



**Diseño de un programa de mantenimiento basado en la metodología RCM para una  
empresa manufacturera de látex**

Darwin Andrés Bustamante Díaz

Luisa Fernanda Cañaveral Jaramillo

Carlos Mario Tamayo Domínguez, MSC

Universidad de Antioquia  
Facultad de ingeniería  
Especialización en Gerencia de Mantenimiento  
Medellín  
2022

<b>Cita</b>	Bustamante Diaz y Cañaveral Jaramillo
<b>Referencia</b>	[1] L.F Cañaveral Jaramillo y D.A Bustamante Díaz, “ <b>Diseño de un programa de mantenimiento basado en la metodología RCM para una empresa manufacturera de látex</b> ”, Trabajo de grado especialización, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022.
Estilo IEEE (2020)	



Especialización en Gerencia de Mantenimiento Cohorte XVII



Elija un elemento.

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Noé Alejandro Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Agradecimientos**

De Luisa Cañaverl para mi madre Luz Marina Jaramillo y mi padre Luis Fernando Cañaverl quienes han acompañado mi proceso de educación y me han dado ejemplo para ser mejor persona, a mi compañero de vida Carlos Mesa por su apoyo incondicional, a mi hermana Yenny Cañaverl, mis hermanos Alexis Arenas y Luis Cañaverl por su amor y apoyo incondicional. A

Papelsa que ha sido una escuela a lo largo de mi trayectoria.

De Darwin Bustamante Agradezco a mis padres (Ana Elvia Diaz- Orlando Antonio Bustamante) y hermana (Natalia Bustamante), ya que siempre han estado apoyando cada uno de mis proyectos de manera incondicional y velando tanto por mi crecimiento personal como laboral. Agradezco a mi señora Adriana Tobón por tanto amor, comprensión y apoyo durante este proceso de formación, con sacrificios de tiempo, los cuales nunca fueron un obstáculo para nuestro hogar.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
A. Antecedentes .....	11
III. JUSTIFICACIÓN.....	13
IV. OBJETIVOS .....	14
A. Objetivo general .....	14
B. Objetivos específicos.....	14
V. HIPÓTESIS .....	15
VI. MARCO TEÓRICO.....	16
VII. METODOLOGÍA.....	18
a. Contexto operacional del activo.....	22
b. Diagrama de bloques funcional .....	23
c. Equipo de análisis RCM.....	24
d. Descripción del activo:.....	25
d. Taxonomía.....	30
e. Matriz de criticidad. ....	32
VIII RESULTADOS .....	34
IX. DISCUSIÓN .....	36
X. RECOMENDACIONES .....	37
REFERENCIAS .....	38
ANEXOS.....	41

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de trabajo.....	21
Tabla 2. Equipo análisis RCM .....	25
Tabla 3. Características del horno .....	25
Tabla 4. Esquema actividades original.....	28
Tabla 5. Clasificación actividades SMED. ....	29
Tabla 6. Esquema de mantenimiento. ....	29
Tabla 7. Clasificación de actividades SMED. ....	29
Tabla 8. Taxonomía 1 de 2.....	30
Tabla 9. Taxonomía 2 de 2.....	31
Tabla 10. Calificación matriz de criticidad. ....	32
Tabla 11. Esquema de colores.....	32
Tabla 12. Probabilidad. ....	32
Tabla 13. Valoración consecuencias matriz.....	33
Tabla 14. Clasificación del horno en matriz de criticidad.....	34

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Proceso RCM .....	18
Fig. 2. Actividades técnico administrativas .....	19
Fig. 3. Esquema horno.....	22
Fig. 4. Diagrama de bloque funcional Empresa Látex.....	23
Fig. 5. Distribución planta.....	24
Fig. 6. Diagrama bloque horno.....	24
Fig. 7. Diagrama de energías.....	26
Fig. 8. Diagrama entrada y salida material.....	26
Fig. 9. Mayores productores de caucho [16].....	41
Fig. 10. Producción en Colombia [16] .....	42
Fig. 11. Área, producción, rendimiento por departamento .....	42
Fig. 12. Área de producción, rendimiento por departamento [17].....	43
Fig. 13. Proyección producción (ton) en producción Colombia (2018-2023) [17].....	43
Fig. 14. Precio promedio internacional vs nacional de Látex [17] .....	44
Fig. 15. Horno Línea B.....	47
Fig. 16. Horno línea B lado posterior.....	48

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>Esp.</b>	Especialista
<b>MP</b>	Magistrado Ponente
<b>MSc</b>	Magister Scientiae
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia
<b>RCM</b>	Reliability Centered Maintenance
<b>TPM</b>	Total Productive Maintenance
<b>SMED</b>	Single Minutes Exchange of Dies

---

## RESUMEN

Se presenta un programa de mantenimiento basado en la metodología RCM para una empresa manufacturera de Látex, teniendo como base las normas SAE JA 1011 y JA 1012; partiendo de la determinación de los modos de falla del equipo. Posterior a esto se evalúa el proceso actual de mantenimiento a nivel técnico - administrativo y finalmente se plantean las modificaciones necesarias que prometen mejorar la disponibilidad y confiabilidad del equipo.

Se realiza una descripción de la distribución de la planta y las funciones principales del activo objeto de estudio a través de un diagrama de bloques, se obtiene una guía que podrá ser replicada a los demás equipos de una planta industrial con el fin de implementar una filosofía completa de mantenimiento que permita solucionar de manera efectiva la causa raíz de los problemas, mantener la funcionalidad de los equipos y preservar la vida útil de la maquinaria o infraestructura en una planta de producción.

### *Palabras Clave*

Confiabilidad, criticidad, gestión de mantenimiento, ciclo de vida útil, diagrama de bloques.



---

## I. INTRODUCCIÓN

RCM es una metodología implementada en la aviación estadounidense, donde sus avances han generado resultados positivos con respecto a la disponibilidad de los equipos, teniendo como referencia un análisis de criticidad para el ítem mantenible y a su vez una calificación para la misma, y partiendo de esto, implementar una serie de actividades que aporta en garantizar el funcionamiento del activo seleccionado.

Las industrias a nivel mundial con base en la competencia comercial han visto la necesidad de implementar estrategias que aporten al cumplimiento de producción y la entrega oportuna de sus productos, es por ello que mantenimiento juega un rol importante, ya que debe garantizar el correcto funcionamiento de los equipos. En la historia se han implementado diferentes metodologías de mantenimiento, las cuales son adaptadas de acuerdo a cada organización. Se debe tener presente que, sin importar la metodología utilizada, sino se hace correctamente, no se tendría el resultado esperado.

El RCM, cuenta con resultados efectivos en su implementación, tales como el incremento de productividad; para uno de los casos, se tiene un valor de 55,25% y después de aplicar RCM, su valor aumenta a 76%, lo que demuestra la efectividad de la implementación y aporta confiabilidad a la compañía [1].

La implementación de RCM en la empresa manufacturera de látex, cuenta con un componente adicional, el cual consta de un diseño en diagrama de bloques, donde se expone de manera breve y clara una visión general del proceso; ya que se hace una descripción general de la empresa, área y metodología, donde se puede apreciar la interacción entre todos los componentes de la organización y la injerencia de cada uno en el proceso productivo.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un mundo cambiante, interconectado entre sí, a través de la internet y la globalización, es necesario que cada empresa tenga presente la importancia de la integridad de activos físicos, la cual a su vez, sirve como una respuesta a la continuidad en la economía circular, los negocios, la economía global, y de forma local e interna la prevención de accidentes e incidentes de seguridad y del medio ambiente; es de anotar que en muchos casos estos últimos se han generado por falla en equipos, por todas estas razones se ha vuelto importante revisar a fondo la causa raíz de las fallas y dar solución oportuna a estas.

La integridad de los equipos debe garantizar en primera instancia la seguridad de las personas, posterior a esto la calidad del producto, por este motivo se está planteando la aplicación de RCM como un método para mantener la funcionalidad de los equipos y organizar la información de forma que se puedan combatir las limitaciones que se encuentran en los sistemas de información, la cual se ha hecho evidente a pesar de los avances tecnológicos que se tienen en el siglo XXI. [2]

“El RCM aplicado correctamente transforma las relaciones entre los activos físicos, quienes lo usan y las personas que lo operan y lo mantienen, a su vez permite que nuevos bienes y activos sean puestos en servicio con gran efectividad, rapidez y precisión” [3], para mantener la funcionalidad de los equipos los departamentos de mantenimiento juegan un papel clave dentro de las organizaciones, se puede mencionar que el mantenimiento se ha dividido en 3 tipos:

- Mantenimiento de primera generación: el cual fue aplicado hasta inicios de la segunda guerra mundial, donde la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que los tiempos de parada de equipos no cobraban mayor importancia, así mismo la prevención de fallas no era un pilar dentro del mantenimiento.
- Mantenimiento de segunda generación: durante la segunda guerra mundial como una respuesta a una industria con una presión económica grande, alta demanda de bienes y un aumento en mecanización, esto dio pie al mantenimiento preventivo donde las actividades se desarrollaban con base a programaciones de trabajos con frecuencia y altos costos.
- Mantenimiento de tercera generación: Hacia el año 2022 se pueden implementar RCM como una respuesta a la reducción de inventarios, donde se garantice que los trabajos planeados son los que necesitan los equipos para responder a la demanda de los mercados

de forma correcta y eficiente, de tal manera que se usen herramientas y se soporten las decisiones con hechos y datos.

El uso o implementación de nuevos métodos, y revisión de los diseños de equipos, métodos donde se pretende cambiar los modos de pensar trabajando en equipo, con flexibilidad e impulsando la participación de manera interdisciplinaria guiados a la mejora continua de los procesos de mantenimiento, definiendo las técnicas que agregan valor para las organizaciones [4], eligiendo las adecuadas para mejorar el rendimiento del equipo, al mismo tiempo que se contienen o reducen los costos de mantenimiento sin dejar de atender de manera oportuna los equipos.

