcto funcionamiento de una maquinaria o equipo.

2.6.2.4. Mantenimiento cero horas

García Garrido (2010) describe este mantenimiento como:

El conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la

fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productivo. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano. (p. 79)

2.6.2.5. Mantenimiento proactivo

El mantenimiento proactivo no es más que lo que su nombre indica, ser proactivo para anticipar las fallas o paros que puede tener una maquinaria o equipo, que puedan afectar un proceso productivo. Cabe destacar que se trata de eliminar las causas principales que pueden generar uno o varios problemas, así como los efectos que producirán los mismos al momento de suceder. Sánchez Díaz (2014) lo explica de una forma adecuada, pues dice que: “este tipo de mantenimiento es constante en el tiempo, aunque la maquinaria no esté funcionando” (p. 388).

El mantenimiento proactivo se centra en tener las medidas de contingencia necesarias para que no ocurran dichas fallas y por lo tanto los impactos negativos no sucedan. Este mantenimiento suele anticiparse a cualquier causa que pueda generar un impacto en el futuro. Los mantenimientos proactivos son difíciles de establecer y cumplir en una empresa, esto se debe a que debe de existir un compromiso y una política que permita el correcto desarrollo de este mantenimiento, respaldando la necesidad de que se efectúe de manera correcta.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Como bien se determinó en el marco metodológico, en las fases del estudio se contemplaba el diagnóstico de la situación actual, al momento de la investigación, el análisis de factores internos y externos, mismo que pretendía describir el porqué de la situación de la empresa, así como determinar si dependía directamente del proceso o si era algo externo.

3.1. Diagnóstico de la situación de la empresa

A través de entrevistas al encargado de planta y la encargada de calidad sobre la situación que se tenía en ese momento en la producción de piezas de cuero se conocieron ciertos aspectos que permitieron determinar las necesidades del área. Con la información recopilada en las entrevistas con los encargados de procesos, calidad y producción, la observación en área, entre otras herramientas, se definió el FODA que permitió conocer y analizar la situación actual de la empresa, definiendo, por así decirlo, los pros y contras que se tenían ante cualquier problemática.

Además del FODA, para el análisis de la información fueron utilizados otros diagramas que permitieron esquematizar y representarla de mejor manera y, más explicativa, entre estos diagramas se utilizaron Pareto e Ishikawa; Pareto fue utilizado para conocer la problemática que más afectaba al proceso a través de la relación, los problemas y sus respectivos efectos. Ishikawa sirvió para representar las causas de la problemática; en conjunto con las 6M, permitió determinar la causa raíz de las fallas o paros del proceso productivo.

3.1.1. Análisis FODA

Para entender la situación actual de la planta se realizó un diagnóstico con la herramienta FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas); esta es una de las herramientas principales para entender el proceso, además de que proporciona información que permite elaborar estrategias a implementar para tener medidas correctivas en la mejora del área o proyecto.

A través del FODA se puede visualizar y entender la situación en la que se encontraba la empresa, área o proceso, en un momento determinado. Esta herramienta permite tomar en cuenta los factores internos y externos que afectan de manera directa o indirecta. En este caso el FODA se realizó para el área de producción como tal. Las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tenía el área de producción de la planta se detallan a continuación:

Tabla 2.

Matriz FODA

| <div>Factores internos</div> <div>Factores externos</div> | Fortalezas (F) F1. Experiencia y capacidad del personal. F2. Tecnología en área de trabajo. F3. Instalaciones modernas. F4. Buena atención a los clientes. F5. Buenos precios. F6. Calidad de servicio. F7. Capacitación técnica. F8. Compromiso de autoridades. | Debilidades (D) D1. Poca eficiencia de trabajo. D2. Tiempos de entrega incorrectos. D3. Diversificación de servicios reducidos. D4. Infraestructura reducida. D5. Recurso humano reducido. D6. Mala ubicación del área. D7. Falta de documentación del área. D8. Falta de documentación de procesos y acciones. |
|---|---|--|
|---|---|--|

Continuación de la tabla 2.

| Oportunidades (O) | Estrategia FO | Estrategia DO |
|--|--|---|
| O1. Expansión de mercados. O2. Cambios en el medio ambiente. O3. Variación del tipo de cambio de divisas. O4. Decisión de caficultor para alianzas. O5. Variación de precios de implementos de empaque. | <p>Obtener beneficio de la experiencia de los colaboradores para identificar procesos y procedimientos que se realizan en cada actividad. (F1, F7, O7)</p> <p>Incluir herramientas tecnológicas para mejorar el proceso productivo y así procesar más materia prima del mercado. (F1, F2, F8, O1)</p> <p>Mantener una buena calidad de servicio a pesar de la cantidad de materia prima procesada y el cambio de divisa. (F1, F4, F5, F6, O5, O4, O3)</p> <p>Generar alianzas con los agricultores y ganaderos para el procesamiento del cuero a un precio accesible. (F2, F5, O3, O5)</p> | <p>Documentar todas las actividades que realiza el personal. (D7, D8, D5, O7, O1)</p> <p>Generar un manual que integre procedimientos, funciones y atribuciones que se realizan. (D1, D2, D5, D7, D8, O4 y O1)</p> <p>Aprovechar la expansión de mercados para la diversificación de servicios y productos. (D3, D7, D8, O1, O2, O4)</p> <p>Generar documentación de nuevos procesos y procedimientos para las nuevas variantes de productos que se venden en el mercado. (D7, D8, D3, O1)</p> <p>Mejorar los procesos y así los tiempos de entrega de órdenes de trabajo para ser más atractivo al cliente final mismo que buscará el servicio. (D5, D7, D8, O4, O1)</p> |

Continuación de la tabla 2.

| Amenazas (A) | Estrategia FA | Estrategia DA |
|--|---|--|
| A1. No contar con oferta de producción de piezas de cuero. A2. Bajo consumo del producto. A3. Precio de la materia prima. A4. Crecimiento lento del mercado. A7. Variación del tipo de cambio de divisas. | <p>Hacer uso del conocimiento y experiencia del personal de cada área de trabajo, para obtener la información correspondiente a cada procedimiento y con ello sea posible la elaboración del manual. (F1, F7)</p> <p>Dar a conocer a los colaboradores del área productiva sobre el funcionamiento del manual, con el objetivo de estar preparados para los mantenimientos de la maquinaria y equipo. (F7, F8, F1)</p> <p>Aprovechar los conocimientos de los colaboradores para que, al momento de una baja producción o reducción, el caficultor siga buscando el servicio prestado en la empresa. (F1, F7, F8, F5, F4, A1, A2, A3, A7)</p> | <p>Establecer procedimientos que permitan tener la documentación para evaluaciones del estado del proceso y maquinarias. (D7, D8)</p> <p>Generar diversos servicios y productos que permitan crear o cubrir las necesidades de otro mercado (D3, A4, A2, A1)</p> <p>Trabajar con la capacidad instalada, a pesar de que la oferta sea baja, ya sea por producción o cambios en el mercado (D4, D5, A1, A2, A3, A4)</p> <p>Brindar diversidad de presentaciones, a precios accesibles, a los clientes que permitan el movimiento del producto final en el mercado, a pesar del tipo de cambio. (D1, D3, A7)</p> |

Nota. Matriz que representa las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la empresa. Elaboración propia utilizando Word.

3.1.2. Definición del problema: análisis de Pareto

El análisis de Pareto relaciona los problemas con los efectos que ocasiona. Por lo general se establece una relación de 80 a 20, en la cual el 20 % de los problemas genera el 80 % de los efectos. Con esto se pueden establecer decisiones de resolución de los problemas para alcanzar los objetivos de la empresa y reducir las pérdidas que estos representan; cuando se habla de pérdidas no son únicamente las monetarias, puede ser de tiempos en los procesos, las mermas, entre otras.

Para el proyecto se utilizó la herramienta de Pareto, misma que permitió analizar la cantidad de veces que el proceso llegó a detenerse durante el último año. Se tomó en consideración el tipo de problema presentado y la descripción de la máquina que afectó el proceso, o bien, si fue algún factor externo o similar. En el periodo de julio 2021 a junio 2022, 12 meses para ser exactos, se encontró el siguiente número de fallas o consecuencias de paros del área productiva para la obtención de pieles y cueros.

Tabla 3.

Paros en el proceso

| Detalle del problema o falla | Número de ocurrencias |
|--|-----------------------|
| Pérdidas de presión de rodillos en máquina de escurrido. | 8 |
| Reducción de velocidad en rodillos de transporte en máquina de pigmentación. | 5 |
| Pérdidas de presión de rodillos en máquina de rebajado. | 2 |
| Poca revolución en tambor de neutralizado | 3 |

Continuación de la tabla 3.

| | |
|--|-----------|
| Pérdidas de presión en rodillos de lija, en máquina de pulido. | 6 |
| Paros totales | 24 |

Nota. Resumen de paros por fallos o consecuencias. Elaboración propia en Word, con datos obtenidos en el área de Producción.

