

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA UNA MÁQUINA  
MONTADORA DE PUNTAS EN LA EMPRESA CROYDON S.A.**

**CRISTIAN DAVID CASTILLO VARGAS**

Proyecto integral de grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Orientador

Carlos Infante Niño

Ingeniero Mecánico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C.

2021

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Carlos Infante Niño  
Firma del Director

---

Ing. Edgar Arturo Chalá Bustamante  
Firma del Presidente Jurado

---

Ing. Edgar Arturo Chalá Bustamante  
Firma del Jurado

---

Ing. Imer Mosquera Aguilar  
Firma del Jurado

Bogotá D.C. Mayo de 2021

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCIA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. ALEXANDRA MEJIA GARZÓN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSÉ LUÍS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. MARÍA ANGÉLICA ACOSTA PÉREZ

## DEDICATORIA

*De primera mano agradezco el inmenso esfuerzo de mi madre de sacarme adelante con mis estudios, mi deporte, mis actividades y su gran paciencia y amor, aunque sé que debo retribuirle muchísimo no solo como futuro profesional sino como hombre de buenos valores y correcto comportamiento.*

*Agradecido con la gran cantidad de personas que estuvieron presentes en mi vida universitaria, gracias a ellos crecí tanto personalmente como conscientemente, pido disculpas de no ser el más aplicado, pero si el más leal de las personas que han conocido así que este trabajo es para ellos:*

*Dayanna mi pareja en la universidad que me ayudo hacer una persona más responsable y luchador no solo dándome su hombro de apoyo sino su espíritu de lucha y justicia, mis amigos Harry, Migué, Nico, Melissa, Sebastián y Santiago que desde temprano los conocí siempre estuvimos hay creciendo como personas unos más rápidos que otros, nuevos amigos y compañeros como Caicedo, Usumaki, Andresito, el Inge Orjuela, Angela, I. Angelita, Kata, Kate, Angelica, Fabio, Julián y Alvarito.*

*Gracias a ellos estoy en un punto de mi vida donde el conocerlos me sirvió a llegar donde estoy para bien o para mal con afecto, amor y gratitud este proyecto es para ustedes.*

*Cristian David Castillo Vargas ♠*

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

**CROYDON S.A.**, empresa que por los años que me tuvo presente como empleado y darme la oportunidad de trabajar en un proyecto para ellos deseando su pronta aplicación ya que al ser una empresa que llega a querer mucho apropiándome como mía.

Agradezco desde el fondo de mi corazón a todos los profesores de la universidad de América dignos de admirar, seguir sus pasos profesionalmente como personalmente

**Ing. Jairo Uscategui**, como compañero de clases y colega con quién compartimos las últimas etapas de la carrera y quien hasta el final me tendió la mano sin esperar nada a cambio.

**Ing. Carlos Arturo Mendoza Neira**, profesor e ingeniero que siempre estará en el tópicó como el mejor profesor de la carrera, super dedicado a su trabajo y a sus alumnos

A todas las personas que consciente o inconscientemente han colaborado y acompañado en este tiempo, su apoyo y confianza depositada, se ven reflejados en este trabajo.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados Calificadores y el Cuerpo docente no son responsables Por los criterios e ideas expuestas en el Presente documento. Estos Corresponden únicamente a los autores.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
<b>1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA ELABORACION CALZADO</b>	18
1.1 Descripción de la empresa	18
1.1.1 <i>Misión de la empresa</i>	18
1.1.2 <i>Visión de la empresa</i>	19
1.1.3 <i>Organización</i>	19
1.2 Caracterización y descripción de la maquina montadora de puntas	19
1.3 Descripción del proceso productivo de la elaboración de un calzado escolar en CROYDON S.A.	21
1.3.1 <i>Obtención del material</i>	22
1.3.2 <i>Manejo del material</i>	24
1.3.3 <i>Ensamblaje del material</i>	26
1.3.4 <i>Terminado</i>	35
1.3.5 <i>Diagrama resumen del proceso productivo</i>	37
1.4 Variables de producción durante el proceso de elaboración de puntas sobre el calzado	37
1.5 Nivel de producción	38
1.6 Delimitación sobre los parámetros crítico	40
<b>2. DIAGNOSTICO SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA Y EVALUAR LA METODOLOGÍA MÁS ADECUADA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO</b>	42
2.1 Descripción del estado actual del mantenimiento	42
2.2 Estudio de los sistemas que conforman la máquina montadora de puntas	44
2.2.1 <i>Subsistema estructural</i>	44
2.2.2 <i>Subsistema mecánico</i>	46
2.2.3 <i>Subsistema neumático</i>	48

<b>2.2.4 Subsistema eléctrico</b>	49
<b>2.2.5 Subsistema de control</b>	50
<b>2.3 Registro de mantenimiento correctivo aplicados en la máquina montadora de puntas</b>	50
<b>2.4 Establecer las condiciones de producción y modo funcional de la máquina después de la puesta de mantenimiento.</b>	51
<b>2.5 Identificar que metodologías de mantenimiento se podrían estudiar sobre la máquina</b>	52
<b>2.5.1 Tipos de mantenimiento</b>	52
<b>2.5.2 Criterios de evaluación para un plan de mantenimiento</b>	56
<b>2.5.3 Selección de plan de mantenimiento</b>	56
<b>3. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE MODO DE FALLA Y EFECTO</b>	58
<b>3.1 ¿Qué es AMEF?</b>	58
<b>3.1.1 Tipos de AMEF.</b>	58
<b>3.1.2 Ventajas del AMEF</b>	59
<b>3.2 Metodología</b>	59
<b>3.2.1 Análisis de criticidad del proceso productivo</b>	60
<b>3.2.2 Clasificación de equipos</b>	61
<b>3.2.3 Selección del equipo más crítico dentro del proceso productivo</b>	63
<b>3.2.4 Análisis de criticidad del equipo seleccionado</b>	65
<b>3.2.5 Historial de fallas</b>	68
<b>3.2.6 Análisis de modo de falla y efecto</b>	72
<b>3.2.7 Formatos de mantenimiento</b>	84
<b>4. ANALISIS FINANCIERO Y EL IMPACTO AMBIENTAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DESARROLLADO</b>	91
<b>4.1 inversión del proyecto</b>	92
<b>4.2 Evaluación financiera</b>	92
<b>4.2.1 Tasa interna de retorno (TIR)</b>	95
<b>4.2.2 Valor neto actual</b>	95
<b>4.2.3 Análisis costo /beneficio del proyecto</b>	96
<b>4.3 Estudio ambiental de proyecto</b>	96

<b>5.CONCLUSIONES</b>	99
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	101
<b>ANEXOS</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Organigrama de CROYDON S.A.	19
<b>Figura 2.</b> Montadora de puntas modelo-M7R Marca INTERNATIONAL	20
<b>Figura 3.</b> Partes del calzado	21
<b>Figura 4.</b> Pliegues de cuero	22
<b>Figura 5.</b> Micrómetro para medición de cuero	23
<b>Figura 6.</b> Maquina inyectora de plástico sobre un molde de suela	23
<b>Figura 7.</b> Molde de suela cerrada y comprimiendo el plástico inyectado	24
<b>Figura 8.</b> Corte de cuero con maquina(troqueladora)	24
<b>Figura 9.</b> Corte de cuero manualmente	25
<b>Figura 10.</b> Pigmentar todas las partes de cuero cortadas para una misma tonalidad	25
<b>Figura 11.</b> Ensamblaje por medio de costuras, de las partes de cuero previamente cortadas	26
<b>Figura 12.</b> Rectificadora de bordes	26
<b>Figura 13.</b> Costura y relleno de la parte del talón del calzado	27
<b>Figura 14.</b> Ajuste de la lengüeta (parte frontal)	27
<b>Figura 15.</b> Calzado cosido (parte talón, empeine, punta, laterales y lengüeta)	28
<b>Figura 16.</b> Realizando agujeros para los cordones	28
<b>Figura 17.</b> Eliminando exceso de materia en la lengüeta	29
<b>Figura 18.</b> Cuero pasando sobre la flameadora	29
<b>Figura 19.</b> Selección de molde para el tallaje del calzado	30
<b>Figura 20.</b> Calzado dentro de la montadora de puntas (vista lateral)	30
<b>Figura 21.</b> Calzado dentro de la montadora de puntas (vista superior)	31
<b>Figura 22.</b> Ajustando el calzado y enterrando tachuelas para mayor fijación (dependerá del tipo de calzado)	31
<b>Figura 23.</b> Calzado siendo introducido a un horno	32
<b>Figura 24.</b> Segundo Flameado para definición de contornos	32
<b>Figura 25.</b> Se pule la parte inferior, antes de adherir la suela del calzado	33
<b>Figura 26.</b> Secado en frío de la parte inferior del calzado	33
<b>Figura 27.</b> Adhesión de la suela con el calzado (puesto boca arriba)	34
<b>Figura 28.</b> Introduciendo el calzado en la prensa (puesto boca abajo)	34
<b>Figura 29.</b> Prensa ejerciendo presión para mejor adherencia entre la suela y calzado	35
<b>Figura 30.</b> Remoción de molde de pie (ayudando a ajustar tallaje)	35
<b>Figura 31.</b> Colocación de cordones en el calzado	36
<b>Figura 32.</b> Dar brillo y tonalidad final a calzado sin cordones	36
<b>Figura 33.</b> Diagrama resumen del proceso productivo	37
<b>Figura 34.</b> Calzado escolar niño, calzado escolar niña, calzado para seguridad industrial y calzado para motocicleta	39
<b>Figura 35.</b> Calzado deportivo masculino	40
<b>Figura 36.</b> Calzado elegante masculino	40

<b>Figura 37.</b> Máquina montadora de puntas (vista de costado lateral derecho)	44
<b>Figura 38.</b> Máquina montadora de puntas (vista posterior)	45
<b>Figura 39.</b> Máquina montadora de puntas (vista frontal)	45
<b>Figura 40.</b> Pedal de la montadora de puntas actual (vista frontal)	46
<b>Figura 41.</b> Pedal de la montadora de puntas en condiciones nuevas (vista frontal)	46
<b>Figura 42.</b> Palanca de la montadora de puntas costado izquierdo (vista lateral)	47
<b>Figura 43.</b> Palanca de la montadora de puntas costado derecho (vista lateral)	47
<b>Figura 44.</b> Encaje de calzado pistones, pinzas (Parte frontal de la montadora de puntas)	48
<b>Figura 45.</b> Mangueras y filtro del sistema neumático (interior de la montadora de puntas)	48
<b>Figura 46.</b> Pistón trasero (impulsa el sujetador de talón y punta de calzado)	49
<b>Figura 47.</b> Pistones principales, compresor y conexión múltiple de mangueras	49
<b>Figura 48.</b> Manómetros para permitir el cambio de presión de los pistones (parte lateral derecha)	50
<b>Figura 49.</b> Falla y acciones registradas desde noviembre 2019 a abril 2020	53
<b>Figura 50.</b> Mapa de procesos y equipós de CROYDON S.A.	60
<b>Figura 51.</b> identificación y descripción de fallas de cada subsistema de la montadora de puntas	62
<b>Figura 52.</b> identificación y descripción de fallas de cada subsistema de la montadora de puntas	71
<b>Figura 53.</b> Formato Ficha técnica de la montadora de puntas	87
<b>Figura 54.</b> Formato Solicitud de trabajo	88
<b>Figura 55.</b> Formato Registro de producción	89
<b>Figura 56.</b> Formato Presencia de fallas	90
<b>Figura 57.</b> Manejo de repuesto y desechos	91
<b>Figura 58.</b> Formato Manejo de repuestos y desechos	92
<b>Figura 59.</b> Matriz Leopold	97

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Parámetros y variables que están presentes en la elaboración de puntas en el calzado	38
<b>Tabla 2.</b> Hoja de vida de la máquina montadora de puntas	43
<b>Tabla 3.</b> Condición de producción de la maquina durante la falla y después de la falla	51
<b>Tabla 4.</b> Matriz de selección	57
<b>Tabla 5.</b> Criticidad de equipos I	64
<b>Tabla 6.</b> Criticidad de equipos II	64
<b>Tabla 7.</b> Criticidad de equipos III	64
<b>Tabla 8.</b> Equipo más crítico de la empresa. (montadora de puntas)	65
<b>Tabla 9.</b> Análisis de criticidad Subsistema estructural	66
<b>Tabla 10.</b> Análisis de criticidad Subsistema mecánico	66
<b>Tabla 11.</b> Análisis de criticidad Subsistema neumático	67
<b>Tabla 12.</b> Análisis de criticidad sistema eléctrico	67
<b>Tabla 13.</b> Análisis de criticidad subsistema de control	67
<b>Tabla 14.</b> Clasificación de ocurrencia de falla	72
<b>Tabla 15.</b> Clasificación de severidad de falla	73
<b>Tabla 16.</b> Clasificación de identificación de falla	73
<b>Tabla 17.</b> Análisis de modo y efectos de falla	74
<b>Tabla 18.</b> Costo anual del mantenimiento por una empresa tercerizada	91
<b>Tabla 19.</b> Inversión inicial	92
<b>Tabla 20.</b> Costo de operación anual	93
<b>Tabla 21.</b> Perdidas con la maquina detenida	93
<b>Tabla 22.</b> Ahorro porcentual durante 5 años	94
<b>Tabla 23.</b> Ahorro esperado	94
<b>Tabla 24.</b> Matriz impacto ambiental	98

## **RESUMEN**

El presente proyecto de grado tiene como objetivo el diseño de un plan de mantenimiento para una maquina montadora de puntas para la empresa CROYDON.S.A. por medio de la identificación de la metodología más adecuada que pueda ir de acuerdo a las necesidades que se puedan identificar, estableciendo el adecuado diagnostico evaluación y criterios más óptimos para el desarrollo del plan de mantenimiento.

Palabras claves: montadora de puntas, identificación de fallas, evaluación, diagnóstico, evaluación, implementación, ambiental, plan de mantenimiento.

## **INTRODUCCIÓN**

CROYDON S.A , es una empresa que con el pasar de los años ha expandido su sector operacional haciendo a su vez obligatorio el requerimiento de un equipo de mantenimiento, el cual se encarga de que las operaciones de producción no se vean afectadas por fallas presentes en la maquinaria de las instalaciones de CROYDON S.A. esto es un punto importante a tener en cuenta pues es una empresa que opera de manera continua y de turnos rotativos, por lo cual es importante evitar las fallas operacionales en los procesos de producción.

Debido a lo anterior se llevara a cabo un análisis a uno de los equipos más importantes del proceso productivo para la elaboración de calzado, observando cómo se debe actuar durante la presencia de una falla con el fin de evitar que el producto se vea afectad, cumpliendo con los tiempos de entrega y las expectativas y estándares de calidad del producto de los cuales CROYDO S.A. se ha podido sentir orgulloso; para lograrlo se propone elaborar un plan de mantenimiento el cual ayude a la identificación y solución de problemas que puedan presentarse sobre este equipo.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CROYDON S.A. es una empresa dedicada a la elaboración, producción y comercialización de calzado escolar y de seguridad industrial en el mercado colombiano. La comercialización del calzado escolar ha aumentado en los últimos años, por lo cual se hace necesario que las máquinas de CROYDON S.A. que se involucran en el proceso de producción de este producto operen de manera adecuada, manejando altos estándares de calidad y confiabilidad.

La empresa cuenta con dos líneas de ensamblaje las cuales ayudan a pasar el calzado por las montadoras de puntas con ayuda de un operario, permitiéndole así recibir el fortalecimiento y rigidez para asegurar su calidad. CROYDON S.A. cuenta actualmente con dos montadoras de puntas de la misma referencia y especificación (marca INTERNATIONAL) [1] para el proceso productivo para el cual se ha seleccionado.

La máquina montadora puntas presenta actualmente un mantenimiento correctivo, en vista de múltiples paradas no programadas, las cuales llegan a afectar la producción, perjudicando el cumplimiento del producto y al mismo tiempo su calidad, produciendo malestar en el consumidor.

Con lo mencionado anteriormente, se pueden formular la siguiente pregunta:

*¿Cuál es el plan mantenimiento más adecuado para una máquina montadora de puntas en la empresa CROYDON S.A.?*

### **Antecedentes**

La elaboración de planes de mantenimiento a demostrado que las estrategias en las que se determina y se ejecutan con antelación, en máquinas de alta productividad, se tiene un impacto bastante favorable, pues se reducen los tiempos de producción y costo, además es posible aumentar la efectividad de la misma.

Actualmente el mantenimiento sobre la máquina montadora de puntas es totalmente correctivo, donde el personal se involucra en su reparación cuando la máquina deja de funcionar y no permite que el proceso de la elaboración de puntas siga en curso. En el mantenimiento se aplica solamente remplazo de piezas siempre y cuando estas se hallan

desgastado, dañado o donde estas se han atorado, debido a lo cual las fallas de este tipo hacen poco funcional y optima la máquina.

La elaboración de un plan de mantenimiento para la empresa CROYDON S.A. permitirá actividades de prevención de fallas, paradas no programadas o daños sobre la máquina, desarrollando actividades las cuales serán apropiadas para identificar, evaluar y reaccionar de manera oportuna la presencia de fallas (funcionales o técnicas) dando pie a aumentar la efectividad, rentabilidad financiera y confianza de la empresa.

### **Justificación**

La empresa CROYDON S.A. está dedicada a la elaboración y distribución de calzado escolar y de seguridad. Actualmente la producción de este tipo de calzado se ve interrumpida por constantes paradas no programadas. CROYDON S.A. tiene la necesidad de crear planes para garantizar la óptima operación de las máquinas.

Por esta razón se busca la elaboración de un plan de mantenimiento para el correcto funcionamiento de la máquina montadora de puntas y que la producción del calzado no se vea afectada manteniendo los estándares de calidad.

Con este tipo de proyectos se puede demostrar a empresas que solo manejan el mantenimiento correctivo, que existen alternativas de mejoras organizacionales en lapsos de tiempo evitando pérdidas por fallos críticos que no solo puedan afectar bienes materiales sino también personal humano. También poder innovar en los manejos de residuos que genera el mantenimiento para crear impacto más sostenible ambientalmente y culturalmente.

El mantenimiento de la actual montadora de puntas se verá aplicado siempre y cuando este deje de operar, o funcionar durante el proceso productivo, donde la máquina se debe desensamblar y remplazar solo así las piezas desgastadas o dañadas, ya al realizar lo anterior se da puesta en marcha para verificar si la intervención de reparación fue la mejor para su re-operación.