Con la metodología RCM se implementa una política de manejo de fallas basadas en condición, haciendo las actividades correctas evitando reprocesos, viendo los equipos como un todo e impactando de forma positiva los aspectos físicos y financieros del mismo, es importante también que, durante la solución e implementación de la estrategia, se tenga como premisa un principio de simplicidad, donde lo único que prevalezcan sean las funciones de los equipos. [5]

#### *A. Antecedentes*

El mantenimiento industrial ha tenido avances en la historia, a mediados del siglo XX en las programaciones de mantenimiento con el fin de disminuir las actividades correctivas o de emergencia. En la medida en que el mercado y la industria avanzaba iban surgiendo necesidades relacionadas con la entrega rápida y oportuna de productos y ejecución de servicios. A través del tiempo se ha hablado de TPM, RCM, mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo; entre otras metodologías que se van adaptando a cada industria. [6]

En 1978 se desarrolla la metodología RCM, aplicándola a la industria comercial de la aviación para aumentar la seguridad y la disponibilidad de los equipos. El RCM es una estrategia de organización de las actividades y administración del mantenimiento para desarrollar cronogramas que se basan en la confiabilidad de los equipos. [2]

El RCM garantiza un programa efectivo de mantenimiento que se centra en la confiabilidad del equipo, para que este se mantenga en condiciones óptimas de funcionamiento. John Moubray definió el RCM como un proceso para determinar el paso a paso para asegurar que

cualquier activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional.

Entre los casos exitosos de implementación de la metodología RCM, se tiene en una planta de fundición de lingotes de plomo, donde se hace el análisis a un área denominada Crisol de metalurgia, a la cual se identifican 32 funciones, al tenerlas definidas, se aplica el análisis de “fallas funcionales”, “modos de falla” y “efectos de falla”; aplicando una calificación de criticidad a estos, definiendo tareas puntuales para mitigar los eventos en el sistema y garantizar la confiabilidad del activo.

La participación de un equipo de trabajo en el análisis, posibilita su aprendizaje del funcionamiento del activo físico, forma correcta de operarlos y la mejor manera de disminuir las fallas. Cada miembro del grupo intervino en la formulación de los objetivos. La implementación del RCM en la sección de Metalurgia logró incrementar la confiabilidad de la sección mediante el análisis del Tiempo medio entre fallas (MTBF) [7], [8]

### III. JUSTIFICACIÓN

La compañía manufacturera de Látex estudiada en este proyecto, inicia sus operaciones a mediados de 1996, cuenta con un programa de mantenimiento el cual tiene una gran oportunidad de mejora, ya que se maneja historial de fallas e intervenciones periódicas con un mismo origen. No se tiene un software de mantenimiento y los reportes son diligenciados en una hoja de Excel.

Se implementa en el sector manufacturero de Látex un recambio generacional en la maquinaria y esto lleva a un avance en la metodología de trabajo ya que los equipos nuevos no deben ser manipulados como la maquinaria que se retiran de los procesos, en el mercado se observa mayor competitividad, la entrega de los productos debe hacerse de forma inmediata [9], para enfrentar estos retos se desea implementar una estrategia de mantenimiento basado en la confiabilidad y el incremento de la disponibilidad de máquinas y equipos.

La metodología RCM analiza las funciones del equipo y adopta una política para el manejo de fallas, teniendo presente las circunstancias que lo ocasionaron, dentro de los posibles eventos se pueden tener desgaste o deterioro por uso normal, errores de diseño, errores humanos por parte de operadores, personal de mantenimiento y errores de diseño [3]

## IV. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Diseñar un programa de mantenimiento basado en la metodología RCM para una línea de producción de Empresa Manufacturera de Látex.

### *B. Objetivos específicos*

1. Realizar el análisis de criticidad de la línea de producción de una planta manufacturera de Látex.
2. Definir las premisas y sistema general para la metodología RCM.
3. Documentar un análisis de los modos de falla del equipo seleccionado con sus sistemas.
4. Plantear una metodología de trabajo a los ítems mantenibles partiendo de su criticidad.
5. Diseñar un programa de mantenimiento que permita preservar la vida útil del equipo y aumentar la disponibilidad del mismo.

## V. HIPÓTESIS

Mejorar un proceso a través de RCM puede servir para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, dar flujo a las plantas de producción durante sus operaciones y disminuir los costos de mantenimiento asociados a recursos invertidos en intervenciones innecesarias o excesivas, así como, las acarreadas por fallas repetitivas que no son resueltas desde su causa raíz.

Mejorar un proceso a través de RCM permite capacitar el personal técnico de tal forma que conozca muy bien la funcionalidad de la máquina y obtenga una herramienta de diagnóstico sencilla.

## VI. MARCO TEÓRICO

La empresa Manufacturera de Látex en Colombia con 25 años de trayectoria se encarga de comercializar elementos de protección tales como guantes, tapabocas, gorros, overoles, etc. Adicional a esto, la empresa tiene una sede principal que se encarga de la fabricación de guantes y láminas a base de látex natural la cual no cuenta con una metodología establecida como estrategia de mantenimiento.

El RCM es una metodología implementada con éxito en el sector aeronáutico de los Estados Unidos, la cual aportó a la disminución, identificación y corrección de fallas de manera oportuna, aumentando la disponibilidad de los equipos. [2].

A nivel industrial las compañías, cuentan con múltiples metodologías de mantenimiento, de acuerdo con su actividad, cultura y planeación estratégica; se tienen casos exitosos que presentan las empresas con la estrategia RCM y se tienen como referencia algunos a nivel nacional e internacional. [10]

La empresa NESTLE en Perú, con su planta de golosinas, ubicada en Lima, implementó la metodología RCM en uno de sus equipos críticos, llamado SUPERCHEMIL. Inicialmente se tomó el historial de fallas generadas en la máquina seleccionada y se obtuvo que el número de mantenimientos planeados era de cero intervenciones, por lo tanto, el 100% de las intervenciones eran no programadas. Con la información recolectada, se realizó un análisis de modos y efectos de fallas FMEA; luego, se realizó un análisis de datos donde se establecieron unas actividades tales como análisis con ultrasonido, inspecciones visuales, tintas penetrantes, alineaciones, etc.

Los resultados de la metodología, presenta un incremento en la disponibilidad del equipo en un 3,69%. Si la máquina cuenta con 20666 horas de trabajo, la disminución de horas de paro es de 762,58 lo que implica un ahorro de paros anuales de 6'337,105.83 US\$ [11].

En la ciudad de Cuenca se implementó una metodología RCM para los vehículos del cuerpo de bomberos, esta tarea se llevó a cabo, ejecutando actividades tales como definir las funciones principales y secundarias de cada unidad de emergencia, sus modos, efectos y el origen de las fallas en los vehículos, con el firme propósito de establecer un plan de mantenimiento que garantice la operación. Los equipos analizados tienen los siguientes códigos y las siguientes disponibilidades: A-22, A-34 y U3; 0,64%, 0,6 y 0,65 respectivamente.



Posterior a esto, se obtuvo un análisis de criticidad, donde se identifican los equipos y las fallas más comunes para intervenir en el nuevo plan de mantenimiento. Este informe se comparte con el personal contratista encargado de ejecutar las actividades de mantenimiento a los diferentes equipos de la estación. [12].

En la empresa ITALCOL en Girón Santander, se implementó la metodología RCM y se obtuvo una disminución en gastos de mantenimiento. Los pasos implementados fueron:

- Análisis de criticidad.
- Análisis de falla, donde se determina las fallas funcionales.
- Modo de falla.
- Efectos de falla.

Se realizó un análisis del costo de la implementación, comparándolo con el mantenimiento que se ejecuta antes del estudio. El valor anual antes de la propuesta incluyendo el gasto anual de mantenimiento, mano de obra, repuestos y lucro cesante es de \$1'346,139,250. El presupuesto anual de la estrategia diseñada es de \$456'623,320, evidenciando así un ahorro promedio del 66,08%, lo cual hace viable el proyecto. [13].

Con base en los casos exitosos mencionados y otras referencias consultadas, se cuenta con material suficiente para estudio y estructuración de la estrategia.

## VII. METODOLOGÍA

Se realiza una revisión de las normas SAE JA 1011 Y SAE JA 1012, donde se definen las premisas y aspectos relevantes para desarrollar la metodología RCM, con el fin de conocer la probabilidad y distribución de fallas en el tiempo de diferentes componentes.

En la figura 1 se observa un esquema del proceso con 7 pasos para definir RCM en un activo.

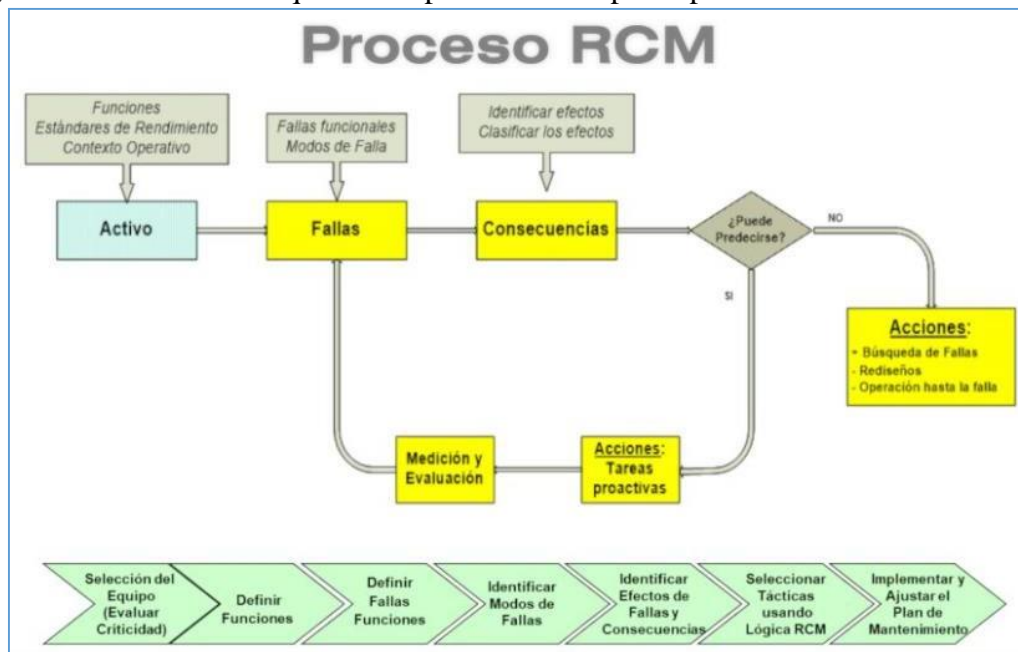


Fig. 1. Proceso RCM

El proceso indicado en la figura 1 se desarrollará a través de las siguientes actividades técnico administrativas resumidas en la figura 2.