Tabla 4.

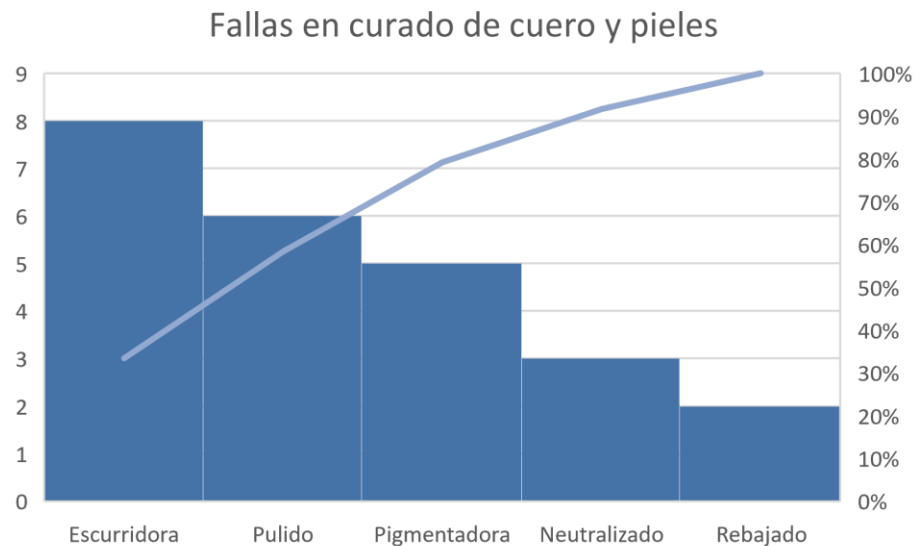
Tabla de datos para análisis de Pareto

| Detalle del problema o falla | Número de ocurrencias | Frecuencia acumulada |
|--|-----------------------|----------------------|
| Pérdidas de presión de rodillos en máquina de escurrido. | 8 | 8 |
| Reducción de velocidad en rodillos de transporte en máquina de pigmentación. | 5 | 13 |
| Pérdidas de presión en rodillos de lija, en máquina de pulido. | 6 | 19 |
| Poca revolución en tambor de neutralizado | 3 | 22 |
| Pérdidas de presión de rodillos en máquina de rebajado. | 2 | 24 |
| Paros totales | | 24 |

Nota. Resumen de ocurrencias y frecuencia acumulada. Elaboración propia en Word, con datos obtenidos en el área de Producción.

Figura 5.

Gráfica de Pareto para análisis de fallas



Nota. Análisis de fallas en curado de cuero y pieles. Elaboración propia, con datos obtenidos en el área de Producción.

Luego de realizar la tabla que sirvió para generar el gráfico de Pareto se puede observar que los primeros 2 problemas representan casi el 80 % de los efectos. Cabe destacar que la razón real fue definida, documentada y razonada en capítulos posteriores, puesto que la gráfica únicamente permitió definir los problemas y el porcentaje de efectos que estos ocasionan.

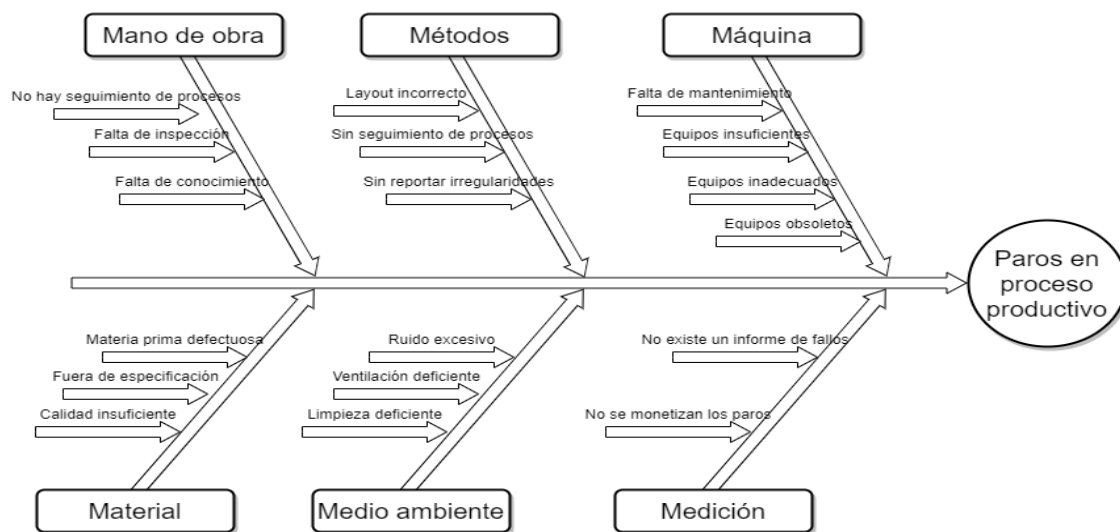
Si bien se ve, la escurridora es la que más problemas presentaba y que generaba más paradas al proceso productivo. Desde este análisis se pudo determinar qué componentes de dicha máquina tenían una relación directa con los problemas productivos de la planta.

3.1.3. Definición de causas: análisis de Ishikawa

El análisis de Ishikawa sirvió para presentar y relacionar las causas y el problema que generan estas. Es utilizado para divisar todas las raíces de las situaciones y a su vez las causas principales que generan los problemas. Se estratifica según las 6M: mantenimiento, materiales, mano de obra, maquinaria, medio ambiente y los métodos que se utilizan. En conclusión, el análisis de Ishikawa sirve para establecer la causa y el problema que la genera; todo con la finalidad de encontrar la causa raíz que pueda resolver toda la problemática y no únicamente palear la situación. La siguiente figura permitió establecer la problemática real de la empresa. Pudo determinarse cuáles eran las causas posibles que afectan el proceso, para proponer diversas soluciones que puedan evitarlas.

Figura 6.

Diagrama de pescado



Nota. Esquema de causas posibles que afectan el proceso. Elaboración propia, utilizando draw.io.

3.2. Análisis de factores internos

Otro de los aspectos establecidos en el marco metodológico para el desarrollo de la investigación fue el análisis de factores internos que podían llegar a afectar el proceso productivo de la empresa. Posterior al diagnóstico de la situación actual de la empresa con las herramientas de FODA, Ishikawa y Pareto, se determinaron los factores internos que afectan a la producción de la planta.

Este análisis fue realizado observando y examinando el proceso, además de las visitas realizadas al área de tratamiento de pieles y cueros. Otro aspecto bastante importante fueron las conversaciones con el personal a cargo de las diversas procesos y tareas en el área. Como parte de la problemática interna se puede mencionar la capacidad instalada misma que se analiza también a través de las fallas o paros que se tienen en la actualidad.

Otro factor que se consideró fueron los procesos que se realizaban día tras día en las diversas áreas operativas, con la finalidad de satisfacer la necesidad productiva de la planta, y así elaborar todas y cada una de las órdenes de producción, según la necesidad de los clientes; esto debido a que va variando, dependiendo del cliente, como por ejemplo: el tipo, tamaño o cantidad de productos requeridos.

3.2.1. Listado de maquinarias utilizadas en la operación

En este ap, yartado se detallan únicamente ciertas máquinas utilizadas en el proceso productivo, puesto que son las que habían presentado las fallas y, por consiguiente, ocasionado algún paro productivo en el proceso. Conociendo las fallas y/o paros que sufría el área productiva, se analizaron los pasos y actividades correctas para darles el mantenimiento requerido a las máquinas y

equipos que las componían. Así también permitió establecer un calendario, o periodos, en función de la necesidad de la planta.

- Máquina de escurrido: como su nombre lo indica, en ella se realizaba el escurrido del cuero; en este caso era utilizada para eliminar el exceso de agua que pueden llegar a contener los cueros luego de ser tratados en azul. La máquina se compone de rollos que permiten rolar el cuero y presionarlo entre los diversos rollos, con la finalidad de eliminar a cierto grado el agua que contienen. La máquina consta de dos rollos o cilindros grandes, por lo que el cuero pasa entre ellos a través de un sistema neumático para comprimir las fibras de los cueros y pieles, haciendo que el agua salga expulsada. El sistema también cuenta con un tercer rollo que tiene la función de extender el cuero para evitar la formación de pliegues que puedan dañar el resultado final de las piezas que se manufacturan.

Figura 7.