Con la elaboración del plan de mantenimiento se espera un análisis que pueda demostrar que la tarea preventiva sobre una máquina mejore su óptima funcionalidad, y que se vea

reemplazado un mantenimiento correctivo a un mantenimiento preventivo donde las tareas sistemáticas puedan reflejar una mejor disponibilidad de la máquina

## **Hipótesis**

La falta de planes y actividades de mantenimiento en los equipos de CROYDON S.A. pueden llegar a ser críticos al punto de afectar la producción, afectando su confiabilidad incrementando los costos de operación, operarios, tiempo muerto de las máquinas

Los planes de mantenimiento ayudan a generar estándares de confiabilidad dependiendo de las variables a estudiar como variables dependientes (planeación y organización de mantenimiento) o variables independientes (falla sobre la máquina, costos de mantenimiento, disponibilidad de repuestos, recursos, disponibilidad y funcionamiento de la máquina, etc.)

Determinando lo anterior dicho podremos generar estudios, técnicas y estrategias para contrarrestar aquellas situaciones que afecten la operación de la máquina, así mismo generar más confiabilidad y calidad en la operación que realiza la máquina.

## **Objetivos**

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, se plantean los siguientes objetivos

### **Objetivo general**

ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA UNA MÁQUINA MONTADORA DE PUNTAS PARA LA EMPRESA CROYDON S.A.

### **Objetivos específicos**

- Caracterización y descripción del proceso productivo en la elaboración del calzado.
- Diagnóstico sobre la situación actual del mantenimiento de la maquina montadora de puntas y evaluar la metodología más adecuada para la elaboración de un plan de mantenimiento.
- Desarrollo del plan de mantenimiento en base en la selección y criterios para un plan de mantenimiento
- Análisis financiero y el impacto ambiental del plan de mantenimiento seleccionado.

# 1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA ELABORACION CALZADO

En este capítulo se va a presentar a la empresa CROYDON S.A., así como sus procesos de producción.

## 1.1 Descripción de la empresa

CROYDON S.A. es una empresa con más de 60 años de actividad en el mercado de fabricación, comercialización y distribución de calzado, con una amplia gama de características y distribuyéndose a todo tipo de público (deportivo, escolar e industrial).

Una empresa que con el paso del tiempo y mirando varios mercados (en sus comienzos realizando abrigos, después pasando por ser distribuidor de repuesto de neumáticos o llantas de caucho). La cual en 1980 se decide completamente al mercado de calzado y empezar a importar a países como Canadá estados unidos, Japón y la región europea y sur América su gran línea de calzado industrial, botas de trabajo pesado y botas para bomberos.

Aunque sufriendo un tropiezo económico en los años 90's que hizo cerrar una gran parte de la producción de empresa, parte de la comercialización barata de parte de mercados chinos. Pero sin rendirse CROYDON S.A. vuelve fuerte al comienzo de los 2000 logrando acuerdos de pagos con los trabajadores y así entrar de nuevo al mercado de calzado e implementando más máquinas para la inyección de plásticos más rápidas y creando más y más modelos de calzado atractivos al público colombiano, moviéndose por los mercados de revistas, ventas por internet y público internacional. [2]

### 1.1.1 Misión de la empresa

Croydon se enfoca siempre en dominar el mercado nacional, explotando nuestra ventaja de mercado como proveer de las mejores marcas de botas, teñís del mercado mundial, ofreciendo un excelente servicio y enfocándonos en la satisfacción al cliente. [3]

### 1.1.2 Visión de la empresa

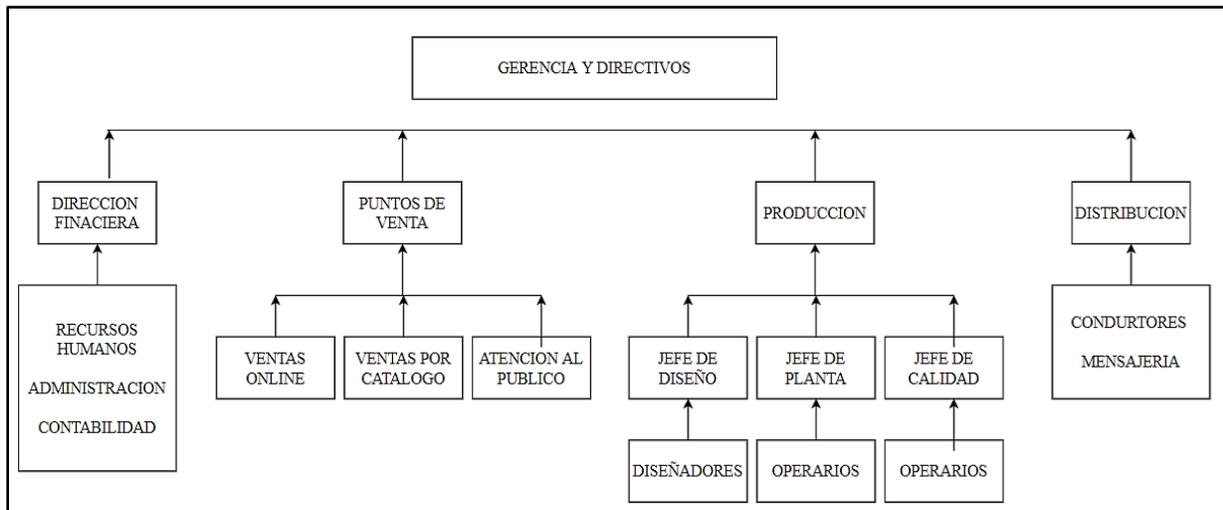
Nos proyectamos como una empresa de vanguardia en el área del calzado, con lo mejor de la moda y materiales para de la comodidad al cliente. [3]

### 1.1.3 Organización

Dado que, el proyectista fue trabajador activo de la empresa CROYDON S.A., con base en su experiencia crea el siguiente organigrama como se ve en la **Figura 1**.

**Figura 1.**

*Organigrama de CROYDON S.A.*



**Nota.** La figura muestra la distribución de cargos de la empresa CROYDON S.A.

## 1.2 Caracterización y descripción de la maquina montadora de puntas

Una montadora de puntas, es la encargada durante el proceso de elaboración de calzado, de darle forma y rigidez a los distintos tipos de calzado que se fabrican en la empresa CROYDON S.A. En la **Figura 2** se muestra la máquina que se tiene actualmente para dicha función.

## Figura 2.

*Montadora de puntas modelo-M7R Marca INTERNATIONAL*



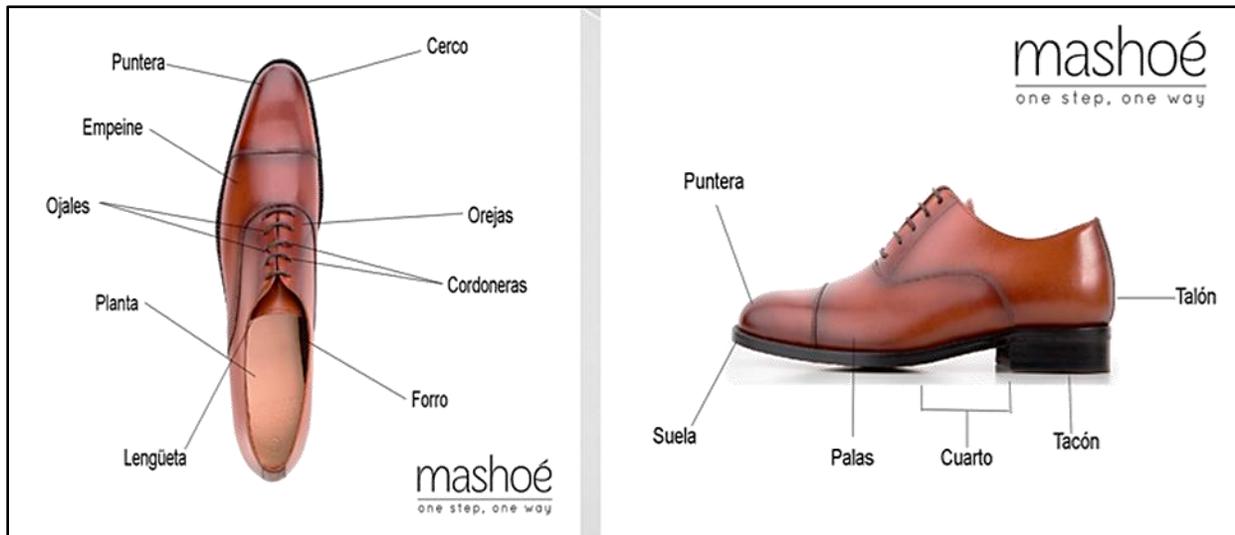
**Nota.** La figura muestra la máquina utilizada en la empresa CROYDON S.A. Tomado de: INTERNATIONAL,” La Sting machines “. [En Línea]. Disponible: [http://www.internationalshoemachine.ca/machines/Combination-Toe-Thermalaster-Model-M7R-\(CTT-M7R\).](http://www.internationalshoemachine.ca/machines/Combination-Toe-Thermalaster-Model-M7R-(CTT-M7R).) [Acceso: marzo,04,2020].

Su manera de operar es ejerciendo presión sobre varios puntos del calzado en las áreas superficiales, como lo es la punta (o frente), la zona del talón, empeine y partes laterales del calzado, estas presiones hacen contacto con pinzas móviles y pinzas fijas que hay en el centro de la máquina, el movimiento de las pinzas móviles es efectuado por medio de un pedal que tiene en la parte inferior de la máquina. En la **Figura 3** se muestran las partes de un calzado formal.

La montadora de puntas tiene integrado resistencias eléctricas que ayudan a calentar unas bandas metálicas, que permiten añadir un aditamento plástico en la parte inferior del calzado que está presionado, porque una vez terminado la parte de la montadora de puntas, se dirige a ensamblar la suela entre el aditamento plástico, una hora y en casos especiales se cose también la suela para mayor fortalecimiento del producto

### Figura 3.

#### Partes del calzado



**Nota.** La figura muestra las partes del calzado de uso formal. Tomado de: <https://www.mashoe.es/noticias/las-partes-de-un-zapato>

La montadora de puntas puede interactuar con la mayoría de las partes del calzado, exceptuando ojáleles, tacón forro.

Las palancas laterales que tiene la montadora de puntas ayudan a graduar las pinzas móviles para ajustar los distintos tipos de calzado por la parte lateral (o palas), estas graduaciones dependerán del material para el calzado y cantidad de costura que este tenga.

Los demás componentes que contiene la montadora de puntas ayudan a la graduación y presión por medio de los reguladores de presión de aire manguera, pero será mejor detallado en la descripción de los sistemas y subsistemas que conforman la maquina montadora de puntas.

### 1.3 Descripción del proceso productivo de la elaboración de un calzado escolar en CROYDON S.A.

En este segmento describiremos el paso a paso de la elaboración de un calzado escolar que puede realizar correctas.

### **1.3.1 Obtención del material**

Los siguientes son los materiales más utilizados en la elaboración de calzado en la empresa CROYDON S.A.

a. Cuero. Se consigue el cuero del calzado por medio de distribuidores colombianos los cuales entregan el producto ya tratado y con los pliegues requeridos, como se muestra en la **Figura 4**, para más adelante ser manipulados, cortados y cosidos.

#### **Figura 4.**

*Pliegues de cuero*



**Nota.** La figura muestra rollos de cuero para uso industrial. Tomado de: CUERO. ONLINE, “¿qué es el cuero? sus 7 características” [Online]. Disponible en: <https://cuero.online/que-es-el-cuero/> [Acceso: marzo,07,2020]

De igual manera, cuando el producto llega a las instalaciones este es debidamente inspeccionado para verificar su calidad y medido para que pueda cumplir con los estándares, y evitar el desperdicio de material no utilizado como aparece en la **Figura 5**.

### Figura 5.

*Micrómetro para medición de cuero*



**Nota.** La figura muestra un instrumento para medir el cuero recibido. Tomado de: CUERO ONLINE, “¿qué es el cuero? sus 7 características” [Online]. Disponible en: <https://cuero.online/que-es-el-cuero/> [Acceso: marzo,07,2020]

b. Suela. Por medio de una inyectora de plástico se agrega en diferentes moldes un polímero en líquido caliente, donde adoptará por presión la forma de suela y será ajustada por un molde de pie para su firmeza, que ira adherida a la parte inferior del calzado y reforzada con aditamentos y costura, en la **Figura 6** muestra el proceso para un mol de suela y en la **Figura 7** para un molde de suela cerrada.

### Figura 6.

*Máquina inyectora de plástico sobre un molde de suela*



**Nota.** La figura muestra una inyección de plástico ABS para moldes de suela. Tomado de: usuario perdido <https://www.youtube.com/watch?v=jrByBZNbcEY>

## Figura 7.

*Molde de suela cerrada y comprimiendo el plástico inyectado*



**Nota.** La figura muestra el proceso de inyección para un diferente tipo de molde. Tomado de: usuario perdido <https://www.youtube.com/watch?v=jrByBZNbcEY>

### **1.3.2 Manejo del material**

El cuero se prepara para ser cortado y amoldado a diferentes tamaños según la medida requerida o tallaje deseado por medio de encargados en el área de corte o por una máquina a presión. En la **Figura 8** se muestra corte con máquina y en la **Figura 9** se muestra el corte manual.

## Figura 8.

*Corte de cuero con maquina(troqueladora)*



**Nota.** La figura muestra el proceso de corte para el material de cuero. Tomado de: cicegTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### Figura 9.

*Corte de cuero manualmente*



**Nota.** La figura muestra el proceso de corte para el material de cuero. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

Después de estos cortes son inspeccionados para rectificar el corte adecuado, evitando defectos que puedan causar sobrecostos en procedimientos posteriores. Lo siguiente es agregar un aditamento sobre los cortes de cuero, para que estos obtengan un color uniforme y más adecuado al producto deseado como lo muestra la **Figura 10**.

### Figura 10.

*Pigmentar todas las partes de cuero cortadas para una misma tonalidad*



**Nota.** La figura muestra el proceso de pigmentación para el material de cuero. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### 1.3.3 Ensamblaje del material

En esta parte del proceso las partes de cuero cortadas anteriormente son unidas entre sí por un operario por costura para dejar estos cortes listos y ser ajustados en una horma para su debido tallaje, como aparece en la **Figura 11**, así mismo pasan por una rectificadora de bordes que les dará un mejor terminado a las uniones por costura y mejor terminado a los bordes del cuero, que se muestra en la **Figura 12**.

#### Figura 11.

*Ensamblaje por medio de costuras, de las partes de cuero previamente cortadas*



**Nota.** La figura muestra la unión por costura para el cuero. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

#### Figura 12.

*Rectificadora de bordes*



**Nota.** La figura muestra la unión por costura para el cuero rectificada. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

Por consiguiente, estas partes recibirán una esponjilla en la zona del talón para dar más comodidad al calzado, esta será pegada y cosida, según aparece en la **Figura 13**, después se podrá colocar y coser la lengüeta, parte que ajustará y protegerá el empeine del consumidor, como se ve en la **Figura 14**. Luego pasara a otro operario que eliminara el exceso de cuero por parte de la lengüeta el cual ayudara a tener más firmeza en estas partes entre cosidas que se muestra en la **Figura 15**.

### **Figura 13.**

*Costura y relleno de la parte del talón del calzado*



**Nota.** La figura muestra el refuerzo al talón. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### **Figura 14.**

*Ajuste de la lengüeta (parte frontal)*



**Nota.** La figura muestra la protección del empeine. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### Figura 15.

*Calzado cosido (parte talón, empeine, punta, laterales y lengüeta)*



**Nota.** La figura muestra el ensamble preliminar del calzado. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

Después se pasa a una máquina donde se hará los agujeros por donde pasaran los cordones del calzado, según se ve en la **Figura 16**. Luego pasara a otro operario que eliminara el exceso de cuero por parte de la lengüeta el cual ayudara a tener más firmeza y un calzado más detallado como muestra la **Figura 17**.

### Figura 16.

*Realizando agujeros para los cordones*



**Nota.** La figura muestra el uso de una troqueladora para hacer los agujeros de los cordones. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### Figura 17.

*Eliminando exceso de materia en la lengüeta*



**Nota.** La figura muestra la eliminación del exceso de material o sobrante. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

Antes de pasar a la montadora de puntas el calzado es inspeccionado para observar imperfectos y pasados por una flameadora para la eliminación de hilos sobrantes como se muestra en la **Figura 18**. Después el calzado es llevado con un molde de plástico o de madera que simula un pie dando el tallaje deseado para que la montadora de puntas lo ajuste eso si fue previamente suavizado por medio de un vaporizador, ya que ayuda a que el material sea manejado de la mejor manera según aparece en la **Figura 19**.

### Figura 18.

*Cuero pasando sobre la flameadora*



**Nota.** La figura muestra la eliminación de hilos con calor. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### **Figura 19.**

*Selección de molde para el tallaje del calzado*

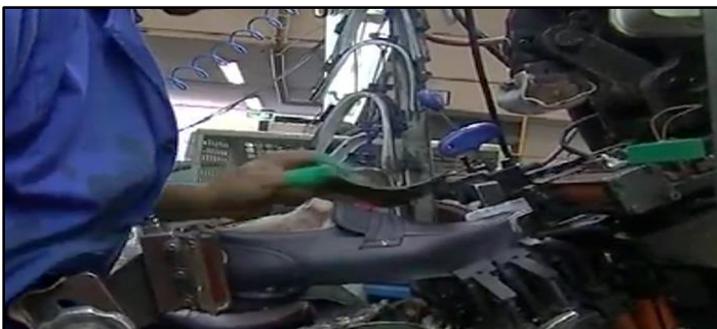


**Nota.** La figura muestra el uso de moldes para darle forma al calzado. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

Por medio de una banda transportadora o en lotes el calzado llega a un operario y corresponde a colocar este molde con el cuero en la montadora de puntas donde se aplicara presión para darle forma y rigidez ,y adoptar la forma del zapato deseado, como aparece en la **Figura 20**, así mismo se aplicara en la parte inferior del cuero y molde de pie un aditamento plástico el cual ayudara a mantener la forma aplicada por la montadora de puntas que también ayudara a la suela de PVC se adhiera de la mejor manera dependiendo del calzado se reforzara con una costura extra entre las piezas según se ve en la **Figura 21**.

### **Figura 20.**

*Calzado dentro de la montadora de puntas (vista lateral)*



**Nota.** La figura muestra el montaje del calzado en la máquina montadora de puntas. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### Figura 21.

*Calzado dentro de la montadora de puntas (vista superior)*



**Nota.** La figura muestra el montaje del calzado en la máquina montadora de puntas. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

Después de salir de la montadora se da firmeza extra con unas tachuelas, mientras se alista la horma y se ajusta para una mejor forma del calzado con que ira el zapato, previo a poner la suela como aparece en la **Figura 22**.