Fig. 2. Actividades técnico administrativas

La Empresa Manufacturera donde se desarrolla este proyecto realiza el 80% de sus intervenciones de a través del mantenimiento correctivo, lo que lleva a generar paros de producción y afectar el plan de fabricación establecido. A inicios del siglo XXI se busca intervenir los equipos, basándose en la metodología RCM, para brindar mayor confiabilidad a la operación de cada línea de producción.

Para este estudio inicialmente se realiza un análisis de los eventos que se generan en el horno de la línea B y con el indicador de gestión "Confiabilidad infraestructura", se identifican las fallas funcionales, potenciales y totales que dificultan el normal funcionamiento de este activo. Luego de hacer este análisis, se procede a implementar la metodología RCM.

Al tener el equipo identificado, se procede a resolver las preguntas generadas en la norma SAEJA 1011. [14]. Cabe resaltar que los diferentes equipos de la compañía manufacturera de Látex, no cuentan con manuales o referencias de fabricante, ha sido una construcción *inhouse*. Se tiene un historial de fallas e instructivos de operación y mantenimiento, los cuales han sido creados por el personal operativo de la planta y el equipo de mantenimiento que atiende las diferentes eventualidades.

Se genera una matriz de criticidad, donde están identificados los riesgos que se presentan en el equipo, teniendo como premisa los siguientes aspectos:

- Afectaciones para las personas.
- Afectaciones en el medio ambiente.
- Afectaciones sobre la producción.
- Afectaciones sobre la reputación.

Así mismo, se estructura un documento que tiene la información detallada de los eventos, el cual es utilizado como base para el análisis; este archivo contiene la siguiente información:

- Funciones primarias y secundarias.
- Fallas funcionales, totales, potenciales o parciales.
- Modos de falla.
- Efectos de falla.
- Consecuencias de falla.
- Criticidad.
- Plan de trabajo.

Con la anterior información se obtiene de manera organizada cada uno de los eventos, los tiempos entre fallas, el tiempo de intervención, etc.

Luego de hacer un análisis a toda la información se conocen los puntos críticos que deben ser intervenidos con prioridad y también, las actividades o procedimientos de estricto cumplimiento, para mejorar la disponibilidad del equipo e interferir en los planes de producción por fallas funcionales en los equipos. [15]

Este trabajo se desarrolla teniendo como base la tabla 1 que corresponde al cronograma de trabajo.

ACTIVIDAD	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Recolección de la información	■	■	■	■	■	■	■
Procesamiento información.			■	■	■	■	■
Envío de avances de monografía y proyecto	■	■			■	■	■
Revisión de propuesta con asesor de proyecto				■			
Revisión de avances con asesor de proyecto					■	■	■
Revisión de la norma SAE JA 1011 Y SAE JA 1012		■	■				
Diseño metodología RCM.			■	■			
Evaluación de la criticidad de cada uno de los componentes del equipo.				■	■		
Análisis de historial de fallas del equipo				■			
Análisis del equipo basado en las recomendaciones de la norma JA1011.					■	■	
Determinación de métodos y planes de mantenimiento para evitar las fallas en el equipo						■	■
Revisar y definir los programas de mantenimiento para el equipo seleccionado							■

Tabla 1. Cronograma de trabajo

a. *Contexto operacional del activo*

El horno está compuesto por tres compartimientos: Cámara de combustión, horno presecado y horno vulcanizado, los cuales se muestran en la figura 3.

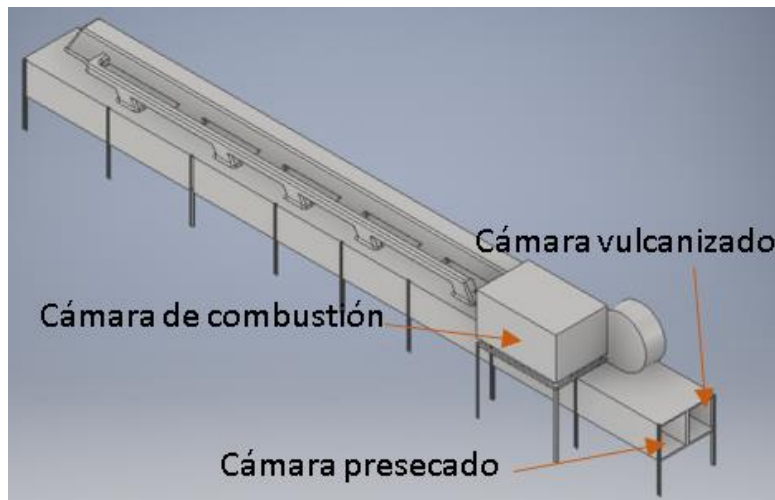


Fig. 3. Esquema horno.

La cámara de combustión se compone por una estructura de las siguientes dimensiones (120 cm x 100 cm x 150 cm), un motor de 6,6 HP a 220V 3~, Quemador de 400000 BTU, ventilador centrífugo de alavés posteriores y ductos de ventilación.

El funcionamiento en el sistema de calor es: El quemador calienta el aire que se encuentra dentro de la cámara de combustión entre 100°C Y 120°C, el motor trasmite el movimiento por medio de bandas al ventilador, y este se encarga de distribuir aire caliente por el ducto que se encuentra paralelo al horno en la parte superior, garantizando la temperatura ideal de operación a lo largo de las cámaras. Para el control de la temperatura, se utiliza un dispositivo de temperatura de referencia MC-2438. Al iniciar el turno los días dominicales, el incremento de temperatura (15°C-120°C) se hace en un lapso de tiempo no superior a 35 min. En el funcionamiento normal el quemador tiene unos tiempos de trabajo de 3 min y descanso de 45 seg aprox.

El sistema de tracción está compuesto por dos motores de 3HP a 220V 3~, dos cajas reductoras de 3HP, un juego de piñones cilíndricos rectos, cadena eslabonada en acero inoxidable, variador de frecuencia para cada motor LTB, rodamientos 6000 ZZ y chumaceras pedestal de 1 ½”.

El funcionamiento del sistema de tracción es:

Los variadores cuentan con un accionamiento en el gabinete principal y también en cada una de las salidas del horno para intervención rápida en caso de un atasco en la moldería, estos dispositivos cuentan con un potenciómetro para regular la velocidad de los motores en base a la referencia que se esté trabajando en el momento la cual varía desde 0,6 mm/s a 18 mm/s.

El colaborador enciende las líneas y en un extremo, ingresan las bandejas porta moldes con 6 u 8 moldes dependiendo de la referencia de producción, siempre sin exceder un peso de 12,5 Kg por regulación para iniciar el proceso de vulcanización. Los motores transmiten el movimiento a las cajas reductoras y estas a su vez, están conectadas a los piñones que hacen girar las cadenas, en las cuales se soportan las bandejas para iniciar su recorrido por todo el horno.

La cadena esta soportada a lo largo de la cámara por los rodamientos 6001 ZZ, los cuales sirven de guía de la misma. Las bandejas inician el proceso en la cámara de presecado, al finalizar el recorrido por esta, un colaborador le da el terminado al guante haciendo un borde grueso (orillo) y luego ubica la bandeja en la entrada de la cámara de vulcanizado, donde la bandeja hace su recorrido total y al finalizar es retirada por un operario.

El operario retira la bandeja del horno y la ubica en una estructura metálica, donde retira el guante del molde y los deposita en recipientes debidamente marcados con la talla de los guantes en producción y se disponen para empaquetado, almacenamiento y distribución.

El sistema a analizar es el horno de vulcanización línea B.

#### b. Diagrama de bloques funcional

En la figura 4 se realiza una descripción a través de diagrama de bloques de la línea de producción de la empresa manufacturera elegida. [16]

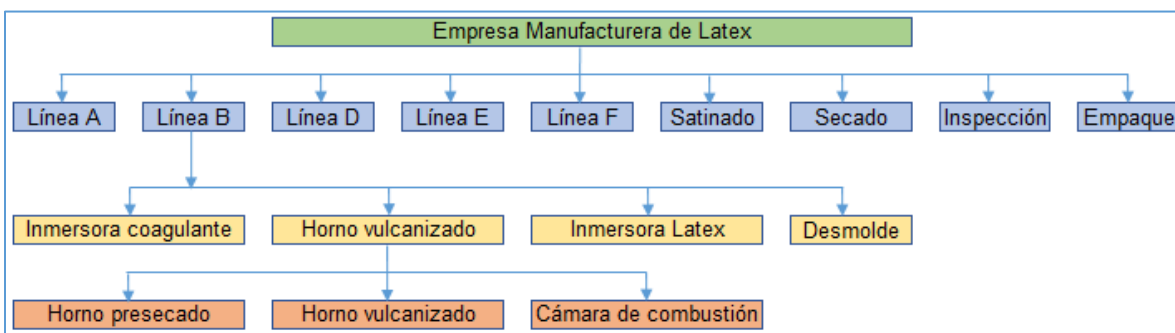


Fig. 4. Diagrama de bloque funcional Empresa Látex

En la figura 5 se está detallando la función principal de la línea y de los sistemas del activo al cual se le desarrolla la metodología.