Máquina para escurrido



Nota. Proceso de escurrimiento. Obtenido de G.B.L. (s.f). *Máquina de escurrir*. (<https://www.gblitaly.it>), consultado el 18 de septiembre de 2022.

- Máquina de rebajado: la función de esta máquina era la de reducir la altura, o espesor del cuero. Este proceso se realiza con el cuero ya seco, puesto que se utilizan rollos de lijas para dar el espesor deseado y el acabado liso requerido para trabajar las piezas. Existe otra alternativa que cambia los rodillos de lijas por rodillos o cilindros con cuchillas, mismas que tienen una forma helicoidal o de tornillo sin fin. La función al final es la misma, la de disminuir o rebajar el alto del cuero, según sea la necesidad del área productiva.

Figura 8.

Máquina manual de rebajado de cuero



Nota. Máquina para realizar el rebajado manual de cuero. Obtenido de HIGHTEX (2006). Máquina de dividir piel para taller artesanal de cuero y guarnicionería.(<https://www.cowboysewcom/es-Producto8b.htm>), consultado el 8 de septiembre de 2022.

- Máquina para neutralizado, teñido o rehidratante: a pesar de describir y realizar tres operaciones en esta máquina por el método que se utiliza, para cada uno de ellos se disponía de una única máquina que permite realizar dichas tareas sin inconvenientes. La función de esta máquina no

era más que hacer girar el cuero en un tambor con los químicos o compuestos necesarios que permitirán impregnar estos en el cuero, a excepción del proceso de neutralizado que realmente buscaba eliminar los químicos, humedad o agua residual del proceso de escurrido. La máquina, además de contar con el tambor, cuenta en uno de sus lados con sistema de poleas y motores que permiten realizar el movimiento centrífugo requerido para operación; cabe destacar que el sistema permite graduar las revoluciones requeridas para cada proceso. La siguiente figura representa una máquina similar utilizada en la planta de procesamiento de cuero, misma que es utilizada en la manufactura.

Figura 9.

Máquina para neutralizado, teñido o rehidratante



Nota. Proceso de teñido de pieles y cueros. Obtenido de Solostocks, (2020). *Máquina para teñido de pieles y cueros* (<https://www.solostocks.com/venta-productos/otros-textil-productos-cuero/bombo-para-curtido-de-pieles-42043468>), consultado el 8 de septiembre de 2022.

- Máquina para pigmentar: esta permite agregar una capa de laca en las pieles o cueros, misma que servirá para darle un mejor acabado y a su vez

brindarle una protección para el procesamiento de este hasta lograr el producto final. La máquina no es más que una banda transportadora conformada por rodillos que trasladan el cuero desde el área de aplicación de laca, a través de aspersores, hasta el área de ventilación; misma que se realiza a cierta temperatura, permitiendo la impregnación y secado de la laca. Según los requerimientos se cambia la velocidad de la banda en los rodillos, además de la temperatura. Otro aspecto que puede cambiar según el requerimiento o acabado de las pieles o cueros es la cantidad de laca, por lo general se aplica una capa de 0.5 milímetros.

Figura 10.

Máquina de pigmentación de cuero



Nota. Proceso de pigmentación de cuero Obtenido de GESTEQUIP (2022). Proceso moderno de cuero vacuno. (<https://www.buckman.com/wp-content/uploads/2023/01/Proceso-Moderno-Cuero-Vacuno-Espanol-.pdf>), consultado en septiembre de 2022.

- Máquina de pulir: como su nombre lo indica, ayuda a pulir y por lo tanto a eliminar residuos o excesos de pelos en los cueros y a su vez se utiliza para darle el acabado necesario y requerido de las pieles. Existen dos distintas, una utilizada para pulir los pliegos del cuero y pieles y otra para

pulir piezas pequeñas. El funcionamiento de esta máquina se basa en rodillos de lijas mismos que les brindan una reducción uniforme a los pliegos de cuero por completo; también se utiliza para el tratamiento de pieles. En esta máquina se pueden dar y obtener diversos acabados tanto a las pieles como a los cueros, pero dependerá del requerimiento y, por consiguiente, del tipo de rodillo de lija instalado, mismo que se diferencia por los granos de cada lija.

Figura 11.

Máquina para pulir cuero y pieles



Nota. Proceso de pulido de cuero y pieles. Obtenido de Tannery Machine (2022). Proceso moderno de cuero vacuno. (https://es.made-in-china.com/co_tannerymachine/product_Leather-Polishing-Machine-for-Tannery_egshnriig.html), consultado el 8 de septiembre de 2022.

3.2.2. Evaluación de maquinarias que ralentizan la operación

Al igual que con el análisis de factores que internamente pueden llegar a afectar el proceso de producción por los fallos de las máquinas, se realizó una evaluación de las máquinas que, por los fallos, habían generado demoras en el

proceso productivo de los cueros y pieles. Esta información y datos fueron obtenidas a través del personal; esta información permitió determinar las máquinas o procesos que son afectados luego de las fallas y/o paros. A continuación, se detallan los problemas y fallas que se identificaron en las diversas máquinas, mismas que ralentizaban el proceso o incluso llegaban a detenerlo por completo.

Tabla 5.

Maquinaria que ralentiza o detiene el proceso

| Máquina | Problemas y/o fallas |
|---|--|
| Rebajadora de cuero y pieles | Pérdidas de presión en rodillos para darle el espesor requerido a las pieles y cueros, según el requerimiento de producción. |
| Tambor de tinción, neutralizado e hidratación | El problema principal del tambor es la velocidad radial que aporta el motor a las poleas, mismas que deben de ser cambiadas de posición de manera constante puesto que, en ocasiones, tienden a requerir menor o mayor velocidad. |
| Escurridora | Pérdidas de presión en rodillos mismos que permiten extraer y escurrir el agua o residuos de las pieles y cueros. |
| Pulidoras | Al igual que la escurridora y la rebajadora la máquina de pulir tiende a perder presión, por lo que el pulido de pieles y cueros no se realiza de manera uniforme, ya que reduce la cantidad de cuero útil al final del proceso. |
| Máquina de pigmentación | La máquina de pigmentación presenta el inconveniente con el motor que brinda la fuerza motriz; en este caso el inconveniente es por el sistema de poleas con que cuenta en la actualidad; misma que no ha sido cambiado en un largo tiempo, por lo que no garantiza las revoluciones necesarias para el sistema. |

Nota. Resumen sobre el estado de las máquinas, problemas y fallas. Elaboración propia, realizado en Word.

3.3. Análisis de factores externos

El análisis de factores externos se realizó para determinar actividades o afecciones completamente externas al proceso que terminaban afectando o ralentizando la producción. Por consiguiente, en este apartado se enlistan procesos u operaciones que afectaban al proceso; algunas veces llegaban a interferirse por cuestión de tiempos en el proceso, o bien, por la distribución con la que contaba la planta de producción en el momento de la investigación. Existían ocasiones en las que, a pesar de solo trasladar la materia prima, el proceso llegaba a ralentizarse. Por este motivo se llegó a cuestionar si realmente la identificación de estas operaciones podía llegar a afectar el correcto flujo del proceso productivo de pieles y cueros curtidos.

Nuevamente la experiencia del personal permitió conocer diversos factores que podían llegar a afectar el correcto desarrollo de las actividades, además de los fallos ya descritos.

3.3.1. Listado de procesos u operaciones que afectan la producción

Para este punto se encontró que en la planta hay procesos que, por una mala distribución del área productiva tienden a superponerse y, por lo tanto, a interferirse. En este caso se enlistaron los procesos u operaciones que tienen a cambiar el ritmo de trabajo de producción y, por lo tanto, llegaban a ralentizar el proceso.

- Inspecciones o pruebas de calidad
- Secado de pieles y cueros al ambiente
- Traslado de pieles y cueros

- Área de manufactura de cueros
- Pulido manual de piezas de dimensiones pequeñas

3.3.2. Evaluación de operaciones ajenas que ralentizan el proceso

Toda operación realizada en el área de producción termina siendo complementaria y valiosa para el proceso, puesto que de no cumplirse una de estas puede llevar a tener atrasos en el tratamiento de cueros y pieles y posterior retraso en la entrega de productos finales a los clientes de la empresa. Por esto mismo no se pudo eliminar ninguna actividad de las que se realizaban en ese momento; sin embargo, se evaluaron para saber en qué medida son necesarias, puesto que no todas estas actividades se realizaban en todos los procesos.

Para empezar, las inspecciones o pruebas de calidad se realizaban de forma aleatoria y se realizaban solo para garantizar que todo se cumpla de la manera correcta, como por ejemplo: que cumpliera con el espesor, cantidad de agua o humedad, cantidad de pelo que debía de tener, entre otros aspectos. No se puede eliminar esta operación o actividad, puesto que era a través de ella que se determinaba si el producto final, o en tratamiento, cumplía con las necesidades del departamento de manufactura.