### Figura 22.

*Ajustando el calzado y enterrando tachuelas para mayor fijación (dependerá del tipo de calzado)*



**Nota.** La figura muestra el ajuste con tachuelas. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

Cuando vemos que está bien fijada la horma con el resto del calzado se retira las tachuelas y son pasados a un horno para secar el cuero y que se ajuste más a la horma y tallaje deseado, como se ve en la **Figura 23**, también ayuda a quitar arrugas presentes, y en la parte inferior se pasa de nuevo a un flameado para definir contornos de corte, según se muestra en la **Figura 24**, luego pasamos al cardado es pulir la parte inferior para que la suela y la horma tenga una mejor adherencia y rectificamos que no hallan imperfecciones tal como aparece en la **Figura 25**.

### **Figura 23.**

*Calzado siendo introducido a un horno*



**Nota.** La figura muestra el secado del cuero. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### **Figura 24.**

*Segundo Flameado para definición de contornos*



**Nota.** La figura muestra un segundo flameado para reducir corrugaciones. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### Figura 25.

*Se pule la parte inferior, antes de adherir la suela del calzado*



**Nota.** La figura muestra la rectificación de la suela. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

Ahora pasamos al pegado entre la suela y el calzado, primero colocamos adhesivo líquido en la parte inferior del calzado mientras es colocado en un secador en frío ya uniendo la parte superior con su respectiva suela tal como se ve en la **Figura 26**. Acabado este secado en frío en algunos procesos puede entrar a una cámara en caliente, para mejorar las propiedades de algunos adherentes como aparece en la **Figura 27**.

### Figura 26.

*Secado en frío de la parte inferior del calzado*



**Nota.** La figura muestra la unión de la suela. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### Figura 27.

*Adhesión de la suela con el calzado (puesto boca arriba)*



**Nota.** La figura muestra el mejorado de los adherentes en caliente. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

Para finalizar, un operario agarra el calzado para dar un mejor terminado (ver **Figura 28**) por medio de una máquina de presión que ajusta la suela del calzado, como muestra la **Figura 29** y retirando así el molde del tallaje y pasar a la fase de decorado o terminado que aparece en la **Figura 30**.

### Figura 28.

*Introduciendo el calzado en la prensa (puesto boca abajo)*



**Nota.** La figura muestra el aporte del calzado a la máquina. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### **Figura 29.**

*Prensa ejerciendo presión para mejor adherencia entre la suela y calzado*



**Nota.** La figura muestra el ajuste de la suela. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### **Figura 30.**

*Remoción de molde de pie (ayudando a ajustar tallaje)*



**Nota.** La figura muestra el decorado del calzado. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

#### **2.3.4 Terminado**

Esta parte concluye con el decorado que tiene el calzado, si utiliza cordones son colocados y de una manera que permita ajustar tanto empeine como lengüeta de manera de no arrugar esta última, considerando que tan largo debe ser el cordón, también es

colocada la plantilla que cubrirá la parte rígida de la horma del calzado siendo está pegada o simplemente ajustada ya lo que requiera el modelo del calzado que se muestra en la **Figura 31**.

Para terminar tanto calzado con o sin cordones son llevados a recibir un pulido con adherente que puedan quitar arrugas que se puedan presentar al final y reciben un aplicado de brillo para su debida distribución como aparece en la **Figura 32**.

### **Figura 31.**

*Colocación de cordones en el calzado*



**Nota.** La figura muestra el ajuste de la lengüeta con la colocación de los cordones. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### **Figura 32.**

*Dar brillo y tonalidad final a calzado sin cordones*



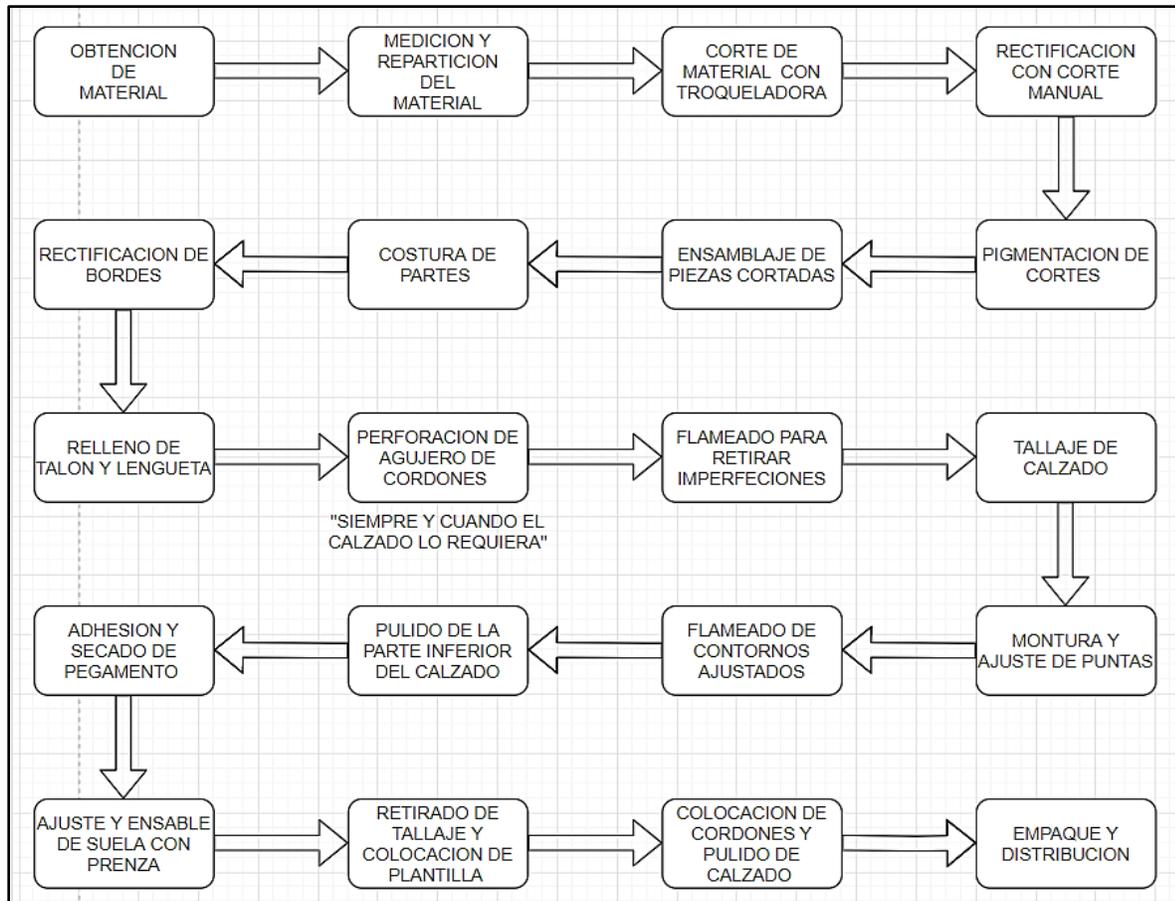
**Nota.** La figura muestra el pulido para reducir arrugas. Tomado de: cicegGTO. (2013, abril). video elaboración de calzado [Archivo de video]. recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>

### 1.3.5 Diagrama resumen del proceso productivo

Para resumir lo presentado en las anteriores secciones, de la sección 1.3.1 a la sección 1.3.4 se muestra la siguiente **Figura 33** como diagrama de secuencia.

**Figura 33.**

*Diagrama resumen del proceso productivo*



**Nota.** La figura incluye como sección final el empaque y la distribución del calzado.

### 1.4 Variables de producción durante el proceso de elaboración de puntas sobre el calzado

En la elaboración de calzado en grandes cantidades debemos tener en cuenta tantos factores internos y externos que puedan afectar esta producción y que no esté de acuerdo a los estándares requeridos.

Aquellos factores son Temperatura del producto, temperatura ambiente, presión que maneja la máquina durante la operación. Temperatura de las resistencias en la máquina y la presión que resiste el producto al momento de estar montada en la máquina.

Para el manejo del cuero su temperatura ideal es de 20°C, de igual forma este cuero puede tener rangos de temperatura entre 18°C a 30°C [8] (Siempre y cuando en el proceso de elaboración cumpla los estándares y manejo de producción de cuero en salado, ya q es el mejor cuero para la elaboración de calzado) [9]

La temperatura del medio donde el operario de la montadora de puntas estará trabajando debe estar entre 17°C a 27°C estas condiciones se requieren para que el operario no tenga complicaciones en su puesto. [10]

La temperatura que maneja las resistencias que tiene integrada la montadora de puntas para que el aditamento plástico se derrita y permita una posterior fijación de la suela debe ser mayor a 25°C. La presión que puede soportar el material del calzado (en este caso cuero) es de 400 gr/cm<sup>2</sup>, ya que al obtener cueros que resistan esa presión y superiores son clasificados como cueros de alta calidad. Dichos valores se presentan en la siguiente

**Tabla 1.**

**Tabla 1.**

*Parámetros y variables que están presentes en la elaboración de puntas en el calzado*

PARAMETROS	VARAIABLES
TEMPERATURA DEL PRODUCTO	18°c a 30°C
TEMPERATURA AMBIENTE	17°C a 27°C
PRESION SOBRE EL CUERO	0.4 Kg/cm <sup>2</sup>

**Nota.** La tabla presenta los rangos de operación según los procesos vistos.

**1.5 Nivel de producción**

La máquina montadora de puntas en su mejor puesta en marcha tiene una capacidad máxima de producción de 200 pares por hora (estándares de fabricación). En CROYDON S.A. las demandas de producción varían de acuerdo a la temporada de ventas pues la

temporada depende de varios factores como el clima, en esta temporada el calzado protagonista es el de protección industrial (botas con punta de acero), o calzado especializado para el manejo de motocicletas, como se muestra en la **Figura 34**. También, se debe tener en cuenta la temporada escolar, el calzado femenino y masculino a nivel colegial tienen una gran demanda en este periodo lo cual exige una producción de alrededor de 100 pares por hora con determinado tallaje.

**Figura 34.**

*Calzado escolar niño, calzado escolar niña, calzado para seguridad industrial y calzado para motocicleta*



**Nota.** La figura muestra tipos de calzado comerciales de CROYDON S.A. Tomado de: Croydon (2020). catalogo[online]. available: <https://www.croydon.com.co/>

En tiempos de baja producción donde las temporadas de colegio bajan la demanda la máquina cuenta con una producción de 50 pares por hora y es alternada con otro tipo de calzado, como el deportivo (ver **Figura 35**) o calzado elegante y formal (ver **Figura 36**).

### Figura 35.

#### *Calzado deportivo masculino*



**Nota.** La figura muestra tipos de calzado deportivos de CROYDON S.A. Tomado de: Croydon (2020). catalogo[online]. available: <https://www.croydon.com.co/>

### Figura 36.

#### *Calzado elegante masculino*



**Nota.** La figura muestra tipos de calzado formal de CROYDON S.A. Tomado de: Croydon (2020). catalogo[online]. available: <https://www.croydon.com.co/>

## 1.6 Delimitación sobre los parámetros crítico

En la producción del calzado debemos tener en cuenta la disposición de la materia prima tanto de la máquina a analizar ya que esta nos dará la forma que adoptará el calzado y su rigidez de los pasos previos antes de la montura.

Se tienen en cuenta las siguientes variables:

- Presión que ejerce la máquina: ya que esta al ser menor, el calzado puede sufrir imperfectos y no podrá dar la debida resistencia para el uso del consumidor y al ser la presión muy superior a la que puede resistir el material del calzado este puede deformarse y poder dañarse durante la formación final del calzado.

- Temperatura de la máquina: si la máquina no opera con la suficiente temperatura el aditamento que se coloca posterior a la presión y formación del calzado. Este no podrá ensamblarse de manera adecuada a la suela que es la parte final del calzado. Y cuando la temperatura sea muy elevada puede haber casos donde el cuero y demás materiales del calzado puedan verse afectados presentando deformaciones hasta rupturas en el producto final. Con estos parámetros que tendremos en cuenta, evitamos que el calzado se vea afectado y que la producción no pase a altos consumos y malgastos de materia.

Con estos parámetros que tendremos en cuenta, evitamos que el calzado se vea afectado y que la producción no pase a altos consumos y malgastos de materia.

## **2. DIAGNOSTICO SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA Y EVALUAR LA METODOLOGÍA MÁS ADECUADA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

La empresa CROYDON actualmente no cuenta con plan de mantenimiento para la montadora de puntas de parte del departamento de mantenimiento ya que se toman acciones totalmente correctivas, sin ningún plan que permita el accionamiento de paradas no programadas que eviten que la producción se vea afectada.

Una vez presentada una falla donde su magnitud presente una parada total o considerable, debemos exponernos a retrasos de producción y entregas atrasadas a consumidores y distribuidores.

Es por eso el desarrollo de un plan de mantenimiento que permita una rápida reacción ante estas situaciones y dar ideas para realizar mantenimientos programados donde no se pueda ver afectada la producción del calzado

### **2.1 Descripción del estado actual del mantenimiento**

Cuanto la montadora de puntas en CROYDON ha presentado una falla y de acuerdo a su gravedad se pueden tomar dos decisiones, dependiendo de la falla se clasificará en funcional o de servicio, si esta falla permite el funcionamiento de la máquina, pero con restricciones sea en rendimiento de tiempo, consumo energético o de materiales se optará por seguir trabajando en ella hasta que pueda acabar su demanda productiva.

Si se observa que esta falla es de servicio significa que esta máquina no podrá operar de ninguna manera y para evitar mayores daños se deberá detener el proceso productivo a lo cual se concluye una parada no programada, así que los operarios de la máquina deben reportar al departamento de mantenimiento y se realizara un MANTANIMIENTO CORRECTIVO CONTINGENTE

Este mantenimiento nos dice que se aplicara de manera inmediata pues ya se identificó que la montadora de puntas ha fallado. Si el proceso productivo se ve afectada en términos de cumplimiento en función del tiempo se requiere desarrollar con urgencia su debida puesta en marcha.

Para aplicar a este mantenimiento contingente se debe tener una alta disponibilidad de los recursos del departamento, como de sus respectivos directivos ya que su objetivo principal al identificar este tipo de fallo es restablecer el servicio de operación y de igual manera garantizar su eficiencia a una puesta en marcha de su productividad, sin dejar de lado la reducción de costos al restablecer el servicio

Ya que no se dispone de un mantenimiento preventivo el operario registra de una manera poco particular o de una manera no formal lo que sucedió con la máquina dando detalles vagos de cómo estaba la máquina o que forzó este tipo de daño, dando a entender que los fallos son tan repetitivos y casi en la misma área, dichas fallas se llenan en **Tabla 2**.

**Tabla 2.**

*Hoja de vida de la máquina montadora de puntas*

HOJA DE VIDA DE MAQUINARIA			
DATOS DE LA MAQUINA			
NOMBRE	MONTADORA DE PUNTAS (COMBINATION TOE THERMALAST )		
MODELO	M7R	SERIE	(CTT-M7R)
FECHA DE ADQUISICIÓN	1/01/1980	INVENTARIO	M-0125
UIBICACION	producción	MARCA	INTERNATIONAL
TRABAJO	corte y ajuste en la zona frontal del calzado		
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO			
TIPO	FECHA	INTERVENCION O EJECUCION	
correctivo	6/12/2020	fisura presentada en un cilindro neumático cambiando totalmente el componente	
correctivo	30/01/2021	obstrucción en el filtro y maneras neumática	
correctivo	13/02/2021	se bloquean las pinzas móviles para ajustar la punta del calzado	
preventivo	4/03/2021	43lubricación y limpieza de las pinzas móviles	
REPSUESTOS APLICADOS			
FECHA	OBSERVACIONES		
6/12/2020	reemplazo de pistón, sellos		
30/01/2021	cambio de mangueras, cambio de filtro		
4/03/2021			
estado actual			
FECHA	OBSERVACIONES		
3/02/2021	está trabajando sin la tapa superior que protege el cilindro principal		
5/02/2021	pedal neumático agrietado		
encargado		operario	
_____		_____	
_____		_____	

**Nota.** La tabla muestra la información que se tiene de la máquina.

## 2.2 Estudio de los sistemas que conforman la máquina montadora de puntas

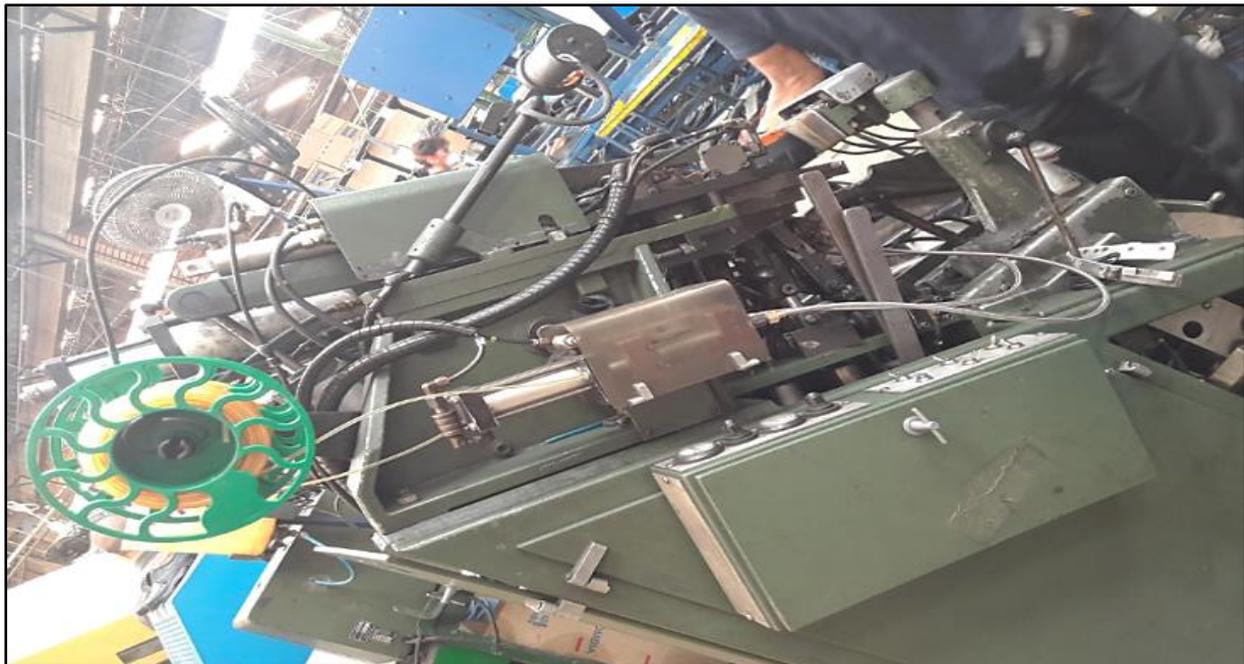
Una vez visto que la máquina por su antigüedad da la tendencia a presentar fallas, ahora se procede a revisar cada uno de los subsistemas que la componen.