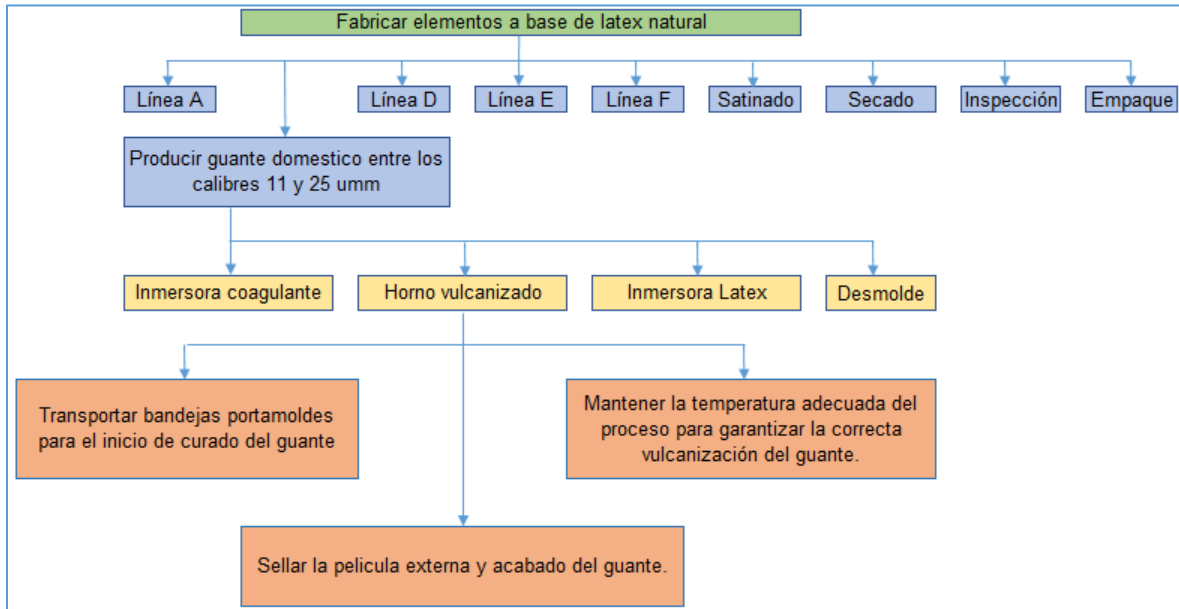


Fig. 5. Distribución planta.

En la figura 6 se muestra un diagrama de bloques donde se indica de firma simple cada sistema del horno.

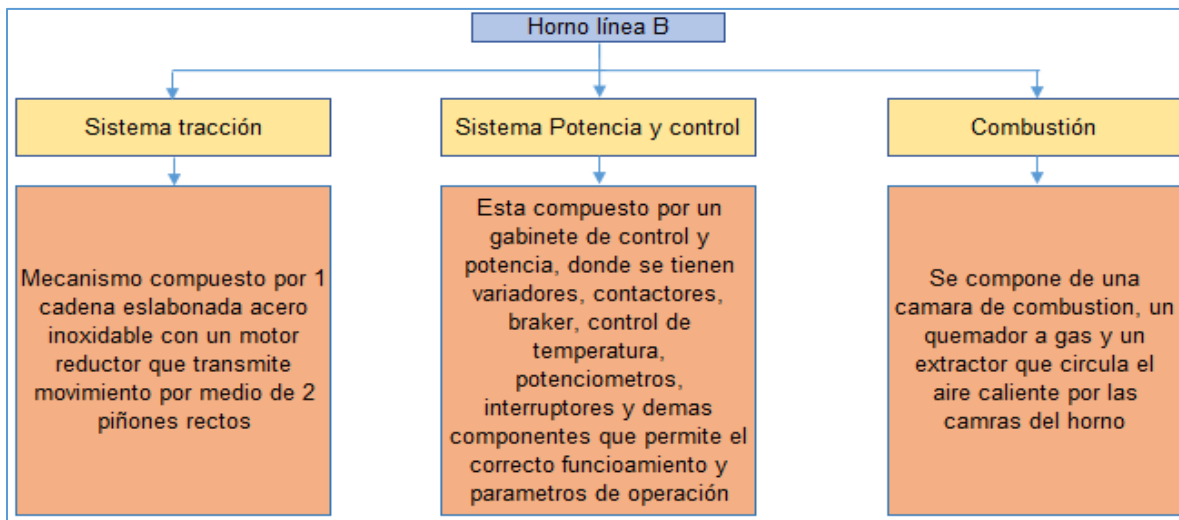


Fig. 6. Diagrama bloque horno

c. *Equipo de análisis RCM*

En la tabla 3 se indica los roles definidos para el desarrollo de este trabajo, la distribución de roles se realizó basándonos en la metodología de RCM.



Nombre	Profesión	Rol
<b>Carlos Mario Tamayo</b>	Ing. Mecánico	Asesor Externo 2
<b>Darwin Andrés Bustamante</b>	Ing. Electricista	Experto
<b>Luisa Fernanda Cañaverl</b>	Ing. Mecánica	Facilitador-Analista

Tabla 2. Equipo análisis RCM

*d. Descripción del activo:*

El activo seleccionado para el análisis RCM es el horno de vulcanizado de la Línea B, las características del horno se detallan en la tabla 2.

Nombre	Descripción
<b>Tipo de horno</b>	Horno de convección
<b>Referencia</b>	Construcción local
<b>Marca</b>	Propia
<b>Capacidad</b>	400000 BTU/h
<b>Velocidad de operación</b>	0,6 mm/seg-18mm/seg
<b>Temperatura de operación</b>	100°C- 120°C
<b>Voltaje de alimentación</b>	220 V 3PH

Tabla 3. Características del horno

Dentro de la descripción del activo se realiza la revisión de las entradas y salidas que tiene el equipo, para este caso se indican en la figura 7.

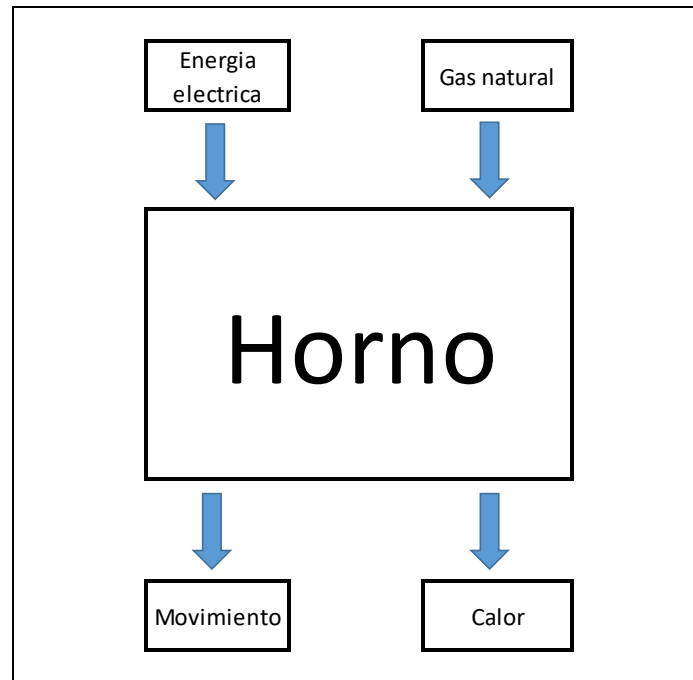


Fig. 7. Diagrama de energías

En la figura 8 se muestra el recorrido que hace el látex dentro del horno con el fin de mostrar un panorama general del equipo.

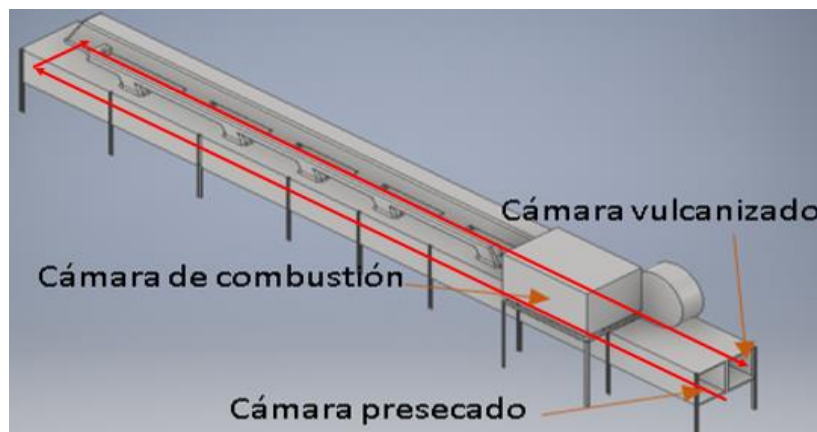


Fig. 8. Diagrama entrada y salida material

#### *f. Plan de Mantenimiento SMED.*

De forma ilustrativa y complementaria en las tablas 4, 5, 6 y 7 se están indicando la programación del mantenimiento del horno a través de la técnica de planeación SMED, con la finalidad de dejar un registro de las actividades que se deben programar para el horno. La herramienta SMED aplicada a mantenimiento en este caso permite analizar de forma detallada y

paso a paso las actividades que se deben llevar a cabo durante una actividad programada, este método también permite identificar los tiempos empleados en transporte o inventario con el fin de que cada equipo de trabajo pueda implementar mejoras que ayuden a disminuir los tiempos perdidos y como resultado de ellos mejorar la eficacia de los procesos, esta información se agrega a este trabajo con el fin de que pueda ser implementada en otros trabajos de esta planta y de la industria.