El secado de pieles y cueros al ambiente se realizaba de forma muy específica y se llevaba a cabo cuando el tipo de producto final requería de cierto grado de humedad mayor al que normalmente se manejaba o procesaba. Como ejemplo, cuando se requería de una suela de cuero se busca entre 20 y 21 % de humedad, misma que debía de ser retirada en el escurrido y el tambor de neutralizado; cuando se requiere de una humedad mayor al 30 % para bolsos, carteras o similares, es cuando se establecía el secado al aire libre, puesto que

las pieles y cueros logran absorber en cierta medida la humedad y, por lo tanto, el acabado final presentaba una mayor suavidad.

Tanto la manufactura de piezas, como el traslado de estas, pieles y cueros era de suma importancia en el proceso, por lo que no se pudo realizar modificación alguna para las actividades. En este caso se evaluó únicamente la distribución, así como los pasillos para transitar sin impedir el cumplimiento de los demás procesos.

Al igual que la manufactura y movimiento de materia prima, el pulido de piezas pequeñas no se podía eliminar del proceso, puesto que ciertas piezas requieren de más detalle que otras, mismo que no se podía lograr con la máquina de pulido. Es por esto, que únicamente se brindó un croquis de la correcta disposición de cada área, que permitiera establecer la forma idónea para realizar cada tarea sin interferir el proceso.

3.3.3. Definición de cambios para mejora del proceso productivo

Para los aspectos o actividades anteriores, el inconveniente que se tenía era la interferencia que se generaba al realizarse dos o más actividades al mismo tiempo, esto debido a que la forma o distribución de las áreas de trabajo no llegaba a ser la adecuada. Por este motivo la propuesta realizada a la empresa fue la de realizar cambios en la forma que se realiza el proceso productivo para evitar cualquier tipo de interferencias.

Los cambios pertinentes de la forma de los procesos fueron ejemplificados y plasmados con un croquis que permitió presentar la forma idónea en que

debería de estar el flujo de las operaciones para evitar retrasos y disminución de tiempos en transportes, además de mejorar el flujo del proceso productivo.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria utilizada en la elaboración de productos de cuero para la disminución de paros de la línea de producción, era el objetivo de este proyecto; esto fue debido a que el proceso productivo para la obtención de cuero se había ralentizado, o bien, detenido en varias ocasiones. Este era el efecto que generaban las fallas; por este motivo se desarrolló dicha investigación para determinar por qué o a qué se debían estas fallas y posteriores paradas; todo esto buscando la reducción de las mismas en la línea productiva.

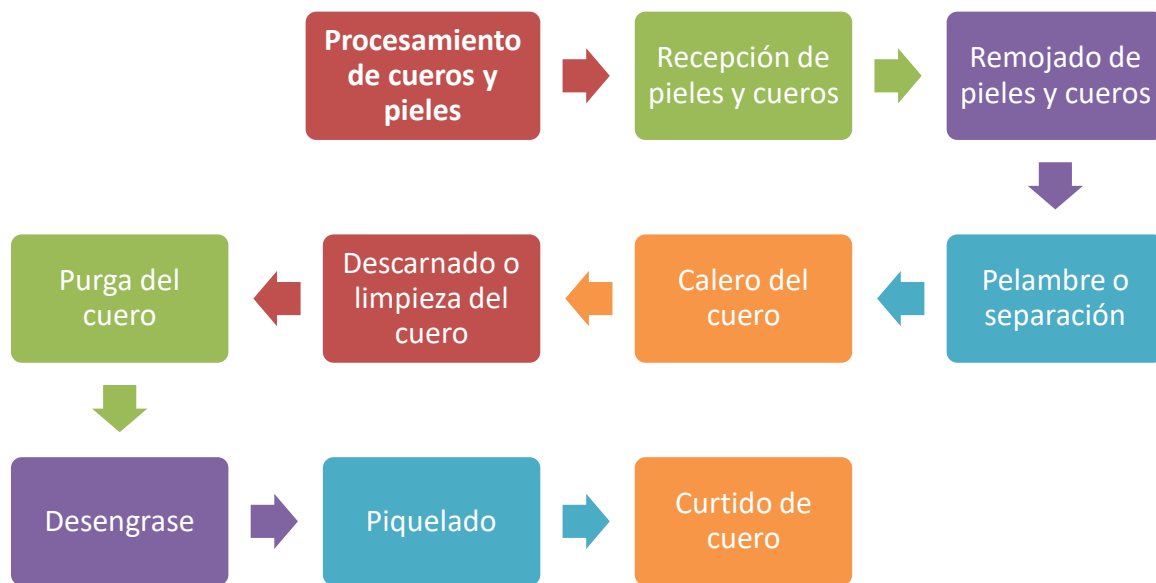
Con base en los hallazgos como la problemática del sistema neumático que alimentaba a las diversas máquinas, el sistema de fuerza brindado por motores, entre otras, se definió la necesidad de establecer esquemas que permitirían controlar el mantenimiento de la maquinaria y equipo.

4.1. Elaborar un esquema para la identificación de equipos, así como su criticidad en la línea de producción, según las fallas identificadas de cada maquinaria

En este apartado se identificó, con un diagrama, la forma en que el proceso del cuero se realizaba en el momento de la investigación. Cabe mencionar que sirvió para la identificación de las maquinarias que realmente provocaban inconvenientes en el proceso productivo, mismas que fueron la verdadera razón de la investigación.

Figura 12.

Esquema del proceso productivo



Nota. Fases del proceso para la obtención de cuero curtido. Elaboración propia, realizado en SmartArt de Word.

El esquema anterior describe de forma general el proceso completo para la obtención de cuero curtido, luego de esto era procesado según los requerimientos establecidos en las órdenes de producción y según la necesidad y gustos que requerían los distintos clientes de la empresa. En cada uno de los pasos o procedimientos estaban inmersas diversas maquinarias, entre ellas se pueden enlistar:

- Rebajadora de cuero y pieles
- Recortadora y medidora
- Ecurridora

- Desvenadora
- Máquina de secado al vapor
- Máquina de ablandado del cuero y pieles
- Prensas
- Compresores
- Pulidoras
- Aplicadores de laca
- Tambor de tinción, neutralizado e hidratación
- Máquina de pigmentación

En realidad, el proceso productivo requería por completo de todas las máquinas anteriormente listadas, aunque se podían realizar pequeñas excepciones con la máquina de secado al vapor, puesto que existían ciertas variantes de pieles o cueros que no requerían de un secado al vapor, o bien, se solía secar al aire por el acabado deseado al finalizar.

A pesar de que las máquinas listadas se utilizaban por completo en el proceso, se puede decir que también había diversas máquinas que realmente eran críticas para el curtido final del cuero y posterior procesamiento. A continuación, se detallan las máquinas críticas del proceso, así como su función primordial:

Tabla 6.*Identificación de máquinas y su criticidad en el proceso*

| Máquina | Proceso realizado |
|------------------------------|---|
| Rebajadora de cuero y pieles | La máquina de rebajado, como su nombre lo indica, sirve para reducir el espesor de los cueros y pieles y es bastante crítica para el proceso, ya que al detenerse esta los cueros no pueden continuar con el proceso de remojo, puesto que al finalizar el tratamiento no cumplirá con los requerimientos del producto final requerido por el cliente. |
| Escurridora | La escurridora permite quitar el excedente de agua y químicos utilizados para hidratar el cuero y las pieles y a su vez para tratar estas. Al estar detenida no permite eliminar la cantidad suficiente de agua y humedad requerida para continuar con el proceso; es por esto por lo que es bastante crítica. Una alternativa es escurrir al ambiente, sin embargo, esto no permite recoger todos los químicos utilizados para el tratamiento, por lo que genera contaminación y un tratamiento incorrecto de las pieles y cueros. |
| Pulidoras | Las pulidoras permiten eliminar las imperfecciones de los cueros, reducir la cantidad de pelo que presentan o incluso darle el acabado liso característico de las pieles. Por este motivo se vuelve bastante crítico en el proceso, puesto que el producto final no cumplirá con las expectativas y requerimientos de calidad. |

Continuación de la tabla 6.

| | |
|---|--|
| Tambor de tinción, neutralizado e hidratación | El tambor es la otra alternativa a la escurridora, sin embargo, al no estar disponible el proceso no puede continuar puesto que, si se requiere, no se podrán teñir las pieles y cueros además de que será imposible hidratarlos de la forma requerida y adecuada. |
| Máquina de pigmentación | La máquina de pigmentación permite añadir laca y a su vez secar esta. La laca permite darles un mejor acabado a los cueros y es parte del último proceso de curtir el cuero para, posteriormente, ser trasladado al área de manufactura. |

Nota. Identificación de las máquinas y el proceso efectuado.. Elaboración propia, realizado en Word.

