



DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EMPRESA DEL SECTOR  
COSMÉTICO BASADO EN LA ESTRATEGIA DE CERO AVERÍAS

SANTIAGO PINILLA RAMÍREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA  
MANIZALES  
2021

DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EMPRESA DEL SECTOR  
COSMÉTICO BASADO EN LA ESTRATEGIA DE CERO AVERÍAS

Autor

SANTIAGO PINILLA RAMÍREZ

Proyecto de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería

Asesores

DIANA YOMALI OSPINA LÓPEZ

HELIEN PARRA RIVEROS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA

MANIZALES

2021

## RESUMEN

**Objetivo:** Diseñar un programa de mantenimiento para la empresa del sector cosmético basado en la estrategia de Cero Averías.

**Metodología:** El presente proyecto de investigación, planteó una metodología de investigación cuantitativa, de tipo estudio de caso y con enfoque de estudio aplicado a una industria manufacturera del sector cosmético, ubicada en Cundinamarca, Colombia, para la cual se diseñó un programa de mantenimiento basado en la estrategia de las cero averías. Este programa se establece por medio de una auditoria que permite conocer el grado de madurez de la gestión del mantenimiento, para posteriormente diseñar el modelo de intervención y así integrar los procesos de monitoreo, inspección y detección de las fallas en los equipos productivos de la compañía. Finalmente, se espera lograr un programa para la gestión del mantenimiento que defina acciones para mejorar el sistema del mantenimiento enfocado a las cero averías.

**Resultados:** se estableció un programa de mantenimiento (preventivo, predictivo) para la empresa objeto de estudio bajo un modelo de gestión del mantenimiento integral, que permite identificar características para el análisis de falla y la estandarización de actividades rutinaria, en la búsqueda de las cero averías.

**Palabras Claves:** TPM (Mantenimiento Productivo Total), Taxonomía, STD (Determinación Sistemática de Tareas).

## ABSTRACT

**Objective:** To design a maintenance program for the company in the cosmetic sector based on the Zero Breakdown strategy.

**Methodology:** The present research project proposes a quantitative research methodology, of the case study type and with a study approach applied to an industrial company. The area of study is a manufacturing industry of the cosmetic sector, located in the center of the country, Cundinamarca, Colombia. Where it is desired to design a maintenance program based on the strategy of zero failures. This program is established by means of an audit that allows to know the degree of maturity of the maintenance management to later design the model of intervention and thus to integrate the processes of monitoring, inspection and detection of the failures in the productive equipment of the company. Finally, it is expected to achieve a maintenance management program that defines actions to improve maintenance management focused on zero failures.

**Results:** it was established the maintenance program (preventive, predictive) in the search for zero failures, established under a comprehensive maintenance management model that allows identical models for failure analysis and standardization of routine activities

**Keywords:** TPM (Total Productive Maintenance), Taxonomy, STD (Systematic Determination of Tasks).

## CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN.....	14
2	ANTECEDENTES.....	16
3	ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	31
3.1	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:.....	35
4	JUSTIFICACIÓN.....	36
5	REFERENTE TEÓRICO.....	38
5.1	EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	38
5.2	LEAN MANUFACTURING.....	41
5.3	LAS 5'S .....	41
5.3.1	Seiri (Organización): .....	41
5.3.2	Seiton (Orden): .....	41
5.3.3	Seiso (Limpieza):.....	42
5.3.4	Seiketsu (Estandarización): .....	43
5.3.5	Shitsuke (Disciplina): .....	43
5.4	KAIZEN.....	43
5.5	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	43
5.5.1	Preparación.....	44
5.5.2	Introducción.....	45
5.5.3	Implantación.....	45
5.5.4	Consolidación.....	46
5.6	GESTIÓN DE ACTIVOS.....	46
5.7	LA ESTRATEGIA CERO AVERÍAS .....	47
6	REFERENTE CONTEXTUAL .....	51
6.1	INDUSTRIA COSMÉTICA Y DE ASEO EN COLOMBIA .....	51
6.2	BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA .....	52
6.3	MEJORAMIENTO CONTINUO .....	53
6.4	LEAN MANUFACTURING.....	54
7	OBJETIVOS.....	56
7.1	OBJETIVO GENERAL.....	56

7.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	56
8	METODOLOGÍA .....	57
9	RESULTADOS .....	94
10	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	123
11	CONCLUSIONES .....	130
12	RECOMENDACIONES .....	132
13	REFERENCIAS .....	134
14	ANEXOS.....	142