AVANCE TIEMPO		ACTIVIDAD	MINUTOS	REGISTRO FOTOGRÁFICO	PROCEDIMIENTO
1	05:45 am -06:10 am	Ingreso de personal técnico	15		El personal técnico ingresa a las 5:45 a la empresa. Tiene un tiempo establecido de 15 minutos para estar con todos los EPP en el sitio de trabajo
2	6:00 am - 06:20 am	Traslado de equipos y materiales para el área de trabajo (Linea B)	20		Se hace un desplazamiento de todos los elementos al lugar de ejecución de la actividad
3	06:20 am - 06:40 am	Funcionamiento y permisos	20		Se hace un encendido de las cadenas, para identificar ruidos, fugas, vibraciones, consumos, y posibles eventualidades en el funcionamiento. Se diligencia permiso de trabajo en caliente en compañía del personal de SST responsable de supervisar la actividad.
4	06:50 am - 09:00 am	Cambio de eslabones y platinas	130		Se revisan platinas, eslabones, rodamientos y guías que presenten desgaste o fatiga, para realizar cambio de los mismos o reparación de la pieza. Las platinas se enderezan o en caso de no ser posible enderezar, se procede a cortar y se cambia por una nueva
5	09:00 am - 09:20 am	Alimentación	20		
6	09:20 am - 12:00 pm	Cambio de eslabones y platinas	160		Se revisan platinas, eslabones, rodamientos y guías que presenten desgaste o fatiga, para realizar cambio de los mismos o reparación de la pieza. Las platinas se enderezan o en caso de no ser posible enderezar, se procede a cortar y se cambia por una nueva
7	12:00 pm - 02:00 pm	Revisión de ejes, chumaceras, motores y cajas reductoras	60		Se evalúa estado de ejes, que estos no presenten desgaste: las chumaceras se cambian, dependiendo del estado, en caso de no tener ninguna novedad, se lubrica. Al motor se le verifica amperaje, según el valor de placa y se revisan rodamientos. La caja se evalúa estado de aceite y poleas para hacer cambio de los mismos
8	02:00 pm - 02:30 pm	Alimentación	30		
9	02:30 pm - 04:00 pm	Lubricación	60		Se lubrican eslabones con grasa líquida para alta temperatura
10	04:00 pm - 04:40 pm	Funcionamiento del equipo	40		Se verifica funcionamiento de las cadenas, garantizando la velocidad requerida y que no se tenga anomalías.
11	04:40 pm - 05:00 pm	Orden y aseo	20		Se organiza área de trabajo y se transporta material y herramienta para el taller
			575		

Tabla 4. Esquema actividades original.

SMED: Clasificación por Actividades			
Inventario	Transporte	Inspección	Operación
0	35	60	440

Tabla 5. Clasificación actividades SMED. [17] [18]

MAQUINA	MECANISMO	ITEM MANTENIBLE	INSTRUCTIVO	FRECUENCIA	TIEMPO (Minuto)			ANUAL				
Horno linea B	Estructura	Parales	Revisión	M24			15			30		
		Guías de cadena										
		anclajes	Revisión, Ajuste	M24	M24	10	20		20	40		
	Sistema de traccion	Motor Eléctrico	Revisión, limpieza, Ajuste	E8	Z24	E48	10	30	40	60	60	40
		Caja Reductora	Revisión, Limpieza, Lubricación	M8	Z8	M48	15	20	120	90	120	240
		Poleas, bandas y piñones	Revisión, Limpieza, Lubricación	M8	Z24		15	45		90	90	
		Ejes y rodamientos	Revisión, Lubricación	M8	M24		30	30		180	60	
		Cadena y platinas	Revisión, Cambio, Lubricacion	M4	M8	M8	60	240	120	720	1440	720
	Camara de combustion	Quemador	Limpieza, Revision y calibracion	M8	M48		120	240		720	240	
		Ventilador	Revisión, Ajuste, Cambio	E24	M24	M48	30	180	240	60	360	240
		Extractores	Revisión, Cambio	M4	M48		15	480		180	480	
	Gabinete de control y botoneras	Botoneras	Revisión, Limpieza, Ajuste	E8	Z8	Z24	20	45	60	120	270	120
		Gabinete	Revisión, Limpieza, Ajuste	E8	Z8	Z24	20	30	60	120	180	120
									2390	3340	1480	
Tiempo Empleado en Mantenimiento									7210			

Tabla 6. Esquema de mantenimiento. [17] [19]

- Mantenimiento Nivel 1** Revisiones de funcionamiento que no requieren apagado de la máquina
- Mantenimiento Nivel 2** Ajustes menores y lubricación, el cual se debe apagar la máquina, pero lo realiza un técnico
- Mantenimiento Nivel 3** Actividades que requieren programación anticipada y una cuadrilla de técnicos

E = Eléctrico	1/7 = Diario.
M = Mecánico.	1 = Semanal.
I = Instrumentación.	2 = Quincenal.
R = Redes.	4 = Mensual.
P = Pintura.	8= Bimensual,
S = Software y Hardware.	12 = Trimestral.
Z = Limpieza.	24 = Semestral.
L = Lubricación	48 = Anual.

Tabla 7. Clasificación de actividades SMED. [17]

*d. Taxonomía.*

La taxonomía se realiza desde cero dado que la empresa no contaba con la codificación de los sistemas, componentes o equipos de la línea B.

Sección	*007	Línea B					
Activo	*007-04	Horno vulcanizado y presecado					
Código de activo	Sistema	item mantenible		Código	COMPONENTES	Q	IMAGEN
*007-04-1	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Motor	*007-04-1-TP-MM	MOTOR DE 2,4HP	1	
*007-04-1	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Motor	*007-04-1-TP-MB	BANDA TIPO A-42	1	
*007-04-1	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Motor	*007-04-1-TP-MP	POLEA EN ALUMNIO TIPO A DE 2 1/2"	1	
*007-04-1	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Caja reductora	*007-04-1-TP-CC	CAJA REDUCTORA DE 3HP	2	
*007-04-1	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Caja reductora	*007-04-1-TP-CP	POLEA EN ALUMNIO TIPO A DE 7"	1	
*007-04-1	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Caja reductora	*007-04-1-TP-CPI	PIÑON PASO 60-12 DIENTES	1	
*007-04-1	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Caja reductora	*007-04-1-TP-CCA	CADENA SENCILLA PASO 60	1,5	
*007-04-2	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Piñon principal	*007-04-1-TP-PP	PIÑON PASO 60-60 DIENTES	1	
*007-04-3	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Piñon principal	*007-04-1-TP-PCH	CHUMACERA EN PEDESTAL 1 1/2"	4	
*007-04-3	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Piñon principal	*007-04-1-TP-PE	EJE INOX 1 1/2" X 90 CM	2	
*007-04-3	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Piñon principal	*007-04-1-TP-PCA	CADENA DE TABLILLA INOX		
*007-04-3	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Presecado: Piñon principal	*007-04-1-TP-PR	RODAMIENTO 6000 ZZ	450	
*007-04-1	Sistema de tracción	*007-04-1-T	Vulcanizado: Motor	*007-04-1-TV-MM	MOTOR DE 3HP	1	

Tabla 8. Taxonomía 1 de 2















Sección	*007	Línea B					
Activo	*007-04	Horno vulcanizado y presecado					
Código de activo	Sistema	item mantenible		Código	COMPONENTES	Q	IMAGEN
*007-04-1	Sistema de control y potencia	*007-04-1-CP	Gabinete principal	*007-04-1-CP-BR2	BREAKER DE 16 AMPERIOS PARA RIEL	2	
*007-04-1	Sistema de control y potencia	*007-04-1-CP	Gabinete principal	*007-04-1-CP-VA	VARIADOR DE VELOCIDAD SEW DE 3HP	2	
*007-04-1	Sistema de control y potencia	*007-04-1-CP	Gabinete principal	*007-04-1-CP-RE	RELEVO DE 11 PINES	3	
*007-04-1	Sistema de control y potencia	*007-04-1-CP	Gabinete principal	*007-04-1-CP-TK	TERMOCLUPA TIPO K	1	
*007-04-1	Sistema de control y potencia	*007-04-1-CP	Gabinete principal	*007-04-1-CP-CT	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	1	
*007-04-1	Sistema de control y potencia	*007-04-1-CP	Gabinete principal	*007-04-1-CP-PST	PULSADOR STAR-STOP	3	
*007-04-1	Sistema de control y potencia	*007-04-1-CP	Gabinete principal	*007-04-1-CP-PI	INDICADOR PILOTO	2	
*007-04-1	Sistema de combustión	*007-04-1-CM	Quemador	*007-04-1-CM-QG	QUEMADOR BTG 12	1	
*007-04-1	Sistema de combustión	*007-04-1-CM	Quemador	*007-04-1-CM-MM	MOTOR DE 6,6 HP	1	
*007-04-1	Sistema de combustión	*007-04-1-CM	Quemador	*007-04-1-CM-PH1	POLEA EN HIERRO TIPO B DE 10" 2 CANALES	1	
*007-04-1	Sistema de combustión	*007-04-1-CM	Quemador	*007-04-1-CM-PH2	POLEA EN HIERRO TIPO B DE 5" 2 CANALES	1	
*007-04-1	Sistema de combustión	*007-04-1-CM	Quemador	*007-04-1-CM-BA	BANDA TIPO B-52	2	
*007-04-1	Sistema de combustión	*007-04-1-CM	Quemador	*007-04-1-CM-PO	CHUMACERA EN PEDESTAL 1 1/2"	2	
*007-04-1	Sistema de combustión	*007-04-1-CM	Quemador	*007-04-1-CM-EJ	EJE INOX 1 1/2" X 110 CM	1	

Tabla 9. Taxonomía 2 de 2

e. *Matriz de criticidad.*

La matriz de criticidad se desarrolla para las desviaciones de las funciones principales de los sistemas del equipo analizado, en la tabla 10 se observa la clasificación con colores de acuerdo al análisis entre probabilidad y consecuencia. [20]

PROBABILIDAD		CONSECUENCIA				
		Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
		1	2	4	8	16
Muy alta	5	5	10	20	40	80
Alta	4	4	8	16	32	64
Media	3	3	6	12	24	48
Baja	2	2	4	8	16	32
Muy baja	1	1	2	4	8	16

Tabla 10. Calificación matriz de criticidad. [21]

En la tabla 11 se definen los colores que se muestra en la tabla 10.

Color	CRITICIDAD
	Muy Alta
	Alta
	Media
	Baja

Tabla 11. Esquema de colores.

En la tabla 12 se indica el puntaje de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia de novedades en la función principal.