4.2. Determinar las actividades necesarias para la realización del mantenimiento preventivo de la maquinaria que compone la línea de producción, según las fallas identificadas de cada maquinaria

En el capítulo 3 se detallaron las máquinas críticas que eran utilizadas en el proceso productivo; además, se detallaron los problemas que generaban dichas máquinas, los cuales estaban centrados en:

- Problemas neumáticos en las mangueras y sistemas de admisión de aire comprimido, para máquina de escurrido y rebajado.
- Problemas en sistemas de fuerza de motores teniendo una repercusión en poleas, fajas y velocidades de transporte, esto en las máquinas de pigmentación y el tambor.

- Ventiladores de extracción de polvos en máquina de pulido.

Por esta razón se definió y detalló un formato que, de forma general, ayudaría a establecer el mantenimiento necesario para cada máquina. Se detallaron de forma general, puesto que las máquinas de escurrido y rebajado trabajan con sistemas neumáticos; mismos que han presentado problemas y, por lo tanto, la fuerza administrada a sus rodillos varía y afecta de forma directa el procesamiento de las pieles y cueros.

Como bien se determinó con anterioridad, uno de los aspectos que requería establecer la mejora en el proceso de curtir el cuero y pieles era el sistema neumático que brindaba la presión a los rodillos de las máquinas de escurrido y rebajado, e incluso a la máquina de pulir. Este sistema, perdía presión al ser utilizado de manera constante o luego de cierto tiempo; las razones que se pudieron encontrar y para las cuales se plantearon soluciones son las siguientes:

- Pérdida de presión, por manómetro de compresores en mal estado.
- Purga incorrecta de los compresores, misma que no permitía la generación de aire de buena calidad.
- Inconvenientes en la lubricación del sistema neumático.
- Conexiones del sistema neumático en mal estado.
- Fallo en válvulas.

Para el caso de los sistemas neumáticos se estableció un mantenimiento variable, puesto que tiene diversos componentes y por esta razón se debía de revisar todos y cada uno de ellos. El sistema estaba compuesto de compresores, válvulas, filtros, mangueras, entre otros, por lo que cada uno tiene un tiempo de vida variable entre ellos.

Los aspectos que se encontraron a raíz de las fallas y que quedaron como requerimientos por revisar al momento de la realización del mantenimiento, se basan en los problemas que se tenían en el sistema, al momento de la investigación, los cuales consistieron en:

- Revisión y/o cambio de filtro de aire
- Cambio de filtro de aceite
- Cambio de aceite
- Revisión de tensión de correas, con posible cambio si estas se encuentran en mal estado
- Revisión de válvulas de control
- Revisión de mangueras y conexiones del sistema

En la línea de producción, eran los motores los que producían la fuerza en los rodamientos y la máquina de pigmentación; además permitían el movimiento lineal del cuero en la aplicación de la laca. También eran utilizados en el tambor de funcionamiento; este disponía de un motor de aproximadamente 5 CV, brindando el movimiento rotacional. Para el caso de estos motores, se estableció que los mantenimientos deberían de ejecutarse días sábado cada 4 semanas, o cada mes. El servicio de mantenimiento tendría una duración de aproximada de 2 horas, mismas en las que se revisarán, además del correcto funcionamiento, los siguientes datos:

- Voltaje
- Amperaje
- Temperatura
- Ruido
- RPM
- Lubricación

Existen ciertas actividades que, al ser analizadas, se debían de llevar a cabo cada mes, como la limpieza. Sin embargo, otras actividades fueron calendarizadas para realizarse con un intervalo de tiempo distinto, puesto que no era necesario o prudente realizarlo cada mes. Todos los aspectos por revisar en cada mantenimiento quedaron plasmados en las fichas de mantenimiento.

El mantenimiento de los ventiladores, comparado con el mantenimiento de motores, poleas y fajas, fue uno de los más simples de establecer, y realizar, puesto que se trataba únicamente de problemas de lubricación; todas las actividades fueron detalladas en la ficha de mantenimiento. En ciertas ocasiones debieron realizarse paros de emergencia de las máquinas, por el exceso de polvo y residuos en el ambiente, mismos que podrían llegar a afectar la impregnación de la laca y químicos en el tratamiento de las pieles y cuero, además de generar contaminación dentro del área.

Como bien se indicó, otro de los aspectos a cubrir con el programa de mantenimiento era el de los ventiladores de extracción utilizados en la máquina de pulir, mismos que servían para eliminar todos los residuos de pelos, pieles y cuero. Estos tendían a bajar su velocidad de giro al momento en que el proceso de pulido iniciaba; la raíz del problema, según se analizó, era debido a la falta de lubricación, pues estos se llenaban de polvillo de los residuos, mismos que llegaban a atascar los ejes al no tener una limpieza adecuada y constante.

En varias ocasiones se atascaron, no sin antes producir bastante ruido; alerta que ya era vista en la planta o área productiva, como una señal de que pronto se pararía, y, por consiguiente, generaría un paro en la máquina y el proceso.

Existían otros aspectos que afectaban el correcto funcionamiento de los ventiladores, como el anclaje o componentes de montaje, pues estos, al no estar bien sujetos, tendían a moverse e incluso a caerse de su posición ideal. Por este motivo se definió como uno de los aspectos que tenía que inspeccionarse en cada mantenimiento. A continuación, se presenta la lista de aspectos de revisión y más adelante la ficha que indica la recurrencia en que se realizan las mismas.

- Revisión de componentes de anclaje
- Revisión de lubricación entre eje y aspas
- Revisión de motor eléctrico
- Aspirado y/o sopleteado de componentes de motor eléctrico
- Limpieza de aspas
- Verificación de cableado

En el transcurso del tiempo, de no ser posible el mantenimiento preventivo de las máquinas o equipos para los motores y/o ventiladores, se estipuló un reemplazo con una de características similares para evitar adaptaciones que puedan perjudicar a nivel productivo, o bien, a nivel económico.

Al igual que con los motores y ventiladores, se determinó que podría llegar a requerirse cambios en las válvulas, mangueras o demás componentes del sistema neumático; estos cambios deberán de procurar ser realizados si no existe alternativa de reparación y deberá de ser cambiado por un componente que cumpla con las condiciones y parámetros correctos y requeridos.

4.3. Documentar los procedimientos realizados para el correcto mantenimiento y funcionamiento de la maquinaria y equipos utilizados

Acorde a las necesidades de mantenimiento de los motores, ventiladores y el sistema neumático en diversas máquinas del proceso, se establecieron fichas con las rutinas de mantenimiento requeridas para garantizar su correcto funcionamiento.

Como bien se mencionó en el inciso anterior, se establecieron rutinas para verificar que se realicen los mantenimientos preventivos a las máquinas y equipos, según su necesidad. Por esto mismo se presenta la siguiente ficha de mantenimiento que fue utilizada para darle seguimiento y que también sirvió para documentar que el mantenimiento fuera realizado correctamente en los motores.

Tabla 7.

Ficha de mantenimiento de motores

| FICHA DE MANTENIMIENTO DE MOTORES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|--|
| Ítem No | Rutina de mantenimiento | Fecha de realización de mantenimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | S E P | S E P | O C T | O C T | N O V | N O V | D I C | D I C | E N E | E N E | F E B | F E B | M A R | M A R | A B R | A B R | M A Y | M A Y | J U N | J U N | J U L | J U L | A G O | A G O | | |
| 1 | Chequeo de ruidos | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| 2 | Chequeo de vibraciones | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| 3 | Limpieza exterior de la unidad | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| 4 | Revisión de sistema eléctrico | | | | | X | | | | | | X | | | | | | X | | | | | | | X | | |
| 5 | Medición de amperaje | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| 6 | Medición de voltaje | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| 7 | Tensión de correas | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | | |
| 8 | Revisión de alineación de poleas | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| 9 | Reapriete de tornillos | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| 10 | Revisión de pintura de motor | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | |

Se marca con una "X" la actividad que se debe de realizar, misma que tiene una temporalidad. Al lado se brinda una casilla para marcar que la actividad se ha realizado debidamente.

Nota. Ficha de control de mantenimiento de motores.. Elaboración propia, realizado en Word.

Tabla 8.