### 2.2.1 Subsistema estructural

Este subsistema se encarga de mantener y proteger tanto los componentes como los demás subsistemas que conforma la montadora de puntas, siendo la principal protección ante el ambiente, o algún golpe que esta pueda recibir. Es un armazón bien protegido que no tiene la necesidad de desplazarse de lugar ya que se encuentra en un área bien despejada donde ellos operadores pueden tener libertad de trabajar sin afectar a otros compañeros. la estructura de la montadora de puntas de Croydon fue hecha hace más de 50 años así que no se posible contar con sus respectivos planos. Por tal motivo, se toman las fotografías de la máquina en estado actual para las tres vistas isométricas (ver **Figura 37**, **Figura 38** y **Figura 39**).

#### **Figura 37.**

*Máquina montadora de puntas (vista de costado lateral derecho)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

**Figura 38.**

*Máquina montadora de puntas (vista posterior)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

**Figura 39.**

*Máquina montadora de puntas (vista frontal)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

### 2.2.2 Subsistema mecánico

Encargado de transmitir el accionamiento total de la máquina por medio de un pedal (maniobrar la máquina para que el proceso permita tener las manos libres) con doble secuencia de primer accionamiento de pedal centra las pinzas centra las puntas y el talón, que se muestra en la **Figura 40**, y un segundo accionamiento del pedal realiza la operación de montaje rígido en la zona puntera y de talón del calzado adicional da la orden de suministrar el aditamento plástico, como aparece en la **Figura 41**.

#### **Figura 40.**

*Pedal de la montadora de puntas actual (vista frontal)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

#### **Figura 41.**

*Pedal de la montadora de puntas en condiciones nuevas (vista frontal)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

Así mismo este sistema consta de unas palancas que ayudan a graduar los ángulos de las pinzas móviles que ayudaran a ajustar las puntas de todo tipo de calzado tanto escolar como industrial hasta deportivo, se muestran en la **Figura 42** y **Figura 43**.

**Figura 42.**

*Palanca de la montadora de puntas costado izquierdo (vista lateral)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

**Figura 43.**

*Palanca de la montadora de puntas costado derecho (vista lateral)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

### 2.2.3 Subsistema neumático

Subsistema encargado de transmitir la fuerza por medio de aire comprimido (ver **Figura 44**) por múltiples mangueras (Ver **Figura 45**), a los distintos cilindros que posee la máquina (ver **Figura 46**), a su vez estos cilindros aplicaran la fuerza sobre pinzas móviles para que estas puedan realizar el trabajo de ajustar el calzado y darles su respectiva rigidez (ver **Figura 47**).

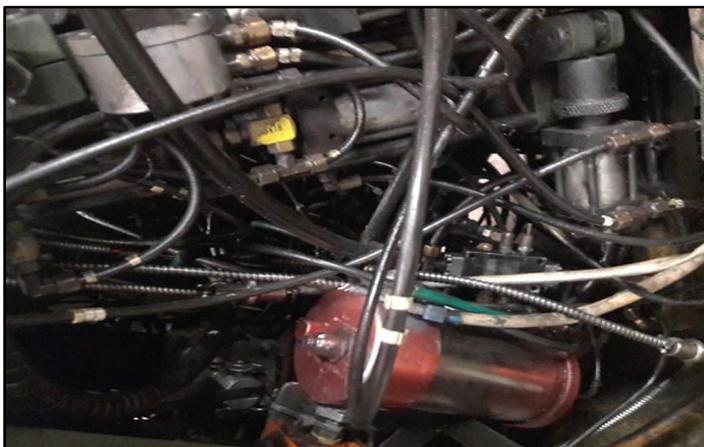
#### **Figura 44.**

*Encaje de calzado pistones, pinzas (Parte frontal de la montadora de puntas)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

**Figura 45.** *Mangueras y filtro del sistema neumático (interior de la montadora de puntas)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

### **Figura 46.**

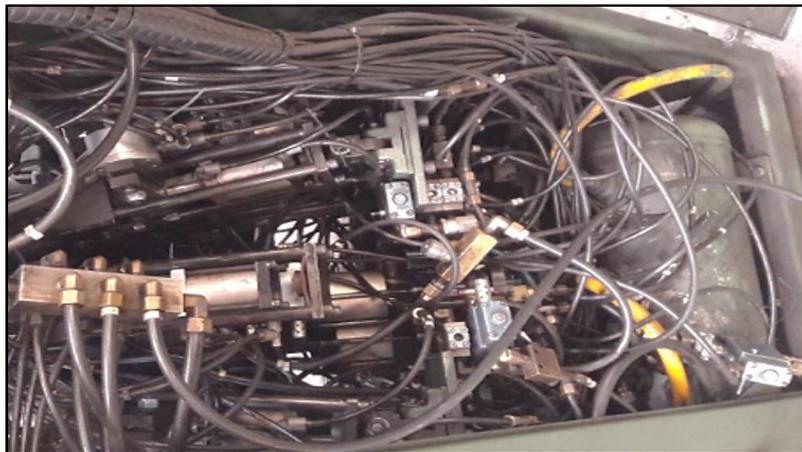
*Pistón trasero (impulsa el sujetador de talón y punta de calzado)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

### **Figura 47.**

*Pistones principales, compresor y conexión múltiple de mangueras*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

#### **2.2.4 Subsistema eléctrico**

Este subsistema nos permite alimentar el sistema de control y calentar las resistencias de la máquina, y llegar a una temperatura adecuada para la fusión del adhesivo que se agregara durante el proceso de montura de puntas para del calzado.

### 2.2.5 Subsistema de control

Este subsistema nos ayuda a regular las variaciones de presión por medio de múltiples manómetros ya que debemos mantener la secuencia de cada pinza móvil, así se cambien el modelo de calzado, como aparece en la **Figura 48**.

#### Figura 48.

*Manómetros para permitir el cambio de presión de los pistones (parte lateral derecha)*



**Nota.** La figura muestra la máquina en estado actual.

### 2.3 Registro de mantenimiento correctivo aplicados en la máquina montadora de puntas

Con el encargado del mantenimiento de la montadora de puntas se hizo un barrido de información de los últimos seis meses de que intervenciones se ha hecho sobre la montadora de puntas ya que no se realiza un registro o una toma de datos de que fallas fueron provocadas durante los procesos de producción, dichos datos se llenan en el siguiente **Cuadro 1**.

## Figura .

*Falla y acciones registradas desde noviembre 2019 a abril 2020*

mes	intervencion	falla	accion	duracion	criticidad
noviembre	si	fisura	cambio de piston principal	3 dias	alta
		descompresion	pinzas sin ajustar	1 dia	alta
diciembre	si	obstrucion	cambio de filtro	1 dia	alta
		fugas	cambio de mangeras	1 dia	alta
		desajuste	ajuste de manometros	1 dia	media
enero	si	fugas	acoples ;T multiples	1 dia	media
		traba	planacas rijidas	1 dia	media
febrero	si	fugas	acoples ;T multiples	1 dia	moderada
marzo	no	no	no	no	nula
abril	no	no	no	no	nula

**Nota.** El cuadro muestra las acciones realizadas por fallas ocasionadas en un periodo de tiempo.

Se da criticidad alta para los meses de noviembre diciembre y parte de enero debido a que la montadora de puntas debe está a su tope máximo de productividad ya que la temporada escolar exige tener la montadora de puntas en óptimas condiciones, pidiendo un aproximado de 120 pares por hora y cumpliendo casi 3 turnos de operación

### 2.4 Establecer las condiciones de producción y modo funcional de la máquina después de la puesta de mantenimiento.

Se ejemplifica mostrando los meses de operación de la maquina con que hubo y no intervenciones de mantenimiento correctivo. El % de modo función explica las condiciones con que la máquina estaba operando con la falla(s) presente en aquel mes aun sabiendo su criticidad como se muestra en la siguiente **Tabla 3**.

**Tabla 3.**

*Condición de producción de la maquina durante la falla y después de la falla*

mes	demanda de produccion antes la falla(par/ hora)	modo funcional (%)	produccion despues de la intervencion	modo funcional (%) despues de intervencion
noviembre	140	65	100.8	72
diciembre	160	70	136	85
enero	140	80	126	90
febrero	100	90	95	95
marzo	50	100	50	100
abril	0	0	0	0

**Nota.** La tabla muestra la productividad para el mismo periodo evaluado.

Se ejemplifica mostrando los meses de operación de la maquina con que hubo y no intervenciones de mantenimiento correctivo. El % de modo función explica las condiciones con que la máquina estaba operando con la falla(s) presente en aquel mes aun sabiendo su criticidad (explicado anteriormente).

Igual mostrando el modo funcional de la máquina después de ser intervenida y ahora su nueva demanda en la producción en base a la original sobre el nuevo modo funcional, así tendremos parte de la producción que podrá cubrir con el consumo de la temporada escolar.

## **2.5 Identificar que metodologías de mantenimiento se podrían estudiar sobre la máquina**

Primero identificamos que la montadora de puntas no cuenta con un plan de mantenimiento, ni el uso de manuales ni estrategias que puedan afrontar las condiciones de una parada forzada afectando tanto la máquina como el producto. En este tipo de máquinas da la importancia también al producto.

Realizamos una Cuadro comparativa de distintos planes de mantenimiento con algunos criterios que ayudaran a la selección de una metodología para el plan de mantenimiento de la montadora de puntas

### **2.5.1 Tipos de mantenimiento**

Se inicia realizando la mención de los diferentes planes de mantenimiento vistos en catedra académica.

a. Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM). Se creo a partir de las necesidades de reducir tiempos en procesos de producción para la industria aeronáutica al ver que se presentaban fallas imprevistas en los equipos donde la disponibilidad es fundamental, después trasladándose a un campo de nivel militar.

El RCM busca que los niveles de producción sean satisfactorios, pero así mismo se debe cumplir una constante revisión para que se puedan cumplir las tareas en los tiempos correctos, ayudando a la efectividad del mantenimiento

Este plan de mantenimiento nos ofrece ciertos elementos para su debida preparación, que son:

- Decidir qué activos tienen más probabilidades de beneficiarse con el proceso de RCM y, de ser así, exactamente cómo se beneficiarán.
- Evaluar los recursos necesarios para aplicar el proceso a los activos seleccionados
- En los casos en que los beneficios probables justifiquen la inversión, decida en detalle quién realizará y quién auditará cada análisis, cuándo y dónde, y asegúrese de que reciban la capacitación adecuada
- Asegúrese de que el contexto operativo del activo se entienda claramente. [12]

Un plan de mantenimiento basado en RCM debe responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?
- ¿Cómo falla el equipo?
- ¿Cuál es la causa del fallo?
- ¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo?
- ¿Qué consecuencias tiene cada fallo?
- ¿Cómo puede evitarse cada fallo?
- ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo? [13] [14].

b. Plan de mantenimiento basado en producción (TPM). Creado por ingenieros japoneses para el desarrollo favorable de la industria automotriz, siendo ejemplo e implementado en las regiones cercanas, dando óptimos resultados, este plan de mantenimiento se especializa en que todos los empleados deben actuar y ser responsables del óptimo mantenimiento y estado de los equipos e instrumentos donde su cultura de la organización fomenta la disciplina y un ambiente de trabajo productivo.

Para el desarrollo de un TPM se describen las siguientes mejoras y ventajas para la elaboración del mismo:

- Reducción del número de averías.
- Reducción de tiempo de espera y preparación de los equipos de trabajo.
- Aumento del control de herramientas y equipos.
- Conservación del medio ambiente y ahorro de energía.
- Mayor formación y experiencia de los recursos humanos. [15]

Todo lo anterior es siguiendo y comprendiendo la estrategia de “las cinco S”:

- **Seiri.** Organización y planificación.
- **Seiton.** Orden.
- **Seiso.** Limpieza e inspección.
- **Seiketsu.** Estandarización y normalización.
- **Shitsuke.** Cumplimiento y disciplina. [16]

c. Plan de mantenimiento basado en el modo y efecto de fallas (AMEF). El proceso efectuado por este plan de mantenimiento, es de la mayor recolección de información, datos, registros, etc.; que ayuda al análisis de los modos de falla que pueda tener un equipo, un proceso y así mismo crear estrategias y tareas sistemáticas para actuar sobre dichos problemas presentados y mejorar la vida útil de lo previamente estudiado.

Este plan se centra sobre los equipos más críticos de un proceso dando priorización a este último con tareas programadas, donde una empresa con departamento de mantenimiento vera favorable que tener este tipo de análisis, será de lo más ventajoso y cada vez más desarrollado con cada uno de los equipos presentes en el proceso de producción llegando a un plan de mantenimiento basado en AMEF bien aplicado.

Las ventajas presentes en un AMEF se deben a su facilidad de crear paso a paso la recolección de información por medio de operarios y especialistas en el campo utilizando herramientas de control puntuación, identificación de fallas con valores, que después de determinar acciones, se reevalúan mirando el nuevo impacto que puedan tener después de una intervención.

d. Optimización de plan de mantenimiento (PMO). Este tipo de plan de mantenimiento se puede aplicar siempre cuando la empresa tenga ya tareas prendidas cuando se presente la falla en un equipo y se pueda intervenir, aunque en principio es de mejorar el plan ya establecido, nos muestra una combinación previa de un mantenimiento preventivo y un mantenimiento correctivo con el fin de minimizar la presencia de intervenciones y fallas ajustando cada vez más los costos de dichas tareas programadas o intenciones sistematizadas. [17]

La clave de este tipo de mantenimiento son la programación oportuna por medio de ordenes automáticas o programas con el uso de softwares, efectuando actividades de revisión, diagnóstico y corrección.

Las personas que están a cargo de esta mejorar continua de las tareas de mantenimiento son todos los departamentos que ejecutan o se relacionan con la operación que pueden ser:

- Fabricación
- Mantenimiento
- Calidad
- Recursos
- Gerencia
- Operarios

Los pasos para el desarrollo de este plan son los siguientes:

- Organizar los equipos por las líneas de producción y en sus componentes.
- Documentación del historial de averías del equipo para determinar: tiempo óptimo de funcionamiento, relación de las fallas con la edad y la relación de la fiabilidad con el tiempo de operación. Si la última relación no se cumple, no es necesario efectuar un plan de mantenimiento preventivo.
- Trazo de la curva de fallos para los equipos seleccionados en función del tiempo de operación. Se pueden presentar tres situaciones:
- Curva a tasa constante: no es necesario plan de mantenimiento preventivo, basta con un auto mantenimiento.
- Tasa de fallo ligada al azar: no es posible efectuar un plan de mantenimiento preventivo. La estabilidad se mejora mediante la elección de componentes que ofrezcan más fiabilidad al momento de realizar el paso número 2.
- Tasa creciente con la edad: optimización de un plan de mantenimiento preventivo para una tasa de fallo lo más baja posible. [16] [18]

### **2.5.2 Criterios de evaluación para un plan de mantenimiento**

Para una adecuada selección del tipo de plan de mantenimiento para la montadora de puntas, se establecerá ciertos criterios que se verán evaluando por cada plan de mantenimiento anteriormente mencionado, con el fin de seleccionar el que más se adecue a las especificaciones de operación y producción de la máquina.

El tipo de valoración que tendrá cada ítem será:

- Aplica que (5 puntos)
- Medianamente aplicable (3 puntos)
- No aplicable (1 punto)

Características de evaluación para una empresa:

- Recolección de información.
- Disponibilidad del equipo.
- Proceso de producción
- Implementación de acciones correctivas
- Capacitación de operación
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Operatividad pequeña
- Bajos costos de mantenimiento
- Equipos/departamento de mantenimiento
- Registros de mantenimiento
- Compromiso de operarios en el mantenimiento
- Plan de mantenimiento existentes
- Mantenimiento realizado por terceros
- Implementación del plan de mantenimiento
- Beneficio económico tras implementación del plan de mantenimiento

### **2.5.3 Selección de plan de mantenimiento**

Con base en los planes de mantenimiento vistos, se procede a realizar una matriz de decisión mediante la metodología “scoring” como se muestra en la siguiente **Tabla 4**.

**Tabla 4.***Matriz de selección*

<b>MATRIZ DE SELECCIÓN</b>				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA</b>	<b>RCM</b>	<b>TPM</b>	<b>AMEF</b>	<b>PMO</b>
Recolección de información.	3	3	5	3
Disponibilidad del equipo.	5	5	3	3
Proceso de producción	5	3	5	3
Implementación de acciones correctivas	3	5	5	5
Capacitación de operación	5	5	5	3
Mantenimiento correctivo	3	3	3	3
Mantenimiento preventivo	3	3	5	3
Operatividad pequeña	5	5	3	3
Bajos costos de mantenimiento	3	3	5	3
Equipos/departamento de mantenimiento	5	5	5	3
Registros de mantenimiento	5	3	5	3
Compromiso de operarios en el mantenimiento	5	3	5	3
Plan de mantenimiento existentes	3	3	1	5
Mantenimiento realizado por terceros	3	3	1	3
Implementación del plan de mantenimiento	3	5	5	3
beneficio económico tras implementación del plan de mantenimiento	5	3	5	3
<b>TOTAL, PUNTUACIÓN:</b>	64	60	<b>66</b>	52

**Nota.** La tabla muestra que el plan de mantenimiento de mayor puntuación es el AMEF.

Con la ayuda de la tabla anterior, se indica que el plan de mantenimiento más adecuado para desarrollar, es un plan de mantenimiento basado en el ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE MODO DE FALLA Y EFECTOS, ya que, al no contar con un plan de mantenimiento actual, se puede realizar tareas de intervención, identificación y análisis de las fallas presentaste desde su operatividad hasta analizar la maquina desde algunos puntos de diseño.

### **3. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE MODO DE FALLA Y EFECTO**

En este capítulo desarrollaremos el plan de mantenimiento basado en las estrategias que ofrece el AMEF (Análisis de criticidad de Modo de Falla y Efectos) previamente seleccionado bajo criterios de selección, que podremos aplicar sobre la montadora de puntas, determinando como se podrían comportar los sistemas de la maquina viendo cómo puede beneficiar tanto su vida útil como la producción que esta realiza.

#### **3.1 ¿Qué es AMEF?**

Lo podemos describir como el procedimiento que ayuda a la identificación de fallas de procesos , sistemas y productos durante una operación de producción, que continua con una evaluación de la identificación de fallas y poder clasificar de manera objetiva sus efectos, sus causas y la ocurrencia con que se presentan estas interrupciones, y poder documentarlas ,para que a futuras presencias de falla estas puedan ser identificadas ,intervenidas y nuevamente evaluadas de manera que sistematice y mejore el proceso productivo.