VALORACIÓN DE PROBABILIDAD		
Puntaje	Descripción	Parámetro
5	Muy alta / Muy frecuente	Una o varias fallas por semana
4	Alta/ Frecuente	Una a tres fallas por mes
3	Media/Ocasional	Una a diez fallas por año
2	Baja/Remota	Una a cuatro fallas en 5 años
1	Muy baja/Improbable	Una a tres fallas en 20 años

Tabla 12. Probabilidad.



En la tabla 13 se indica el puntaje de acuerdo a la consecuencia si ocurre una falla en la función principal.

VALORACIÓN DE CONSECUENCIAS				
Puntaje	Daños al personal	Impacto ambiental	Perdida producción	Reputación
5	Muerte o incapacidad total permanente en uno o más miembros de la empresa.	Daño irreversible al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de \$50MM	El evento genera difusión en medios de comunicación o redes sociales a nivel nacional e internacional
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades de uno o más miembros de la empresa.	Daños irreversibles al ambiente pero no violan regulaciones y leyes ambientales.	De \$15 MM a \$50 MM	El evento genera difusión en medios de comunicación o redes sociales a nivel departamental
3	Daños o enfermedades severas de varias personas que requiere suspensión laboral.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones.	De \$5 MM a \$15 MM	El evento genera difusión en medios de comunicación o redes sociales a nivel municipal
2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De \$500 mil a \$5 MM	El evento genera difusión al interior de la empresa
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta \$500 mil	El evento no genera ninguna difusión

Tabla 13. Valoración consecuencias matriz. [22]

## VIII RESULTADOS

La matriz de criticidad obtenida durante este estudio se muestra en la tabla 14, la clasificación y calificación de obtuvo con la información de las tablas 10, 11, 12 y 13.

FUNCIONES PRINCIPALES	F	Personas			Ambiente			Pérdida producción			Reputación			Totales		Clasificación
	P	C	F	T	C	F	T	C	F	T	C	F	T	C	F	
Transportar bandejas porta moldes a una velocidad de 0,6 mm/seg-18mm/seg	5	1	5	5	1	5	5	2	3	6	2	3	6	6	30	Alta
Mantener la temperatura del horno entre 100°C y 120 °C	3	2	2	4	1	2	2	2	3	6	2	3	6	7	21	Alta
Vulcanizar latex moldeado a una razon de 1180 guantes /hora	3	1	2	2	1	2	2	2	3	6	2	3	6	6	18	Alta
Distribuir aire caliente a un caudal de 0,8m³/s	3	2	3	6	1	2	2	2	3	6	2	3	6	7	21	Alta
Calentar modulos de transporte de 18°C a 120°C	4	1	4	4	1	4	4	1	4	4	2	3	6	5	20	Alta
Mantener rampa incremental de temperatura en maximo 35 min	3	1	3	3	1	3	3	2	3	6	2	3	6	6	18	Alta
Consumir gas natural a razon de 0,05 m³/par de guante a 0,06 m³/par de guante	4	2	4	4	2	4	8	1	3	3	2	3	6	7	28	Alta
Emitir monoxido de carbono en un rango de 10ppm-35ppm	4	2	4	8	2	4	8	1	3	3	2	3	6	7	28	Alta

Tabla 14. Clasificación del horno en matriz de criticidad

## IX. CONCLUSIONES

A través de la metodología RCM y su correcta aplicación se logra:

- Seguridad e integridad ambiental porque considera cada patrón de falla antes de que ocurre, evaluando el impacto, indicando una criticidad y por consiguiente implementando antes de la ocurrencia planes que disminuyan su probabilidad.
- Funcionamiento operacional correcto porque asegura que desde la operación se mantienen los parámetros de construcción de la máquina y desde el mantenimiento que solo se eligen las formas más efectivas para mantener el activo.
- Costo de Mantenimiento focalizando la atención en las actividades que mayor efecto e impacto tenga en el desempeño de la planta.
- Mayor vida útil de los componentes porque las frecuencias de intervención pueden reducirse a través de la implementación de técnicas de monitoreo y revisión de equipos de acuerdo al monitoreo o avance de las fallas. [3]

Se plantea la modificación de frecuencias de algunas actividades de mantenimiento del horno de acuerdo al análisis de RCM.

## IX. DISCUSIÓN

La metodología de trabajo llevada a una empresa manufacturera de Látex puede llevarse a cualquier otro escenario industrial e incluso cualquier otro sector, los aportes a futuro se verán reflejados en:

- Máquinas seguras.
- Equipos que contaminan menos a través del mantenimiento de las variables operativas y el cumplimiento de las legislaciones bajo las cuales se fabricaron.
- Equipos confiables y disponibles.
- Entrega al cliente final de los productos con la calidad esperada y el tiempo pactado.

## X. RECOMENDACIONES

Para las personas que administran los procesos de mantenimiento en la industria se recomienda realizar un análisis donde se evidencie el estado actual del departamento que lideran y a partir de allí implementar una estrategia y una metodología claramente definida de mantenimiento, ocasionalmente cuando los profesionales están inmersos en la industria olvidan el panorama, los aspectos globales y las herramientas que se tienen para mantener los procesos de forma óptima, la resolución de problemas de una forma simple con metodologías como el RCM donde se integra para la solución o intervención la función y operación de la máquina, es difícil y requiere más tiempo intervenir una máquina de la cual no se conoce su funcionamiento.

## REFERENCIAS

- [1] F. A. M. Sosa, «IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DEL AREA DE PRODUCCION DE TABLEROS DE LA EMPRESA SERTES S.A.C, LIMA, 2018,» UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, LIMA, 2018.
- [2] G. T.-E. M. T.-V. R. T.-E. Omar Campos-López, «Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos,» *Científica*, p. 52, 2018.
- [3] J. Moubray, *Mantenimiento centrado en confiabilidad*, Condado de Leicester: biddles of guildford, 2004.
- [4] F. Cristofani, «ATLAS CONSULTORA,» 12 ENERO 2021. [En línea]. Available: <https://www.atlasconsultora.com/como-identificar-aquellas-actividades-que-no-agregan-valor/>.
- [5] Living reability, «Living reability,» 09 febrero 2018. [En línea]. Available: <http://www.livingreliability.com/wordpress/posts/rcm-politicas-de-gestion-de-falla/>.
- [6] E. F. Á.-R. G. Rodríguez, «Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM,» UNIVERSIDAD DE OVIEDO ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL DE GIJÓN, GIJON, 2018.
- [7] G. V. O. L. V. H. David Jesús Barros Chaparro, «Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo,» *Scientia et Technica*, pp. 202-206, 2019.
- [8] M. Zegarra, «Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados,» Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas, LIMA, 2016.
- [9] I. d. i. d. Maia, «MARKET DESK,» 19 ABRIL 2022. [En línea]. Available: <https://marketdesk.org/report/global-natural-rubber-latex-market-mr/>.
- [10] F. P.-. R. E. P. Flores Morales, «“METODOLOGIAS PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO”: una revisión de la literatura científica en los últimos 11 años.,» UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, LIMA, 2018.

- 
- [11] R. A. SOLIS, «IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA PLANTA GOLOSINAS NESTLE PERU,» UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR, LIMA, 2016.
- [12] I. P. ALVAREZ, «IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA RCM PARA LOS VEHICULOS DE EMERGENCIA DEL BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE CUENCA,» UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE CUENCA, CUENCA, 2017.
- [13] P. J. V. MENDOZA, «DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA CONFIABILIDAD, RCM, E INSPECCION BASADA EN EL RIESGO, RBI, PARA LA LINEA CRITICA DE PRODUCCION DE LA PLANTA PARA CONCENTRADOS DE LA EMPRESA ITALCOL S.C.A UBICADA EN GIRON SANTANDER,» UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, BUCARAMANGA, 2009.
- [14] S. INTERNATIONAL, *NORMA PARA VEHICULOS AEROESPACIALES Y DE SUPERFICIE*, 1999.
- [15] Y. A. P.-A. E. G.-A. D. C.-A. J. R. P.-M. B. H. Calzada, «Análisis de criticidad en los sistemas mecánicos de los grupos electrógenos,» INGENIERIA ENERGETICA, LA HABANA, 2017.
- [16] L. A. R. Umaña, «MODELO DEL CONTROL DE NIVEL Y CAUDAL DE LÍQUIDO EN UN DEPÓSITO CILÍNDRICO USANDO LA HERRAMIENTA SIMULINK DE MATLAB,» *CAP Y CUA*, pp. 8-12, 2013.
- [17] T. C. M., *MEMORIAS DE LA MATERIA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO DICTADA POR CARLOS MARIO TAMAYO*, MEDELLIN, 2021.
- [18] S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing THE SMED SYSTEM*, TOKYO: Shingum Dando, 1983.
- [19] J. K. S. LEÓN, «PSICOLOGÍA DEL COLOR EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, MANUAL DIDÁCTICO,» UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, GUAYAQUIL, 2019.
- [20] J. C. ORREGO, *MEMORIAS DE CLASE RCM*, MEDELLIN, 2022.

- [21] F. P.-R. A. d. C.-S. M. L. B.-V. Armando Díaz-Concepción, «Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos,» *INGENIERIA MECANICA*, vol. 15, 2012.
- [22] A. Y. RAMIREZ, *MEMORIAS DE CLASE GESTION DE ACTIVOS*, MEDELLIN, 2022.
- [23] C. M. Komatsu, «Informe de mercado mundial caucho y cacao,» Fiduciaria central idea, Bogota, 2021.
- [24] M. d. a. y. d. rural, «Cadena caucho. Indicadores, apoyo,» Junio 2021. [En línea]. Available: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Caucho/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>.



## ANEXOS

## a. Contexto operacional mercado de Látex.

Contexto nacional, internacional y proyección del mercado del látex: El Látex es un material orgánico de color blanco y es utilizado en la industria textil, deportiva, satinaría y en general la industria manufacturera. En el contexto de producción de esta materia prima a nivel internacional, los mayores productores se encuentran en el continente asiático, siendo Tailandia e Indonesia, los países con mayor producción de látex con 4'839.952 y 3'448.782 toneladas respectivamente. En la figura 9 se observa el nombre y participación de los mayores productores de látex en el mundo.