Ficha de mantenimiento de sistema neumático

| FICHA DE MANTENIMIENTO DE SISTEMA NEUMÁTICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| I t e m No. | Rutina de mantenimiento | Fecha de realización de mantenimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | S E P | S E P | O C T | O C T | N O V | N O V | D I C | D I C | E N E | E N E | F E B | F E B | M A R | M A R | A B R | A B R | M A Y | M A Y | J U N | J U N | J U L | J U L | A G O | A G O |
| 1 | Cambio de aceite | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| 2 | Cambio de filtro de aceite | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| 3 | Cambio de filtro de aire | X | | | | | | | | X | | | | | | | | | X | | | | | | |
| 4 | Cambio de filtro separador | | | | | X | | | | | | X | | | | | | | X | | | | | X | |
| 5 | Revisión de válvulas de control | X | | | | | | X | | | | | | X | | | | | | X | | | | | |
| 6 | Control de presión | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| 7 | Tensión de correas | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| 8 | Revisión de mezcla de aire-aceite | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| 9 | Purga del sistema (2 por mes) | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | |
| 10 | Revisión de conexiones del sistema | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | | | | |

Se marca con una "X" la actividad que se debe de realizar, misma que tiene una temporalidad. Al lado se brinda una casilla para marcar que la actividad se ha realizado debidamente.

Nota. Ficha de control de mantenimiento de neumáticos.. Elaboración propia, realizado en Word.

Para el caso del sistema neumático que alimenta a diversas máquinas y equipos durante el proceso se determinó la ficha de mantenimiento presentada en la tabla 8. Al igual que se presentó una ficha de mantenimiento para motores y el sistema neumático, también se diseñó una para los ventiladores de extracción, esta se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9.

Ficha de mantenimiento de ventiladores extractores

| FICHA DE MANTENIMIENTO PARA VENTILADORES EXTRACTORES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ítem No. | Rutina de mantenimiento | Fecha de realización de mantenimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | S E P | S E P | O C T | O C T | N O V | N O V | D I C | D I C | E N E | E N E | F E B | F E B | M A R | M A R | A B R | A B R | M A Y | M A Y | J U N | J U N | J U L |
| 1 | Revisión de fijaciones y montaje | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | X | | |
| 2 | Lubricación de eje | X | | | | | | X | | | | | | X | | | | | | X | | |
| 3 | Lubricación de motor | X | | | | | | X | | | | | | X | | | | | | X | | |
| 4 | Chequeo de ruidos | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | X | |
| 5 | Chequeo de vibración | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | | X | | | X | |
| 6 | Revisión de sistema eléctrico | X | | | | | | X | | | | | | X | | | | | | X | | |
| 7 | Revisión de alineación de eje | X | | | | | | X | | | | | | X | | | | | | X | | |
| 8 | Limpieza de aspas (2 por mes) | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| Se marca con una "X" la actividad que se debe de realizar, misma que tiene una temporalidad. Al lado se brinda una casilla para marcar que la actividad se ha realizado debidamente. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota. Ficha de control de mantenimiento de ventiladores extractores.. Elaboración propia, realizado en Word.

Cabe mencionar que una vez finalizado el levantamiento de información y formuladas las fichas de mantenimiento se realizaron pruebas piloto con los formatos establecidos; en este caso se logró encontrar diversos componentes que estaban en un estado deplorable y afectaban el correcto funcionamiento de las maquinarias; posterior a ello, llegaban a ralentizar el proceso productivo.

Entre los meses de agosto a octubre de 2022 se empezó a ejecutar una prueba piloto del plan de mantenimiento preventivo por las partes interesadas y personal a cargo, tanto del área productiva como de procesos. Este seguimiento se realizó con las fichas de mantenimiento presentadas, obteniendo resultados satisfactorios puesto que, en esos tres meses de inspecciones y evaluaciones de componentes del sistema, junto con las fichas de mantenimiento, se encontraron inconvenientes en las crucetas de los ejes rotores de los motores, conexiones incorrectas y pérdidas de aceite; esto para las inspecciones de los motores.

Figura 13.

Inconvenientes encontrados en conexiones



Nota. Conexiones dañadas detectadas en la empresa de elaboración de productos de cuero.
Elaboración propia.

Los seguimientos a los sistemas neumáticos fueron realizados con las fichas de inspección, dando como resultado el hallazgo de válvulas, mangueras y medidores en estado deplorable. Una vez identificados los problemas del sistema, los cambios fueron realizados; con este cambio se redujo a uno el número de veces que el sistema neumático presentó inconvenientes y ralentizó el proceso productivo; realmente no llegó a detener dicho proceso pues se identificó el inconveniente y fue solventado en su momento.

Al igual que con los motores y sistemas neumáticos, las fichas de mantenimiento y seguimiento para ventiladores de extracción fueron utilizadas a cabalidad, según la información obtenida; únicamente se realizaron remplazos, pues no era posible reparar los componentes de estos.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como bien se definió al inicio del proyecto y posterior investigación en la empresa, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria utilizada en la elaboración de productos de cuero. El desarrollo de la investigación, realizado en el área productiva de la empresa, permitió conocer sus necesidades como tener un sistema de mantenimiento preventivo para toda el área productiva, con la finalidad de dar solución a todos los aspectos que podían generar problemática en la planta.

En este caso era recalcar el mantenimiento requerido y necesario por cada máquina o equipo, puesto que tienen un tiempo de vida establecido y, si los mantenimientos no se realizaban acorde al uso y/o necesidades, fallaban de forma más rápida o incluso, de manera más estrepitosa, afectando por más tiempo al proceso.

La investigación permitió determinar los problemas con los que contaba en ese momento el área de producción en relación con las máquinas utilizadas; de esta forma fue posible plantear soluciones como el mantenimiento preventivo para motores, sistema neumático y ventiladores. Dicha solución fue aplicable a los equipos identificados como críticos en el proceso productivo y es por esta razón que se planteó realizar los mantenimientos en forma proactiva a cada una de las máquinas y/o equipos críticos. El mantenimiento buscaba evitar y reducir los paros productivos con los que contaba la empresa antes del inicio del proyecto, con la finalidad de reducir el incremento de fallas y mantener los equipos en estado óptimo.

Durante el tiempo de la investigación se conocieron e identificaron los equipos y/o maquinarias que se utilizaban día a día en el proceso productivo; de esta manera se esquematizó el proceso productivo según las maquinarias que estaban inmersas en este. A través del esquema representado en la tabla 6, se pudo identificar una serie de errores en máquinas como la rebajadora, la escurridora, la máquina de pigmentación, entre otras, mismas que tendían a realizar tareas irremplazables, puesto que no era viable trasladar el cuero o las pieles sin el tratamiento correcto.

Al momento de establecer la criticidad de las máquinas y las necesidades de cada una de ellas para continuar con su proceso operativo correcto, se diseñaron rutinas para llevar a cabo los mantenimientos de las maquinarias y a su vez, documentar la forma en que estos se deben de seguir realizando con la finalidad de dejar las maquinarias en condiciones óptimas para su funcionamiento correcto y a tiempo, para la producción.

Estas rutinas fueron descritas en el capítulo 4, sin embargo, cabe aclarar que las mismas se establecieron para seguirse de manera correcta y de la mejor manera con la finalidad de dejar el equipo y máquinas en óptimas condiciones; además, estas permitirán identificar errores que puedan sufrir las máquinas en un futuro. De no realizarse de forma correcta y rutinaria el mantenimiento de las máquinas, podrán pasarse por alto situaciones que afecten en un futuro a todo el proceso productivo.

Las rutinas se establecieron según el flujo productivo que se presentaba en la empresa, al momento de la investigación. Se establecieron según diversos parámetros, como el uso de la máquina, tipo de componente por revisar y/o limpiar, entre otros factores. De esta forma se identificó que la mejor forma de realizarse era fuera del horario laboral u horario productivo; por tal motivo se

escogió realizar los mantenimientos y revisiones a las máquinas y equipos los días sábado, puesto que regularmente no se labora en un horario extendido en esos días.

A raíz del establecimiento de las rutinas se crea la necesidad de documentar que efectivamente los mantenimientos y revisiones se realizaron de forma correcta y en tiempo adecuado y establecido, por tal motivo se elaboraron fichas de mantenimiento mismas que permitían realizar las revisiones de los diversos componentes o sistemas para darle solución a la brevedad, evitando a futuro los paros aleatorios que se tienen en el área de curtición o tratamiento de pieles. Las fichas brindaban, y seguirán brindando, el soporte al personal de mantenimiento para demostrar que se ha realizado de la manera correcta y con los tiempos establecidos.

Cabe recalcar que al realizar los mantenimientos de forma correcta, según las fichas de mantenimiento, se pueden identificar y encontrar inconvenientes adicionales en los componentes, como problemas de ejes, de fajas, de válvulas, manómetros, mangueras, entre otros, permitiendo notificar al encargado de producción y de procesos para darle seguimiento y hacer el requerimiento de piezas para hacer los cambios pertinentes, si se llegase a necesitar.