Con una sistematización previamente estudiada, se da paso a una programación de intervención donde una maquina pueda ser estudiada e identificar el estado de sus varios componentes, sistemas y operación, para recopilar la información del estado actual y poder realizar las respectivas mejoras. [a]

#### **3.1.1 Tipos de AMEF.**

Esta herramienta se puede clasificar en cuatro tipos:

- AMEF aplicado a productos: el procedimiento AMEF en este campo se utiliza como herramienta predictiva para la detección de fallos que puedan afectar el estado del producto, y que no puedan llegar estas fallas de calidad al usuario final, aumentando la probabilidad de intervención sobre las posibles fallas que se puedan presentar. [b][c]
- AMEF aplicado a procesos: Se utiliza la herramienta AMEF para la detección de fallas en las etapas de producción, para la intervención de paradas no programadas, que

pueda llegar a afectar tiempos de operación produciendo retrasos, pérdidas económicas y de material. [c][b]

- AMEF aplicado a sistemas: se utiliza para la identificación y análisis de fallas que puedan ocurrir durante el diseño y programación de softwares que se puedan aplicar a distintas operaciones o automatizar procesos. [c][b]
- AMEF aplicado a diseño: Se utiliza para el análisis identificación de fallas que se puedan presentar en componentes, durante el diseño piezas y herramientas donde se vea comprometido su funcionalidad y en consecuencia afectar una posterior operación

### **3.1.2 Ventajas del AMEF**

Al momento de ir desarrollando un estudio con la herramienta AMEF se observa el beneficio de la obtención de información y el valor que este tiene, además de puede ir actualizándose a través de la implementación e intervención, por ejemplo:

- Identificación de fallas durante el diseño, durante el proceso y durante la operación
- Evaluación de las presentes fallas y clasificación
- Clasificación de las fallas y su correcta intervención, disminuyendo su probabilidad de presencia
- Recolección y documentación de fallas, intervenciones y mejoramiento del diseño, producto o sistema
- Aumento de confiabilidad sobre el diseño, producto y sistema
- Continua actualización del plan con la recolección e información, asimismo múltiples formas de intervenir la presencia de nuevas y antiguas fallas
- Logra que la vida útil del diseño, sistema o proceso se mejore, otorgado confiabilidad en su desarrollo o producto final [b][c]

### **3.2 Metodología**

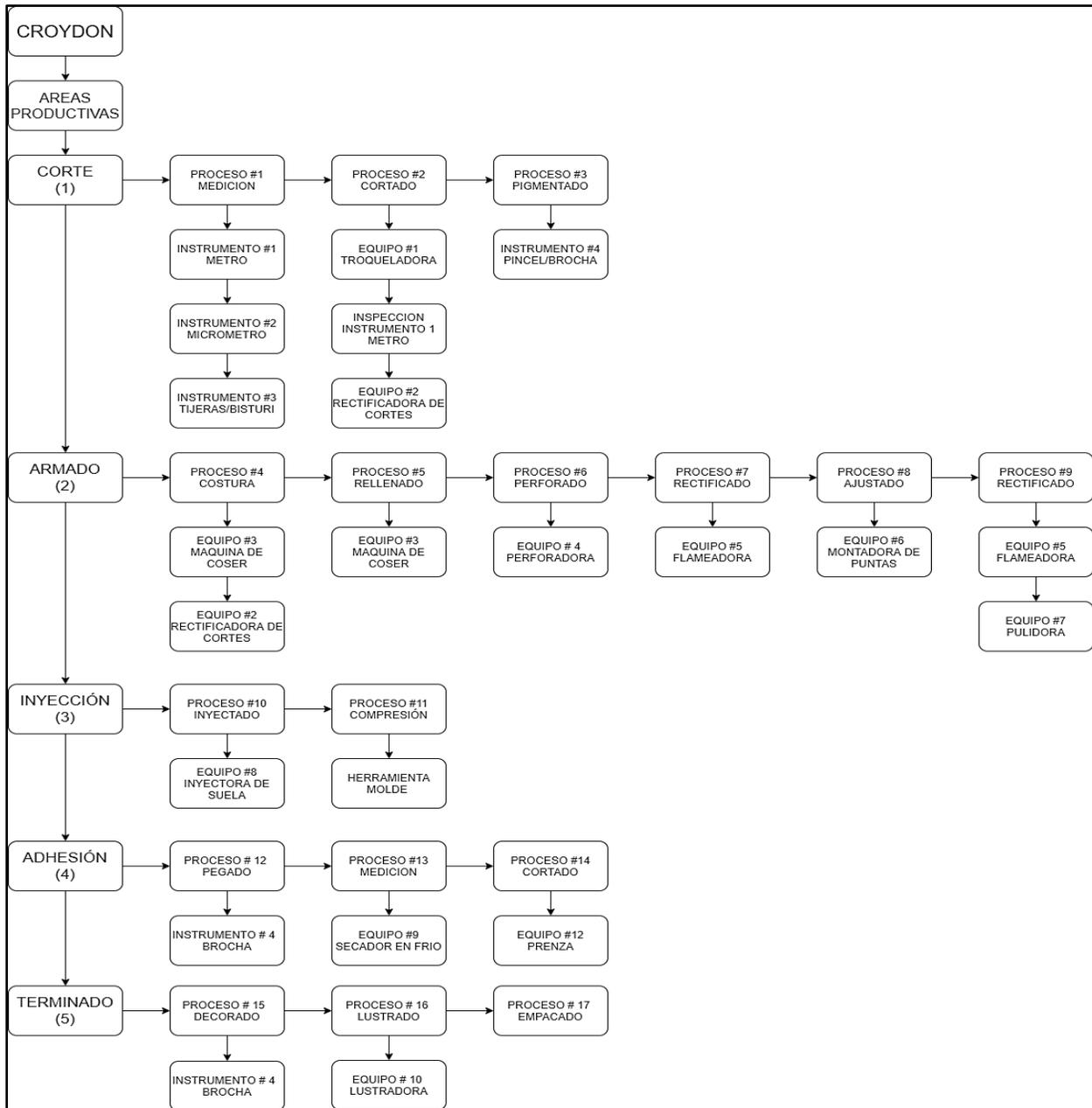
A partir de lo visto en la sección anterior, se procede a aplicar la metodología del plan de mantenimiento AMEF I presente caso particular: la máquina montadora de puntas.

### 3.2.1 Análisis de criticidad del proceso productivo

Se parte de lo visto en la **Figura 33** con un diagrama resumen de la producción. Este se complementa con los equipos utilizados dando como resultado la **Figura 49**.

**Figura 50.**

*Mapa de procesos y equipos de CROYDON S.A.*



**Nota.** La figura muestra en detalle la producción del calzado en CROYDON S.A.

### **3.2.2 Clasificación de equipos**

El análisis de criticidad nos ayuda a seleccionar y dividir en qué categoría puede ser identificados un componente, equipo e instrumento durante un proceso productivo dando lugar a un puntaje o clasificación, y tener en cuenta aquellos de mayor puntuación para ser analizados ala mayor brevedad.

Estas categorías pueden ser:

Equipos críticos:

- Son equipos indispensables, es decir, que no permite la operación de otros equipos
- El mantenimiento del equipo es costoso
- Puede provocar una parada de emergencia en la producción
- Provoca una pérdida de vidas

Equipos importantes:

- Su costo de mantenimiento es manejable
- Tienen impacto en la producción

Equipos prescindibles:

- Su costo no es representativo
- No detiene la producción, pero genera incomodidades en el mismo. [21]

Colocamos los equipos e instrumentos mostrados en el siguiente **Cuadro 2**:

Instrumentos

- Instrumento 1. Metro
- Instrumento 2. Micrómetro
- Instrumento 3. Brocha /pincel
- Instrumento 4. Tijeras/bisturí

Herramienta

- Molde

Equipo

- Equipo 1. Troquelara

- Equipo 2. Rectificadora de cortes
- Equipo 3. Máquina de coser
- Equipo 4. Perforadora
- Equipo 5. Flameadora
- Equipo 6. Montadora de puntas
- Equipo 7. Pulidora
- Equipo 8. Inyectora de plástico
- Equipo 9. Secador
- Equipo 10. Prensa
- Equipo 11. Lustradora
- Equipo 12. Empaquetadora

**Figura 51.**

*Clasificación de herramientas y equipos*

INSTRUMENTOS	CRÍTICO	IMPORTANTE	PRESCINDIBLE
1			X
2			X
3			X
4			X
<b>EQUIPOS</b>			
1		X	
2		X	
3		X	
4		X	
5			
6	X		
7		X	
8	X		
9			
10		X	
11		X	
12		X	

**Nota.** El cuadro se llena a partir del juicio del proyectista.

Según el cuadro anterior nos muestra que el equipo más crítico durante la producción es la montadora de puntas y la máquina de inyección de plástico, dado que la montadora de puntas nos da la forma ideal del calzado y la máquina de inyección nos ayuda a realizar la correspondiente suela para el calzado, sin estos equipos el producto no cumplirá con el estándar de calidad.

### **3.2.3 Selección del equipo más crítico dentro del proceso productivo**

- Para este análisis se van a evaluar los siguientes factores
- Producción: Impacto en la parte productiva
- Operación: Costo de la falla en la operación de producción
- Seguridad: La falla genera riesgo humano
- Calidad: La falla repercute en la calidad del producto
- Medio Ambiente: La falla genera algún tipo de contaminación
- Mantenimiento: Frecuencia: Cada cuanto falla
- Costo: El costo de la falla tiende a incrementarse. [23]

La calificación de la **Tabla 5**, **Tabla 6** y **Tabla 7** será la siguiente.

- Muy alto (5)
- Alto (4)
- Medio (3)
- Bajo (2)
- Muy bajo (1)

A continuación, se va a presentar el análisis de criticidad en donde se evalúan los equipos importantes, para evaluar las frecuencias de falla se decidió asociar la clasificación presentada anteriormente de la siguiente manera.

- Falla cada mes (5)
- Falla cada tres meses (4)
- Falla cada seis meses (3)
- Falla cada año (2)
- No ha presentado fallas (1)

**Tabla 5.***Criticidad de equipos I*

		Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4
Producción		4	3	4	3
Operación		4	3	4	2
Seguridad		3	2	2	2
Calidad		4	5	4	2
Medio Ambiente		1	1	2	2
Mantenimiento	Frecuencia	3	2	4	2
	Costo	2	2	2	2
TOTAL		21	18	22	15

**Nota.** La tabla muestra los valores propuestos.

**Tabla 6.***Criticidad de equipos II*

		Equipo 5	Equipo 6	Equipo 7	Equipo 8
Producción		2	5	3	5
Operación		2	5	3	4
Seguridad		3	3	2	3
Calidad		3	5	4	4
Medio Ambiente		3	3	2	3
Mantenimiento	Frecuencia	3	5	3	3
	Costo	3	4	3	3
TOTAL		19	30	20	25

**Nota.** La tabla muestra los valores propuestos.

**Tabla 7.***Criticidad de equipos III*

		Equipo 9	Equipo 10	Equipo 11	Equipo 12
Producción		3	3	3	4
Operación		3	3	3	4
Seguridad		3	3	1	3
Calidad		1	3	2	2
Medio Ambiente		2	1	1	3
Mantenimiento	Frecuencia	2	1	2	3
	Costo	2	1	2	3
TOTAL		16	15	15	21

**Nota.** La tabla muestra los valores propuestos.

De acuerdo a lo anteriormente calculado, no se obtienen valores menores a 15, esto se debe a que todos equipos son considerados equipos importantes, ya que el impacto de

presencia de falla en estos equipos presenta molestias en el proceso productivo, afectando tanto el tiempo y calidad; esto por su relación de costos se puede trabajar con cierto tipo de molestia cuando se presenta la falla arriesgo de afectar la calidad del producto final.

Por otro lado, queda demostrado que el equipo más crítico es la montadora de puntas, debido que su funcionamiento es el que determina la forma y rigidez del producto, que se muestra en la **Tabla 8**.

**Tabla 8.**

*Equipo más crítico de la empresa. (montadora de puntas)*

	Equipo 6
Producción	5
Operación	5
Seguridad	3
Calidad	5
Medio Ambiente	3
Mantenimiento	5
	4
TOTAL	30

**Nota.** La tabla muestra la identificación del elemento crítico.

En resumen, con los análisis realizados a los equipos determinamos que encuentran 2 críticos son la montadora de puntas con 30 puntos y la inyectora de plástico con 25 puntos, siendo la montadora de puntas el equipo más importante mostrando el gran impacto en la producción, operación, calidad y costo operacional, la consecuencia en caso de que se presente una falla está en la afectar el producto final por no cumplir las expectativas del consumidor.

### **3.2.4 Análisis de criticidad del equipo seleccionado**

En esta sección se enfocará exclusivamente en la máquina montadora de puntas desde la perspectiva del plan de mantenimiento tipo AMEF.

a. Comportamiento en turnos productivos. Se da entender que la maquina montadora de puntas lleva en operación más de 50 años en Croydon pasando por temporadas de uno utilizarse (en situaciones de cierre temporal de la empresa), hasta hace más de 15 años

de continua operabilidad, con esto aclarado podremos hacer un aproximado de unos 15 años de operación (2005) de funcionamiento en la empresa cumpliendo más de 27000 horas efectivas de trabajo. Una falla pone en riesgo la producción de manera operacional, en riesgo de afectar la calidad del producto, así mismo su tiempo de entrega.

El equipo funciona de manera continua, es decir sus turnos son constantes de manera diaria y nocturna, cada uno de 8 horas de funcionamiento en función a la demanda solicitada y tipo de calzado. En la empresa se conoce que hay 2 montadoras de puntas con las mismas especificaciones, las cuales están a cargo por 2 operarios por turno, es decir, 4 operarios por día.

b. Análisis de criticidad de cada uno de los subsistemas. Esta es la parte más cuantitativa del análisis, dado que, se mostrarán en las siguientes **Tablas** el respectivo análisis de criticidad por subsistema (ver **Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13**).

**Tabla 9.**

*Análisis de criticidad Subsistema estructural*

		<b>Estructural</b>
Producción		2
Operación		2
Seguridad		2
Calidad		1
Medio Ambiente		3
Mantenimiento	Frecuencia	1
	Costo	2
TOTAL		13

**Nota.** La tabla muestra el análisis de criticidad para el subsistema estructural.

**Tabla 10.**

*Análisis de criticidad Subsistema mecánico*

		<b>Mecánico</b>
Producción		5
Operación		5
Seguridad		3
Calidad		4
Medio Ambiente		2
Mantenimiento	Frecuencia	3
	Costo	3
TOTAL		22

**Nota.** La tabla muestra el análisis de criticidad para el subsistema mecánico.

**Tabla 11.**

*Análisis de criticidad Subsistema neumático*

		Neumático
Producción		5
Operación		5
Seguridad		4
Calidad		4
Medio Ambiente		3
Mantenimiento	Frecuencia	3
	Costo	3
TOTAL		27

**Nota.** La tabla muestra el análisis de criticidad para el subsistema neumático.

**Tabla 12.**

*Análisis de criticidad sistema eléctrico*

		Eléctrico
Producción		2
Operación		2
Seguridad		2
Calidad		1
Medio Ambiente		3
Mantenimiento	Frecuencia	1
	Costo	2
TOTAL		13

**Nota.** La tabla muestra el análisis de criticidad para el subsistema eléctrico.

**Tabla 13.**

*Análisis de criticidad subsistema de control*

		Control
Producción		2
Operación		2
Seguridad		2
Calidad		1
Medio Ambiente		3
Mantenimiento	Frecuencia	1
	Costo	2
TOTAL		13

**Nota.** La tabla muestra el análisis de criticidad para el subsistema de control.

c. Orden de los subsistemas a partir del análisis de criticidad. Con este análisis, se puede observar la criticidad e importancia que tiene el subsistema de control en la montadora de puntas, ya que posee los componentes fundamentales que logran la coordinación de

movimientos, desplazamientos presiones y seguridad, para realizar una operación de producción óptima y entregar el calzado me la manera más óptima cumpliendo los estándares de calidad.

Con los resultados obtenidos anteriormente el orden será el siguiente:

- Subsistema de control
- Subsistema neumático
- Subsistema mecánico
- Subsistema eléctrico
- Subsistema estructura

### **3.2.5 Historial de fallas**

En este punto identificaremos y describiremos las posibles fallas presentes en cada subsistema que pueda encontrarse en la montadora de puntas, asignándole un código de identificación para consiguiente podamos acoplar al cuadro definitivo de análisis de modo de falla. Se mostrarán las respectivas fallas en el siguiente **Cuadro 3**.