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes gestión del mantenimiento .....	16
Tabla 2. Evolución y orientaciones del mantenimiento y la producción.....	40
Tabla 3. Fases de la estrategia cero averías .....	49
Tabla 4. Maquinaria del área de Mespac .....	60
Tabla 5. Máquinas del área de sachets .....	64
Tabla 6. Personal del área de mantenimiento .....	71
Tabla 7. Matriz de excelencia en el mantenimiento .....	72
Tabla 8. Tabla de diagnóstico de operaciones .....	73
Tabla 9. Niveles de mantenimiento según clasificación.....	73
Tabla 10. Condiciones de evaluación matriz de criticidad.....	75
Tabla 11. Esquema de matriz de criticidad.....	77
Tabla 12. Semáforo de criticidad.....	77
Tabla 13. Matriz RASI .....	83
Tabla 14. Matriz de lubricación.....	84
Tabla 15. Cuantificación puntaje diagnóstico .....	97
Tabla 16. Evaluación de estrategia corporativa del mantenimiento.....	97
Tabla 17. Administración y organización del mantenimiento.....	98
Tabla 18. Planeación y programación del mantenimiento .....	99
Tabla 19. Técnicas de mantenimiento .....	99
Tabla 20. Medidas de desempeño para la gestión del mantenimiento .....	100
Tabla 21. Tecnología de la información y su uso.....	101
Tabla 22. Equipos de mejoramiento continuo para la gestión del mantenimiento.....	102

Tabla 23. Análisis de confiabilidad del mantenimiento .....	102
Tabla 24. Análisis de procesos desde el mantenimiento .....	103
Tabla 25. Información sobre infraestructura e instalaciones .....	104
Tabla 26. Evaluación consolidada de la gestión del mantenimiento .....	105
Tabla 27. Resultado de evaluación de mantenimiento .....	106
Tabla 28. Resultado de activos críticos .....	107
Tabla 29. Orden de trabajo de mantenimiento .....	109
Tabla 30. Reporte de trabajo técnico de mantenimiento .....	109
Tabla 31. Matriz RASI .....	112
Tabla 32. Análisis causa raíz .....	115
Tabla 33. Actividades y responsables, análisis causa raíz.....	118

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de costos segundo trimestre .....	32
Figura 2. Organigrama área de mantenimiento y proyectos.....	33
Figura 3. Comportamiento de costo vs ciclo de vida de un activo.....	34
Figura 4. Pilares del sistema Lean .....	42
Figura 5. TPM e integración de metodologías de mantenimiento.....	46
Figura 6. Ilustración del sector cosmético .....	51
Figura 7. Ilustración del sector cosmético .....	53
Figura 8. Ciclo PHVA .....	54
Figura 9. Organigrama de la gestión del mantenimiento .....	58
Figura 10. Envases utilizados en llenadoras manuales.....	59
Figura 11. Llenadora manual.....	59
Figura 12. Sachets y doypack.....	60
Figura 13. Partes de máquina Mespac .....	61
Figura 14. PI&D de la máquina Mespac .....	62
Figura 15. Sistema de llenado máquina Mespac .....	63
Figura 16. Máquina cramsas de 4 sellos.....	64
Figura 17. Máquina envasadora de tubos JDA 30.....	65
Figura 18. Máquina envasadora de polvos Per-Fil.....	66
Figura 19. Máquina llenadora de aerosoles .....	67
Figura 20. Diseño metodológico .....	68
Figura 21. Diagrama de criticidad .....	76
Figura 22. Diagrama de gestión, orden de trabajo.....	78

Figura 23. Diagrama de flujo mantenimiento preventivo.....	79
Figura 24. Diagrama de flujo mantenimiento correctivo .....	81
Figura 25. Análisis causa raíz.....	86
Figura 26. Paso a paso para formular plan de mantenimiento.....	88
Figura 27. Nivel jerárquico de la taxonomía .....	90
Figura 28. Ejemplo de análisis taxonómico .....	91
Figura 29. Matriz de evaluación diagnóstico del mantenimiento.....	96
Figura 30. Gráfico de resultados en la madurez de la gestión del mantenimiento .....	105
Figura 31. Distribución de criticidad activos productivos.....	106
Figura 32. Gestión de OT's de mantenimiento .....	111
Figura 33. Matriz de lubricación .....	114
Figura 34. 5W+1H.....	116
Figura 35. Espina de pescado en análisis causa raíz.....	117
Figura 36. Taxonomía máquina Mespac .....	120
Figura 37. . Matriz del plan de mantenimiento .....	122