Muchas de las situaciones que afectaban al área de producción, o tratamiento de pieles y cueros, era la falta de dedicación y mantenimiento que se tenía. Al momento de realizar el proyecto, la empresa únicamente contaba con un mantenimiento reactivo, es decir, actuaban únicamente cuando tenían fallas mayores que les afectaba todo el proceso productivo, no solo al tratamiento de pieles. No se preocupaban de velar porque los equipos se mantuvieran a su capacidad y estado óptimo, ni por invertir en equipos que podían brindar mejores soluciones a sus necesidades del momento.

Al momento del desarrollo del proyecto se encontraron equipos que tenían ya más de 10 años de trabajo con, casi, cero mantenimientos. Por esto mismo se estableció desde la parte de gerencia de empezar a darle servicio a las máquinas, pues los paros les habían llegado a afectar de manera económica.

5.1. Fichas de mantenimiento

En la tabla 7 se presentó la ficha que se utilizará para darle mantenimiento a los motores del área de producción, mismos que son utilizados para alimentar y dar fuerza a las máquinas de neutralizado y de pigmentación.

De la misma manera, en la tabla 8 se presentó la ficha de mantenimiento preventivo básico del sistema neumático que alimentaba las máquinas de escurrido, rebajado y pulido.

Para los ventiladores que se utilizaban en la extracción de polvos, residuos de pelos del cuero o pieles, se estableció también una ficha que permitía, y permitirá, evaluar si efectivamente se realizó o no el trabajo debido; dicha ficha fue representada en la tabla 9.

Estas fichas se realizaron con la finalidad de buscar y garantizar que los equipos se encuentren siempre en óptimas condiciones y listos para su trabajo diario. De la misma manera, dichas fichas permiten la correcta y adecuada documentación y verificación respecto de si el mantenimiento se realizó de forma establecida y requerida, en el tiempo adecuado. Vale la pena recalcar que el seguimiento a cabalidad de las fichas de mantenimiento, a futuro, permitirán determinar si la máquina o equipo están prontos a fallar, en este caso, será el personal encargado de los mantenimientos quien presente observaciones al encargado de planta para que puedan prevenir cualquier situación a futuro.

5.2. Cambios en el área

En el área de la línea de producción también se realizaban otros procesos que tendían a estropear el *layout* o distribución con la que contaba el área del proceso de curtido tales como: el transporte de cueros y pieles para secado al aire, el pulido de piezas del área de manufactura, entre otras. Por este motivo se presentó en un croquis la forma ideal en que el área debería de estar distribuida para evitar la interferencia de los procesos. También se da a conocer la forma que tenía la planta al momento de la investigación; esto se realiza para demostrar el porqué de los cambios.

Figura 14.

Croquis del proceso productivo actual

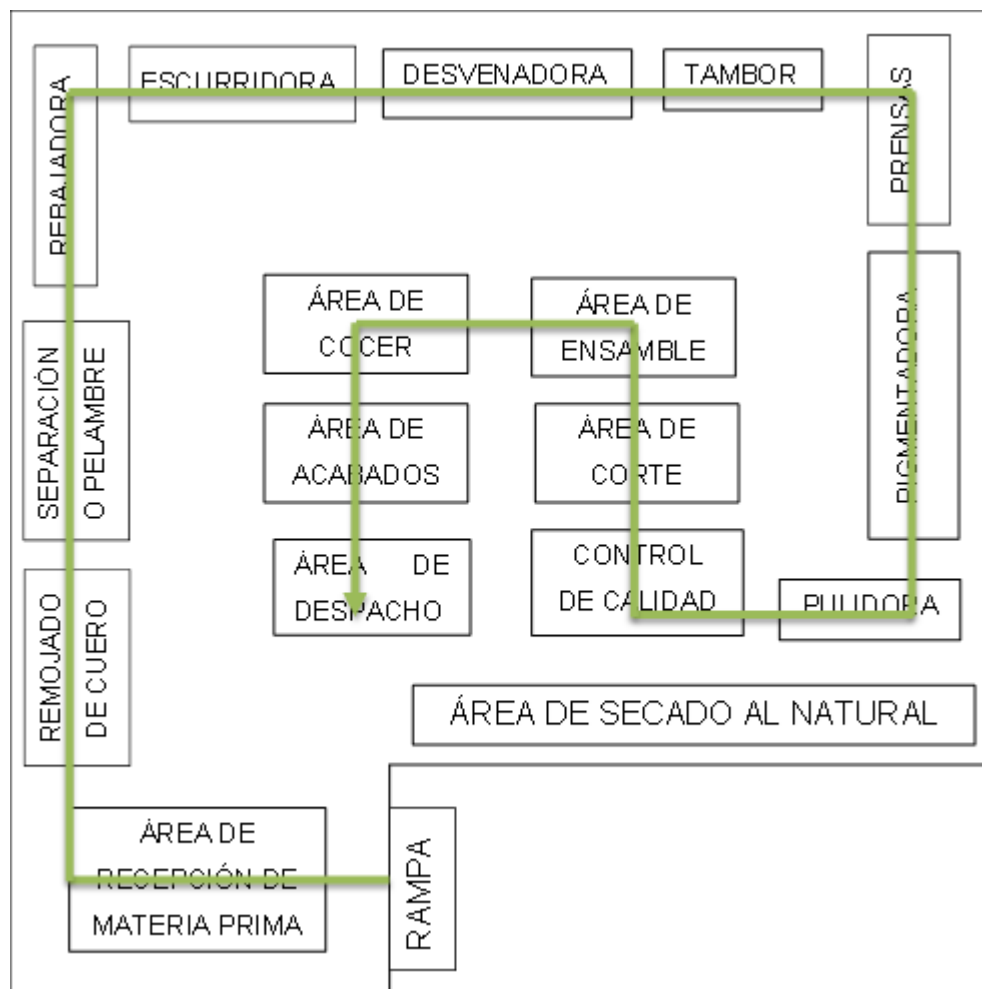


Nota. Ubicación actual de las diversas áreas del proceso de producción.. Elaboración propia, realizado en Word.

La línea verde representa la forma en que el proceso se comportaba la mayor parte del tiempo, cuando el tratamiento del cuero no tenía exigencias de un secado al natural.

Figura 15.

Croquis de propuesta para el proceso



Nota. Comportamiento del proceso cuando el tratamiento del cuero no tenía exigencias de un secado al natural. Elaboración propia, realizado en Word.

CONCLUSIONES

1. Se estableció un plan de mantenimiento preventivo en una empresa de productos de cuero ubicada en Villa Nueva, Guatemala, con la finalidad de realizar chequeos de rutina de las máquinas y equipos utilizados en la línea de producción. Con una implementación piloto se logró en tres meses reducir a una las fallas de los sistemas neumáticos, en comparación con el histórico; 4 ocasiones, fue una reducción del 400 %.
2. Con la elaboración del esquema de identificación de equipos utilizados en el proceso productivo de la empresa se realizaron chequeos aleatorios y predeterminados a los diversos componentes de las maquinarias. Este esquema permitió evidenciar problemas en válvulas, conexiones eléctricas, entre otras, mismas que pudieron ser solventadas, evitando mayores inconvenientes a la línea productiva.
3. Las fichas de mantenimiento permitieron establecer los períodos y tareas por realizar para llevar a cabo el mantenimiento preventivo de los diversos componentes de motores, ventiladores y componentes neumáticos que, al momento de la investigación, eran los que afectaban el proceso productivo. Fueron generados de forma lógica con la finalidad de no estropear la funcionalidad del proceso; cabe mencionar que hay labores que no requieren de una repitencia constante, sin embargo, hay actividades que se deben de realizar de manera permanente.
4. Las fichas de mantenimiento fueron generadas acorde a las necesidades de cada maquinaria y sus componentes; permitieron documentar todas y

cada una de las actividades que en ellas se detallan y brindar certeza de que el mantenimiento fue realizado de forma adecuada y requerida. Con esto se garantiza que el equipo y sus componentes se encuentran en óptimas condiciones, generando una disponibilidad inmediata.