**Figura 52.**

*Identificación y descripción de fallas de cada subsistema de la montadora de puntas*

ITEM	SUBSISTEMA	FALLA		DESCRIPCION	CAUSA	
A	ESTRUCTURAL	AF-1	abolladura	deformación sobre las láminas metálicas que cubren los sistemas internos de la montadora de puntas.	AC-1	recibir golpes de manera externa por herramientas durante la operación productiva
					AC-2	golpes por medio de operarios distraídos en la producción
					AC-3	defectos durante la construcción de la estructura de la maquina
		AF-2	Agrietamiento	deformación elástica de un material mostrada como una ruptura, exponiendo el interior de un cuerpo, estructura o equipo.	AC-4	oxidación del material estructural, tras recibir un golpe penetrante de un cuerpo externo durante la operación de producción o labores de mantenimiento actual, a causa de la exposición de un ambiente con alta humedad
					AC-5	recibir un golpe penetrante de un cuerpo externo durante la operación de producción o labores de mantenimiento.
					AC-6	durante su construcción, la soldadura utilizada no fue la adecuada causando grietas en la zona por el excesivo calor o mal soldado
		AF-3	Colapso interno	caída de los componentes internos de la maquina debido a sobrepesos o malos soportes internos.	AC-7	durante el ensamblaje de la estructura no se utilice la adecuada soldadura
					AC-8	sobrepeso de los componentes internos de la máquina, apoyados en las paredes de la máquina, haciendo que estas cedan y no soporten las soldaduras
					AC-9	inadecuada colocación de los componentes internos de la máquina, haciendo que entre estas mismas no soporten sus propios pesos
B	MECANICO	BF-1	desajuste	errónea conexión entre piezas para realizar una acción evitando que se realice un adecuado trabajo.	BC-1	tamaño de piezas inadecuado
					BC-2	altas vibraciones dentro de la maquina
					BC-3	mal ensamblaje entre los componentes
					BC-4	inadecuada instalación de soportes
		BF-2	fisuras	ruptura superficial de material, producida por fuerzas externas o componentes cercanos, desarrollando grietas que debilitan el material, haciendo que su función no sea la adecuada.	BC-5	choche entre piezas que pueden estar mal encajadas
					BC-6	fuerzas entre piezas mal aplicadas
					BC-7	desgaste del material en contacto con otros componentes
		BF-3	trabas	restricciones movimiento entre componentes, que no permiten el adecuado trabajo	BC-8	mala lubricación entre piezas
					BC-9	mal ajuste de piezas sin permitir movimiento

**Figura 52.. (Continuación)**

ITEM	SUBSISTEMA	FALLA		DESCRIPCION	CAUSA	
B	MECANICO	BF-3	trabas	restricciones movimiento entre componentes, que no permiten el adecuado trabajo	BC-10	componentes extraños interfiriendo en el movimiento
					BC-11	mal suministro de energía entre los componentes
		BF-4	doblado	deformación de los mecanismos al ser sometido a fuerzas excedidas durante el proceso productivo, haciendo que el cuerpo del componente pierda su forma principal	BC-12	después de ocurrir una traba y se sigue aplicando fuerza
					BC-13	el material de los mecanismos no es el adecuado para el trabajo de aplicación de fuerzas
			BC-14	aplicar fuerza cuando el material ha superado su limite la fatiga		
C	NEUMATICO	CF-1	fuga	perdida de un fluido comprensible a causa de aberturas, que provocan que un mecanismo no realice un óptimo trabajo de generar presión y permitir un movimiento y/o fuerza entre elementos móviles	CC-1	mangueras mal ajustadas
					CC-2	ruptura de la manguera y conexiones
					CC-3	mala instalación de sellos
					CC-4	daño en los empaques y sellos consecuentes de pérdidas de presión
					CC-5	componentes mal ajustados
					CC-6	la válvula no responde como es debido
					CC-7	daño en cilindro, causando pérdidas de fluido comprensible
		CF-2	sobrepresión	efecto de generar una presión sobredimensionada aplicada sobre componentes o elementos acoplados, al momento de realizar un trabajo, generando posibles daños (rupturas, agrietamientos) en estos interrumpiendo una actividad productiva	CC-8	Las válvulas no funcionan correctamente
					CC-9	mangueras mal ajustadas
					CC-10	variables de presión mal programadas
					CC-11	presión mal suministrada sobre los elementos mecánicos
					CC-12	obstrucción de cuerpos extraños dentro de las maneras
		CF-3	fisuras	ruptura superficial de material, producida por fuerzas externas o componentes cercanos, desarrollando grietas que debilitan el material, haciendo que su función no sea la adecuada.	CC-13	debido a sobrepresiones, hace que los componentes mecánicos choquen y se presiones entre estas
					CC-14	choque entre el vástago y las pinzas móviles
					CC-15	posición incorrecta del cilindro causando choque
		CF-4	desajuste	errónea conexión entre piezas para realizar una acción, evitando que se realice un adecuado trabajo	CC-16	componentes del sistema mal acoplados
					CC-17	presencia de altas vibraciones, provoca que los componentes se muevan demasiado
					CC-18	utilizar los sellos y empaques equivocados entre componentes que deben se acoplados
					CC-19	tamaño de componentes inadecuado
CF-5	fractura	ruptura completa de un elemento y/o componente, que sobrepasado su límite plástico a causa de una fuerza sobredimensionada aplicadas	CC-20	caída entre componentes internos, debido a malos soportes que llegan a detener la operación productiva		

**Figura 52. (Continuación)**

ITEM	SUBSISTEMA	FALLA		DESCRIPCION	CAUSA	
C	NEUMATICO	CF-5	fractura	ruptura completa de un elemento y/o componente, que sobrepasado su límite plástico a causa de una fuerza sobredimensionada aplicadas	CC-21	aplicación de presiones y fuerzas elevadas fuera de los estándares del proceso productivo sobre los componentes
					CC-22	choque entre componentes a causa de la aplicación de fuerzas y presiones elevadas
		CF-6	descompresión	efecto de una perdida considerable de presión, lo que provoca una incómoda ejecución de un trabajo, al no poder generar los movimientos deseados o fuerzas correspondientes para un desplazamiento	CC-23	las conexiones del compresor están mal ajustadas
					CC-24	Las válvulas no funcionan correctamente
					CC-25	mangueras mal ajustadas
					CC-26	variables de presión mal programadas
					CC-27	ruptura de la manguera y conexiones
D	ELECTRICO	DF-1	cortocircuitos	incidente provocado por el contacto entre el polo a tierra y el conducto, o el contrato entre un conductor o una pieza metálica interrumpiendo el flujo de corrientes a los demás componentes eléctricos	DF-1	aislación del circuito eléctrico errónea entre componentes mecánicos neumáticos con los componentes eléctricos
					DF-2	mala conexión entre componentes eléctricos dejando estos expuestos
					DF-3	ruptura de componentes conductores eléctricos
		DF2	sobrecarga	exceso de consumo eléctrico que provoca una circulación de energía intensa que provoca daños internos en los componentes eléctricos causando interrupciones de acción, movimiento o trabajo	DF-4	los transistores no pueden soportar las cargas electricas excesivas
					DF-5	administración de corriente eléctrica incorrecta
E	CONTROL	EF-1	incomunicación	programación errónea para los componentes que controlan las señales de operación de una maquina causando inconformidad y molestias en el trabajo	EC-1	error de calibración, componentes eléctricos no están bien ajustados y conectados
					EC-2	mala programación
					EC-3	señal de programación baja
		EF-2	cortos de señales	interrupción de señales programadas por medio de baja transmisión de energía que se pueda recibir	EC-4	presencia de cortos circuitos
					EC-5	conexiones eléctricas y componentes de control mal acoplados
					EC-6	administración del consumo energético
					EC-7	presencia de sobrecargas en componentes eléctricos causando interferencia

**Nota.** La tabla muestra el historial de fallas.

### 3.2.6 Análisis de modo de falla y efecto

Para realizar el cuadro definitivo del plan de mantenimiento basado en el AMEF tendremos en cuenta lo que debe estar incluido:

- Las fallas previamente identificadas de cada subsistema.
- Las causas por las cuales se presenta dicha falla.
- La ocurrencia con que aparece la falla, se tendrá determinada valoración cuando se presenta la falla en la **Tabla 14**.
- El efecto o consecuencias que se puedan presentar debido a la presencia de dicha falla.
- La severidad como se presenta la falla según su efecto, se tendrá determinada valoración cuando se presenta la falla en la **Tabla 15**.
- La inspección: determinara como identificamos la presencia de la falla.
- Identificación: nos indica que tan evidente puede ser la falla o encontrarse, se tendrá determinada valoración cuando se presenta la falla en la **Tabla 16**.
- Los controles: nos indicara como podemos actuar sobre falla, con controles, procedimientos y/o tareas.

**Tabla 14.**

*Clasificación de ocurrencia de falla*

<b>FRECUENCIA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
muy baja	nula presencia	0---1
baja	presencia moderada e identificable, se presenta a lo largo de la vida útil de la máquina y presente en el proceso productivo	2---3
media	fallo con presencia ocasional que determina que se presenta a lo largo de la vida útil de la máquina y al tanto de su proceso	4---5
media-alta	fallo con presencia moderada, pudo evolucionar durante el proceso productivo, pero se puede intervenir adecuada mente	6---7
muy alta	fallo inevitable, qué sin identificar pudo evolucionar sin haber sido tratado	8---9

**Nota.** La tabla muestra los valores de frecuencia para las fallas.

**Tabla 15.***Clasificación de severidad de falla*

GRAVEDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR
muy baja	sin afectaciones ni interrupciones del proceso productivo	0---1
baja	leve daño sin causar mayores molestias, sin interferirá en tiempos, de producción, presentando pequeñas interrupciones fácilmente tratable	2---3
media	fallo moderado que produce interferencias, tratables si no se deja evolucionar el daño, afectando un poco el proceso productivo, tener en cuenta para futuro rendimiento d ella maquina	4---5
media-alta	fallo critico que si ser tratado, puede causar unas paradas inmediatas del sistema, afectación a la calidad del producto final	6---7
muy alta	falla potencialmente critica; funcionamiento nulo afectación del proceso productivo; causa incumplimiento sobre la calidad y entrega del producto final	8---9

**Nota.** La tabla muestra los valores de gravedad o severidad para las fallas.

**Tabla 16.***Clasificación de identificación de falla*

DETECCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
muy alta	el fallo es muy presente sin necesidad de inspecciones internas y rápida acción de reparación	0---1
media-alta	fallo presente que requiere acción rápida para no evolucionar ya que presenta rasgos conocidos para una intervención de reparación pronta	2---3
media	presencia del fallo moderado, que en gran medida no puede afectar la calidad del producto para i	4---5
baja	difícil detección si no se reconoce el funcionamiento de la maquina puede camuflarse con los movimientos y ruidos propios del proceso productivo, intervención de la falla	6---7
muy baja	imperceptible, daño 100% asegurado calidad y entrega del producto afectado. Intervención del fallo lenta	8---9

**Nota.** La tabla muestra los valores de identificación para las fallas.

Teniendo en cuenta las anteriores tablas, se procede a compilarlas de forma análoga al **Cuadro 3** para poder generar la siguiente **Tabla 17**.

**Tabla 17.**

*Análisis de modo y efectos de falla*

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFEECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
A	AF-1	AC-1	6	la resistencia del material estructural disminuye causando agrietamientos	6	búsqueda de golpes en la estructura, o baja simetría en las paredes de la estructura	4	144	observación de rutina de la estructura en busca de deformaciones o golpes en la maquina	3	3	3	27
		AC-2	8	la resistencia del material estructural disminuye causando agrietamientos	8	búsqueda de golpes en la estructura, o baja simetría en las paredes de la estructura	4	256	capacitar Alos operarios del uso adecuado de las herramientas, y tener encuentra como puede afectar la producción	4	4	2	32
		AC-3	3	durante el proceso productivo, causa molestes tía operacionales posibles vibraciones y desajustes de los componentes internos y externos	8	identificar durante el ensamble la presencia de golpes y hundimientos de la estructura	6	144	informar sobre deformaciones para pronta intervención y arreglo	1	3	3	9
	AF-2	AC-4	6	deformación de la parte estructural durante el proceso de procedían	8	identificación de partículas de oxidación sobre las placas de la estructura	4	192	remoción de material oxidado para evitar más propagación de este, pulir la zona afectada y aplicar capas de pintura anticorrosiva, igualmente inspeccionar el área previamente arreglada e identificar puntos de humedad presentes en la zona	3	4	2	24
		AC-5	4	exposición de los componentes internos de la máquina, a daños por oxidación; si el golpe fue muy penetrante puede afectar los componentes	6	búsqueda de fisuras en las paredes estructurales	4	96	sellar la parte afectada por medio de placas y soldadura, dependiendo la gravedad, así mismo pulir la zona arreglada.	2	2	2	8
		AC-6	6	desgaste acelerado del material de los componentes internos	6	observar desgaste de los componentes mecánicos que estén en contacto	4	144	cambio de los componentes mecánicos y poner en operatividad en el menor tiempo	3	3	3	27

**Tabla 17. (Continuación)**

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFEECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
A	AF-3	AC-7	8	hilos de soldadura mal realizados, hacen que las uniones de las partes tengan menor resistencia mecánica	6	presencia de grietas en las soldaduras correspondientes del ensamble de la estructura	4	192	limpiar la zona para pasar un nuevo cordón de soldadura rectificando que no se encuentren fisuras	4	3	2	24
		AC-8	8	caída de los componentes internos así mismo daño de estos	8	incomodidad en la operación productiva, generando retrasos de producto y mala calidad	6	384	verificación de la correspondiente soldadura para su construcción y de la técnica del soldador	4	3	3	36
		AC-9	6	caída de los componentes internos, así mismo daño de la estructura abollando las paredes y demorar en su ensamblaje	8	daños de los componentes mecánicos, retrasando su operabilidad	8	384	reemplazo de componentes que puedan suplir el trabajo con dimensiones más auto al espacio, también colocar soportes de refuerzo siempre y cambio los componentes no puedan ser reemplazados	3	3	2	18
B	BF-1	BC-1	2	choque entre piezas, causando desgaste e incomodidad del trabajo productivo	4	identificación de ruidos extraños, presencia de esquirlas provocando obstrucción en las demás piezas mecánicas incomodando la operación productiva	4	32	verificación de ruidos mientras está operando la máquina, y limpiar la zona de molestia, además inspeccionar componentes cercanos donde proviene el ruido para su ajuste y/o reemplazo	2	2	3	12
		BC-2	5	golpes entre componentes mecánicos y demás sistemas de la maquina	6	identificación de ruidos extraños o ajenos a la operación	3	90	desmontar los componentes mecánicos, limpiar y verificar su estado, si es posible reemplazar estos componentes y montar de nuevo el sistema	3	4	3	36
		BC-3	2	la maquina podría trabajar con incomodidad y posiblemente podría desplomarse por dentro dañándola definitivamente	3	presencia de ruidos extraños, y operación productiva sin resultados óptimos	4	24	desmontar los componentes mal colocados, limpiar y re activar la maquina	2	2	2	8

**Tabla 17. (Continuación)**

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFEECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
B	BF-1	BC-4	2	sin estos soportes el trabajo será incomodo, dando paso a altas vibraciones y descomponer la maquina	4	presencia de ruidos extraños, y caída de componentes mecánicos.	3	24	verificar que tipo de soporte se encuentra y remplazarlos y ajustar componentes cercanos	2	2	3	12
	BF-2	BC-5	5	desgaste acelerado del material, y posible fractura de los componentes mecánicos	5	presencia de esquilas dentro de la máquina, presencia de ruidos extraños y detención de la	4	100	reemplazo de piezas que estén muy desgastadas por los golpes, limpiar la zona y ensamblar correctamente	3	3	3	27
		BC-6	4	posible fractura entre componentes mecánicos, dando paso a la interrupción de la operación de la maquina	8	la presión aplicada en los componentes está en los niveles inadecuados.	6	192	ajustar los componentes involucrados, si estos presentan deformidades, se reemplazarán y ajustar adecuadamente	2	4	4	32
		BC-7	4	mal funcionamiento entre piezas para el proceso productivo	3	presencia de esquilas obstruyendo demás componentes	4	48	reemplazo de piezas desgastadas para evitar rupturas de estas y ajustar el reemplazo	3	2	2	12
	BF-3	BC-8	6	golpes entre componentes mecánicos, desgaste acelerado del material	6	restricción de movimiento en piezas móviles	4	144	desmontar las piezas y agregar lubricante adecuado, montar y reajustar los componentes.	3	3	3	27
		BC-9	4	operatividad nula de producción	10	nulo movimiento al aplicar presión para que haya movimiento	6	240	desmontar las piezas, verificar su estado y dependiendo de su desgaste reemplazar por nuevas piezas, y ajustar	2	6	4	48
		BC-10	5	molestias en la operatividad productiva, y posibles daños de los componentes mecánicos	6	restricción de movimiento en piezas móviles ya sea por suciedad o cuerpos externos	5	150	verificar que cuerpos extraños han detenido la máquina, desmontar los componentes, limpiar la zona afectada y volver a montar para iniciar operación productiva	3	4	3	36
	BF-4	BC-11	3	consumo incrementado de energía, incomodada en la operación productiva	6	niveles de presión y energía inadecuados	4	72	verificar los niveles de presión, reajustarlos y comprobar el movimiento de los componentes; reemplazo de componentes eléctricos defectuoso y reajustar niveles de energía	2	3	3	18

**Tabla 17. (Continuación)**

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFEECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
B	BF-4	BC-12	5	posible fractura entre componentes mecánicos, dando paso a la interrupción de la operación de la maquina	8	búsqueda de sonidos extraños, interrupciones frecuentes de la maquina	6	240	detener la operación productiva, desmontar los componentes mecánicos, verificar su estado y dependiendo de la gravedad, se deberá reemplazar por nuevas piezas, ajustar niveles de presión, verificar y ajustar niveles de presión.	3	5	4	60
		BC-13	2	molestia en la operatividad afectando la calidad del producto y disfuncionalidad de la maquina	6	calidad del producto afectado, operatividad del proceso en niveles bajos	6	72	desmontar y verificar las propiedades de los componentes afectados, reemplazar estos por componentes mi adecuados, volver a montar y testificar el proceso productivo	2	3	3	18
		BC-14	4	posible ruptura del componente dejando nula la operabilidad d ella maquina	8	inoperatividad de la maquina al fallo de un componente mecánico trabando la máquina y desajustando otros componentes	4	128	detener la operación productiva, verificar el estado de los componentes afectados, si es posible reemplazar los componentes, ajustar y volver a entrar en operación.	2	5	3	30
C	CF-1	CC-1	6	aplicación de presión mal suministrada para efectuar el trabajo productivo; posibles trabas de los componentes mecánicos; perdida del fluido compresible	4	revisión y observación de presencia de charcos, goteos y manchas en los componentes	3	72	cambio de manqueras y abrazadera, ajustar de la mejor manera	3	2	3	18
		CC-2	6	operatividad productiva incomoda hasta nula, perdida del fluido compresible	4	revisión y observación de presencia de charcos, goteos y manchas en los componentes	3	72	cambio de manqueras y abrazadera, ajustar de la mejor manera	3	2	2	12
		CC-3	7	perdida del fluido compresible	8	presencia de presiones bajas durante el proceso productivo, y posibles goteos en los componentes	6	336	cambio de sellos y empaques, agregar aditivos si es necesario	4	5	4	80

**Tabla 17. (Continuación)**

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
C	CF-1	CC-4	4	posible presencia de fugas entre componentes, que pueden hacer que las mangueras se puedan desacoplar y no permitir el paso del fluido compresible	6	presencia de presiones bajas durante el proceso productivo, y posibles goteos en los componentes	4	96	cambio de empaques sellos y empajes, ajuste de componentes	2	4	2	16
		CC-5	3	nula operatividad de los componentes mecánicos	6	ruidos extraños de choques entre elementos, fluido compresible esparcido por las superficies	4	72	desmante de los elementos correspondientes, ajustar y colocar los correspondientes sellos	2	3	3	18
		CC-6	6	perdida del fluido compresible; posible presencia de desajuste entre los componentes mecánicos	9	presión inadecuada entre los elementos, durante la transición de fuerza de estos	6	324	cambiar la válvula por una mi efectiva, colocar sellos nuevos	3	6	3	54
		CC-7	5	presencia de pérdidas de fluido compresible, causando fuerzas y presiones erróneas para el proceso	8	mala transmisión de presión del cilindro, causando inadecuada transmisión del movimiento afectando la calidad del producto	6	240	desmante del cilindro y componentes, de ser un daño considerable, cambio de este y ajustar con los demás elementos	3	5	4	60
	CF-2	CC-8	5	elevado consumo de energía	7	presión inadecuada entre los elementos, durante la transmisión de fuerza de estos; posible presencia	6	210	cambio de válvulas que estén en mal estado;	3	5	3	45
		CC-9	4	transmisión de presión incorrecta	6	perdida del fluido compresible, transmisión de fuerza inadecuada	4	96	desmante de mangueras, limpiarlas y volver a colocar ajustando correctamente	3	4	3	36
		CC-10	3	posible deformación y ruptura de los componentes mecánicos	6	observar las variables de presión mal suministradas, posible presencia de trabas por estos niveles de presiones en los elementos móviles	5	90	reprogramar las variables De presión de trabajo optima; observar la calidad del producto	3	4	3	36