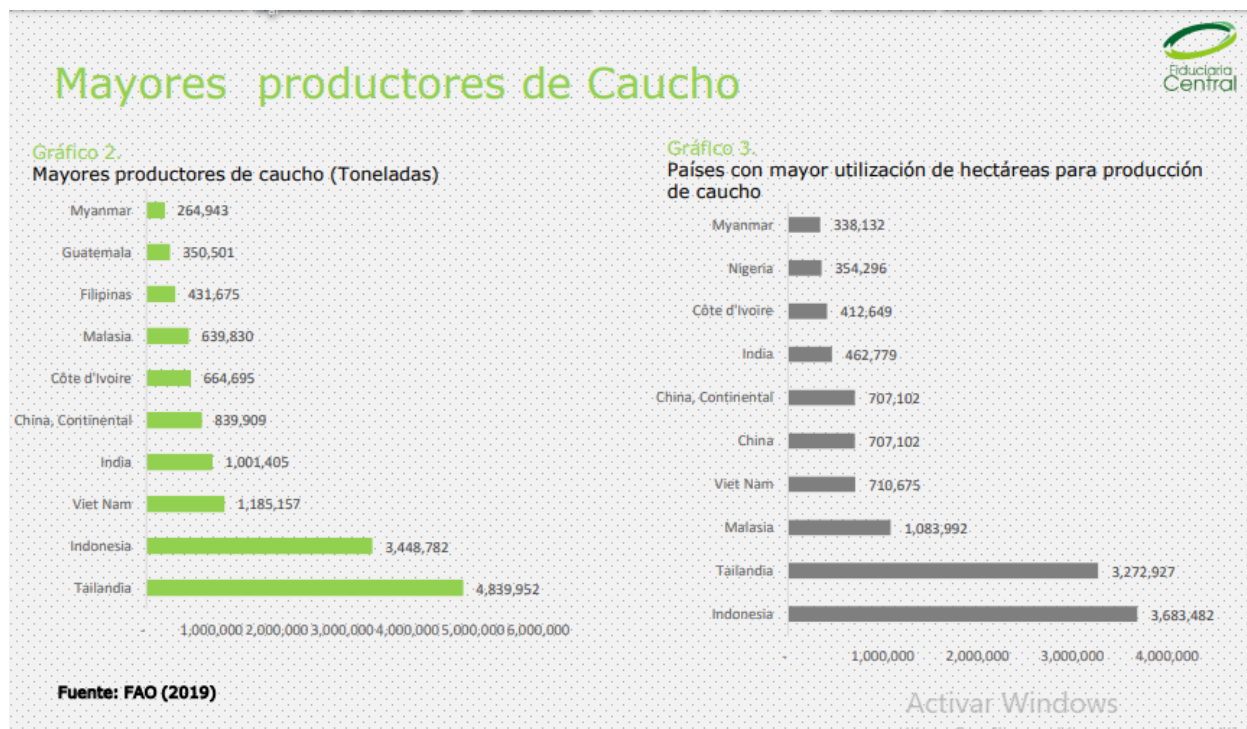


Fig. 9. Mayores productores de caucho [23]

En la figura 10 se observa por departamento la participación de productores de látex a nivel nacional y en la figura 11 se muestra una tabla con área de producción y rendimiento también para Colombia.

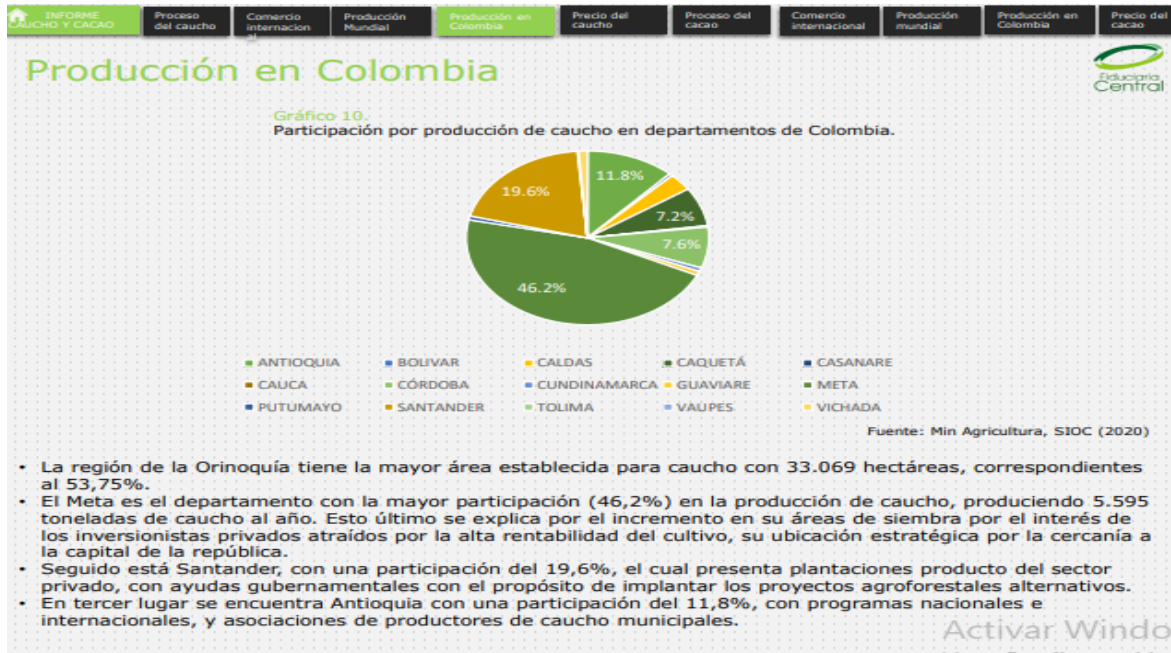


Fig. 10. Producción en Colombia [23]

DEPARTAMENTO	ÁREA (Ha) PROYECTADA APTA PARA PRODUCCIÓN AÑO 2019	Mortalidad (10%) y margen de error del censo (15%)	Porcentaje en producción	Área estimada en producción	Rendimientos Hta/Año	Producción estimada (Tn)	Producción de TSR	Producción Latéx	Producción Lamina	Producción coagulo	Producción Tn
ANTIOQUIA	3.408	2.556	40%	1.022	1,4	1.431	-	1.431	-	-	1.431
BOLIVAR	279	209	15%	31	1,8	56	-	-	-	56	56
CALDAS*	1.069	802	30%	241	1,8	433	-	113	65	212	390
CAQUETÁ	3.697	2.773	35%	971	1,5	1.456	786	-	87	-	874
CASANARE	160	120	25%	30	0,98	29	-	-	-	29	29
CAUCA	15	11	35%	4	0,98	4	-	-	-	4	4
CÓRDOBA	2.197	1.648	40%	659	1,4	923	-	923	-	-	923
CUNDINAMARCA	386	289	30%	87	0,98	85	-	85	-	-	85
GUAVIARE	775	581	20%	116	1,2	140	-	28	67	-	95
META**	12.261	9.195	78%	7.172	1,3	9.324	5.594	-	-	-	5.594
PUTUMAYO	338	253	35%	89	0,98	87	-	-	-	87	87
SANTANDER	6.658	5.992	45%	2.696	1,1	2.966	890	890	593	-	2.373
TOLIMA	252	189	10%	19	0,98	19	-	-	-	19	19
VAUPES	30	23	5%	1	0,98	1	-	-	-	1	1
VICHADA	1.276	957	15%	144	0,98	141	-	-	-	141	141
Total	32.801	25.600	31%	13.282	1,2	17.095	7.270	3.469	813	549	12.102
Variación 20 a 21	1,44%										

Fuente: Estimaciones Fondo de Fomento Cauchero, 2020

Fig. 11. Área, producción, rendimiento por departamento

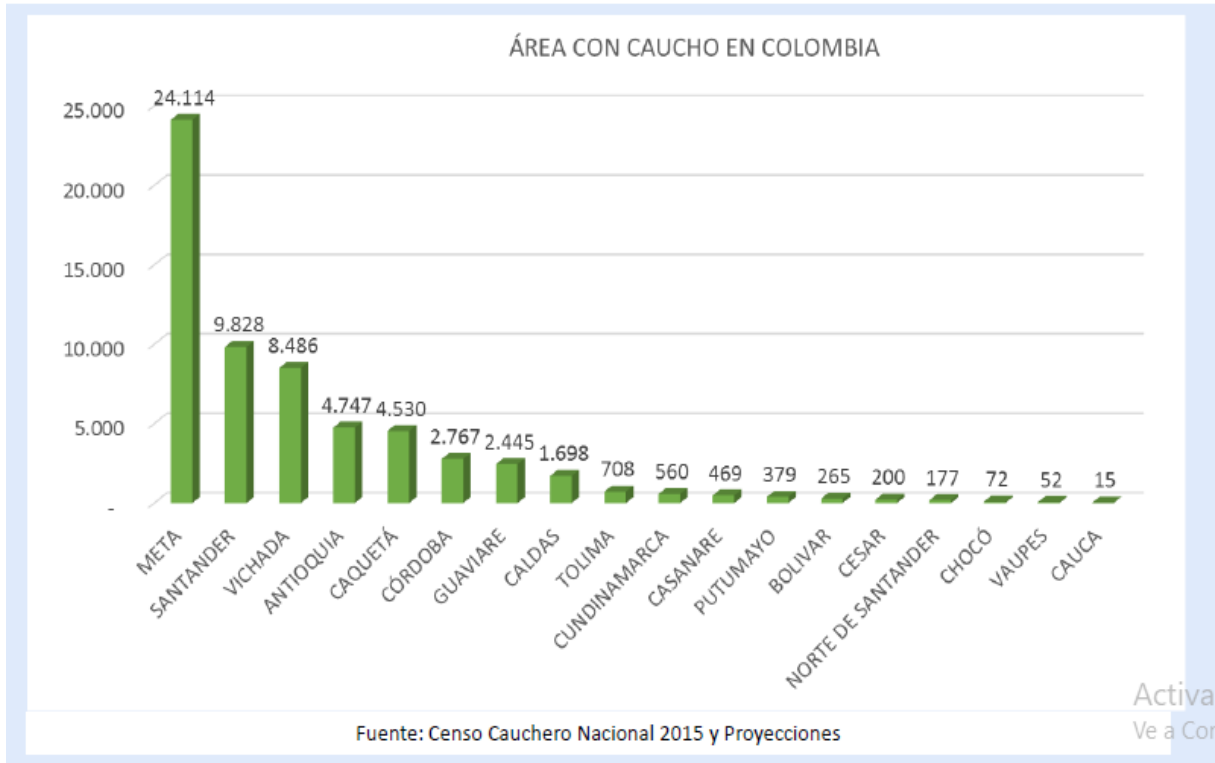


Fig. 12. Área de producción, rendimiento por departamento [17]

De acuerdo con el ministerio de cultura desarrollo rural, en el informe (cadena caucho indicadores, apoyos) de junio del 2021, realiza la proyección de producción en toneladas en Colombia para el periodo 2018-2023 y presenta el siguiente estimado ver figura 13.