RECOMENDACIONES

1. Asegurar la realización de todas y cada una de las actividades establecidas en las fichas de mantenimiento según el calendario que estas brindan, con la finalidad de evitar inconvenientes en el proceso.
2. Realizar una verificación periódica del estado de las máquinas y, a su vez, determinar qué maquinaria pudiese estar sufriendo inconvenientes con la finalidad de solventar su situación y así garantizar que la producción no tenga inconvenientes en cantidades y fechas de los entregables.
3. Capacitar al personal involucrado en el mantenimiento de los distintos componentes, puesto que existen labores como el arme y desarme de motores, las cuales requieren de un conocimiento adicional, mismo que permitirá realizar las labores de una mejor forma. En el desarrollo deberá estar involucrado el supervisor de procesos de planta.
4. Identificar posibles mejoras a las fichas de mantenimiento propuestas, puesto que fueron diseñadas con el flujo de trabajo que se tenía al momento del desarrollo de la investigación. Por esta razón, se deberá revisar cada cierto tiempo, por ejemplo 6 meses, si sigue cumpliendo con las necesidades previamente establecidas, si debe de mejorarse, o bien, adaptarse al flujo que tenga la planta en ese momento.

REFERENCIAS

- Arreaga, O. (2020). *Diseño de plan de mantenimiento predictivo a generador de potencia empleando la técnica de vibraciones mecánicas y descargas parciales, en planta hidroeléctrica Jurún Marinalá Inde, Guatemala, Guatemala*. [Tesis de maestría, Universidad San de Carlos de Guatemala]. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUSAC14808/Simila>.
- Barretto, S. (2006). *Diseño de calzado urbano*. Argentina: NOBUKO/DISEÑO Editorial.
- Chivichón López, A. (2009). *Propuestas para mejorar el flujo de producción, de una empresa dedicada al procesameinto del cuero vacuno*. (Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2024_IN.pdf.
- Creus Solé, A. (2010). *Neumática e hidráulica*. España: Marcombo.
- Estrada, J. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo aplicado a los compresores de aire para la fábrica de pisos, azulejos y fachaletas cerámicas de Samboro, S.A., basado en la norma ISO 17359*. [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0746_MT.pdf.
- García Garrido, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. España: Editorial Díaz de Santos, S. A.

Garza, Job. (s.f.). *Principios de mantenimiento industrial y de instalaciones*. [Archivo PDF] <https://cursos.aiu.edu/Mantenimiento%20Industrial/PDF/Tema%201.pdf>.

G.B.L. (s.f.). *Officina Meccanica*. <https://www.gblitaly.it/es/presse-in-continuo/>.

GESTEQUIP (2022). *Líneas de pigmentación y secado*. <http://gestequip-repuestos.com/cabina-de-pintura/>.

Gómez, F. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. España: Universidad de Murcia.

González, F. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. España: Fundación CONFEMETAL.

González, R. (s. f.). *Diseño y selección de procesos*. Mar de plata, Argentina.

HIGHTEX, H. (2006). *Máquina de dividir piel para taller artesanal de cuero y guarnicionería*. <https://www.cowboysew.com/es-Producto8b.htm>.

Jiménez Raya, F. (2018). *Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial*. ELEM0311. España: IC Editorial.

Lozano Arias, O. (2009). *Mantenimiento y costos de gestión en un sector empresarial*. [Tesis de Ingeniería Mecánica, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia]. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4347/OscarJose_LozanoArias_2009.PDF;sequence=1.

Made-in-china. (s.f.). *Made-in-china*. https://es.made-in-china.com/co_tannerymachine/product_Leather-Polishing-Machine-for-Tannery_egshnriig.html.

Mary Dávila, V. (2012). *Estrategias para el mejoramiento de la planificación del mantenimiento de las plantas petroquímicas en el estado Zulia*. Maracaibo, Venezuela. [Tesis, Universidad Privada Dr. Rafael Bellosó Chacín, Venezuela]. <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0093358/intro.pdf>.

Morales, A. (2005). *Intervención del diseño industrial en la innovación del proceso de acabado del cuero y diversificación de nuevos productos competitivos en Guatemala*. [Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad Rafael Landívar]. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/lote01/Morales-Alejandra.pdf>.

Prado, P., Hernández, V, Coj, M., Pineda, I. y Ventura, E. (2010), *El sector textil y confección y el desarrollo sostenible en Guatemala*, Documento de Fondo No. 6, International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva, Switzerland. <file:///C:/Users/mayra/Downloads/374027652-El-sector-textil-y-confeccion-y-el-desarrollo-sostenible-en-guatemala-pdf.pdf>.

Ramos, G. (2014). *Economía gestiona a tu favor*. Guatemala. <https://economia.org/mantenimiento.php>

Rodríguez Cervantes, P. , Brú, J., Pérez González, A. (2007). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. España: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.

- Ruiz Vadillo, D. (2022). *Mantenimiento preventivo de instalaciones de climatización y ventilación-extracción*. IMAR0208. España: IC Editorial.
- SEGUAS. (s.f.). *Blog Seguas: ¿Qué es el mantenimiento industrial?* Zaragoza, España. <http://www.seguas.com/la-importancia-del-mantenimiento-en-instalaciones-industriales/>.
- SICEX (2019). *Industria del cuero: gran potencial y escalabilidad en el mercado*. Bogotá, Colombia. <https://sicex.com/blog/industria-del-cuero-gran-potencial-y-escalabilidad-en-el-mercado/>.
- Sierra, G. (2004). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa Metalmecánica Industrias AVM S.A.* Bucaramanga, Santander, Colombia. [Tesis, Universidad Industrial de Santander, Colombia]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>.
- SoloStocks. (s.f.). *Bombo para curtido de pieles*. solostocks. <https://www.solostocks.com/>.
- Souris, J. (1992). *El mantenimiento, fuente de beneficios*. España: Díaz de Santos.
- Torres, L. (2015). *Gestión integral de activos físicos y mantenimiento*. Colombia: Alpha Editorial.
- UF1965 (2014). *Operaciones auxiliares en el mantenimiento de equipos eléctricos*. España: Editorial E-learning, S. L.

Universitat Jaume (2006). La comunicació corporativa en el àmbit local. (2006). España: Servei de Comunicació i Publicacions.

Veras, H. (2009). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la industria de café quetzal.* Guatemala, Guatemala. [Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala].
<https://www.doccity.com/es/plan-de-mantenimiento-3/5765873/>.

Williams, D., y Gracey, A. (2010). *Mantenimiento y funcionamiento de silos.* Italia: FAO.

APÉNDICES

Apéndice 1.

Formato de entrevista de investigación

| REGISTRO DE ENTREVISTA DE INVESTIGACIÓN | | NO. |
|--|--|-------------------------|
| Puesto del entrevistado: | | Fecha de la entrevista: |
| Evento que generó la entrevista: | | |
| RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENTREVISTA | | |
| Versión del entrevistado | | |
| Origen del evento, según el entrevistado | | |

Nota. Formato para anotar la información recabada en una entrevista. Elaboración propia.

Apéndice 2.

Matriz de coherencia del proyecto

| Objetivos | Variables | Indicadores | Técnica e instrumentos | Metodología |
|---|---|--|---------------------------------------|--|
| Elaborar un esquema para la identificación de equipos, así como su criticidad en la línea de producción. | Características mecánicas de la maquinaria, y de componentes | Cantidad de procesos en los que se ve inmerso. | Fichas técnicas | Revisión y estudio de fichas técnicas de las maquinarias. |
| | Establecimiento de posición en el proceso productivo. | Flujograma de producción de las piezas elaboradas. | Flujogramas de trabajo | Determinación de criticidad de la maquinaria. |
| | Cantidad de procesos en los que se ven implicados la maquinaria y equipo. | | | |
| Establecer las nuevas rutinas para el plan de mantenimiento, según las necesidades de la maquinaria | Implementación de nuevas tecnologías en el procesamiento del cuero. | Tamaño de piezas procesadas. | Hojas de registro de producción. | Revisión de manuales de maquinarias. |
| | | Cantidad de piezas requeridas. | Instructivos de trabajo. | Establecimiento de registros productivos. |
| | Cantidad de maquinarias en el área productiva. | Cantidad de piezas procesadas | Manuales de maquinaria. | Determinación de cantidad de procesos que realiza la maquinaria. |
| | Diversidad de maquinarias en el área productiva. | | | |
| Documentar los procedimientos realizados para el correcto mantenimiento y funcionamiento de la maquinaria y equipos utilizados. | Cantidad de maquinarias establecidas en los procedimientos. | Cantidad de mantenimientos realizados a las maquinarias. | Manuales de mantenimiento preventivo. | Establecimiento de planes operativos. |
| | Cantidad de maquinarias en el área productiva. | Cantidad de maquinarias establecidas para mantenimiento. | Instructivos de trabajo. | Definición y calendarización de servicios a maquinaria. |
| | Diversidad de maquinarias en el área productiva. | | | Determinación de tipo de servicio que la maquinaria requiere. |

Nota. Objetivos, variables, indicadores, técnica e instrumentos y metodología del proyecto.
Elaboración propia.