Tabla 17. (Continuación)

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFEECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
C	CF-2	CC-11	5	puede causar defectos sobre calidad del producto, con las variables incorrectas	8	la calidad del producto se ve directamente afectado	7	280	ajuste de las variables de presión, observar posibles obstrucciones en los componentes, en maneras o variables de presión	3	5	5	75
		CC-12	4	posible deformación y ruptura de los componentes mecánicos	6	posible presencia de esquirlas o pequeños componentes que no fueron a justado causando obstrucción del fluido compresible	5	120	desmante de mangueras, limpiarlas y volver a colocar ajustando correctamente	3	4	3	36
	CF-3	CC-13	5	dependiendo de la gravedad podría causar hasta rupturas, causar presencia de cuerpos extraños e interrupción total de la maquina durante de la operación productiva	8	presencia de grietas en los elementos mecánicos y posibles esquirlas debidos a estos choques	7	280	verificar variables de presión aplicadas, reprogramar, observar componentes afectados, si es posible cambio de los componentes según gravedad de las fisuras	3	6	5	90
		CC-14	6	posible fractura dependiendo de la fuerza aplicada y detención e la maquina en operación productiva	6	presencia de ruidos extraños fuera de la operación productiva, esquirlas debido a estos choques	6	216	cambio y reajuste del vástago; observar estado de las pinzas móviles para reparación o posible	3	4	4	48
		CC-15	5	dependiendo del Angulo con el cual es acomodado el cilindro para la transmisión de presión, para el movimiento de las pinzas móviles causando choque entre componentes	8	ruidos de golpes entre el cilindro y la pinza móvil; forma del producto incongruente debido a la posición de los cilindros y pinzas móviles	6	240	ajuste del Angulo de presión entre cilindro y pinza móvil; observar estado de las pinzas para reparación o posible cambio	3	5	4	60
	CF-4	CC-16	4	poca o hasta nulo trabajo entre componentes para realizar un trabajo	6	presencia de ruidos ajenos a la operación productiva; hasta nula operatividad de la maquina	5	120	desmante de los componentes neumáticos	3	4	3	36

**Tabla 17. (Continuación)**

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
C	CF-4	CC-17	3	posible presencia de fugas entre componentes, que pueden hacer que las mangueras se puedan desacoplar y no permitir el paso del fluido compresible	5	presencia de fugas a los alrededores de los componentes	4	60	ajustar componentes neumáticos; ajustar los soportes internos; encontrar fuente de las vibraciones y ajustarla.	2	3	3	18
		CC-18	2	incomodada para el proceso productivo, sin efectuar las correspondientes presiones haciendo que los componentes puedan desacoplarse	6	presencia de fugas a los alrededores de los componentes	4	48	cambio de empaques sellos y empajes, ajuste de componentes y observar operación.	2	4	3	24
		CC-19	3	operatividad productiva incomoda hasta nula, perdida del fluido compresible	6	ruidos extraños de choques entre elementos, fluido compresible esparcido por las superficies	4	72	ajuste de los componentes implicados, donde siga presentando inconformidad de la operación productiva cambiar componentes más adecuados	2	4	3	24
	CF-5	CC-20	3	detención total de la a máquina afectando el trabajo productivo	9	nulo trabajo por parte de la maquina	4	108	ajuste de los soportes internos; si los componentes internos resultaron muy averiados cambios oportunos de estos	2	9	2	36
		CC-21	4	los elementos podrían romperse durante el proceso productivo, deteniendo por completo la maquina	6	operación de trabajo poco efectiva, presentando molestia en la calidad del producto así mismo ruidos de choques internos; presencia de trabas en mecanismos hasta la ruptura de estos mismos	5	120	reajuste de las variables de presión, cambio de los elementos implicados y observar operación productiva	2	4	3	24
		CC-22	3	posible ruptura entre los componentes, deteniendo el proceso productivo	6	ruidos fuera de lo común, posibles crujidos indicando la presencia de agrietamientos hasta ruptura total de las piezas	4	72	re ajuste de los componentes implicados; corregir variables de presión que se vean excesivas	3	4	3	36

**Tabla 17. (Continuación)**

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFEECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
C	CF-6	CC-23	3	mala operatividad productiva afectando la calidad del producto	6	suministro de presión nula, presencia nula en los componentes mecánicos	4	72	reajuste de las conexiones entre el compresor mangueras y válvulas, mirar niveles de expresión	3	4	3	36
		CC-24	3	nula operatividad de los componentes mecánicos	6	suministro de presión nula, presencia nula en los componentes mecánicos	4	72	cambio de válvulas, mirar estado de las mangueras por posibles fugas	3	4	3	36
		CC-25	7	mala operatividad productiva afectando la calidad del producto	8	presencia de fugas a los alrededores de los componentes, aplicación de presión inadecuada	4	224	desmontar y verificar estado de mangueras en caso de fugas, en caso de daños cambiar estas y ajustar adecuadamente	4	6	3	72
		CC-26	4	puede causar defectos sobre calidad del producto, con las variables incorrectas	8	operación productiva ineficaz al presentar problemas con la calidad del producto, pérdidas de presión energía y trabajo operativo	4	128	rectificar valores de presión y estado de las mangueras, válvulas y sellos	3	5	3	45
		CC-27	4	operatividad productiva incomoda hasta nula, pérdida del fluido compresible	6	presencia de fugas a los alrededores de los componentes	3	72	reemplazo oportuno de mangueras	3	4	2	24
D	DF-1	DF-1	4	contacto eléctrico con componentes mecánicos y neumáticos causando interrupción eléctrica y posibles descargas eléctricas	6	interrupciones el proceso productivo, posibles componentes mecánicos cargados eléctricamente	5	120	detención de la máquina, desmonte de los componentes eléctricos y sus conexiones con los de más subsistemas	3	4	3	36
		DF-2	4	nula actividad de la operación productiva, consumo de energía no aprovechable	9	actividad de la operación productiva detenida, presencia de trabas mecánicas	4	144	revisión y reemplazo de los componentes eléctricos, búsqueda de componentes quemados y medición de voltaje con que la máquina está trabajando y regular este consumo	2	7	2	28

**Tabla 17. (Continuación)**

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFEECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
D	DF-1	DF-3	7	interferencia en el proceso productivo	8	interrupciones el proceso productivo, posibles componentes mecánicos cargados eléctricamente	3	168	cambio de componentes eléctricos, y ajustar niveles de energía suministrados además variar condiciones de operación	4	5	2	40
	DF2	DF-4	6	parada repentina de la máquina, causando trabas, interrupción en la producción, daños en el producto, componentes eléctricos posiblemente quemados y resistencias dañadas	7	trabas de componente eléctricos y mecánicos durante la operatividad, reconocer olores de quemadura y observar consumo energético	6	252	verificación de los transistores y del consumo de energía suministrado en las conexiones de la máquina, observando si causa trabas en los componentes eléctricos y demás subsistemas, cambio de componentes eléctricos que puedan presentar quemaduras	4	3	5	60
		DF-5	6	consumo de energía desaprovechado, costos de suministro de energía aumentando, posibles daños de los componentes eléctricos y algunos de control	8	verificar estado de la calidad del producto, mirar alzas de los costos de energía y observar condiciones en que se encuentran los componentes mecánicos	4	192	regular el suministro de energía que recibe la máquina, mirar cómo está afectando la calidad del producto estos excesos de energía sobre las pizas móviles	3	5	2	30
E	EF-1	EC-1	5	incomodada en el proceso productivo, posibles trabas en los componentes de la maquina	6	el proceso productivo presenta retrasos, detención de la maquina frecuentemente	6	180	reemplazo de componentes afectados, ajuste adecuado de estos y calibrar proceso	3	4	4	48
		EC-2	4	nula actividad del proceso productivo	9	la maquina no está operando, atrasando proceso productivo	4	144	reprogramación del sistema de control, verificar valores predeterminados	2	6	2	24
		EC-3	4	proceso productivo es afectado y la calidad del producto no sería la indicada	8	la calidad del producto no es el adecuado, sin detalles requeridos	6	192	reprogramación del sistema de control, verificar valores predeterminados	2	5	3	30

**Tabla 17. (Continuación)**

SUBSISTEMA	FALLA	CAUSA	OCU.	EFEECTO	SEV.	INSPECCIÓN	IDE.	NPR 1	CONTROLES	OCU.	SEV.	IDE.	NPR 2
E	EF-2	EC-4	6	incomodada en el proceso productivo, posibles trabas en los componentes de la maquina	7	interrupción del proceso productivo secuencialmente	4	168	reajuste de los componentes implicados, verificar niveles de administración de energía	3	4	2	24
		EC-5	5	proceso productivo es afectado y la calidad del producto no sería la indicada	6	ruidos extraños fuera de la operatividad de la máquina, posibles olores de plástico quemado	4	120	reemplazo de componentes afectados, ajuste adecuado de estos y calibrar proceso	3	3	3	27
		EC-6	3	desperdicio de energía no aprovechable, posibles daños a los componentes eléctricos causando interferencia en los procesos productivos	6	aumento anormal del consumo eléctrico; proceso productivo poco eficaz y con retrasos	4	72	reprogramación del sistema de control, verificar valores predeterminados	2	4	3	24
		EC-7	4	proceso productivo es afectado y la calidad del producto no sería la indicada	7	incomodada en el proceso productivo, operatividad baja	4	112	reprogramación del sistema de control, verificar valores predeterminados	2	4	3	24

**Nota.** La tabla muestra el respectivo plan de mantenimiento para una máquina montadora de puntas.

La evaluación del proceso productivo y de mantenimiento de la montadora de puntas por medio de plan de mantenimiento AMEF permitió evaluar los riesgos de las posibles fallas que se puedan presentar optimizando las tareas de reacción e intervención que se pueden hacer en caso de la presencia de estas, se propone tener este listado a la mano del encargado de la reparación de la montadora de puntas, así mismo sugerir el manejo de los formatos propuestos para una mejora futura y más actualizada de este plan.

### **3.2.7 Formatos de mantenimiento**

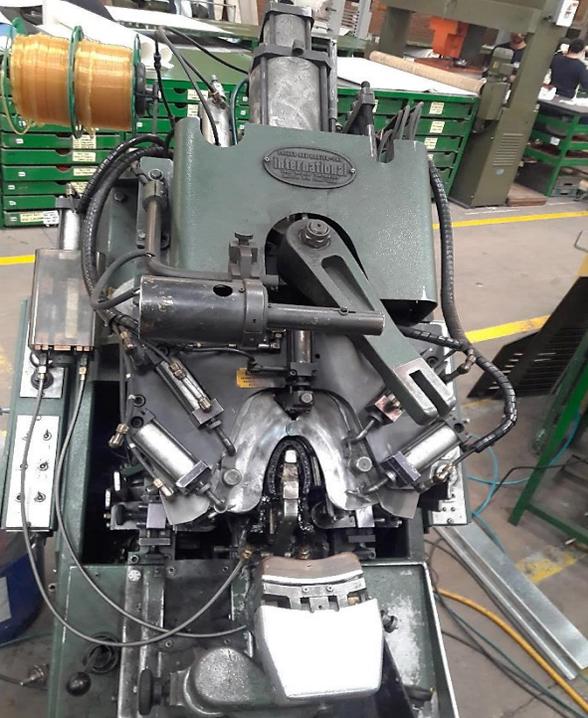
Dentro de la empresa Croydon S.A. no se manejan muy bien los formatos de mantenimiento en el momento de que ocurra una falla, esta sencillamente se reporta de manera verbal y poco despectiva. la empresa carece de llevar registros que indiquen la operabilidad, la disponibilidad con que la maquina ha trabajado. Así que se propuesto realizar los siguientes formatos donde podremos tener la mejor recopilación de datos de la máquina para futuros estudios

Los formatos realizados son:

- Ficha técnica de la montadora de puntas (Ver **Formato 1**)
- Solicitud de trabajo (Ver **Formato 2**)
- Registro producción (Ver **Formato 3**)
- Presencia de falla (Ver **Formato 4**)
- Inspección de rutina (Ver **Formato 5**)
- Pedido de repuesto y manejo de desechos (Ver **Formato 6**)

**Figura 53**

Formato ficha técnica de la montadora de puntas

				
FICHA TECNICA N° ____			revisión N°	_____
			fecha	__/__/__
maquina	código	modelo	marca	año
montadora de puntas	M-0125	S	INTERNATIONAL	1980
		<b>CARACTERISTICAS</b>		
		capacidad de producción de más de 150 pares por hora.		
		adhesión de plástico por medio de resistencia térmicas en pinzas móviles.		
		sistema neumático de movimiento de pinzas para mayor agarre de las partes laterales del calzado.		
		gran ajuste en la zona de talón y puntera del calzado.		
		graduación de Angulo de las pinzas móviles dependiendo del diseño del calzado, para determinar detalles de estos.		
		gran variedad en los diseños que puede manejar; desde zapatos para niños, escolares hasta de protección industrial como botas.		
		especificaciones:		
		peso: 400 kg (aprox)		
		dimensiones	alto	1676 mm
largo	1270 mm			
ancho	383 mm			
consumo:	220 V 1,4 KW/HORA			
observaciones	aire:	presión	80 lb/in 2	
		consumo	147 lt/ min	
		especificaciones tomadas en producción de 150 pares por hora		

**Nota.** El formato es suministrado por CROYDON S.A.

**Figura 54**

*Formato solicitud de trabajo*

				
solicitud de trabajo			revisión N°	_____
			fecha	__ // __ // __
maquina	código	modelo	marca	año
operario		TURNO		
		A	B	C
encargado de mantenimiento		TURNO		
		A	B	C
estado de la maquina				
observaciones				
firma operario _____		firma encargada _____		

**Nota.** El formato es suministrado por CROYDON S.A.

**Figura 55.**

Figura

*Formato registro de producción*

				
registro de producción			revisión N°	_____
			fecha	__/__/__
maquina	código	modelo	marca	año
operario		TURNO		
		A	B	C
encargado de mantenimiento		TURNO		
		A	B	C
operación productiva				
tiempo de operación				
pares intervenidos				
pares correctos intervenidos				
pares deteriorados intervenidos				
control de nivel de presión				
control de nivel de temperatura				
observaciones				
firma operario _____		firma encargada _____		

**Nota.** El formato es suministrado por CROYDON S.A.

**Figura 56.**

*Formato presencia de fallas*

				
presencia de falla			revisión N°	_____
			fecha	__/__/__
maquina	código	modelo	marca	año
operario		TURNO		
		A	B	C
encargado de mantenimiento		TURNO		
		A	B	C
subsistema				
estado	optimo	reparable	cambiable	detalles
estructural				
mecánico				
neumático				
eléctrico				
control				
observaciones				
firma operario _____			firma encargada _____	

**Nota.** El formato es suministrado por CROYDON S.A.

**Figura 57.**

*Formato inspección*

					
inspección de rutina			revisión N°	_____	
			fecha	__//__//__	
maquina	código	modelo	marca	año	
operario		TURNO			
		A	B	C	
encargado de mantenimiento		TURNO			
		A	B	C	
subsistema					
estado	optimo	reparable	cambiable	detalles	
estructural					
mecánico					
neumático					
eléctrico					
control					
observaciones					
firma operario _____			firma encargada _____		

**Nota.** El formato es suministrado por CROYDON S.A.

**Figura 58.**

*Formato manejo de repuestos y desechos*

manejo de repuestos y desechos			revisión N°	_____
			fecha	__//__//__
maquina	código	modelo	marca	año
operario		TURNO		
		A	B	C
encargado de mantenimiento		TURNO		
		A	B	C
acciones a tomar			acción de desechos	
cambio de aceite	si	no		
cambio de filtros				
cambio de hilos de plástico				
cambio de resistencias				
cambio de válvulas				
cambio de mangueras				
cambio de fusibles				
cambio de perrillas				
otros				
observaciones				
firma operario			firma encargada	
_____			_____	

**Nota.** El formato es suministrado por CROYDON S.A.

#### 4. ANALISIS FINANCIERO Y EL IMPACTO AMBIENTAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DESARROLLADO

Para iniciar el análisis financiero del proyecto y tener en cuenta su inversión en la implementación se compara el mantenimiento de un mantenimiento tercerizado, es decir, alguien externo a la empresa para el mantenimiento de la montadora de puntas

Esta intervención por este tipo de empresas tendrá en cuenta el tipo de mantenimiento procedimiento, tiempo invertido, tipos de repuesto que necesitan, pero ya identificado y soportado cumpliendo su cronograma, otorgando recomendaciones y observaciones en el uso apropiado de la maquina mejorando rendimiento.

En la siguiente **Tabla 18** se detalla el equipo revisado por proveedores su valor unitario y hasta un valor anual:

**Tabla 18.**

*Costo anual del mantenimiento por una empresa tercerizada*

EQUIPO	CANTIDAD	PROVEEDOR	PERIODICIDAD	COSTO INDIVIDUAL	COSTO ANUAL
montadora de puntas	2	International	trimestral	\$ 540.000	\$ 4.320.000

**Nota.** La tabla muestra el valor anual del mantenimiento en pesos colombianos

Además, se debe contar con una inversión fija de \$7'500.000, que cubrirán equipos de oficina para el departamento de mantenimiento, cubriendo equipos de informática, herramientas de mano para el equipo de mantenimiento, consumibles y repuestos (como tornillería, equipos neumáticos y elementos electrónicos básicos).

Se debe agregar las correctas capacitaciones para el uso de la maquina montadora de puntas y capacitación de reparaciones menores sobre la misma, esto agrega valor a la inversión inicial , cada capacitación ronda los \$450.000 para los operarios de la maquina montadora de puntas( normal mente se necesitan 4 operarios para las 2 montadoras que se encuentran en la empresa).se debe agregar los insumos externos a la operación de la maquina como recursos de limpieza y de oficina para poder llevar registros de los mismos sumando unos \$480000.

Con lo anterior mencionado vemos que la inversión inicial es \$14'220.000.

#### 4.1 inversión del proyecto

Para establecer los costos del proyecto se muestra las especificaciones de valores en la siguiente **Tabla 19**.