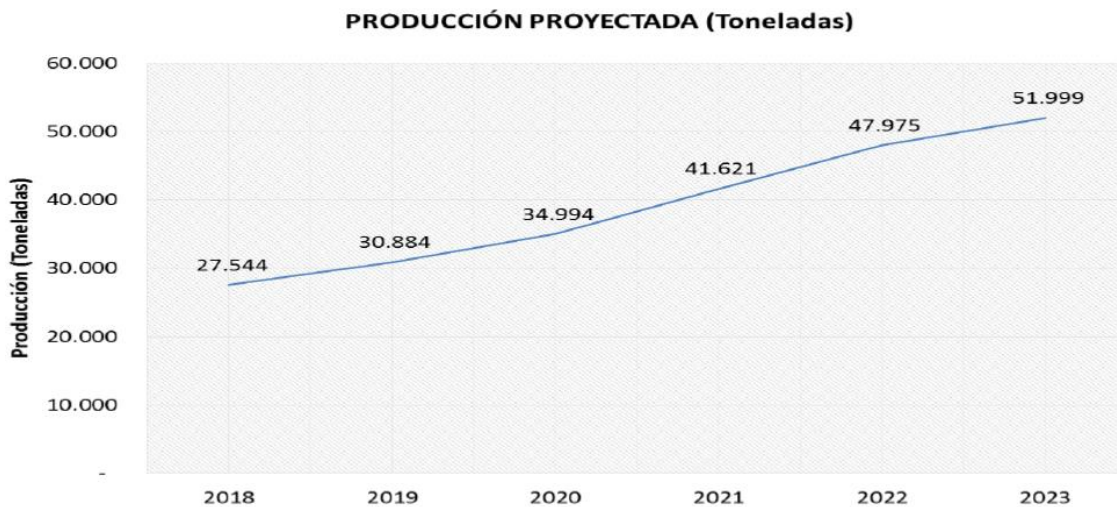


Fig. 13. Proyección producción (ton) en producción Colombia (2018-2023) [17]

La siguiente tabla ilustra el comparativo del precio del látex de la producción nacional vs la internacional.

## Precio promedio internacional vs nacional de LATEX

Año	Mes	LATEX					
		Malasia <sup>1</sup>	TRM <sup>2</sup>	LATEX COLOMBIA	Var % Mes Anterior	Promedio Semestral	Variación % Semestral
		60%					
2021	Enero	1,4	3.495	4.846	-4,4	4.954	
	Febrero	1,5	3.552	5.256	8,4	5.113	
	Marzo	1,7	3.617	6.091	15,9	5.386	
	Abril	1,5	3.652	5.608	-7,9	5.419	
	Mayo	1,6	3.742	5.864	4,6	5.455	16,49

Fig. 14. Precio promedio internacional vs nacional de Látex [17]

### b. Contexto operacional empresa manufacturera de Látex (caso de estudio)

**MISIÓN:** Empresa Manufacturera de Látex fabrica y comercializa guantes, productos de látex y elementos de protección para uso industrial, doméstico, médico, odontológico y otros productos afines; mediante procesos controlados que permiten la satisfacción de nuestros clientes con servicio, calidad, innovación y precios competitivos.

**VISIÓN:** Es una empresa que busca ser reconocida, como una compañía que provee a los sectores de la industria, el hogar y la salud; productos de adecuada calidad, para la protección y el aseo, con entregas oportunas y confiables; generando relaciones comerciales mutuamente beneficiosas, que perduran en el tiempo y que incrementan la utilidad de la empresa, año tras año.

**POLÍTICA DE CALIDAD:** Esta manufacturera busca establecer una cultura de la calidad, enfocada en el mejoramiento continuo de los productos y procesos, cimentada en los valores y enriquecida con la participación activa de nuestros empleados, a partir de la mejora de sus competencias; obteniendo productos y servicios que satisfagan las necesidades de los clientes y partes interesadas, con una dinámica de cambio, según la exigencia del mercado, buscando el beneficio económico para nuestros accionistas, manteniendo un ambiente de trabajo adecuado, garantizando la prevención y protección de la seguridad y salud de los colaboradores y partes

interesadas, el cuidado del medio ambiente, cumpliendo los requisitos legales y regulatorios vigentes y aplicables de acuerdo con la naturaleza de la organización.

#### VALORES CORPORATIVOS:

**PROACTIVIDAD:** Somos rápidos y traducimos ideas en acciones. Proponemos ideas para mejorar los procesos Actuamos con apertura ante el cambio.

**CONFIABILIDAD:** Hacemos las cosas bien desde el principio, Cumplimos con lo que nos comprometemos, Actuamos coherentemente con lo que pensamos y decimos.

**TRABAJO EN EQUIPO:** Trabajamos coordinados para alcanzar nuestro objetivo común. Creamos relaciones de confianza. Respetamos la opinión de los demás y aceptamos la diferencia

#### SENTIDO DE PERTENENCIA

La estructura en el área de mantenimiento actualmente en las compañías se basa en su nivel académico y experiencia, una estructura base podría ser:

Ingeniero: Pregrado en ingeniería Eléctrica, Mecánica, Electromecánica o afines.

Tecnólogo: Tecnología en Mecánica Industrial, Automatización o afines.

Operarios: Bachiller académico

**CAPACITACIÓN:** Se cuenta con plan de capacitación, coordinado por gestión humana con base a las evaluaciones de competencias, donde se refleja el nivel y las necesidades de formación del personal.

La empresa cuenta con una experiencia de 25 años en el mercado del látex, transformando esta materia prima en productos tales como guantes, botas, globos y láminas.

**FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO:** El 80% de las intervenciones del mantenimiento son correctivas y el 20% de las intervenciones están asociadas al Mantenimiento Preventivo.

**FILOSOFÍA DE REPUESTOS:** En almacén se cuenta con alrededor de 900 referencias de repuestos para los diferentes equipos y procesos de la planta, los cuales van desde tornillos y arandelas hasta motores de repuesto.

Si no se cuenta con algún repuesto en almacén y de acuerdo con la necesidad de los mismos se cuentan con unos porcentajes de aprobación de compras de la siguiente manera:

Jefe de manufactura: 0,5 SMMLV.

Coordinador de mantenimiento: 0,2 SMMLV.

Si el repuesto excede estos montos se debe solicitar aprobación al gerente general para aprobación de la compra.

## PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de transformación está dividido al interior de la compañía en 5 líneas de producción (Línea A, B, D, E y F), en las cuales se procesa el látex y se fabrican las diferentes referencias para cubrir la demanda del mercado:

Línea A: Se fabrican guantes de calibres superiores a 25

Línea B: Guantes de bajo calibre entre 11 y 25

Línea D: Guante recubierto (Guante de hilaza con recubrimiento en látex amarillo)

Línea E: Laminas de caucho

Línea F: Guante tipo mosquetero

La línea de producción a la cual se le realizara el análisis RCM es la B y el equipo seleccionado es el horno de vulcanizado.

Esta línea está compuesta por: Coagulante, Látex, horno y desmolde.

### Descripción del proceso (Línea B)

El proceso comienza con los moldes de material cerámico, ingresando a una barca de acero inoxidable con las siguientes dimensiones (96 cm x 102 cm x 70 cm) el cual contiene un coagulante con un volumen aproximado de 0,68 m<sup>3</sup>. Este es un líquido a una temperatura de 55°C y brinda una película superficial al molde cerámico para evitar que el látex se adhiera y que al final del proceso, sea difícil retirar el guante del molde, o en caso extremo, dañar el mismo; luego se transportan las bandejas portamoldes manualmente al látex, el cual está en una barca inoxidable con las siguientes dimensiones (292 cm x 81 cm x 70 cm), donde se hace la inmersión y de acuerdo con el calibre requerido, se aumenta o disminuye tiempo de retención de la mordiería en la mezcla (látex). Al terminar el proceso de inmersión, las bandejas, se ingresan al horno, el cual está compuesto por dos cámaras paralelas (presecado- Vulcanizado) y con una longitud de 25 mt.

El proceso en el horno inicia en la cámara de presecado, donde las bandejas se transportan a una velocidad establecida (0,6 mm/seg-18mm/seg), de acuerdo con el tipo de referencia que se



esté manejando y una temperatura promedio de 110°C. Cuando bandeja finaliza el recorrido por esta cámara, llega a un puesto de trabajo, donde un colaborador realiza el terminado en el guante (orillo) e ingresa la bandeja a la segunda cámara del horno (vulcanizado); esta cámara tiene las mismas condiciones de temperatura y velocidad que la anterior. Al finalizar el recorrido, un colaborador retira la bandeja del horno y la posiciona en una estructura metálica que permite desprender el guante del molde cerámico. Los guantes son ubicados en recipientes debidamente identificados por tallas y colores. La bandeja inicia nuevamente el proceso en el coagulante. En las figuras 15 y 16 se puede observar el horno objeto de este estudio.



Fig. 15. Horno Línea B



Fig. 16. Horno línea B lado posterior