**Tabla 19.**

*Inversión inicial*

ÍTEMS	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNIDAD	TOTAL	FUENTE FINANCIERA
recursos humanos					
proponente	H-H	1100	\$ 8.000	\$ 8.800.000	proponente
orientador	H-H	30	\$ 20.000	\$ 600.000	U. América
empresa	H-H	25	\$ 20.000	\$ 500.000	Croydon
total, recursos humanos					\$ 9.900.000
equipos					
computadora	electrónica	1	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	proponente
total, equipos					\$ 2.200.000
fungibles					
libros	unidad	3	\$ 132.000	\$ 396.000	proponente
papelaría	resma	2	\$ 10.500	\$ 21.000	proponente
tinta	impresora	2	\$ 90.000	\$ 180.000	proponente
internet	mes	8	\$ 45.000	\$ 360.000	proponente
total, fungibles					\$ 957.000
otros gastos					
transporte	pasaje	160	\$ 2.500	\$ 400.000	proponente
servicios	H	160	\$ 6.000	\$ 960.000	proponente
Total, otros gastos					\$ 1.360.000
total, ante imprevistos					\$ 13.057.000
total, con imprevistos (+8%)					\$ 14.101.560

**Nota.** La tabla muestra el valor total de una inversión inicial.

El cuadro anterior indica un valor inicial de \$14.101.560 de pesos del costo inicial del proyecto para ser aplicado.

#### 4.2 Evaluación financiera

Con lo anteriormente calculado de la inversión fija inicial de \$14'100.000 se da paso a la realizar un balance económico y flujo de caja, determinamos que el costo de operación es de \$6'720.000 que se muestran en la **Tabla 20**.

**Tabla 20.***Costo de operación anual*

COSTOS DE OPERACIÓN	VALOR
Capacitación	\$1'920.000
Insumos	\$ 480.000
Mantenimiento tercerizado	\$4'320.000
Total	\$6'720.000

**Nota.** La tabla muestra el costo de operar la máquina montadora de puntas.

Determinaremos el valor en tiempo de improductividad, cuando la máquina montadora de puntas no está en funcionamiento por un turno de 8 horas puede presentar las siguientes pérdidas al día dependiendo cuantos turnos se le sean asignados que se muestran en la **Tabla 21**.

**Tabla 21.***Pérdidas con la maquina detenida*

DÍAS TRABAJADOS	TURNO (HORAS)	PRODUCCIÓN (PARES/HORA)	PRODUCCIÓN (PARES/DÍA)	VALOR CALZADO	PERDIDAS AL DÍA SIN EL FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA	PERDIDAS EL MES (20 DÍAS DE LABOR)
1	8	50	400	\$ 20.000	\$ 8.000.000	\$ 160.000.000
1	16	100	800	\$ 20.000	\$ 16.000.000	\$ 320.000.000

**Nota.** La tabla muestra el valor en pesos colombianos de no usar la máquina

Si la maquina llegara a detenerse, por un año, las pérdidas para la empresa podrían llegar a \$1.920'000.000.

Si la maquina llega a fallar todo un año los costos de personal tercerizado de modifican de trimestral a mensual hasta poder reparar la máquina, el cual dará un valor de tercerización de \$51'840.000, así mismo un valor de operación anual de \$80'640.000.

Para el balance económico determinaremos un ahorro tomado de las pérdidas en relación, cuando la maquina a estado detenida, ya que al implementar el plan de mantenimiento propuesto se espera una mejora económica por año, que se muestra en la **Tabla 22**.

**Tabla 22.***Ahorro porcentual durante 5 años*

%	0%	12.5%	25%	37.5%	50
ahorro	\$1.920'000.000	\$240.000.000	\$480.000.000	\$720.000.000	\$960.000.000

**Nota.** La tabla muestra el incremento porcentual de la inversión.

Según el cuadro anterior se observa un ahorro para el primer año de \$240.000.000 con el 12.5% de mejora gracias al plan de mantenimiento, así mismo para el segundo año con una mejora del 25% se espera un ahorro de \$480.000.000; así correspondientemente a cada año observado en el cuadro.

Con los anteriores datos ya evaluados, se procede a realizar el flujo de caja para determinar el ahorro total obtenido, que aparece en la **Tabla 23**, y mirar que tanto se puede recuperar de un año de perdidas. [a]

**Tabla 23.***Ahorro esperado*

INDICADOR	AÑO				TOTAL	
	1er año	2do año	3er año	4to año		
ahorros	\$ 240.000.000	\$ 480.000.000	\$ 720.000.000	\$ 960.000.000	\$ 2.400.000.000	
inversión inicial fija	-14220000					
capacitación	1800000	1800000	1800000	1800000	7200000	
insumos mantenimiento	480000	480000	480000	480000	1920000	
terceros	51840000	51840000	51840000	51840000	207360000	
operación(anual)	80640000	80640000	80640000	80640000	322560000	
inversión inicial proyecto	-14101560					
flujo de caja	-28321560	\$ 159.360.000	\$ 399.360.000	\$ 639.360.000	\$ 879.360.000	\$ 2.049.118.440
TIR		463%	276%	183%	136%	
VAN	\$ 216.118.903					
B/C	9,4814					

**Nota.** La tabla muestra los valores de diferentes indicadores financieros.

El anterior cuadro se muestra el ahorro esperado, con la ayuda de la implementación el plan de mantenimiento, dando el resultado de \$2.049'118.440, sumando todos los flujos

de caja. Con este resultado se puede proceder al cálculo de la tasa interna de retorno y del valor neto actual.

#### 4.2.1 Tasa interna de retorno (TIR)

Esta herramienta financiera ayuda poner los valores de flujo de caja futuro en un punto presente. [a]

Aplicamos la siguiente formula:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \qquad i = \sqrt[n]{\frac{F}{P}} - 1$$

Donde:

P: Inversión inicial

F: flujos de caja anuales

n: periodos anuales

I: tasa interna de retorno (TIR)

$$i = \sqrt[4]{\frac{879360000}{-28321560}} - 1 \quad i = 1.36 \quad i = 136\%$$

#### 4.2.2 Valor neto actual

Es el valor que identifica las ganancias obtenidas por la suma de los flujos descontados debido a la inversión inicial.

$$VAN = \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F2}{(1+i)^2} + \frac{F3}{(1+i)^3} + \frac{F4}{(1+i)^4}$$

$$VAN = \frac{159360000}{(1+1.36)^1} + \frac{399360000}{(1+1.36)^2} + \frac{639360000}{(1+1.36)^3} + \frac{879360000}{(1+1.36)^4}$$

$$VAN = \$216'118.903$$

### 4.2.3 Análisis costo /beneficio del proyecto

$$RELACION COSTO - BENEFICIO = \frac{BENEFICIO}{COSTO}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\$2.049.118.440}{\$216'118.903}$$

$$B/C = 9,4814$$

Se analiza, que, gracias a la implementación del plan de mantenimiento propuesto, la empresa puede ganar \$9.4814 por cada \$1 invertido en la utilización de la maquina montadora de puntas.

El estudio financiero del proyecto demuestra que se puede recuperar la inversión de la implementación del plan desarrollado en el primer año de la inversión inicial.

### 4.3 Estudio ambiental de proyecto

Se evaluará el impacto ambiental que tiene el proyecto que realiza la montadora de puntas, observando aspectos según metodología Leopold con una matriz interactiva, simple donde se muestran las actividades por parte humana o del proyecto, y los posibles factores ambientales que tiene el proyecto. Este tipo de estudio es totalmente cualitativo.

**Figura 59.**

*Matriz Leopold*



**Nota.** La figura muestra una matriz de relación lineal para análisis ambientales. Tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=KN8iqR7HXy0>

Después marcaremos cuadrículas dividida para todas las acciones, después daremos una evaluación individual que tendrá 2 posibles puntajes una de magnitud e importancia.

La magnitud es el grado o escala del impacto en función de la característica del medio. Es decir, hace referencia a su presencia física de que tan pequeño o grande puede ser, puede tener carácter de + o -

Esta escala de mide entre 1 a 10.

La Importancia: trascendencia que tiene el impacto en base a la característica sobre las actividades del proyecto. Se realiza la siguiente **Tabla 24** para el análisis ambiental.

**Tabla 24.**

*Matriz impacto ambiental*

ASPECTOS AMBIENTALES	actividad del proyecto				total, magnitud
	planeación	mantenimiento	proceso total	proceso sobre la montadora de puntas	
Consumo de agua	-2 / 6	-3 / 6	-2 / 8	-1 / 4	-8
Consumo de combustibles operación de vehículos para transporte de personal	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0
Consumo de energía eléctrica (uso de equipos de cómputo, impresoras e iluminación de los lugares de trabajo, equipos 'y' herramientas)	+8 / 8	+8 / 8	+4 / 0	+4 / 6	24
Consumo de insumos (papel, tóner para impresión)	-10 / 8	-6 / 4	-6 / 4	-2 / 3	-24
Consumo de insumos especiales (Utilización de desinfectantes, y sustancias químicas para la realización del aseo en las oficinas)	-4 / 6	-6 / 6	-6 / 8	-4 / 4	-20
Derrame de ACPM	-0 / 4	-4 / 8	-4 / 8	3 / 6	-11
Derrame de químicos	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0
Generación de emisiones atmosféricas por fuentes móviles	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0
Generación de residuos aprovechables (papel, cartón, plástico, metal, vidrio, orgánicos)	-8 / 8	-10 / 10	-10 / 10	-6 / 10	-34
Generación de residuos no aprovechables (empaques con trazas de comida, mugre de barrido, bandejas de color, cartón y papel contaminado,	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0
envases y objetos metálicos contaminados, plástico contaminado)	+8 / 6	-6 / 4	-8 / 6	-6 / 8	-12
Generación de residuos no aprovechables (empaques plásticos, bandejas de color)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0
Generación de residuos peligrosos (Aceites usados)	+8 / 10	-10 / 10	-10 / 10	-7 / 8	-19
Generación de residuos peligrosos (Baterías y pilas para equipos de medición (GPS y cámaras)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0
Generación de residuos peligrosos (Cambio de tóner y cauchos de impresoras para la impresión de documentos)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0
Generación de residuos peligrosos (químicos)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0
total, importancia	47	56	54	49	

**Nota.** La tabla muestra que en el mantenimiento se da el mayor valor total.

## 5.CONCLUSIONES

Gracias a la caracterización de todo el proceso productivo de la elaboración del calzado realizado en Croydon, ayuda a mejorar la recolección y distribución de información, nos damos cuentas que todos son los involucrados sobre las condiciones de trabajo de los activos no solo la montadora de puntas que fue la que se analizó a fondo parte del proyecto puede verse aplicado a las demás maquinas que maneja Croydon, haciendo crecer un sistema propio más organizado y sistemático.

Se recalca la poca actividad de prevención ante las situaciones que nos pueda afectar la producción y operación del calzado ,tanto así que la información si no es debidamente recolectada ,perdemos el principal avance de mejorar las condiciones de trabajo tanto humanas como materiales , con lo anterior señalado se da refleja importancia el poder intervenir los activos o maquinas en operación con registros ,comportamientos regulados y sistemáticos, para observar identificar y analizar si estos procedimientos llegan a afectar el producto y se vea expuesta la marca a inconformidad de consumo

Con una previa necesidad identificada, una evaluación en ejecución sobre el comportamiento de la máquina y un producto que genera demanda, la información previamente recolectada será más valiosa , ya que si se sistematiza un proceso podremos intervenir aquellas paradas repentinas y no verse afectad el ciclo de trabajo; y además con estas intervenciones se amplía la gama de soluciones del plan de mantenimiento; a pesar de que hay condiciones de parada similares por un motivo puedan ser la gran diferencia de perder millones en operación materiales e insumos a solo perder minutos de operación. En ocasiones las empresas tienes formatos tan viejos y obsoletos que la adaptación de las nuevas herramientas ya sean móviles o fijas la recolección, nos podrán mostrara fácilmente las evidencias d ellos estados físicos del componente ayudando a que los registros visuales sean más prácticos, y sirvan para la reparación por parte de las áreas de diseño.

EL estudio y análisis financiera demostró que la implementación de desarrollo del plan de mantenimiento, refleja una gran viabilidad para la empresa ya que como determinan

en los cálculos por cada peso que inviertan hasta el primer año de acabo su implementación se puede generar ganancias de 1 a 9.5 aproximadamente

## BIBLIOGRAFIA

- [1] CROYDON COLOMBIA. S.A (2020) “Quienes somos “[en línea]. Disponible: <https://www.croydon.com.co/quienes-somos> [ Acceso: marzo,02 ,2020]
- [2] INTERNATIONAL,” La Sting machines “. [En Línea]. Disponible: [http://www.internationalshoemachine.ca/machines/Combination-Toe-Thermalaster-Model-M7R-\(CTT-M7R\)](http://www.internationalshoemachine.ca/machines/Combination-Toe-Thermalaster-Model-M7R-(CTT-M7R)). [Acceso: marzo,04,2020].
- [3] PRENZI,” CROYDON COLOMBIA S. A” [En Línea]. Disponible: <https://prezi.com/h9urczbr0po2/croydon-colombia-sa/#:~:text=MISION,en%20la%20satisfacci%C3%B3n%20del%20cliente> [Acceso: marzo,04,2020].
- [4] INTERNATIONAL,” location “. [En Línea]. Disponible: <http://www.internationalshoemachine.ca/location.htm>. [Acceso: marzo,04,2020].
- [5] CUERO.EN LÍNEA,” ¿qué es el Cuero y sus 7 características” [En Línea]. Disponible: <https://cuero.En Línea/que-es-el-cuero>. [Acceso: marzo,07,2020].
- [6] usuario perdido “maquina inyectora de plástico sobre un molde de suela para calzado” [Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=jrByBZNbcEY>. [Acceso: mayo 08,2020]
- [7] cicegGTO, “elaboración de calzado” 2013, abril. [Video]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=V25eP7kA3mk>. [Acceso: mayo 08,2020]
- [8] biblioteca “cueros y su secado” [En Línea]. disponible: <https://www.biblioteca.org.ar/libros/cueros/secado.htm> [Acceso marzo,07,2020].
- [9] biblioteca “cuero y piel cruda” [En Línea]. Disponible: <https://www.biblioteca.org.ar/libros/cueros/secado.htm> [Acceso marzo,07,2020].
- [10] LA TEMPERATURA EN CENTROS DE TRABAJO” ficha técnica” [En Línea] [disponible: [http://portal.ugt.org/saludlaboral/fichas\\_slab/Fichas12.pdf](http://portal.ugt.org/saludlaboral/fichas_slab/Fichas12.pdf)] [acceso marzo,27,2020].
- [11] CROYDON COLOMBIA S.A.” Catalogo Croydon” [En Línea] [disponible en: <https://www.croydon.com.co/catalogo>] [acceso marzo,27,2020].
- [12] “John. Reliability-centered maintenance” [En Línea] disponible <https://predictiva21.com/libro-rcm-moubray/>. [acceso Agosto ,27,2020].
- [13] “Plan de mantenimiento basado en RCM. En: Ingeniería del mantenimiento: manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento” [En Línea] [disponibilidad: <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>] [acceso agosto ,30,2020].

- [14] C.D. Barreto Y J.D. Polando, Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la cortadora de plasma cnc combirex 4000 de la empresa metalmecánica idemec s.a, tesis pre. Facultad de ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá Colombia, 2020]. [pp. 55]
- [15] R. F. Sacristán. “5S orden y limpieza en el puesto de trabajo. España, Madrid: FCEditorial.2005.” [En Línea][disponibilidad: <https://books.google.es/books?id=NJtWepnesqAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>][acceso septiembre ,12,2020].
- [16] “Mantenimiento total de la producción (TPM): Proceso de implantación y desarrollo” [En Línea] [disponible: <https://books.google.com.pe/books?id=t05vRBKtkQcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>] [acceso septiembre ,13,2020].
- [17] J.J. Sanabria y E.S. Tristanchó. Desarrollo de un plan de mantenimiento para las líneas de producción de la procesadora de lácteos los ángeles s.a.s, tesis pre, Facultad De Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá Colombia, 2018]. [PP.49]
- [18] C.C. García.” desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento planificado para la empresa fp reflectar panels & glass s.”, tesis pre, Facultad De Ingenierías, Fundación Universidad de América, Bogotá Colombia, 2016 página 49].
- [19] S. García Garrido, “Análisis de equipos. En: Organización y gestión integral de mantenimiento.” [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [acceso: julio,3, 2020]
- [20] C.A. Guzmán. “PLAN DE ANÁLISIS DE MODOS / EFECTOS DE FALLA Y PLAN DE MANTENIMIENTO PARA UNA MÁQUINA INDUSTRIAL LAVADORA DEPRENDAS” [En Línea] disponible: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5002/1/TME01384.pdf> [acceso:08-dic-2020] [pp :50]
- [21] “Cómo hacer un Análisis del Modo y Efecto de Fallas AMEF” [En Línea] [disponible: <https://ingenioempresa.com/analisis-modo-efecto-fallas-amef/>] “Cómo hacer un Análisis del Modo y Efecto de Fallas AMEF” [acceso septiembre,15,2020].
- [22] Laura Ramírez, “Matriz de Leopold”,19-julio-2015. [Video]. recuperado <https://www.youtube.com/watch?v=KN8iqR7HXy> [acceso:08-dic-2020]
- [23] “LA MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL. “[En Línea][disponible en: [http://ponce.sdsu.edu/la\\_matriz\\_de\\_leopold.html](http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html)] [acceso diciembre,08,2020].

- [24] “análisis modo y efecto de falla” (AMEF)” [En Línea][disponible en [https://www.ingenieriaindustrialEn Línea.\] com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/](https://www.ingenieriaindustrialEn Línea.] com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/)][acceso:febrero.28,2021]
- [25] A. Hidalgo Mascorro. “Manual AMEF Análisis de modo y efecto de fallas potenciales.” [En Línea]. Disponible: <https://www.gestiopolis.com/manual-amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-fallas-potenciales/> [Acceso: febrero.28,2021]

## **ANEXO 1.**

### **RECOMENDACIONES**

El proyecto fue dirigido a un solo activo de las múltiples máquinas que tiene la empresa, podría ampliarse a un proyecto de análisis de mayor cantidad de máquinas, tomando la base el desarrollo de plan de mantenimiento así mismo toda la zona de operación se encuentra en la misma ciudad.

Para una actualización mejorada se recomienda intercepción de información de cada dos meses para sistematizar a un ritmo mas

Se recomienda realizar estudios de 5s y aplicarlo en el proyecto, mejora o actualización

Actualizar tanto los lugares que tengas la zona tecnológica con softwares y formatos más rápidos fáciles de llenar.

Observar identificar y analizar las zonas físicas de mantenimiento y llevar un inventario controlado para los insumos y herramientas y cada respectiva intervención