## 1 PRESENTACIÓN

La industria cosmética en cual se realizó el presente proyecto de investigación es una compañía, líder en el centro del país en el desarrollo, fabricación y envasado de productos cosméticos, farmacéuticos, de aseo e industriales, que además ofrece soluciones hechas a la medida para satisfacer las necesidades del cliente. Cuenta con plantas de producción y utiliza tecnología de vanguardia para el envasado de aerosoles, talcos y emulsiones, bajo los más altos estándares de calidad en los procesos. La empresa caso de estudio cuenta, además, con una gran diversidad de formatos de envasado, tales como: líquidos, cremas y geles en botellas; frascos y potes, aerosoles, sachets y doypacks colapsibles, talcos, ampollas, viales y fragancias grafadas y no grafadas, entre otros. En los procesos de manufactura de esta industria existen un área que tiene gran relevancia por el volumen productivo y la complejidad técnica, tal es el caso del área Mespac la cual es muy importante para la sostenibilidad de dicha industria.

Para mejorar las Buenas Prácticas de Manufactura realizadas por esta industria del sector cosmético se evaluó la condición actual en la ejecución del mantenimiento y la excelencia operacional para las líneas Mespac las cuales representan una fracción importante en la facturación.

Desde la Planeación Estratégica de la empresa caso de estudio, se pretende lograr una excelencia operacional, en la que se debe planificar correctamente las condiciones operacionales, de ejecución en los mantenimientos y de operación en el día a día de los equipos productivos. Con el fin de lograr establecer parámetros operacionales basados en los datos fue necesario en primera medida comprender la ingeniería de las máquinas incluidas en estas áreas. Toda esta información fue respaldada por un modelo estadístico que garantiza las condiciones de calidad necesarias para realizar el producto y teniendo en cuenta estos parámetros operacionales implementar metodologías de parametrización que permitan garantizar estas condiciones a lo largo del tiempo como son el Centerlining, que consiste en asegurar el resultado esperado de un proceso a través de la determinación y ajuste de las variables que afectan al mismo y que conducen a un resultado estable entorno

al valor esperado (myLean, 2020) y el Poka Yoke, una herramienta procedente de Japón que significa “a prueba de errores”, buscando de esta forma diseñar los procesos con el fin de eliminar o evitar equivocaciones, ya sean de origen humano o automatizado (Bernal, 2012).

Las ventajas de tener un plan de mantenimiento enfocado en la necesidad de la industria radican en la prevención y la predicción, para evitar sucesos que generen fallas de emergencia que produzcan detención en la operación, condiciones inseguras o que puedan afectar el medio ambiente. Es así como para generar el plan de mantenimiento se pueden utilizar diferentes metodologías, tales como el TPM (Mantenimiento Productivo Total) por sus siglas en inglés, el RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) el STD (Determinación Sistemática de Tareas) basado en la taxonomía de los equipos y técnicas de análisis como las Cero Averías.

Así mismo, dentro de la gestión del mantenimiento existen diferentes niveles de ejecución y planeación de un plan de mantenimiento, en el cual se realizan mantenimientos básicos para la continuidad de la operación, en búsqueda de mantener la productividad. Existe un grado de ejecución mayor dentro de los planes de mantenimiento, en los cuales se tiene en cuenta el equipo no solo como la gestión del mantenimiento sino también la gestión de activo, considerando factores como la ingeniería de la confiabilidad, la ingeniería en la gestión del mantenimiento y la ejecución del mantenimiento en función del correctivo y preventivo. El último grado de la gestión del mantenimiento en beneficio de la productividad integra la gestión de activos con la ventaja de las tecnologías, utilizando instrumentos de monitoreo con IOT (Internet de las Cosas por sus siglas en inglés) para el monitoreo y control del mantenimiento en búsqueda de la predicción de las fallas.

En este contexto, el objetivo del presente proyecto consistió en proponer un plan de mantenimiento usando una metodología mixta para analizar necesidades desde el ámbito cualitativo y cuantitativo que permitieran garantizar y mantener las condiciones operacionales de la empresa, con una gran productividad y cumpliendo las condiciones de calidad.

## 2 ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta los temas para la gestión del mantenimiento entre los que se encuentra el TPM (Mantenimiento Productivo Total), el RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), la gestión de activos y el *lean manufacturing* se revisaron diferentes artículos científicos que permitieron dar un contexto más completo y una base de investigación científica a lo desarrollado en el mismo. Por tal motivo se verificaron varias fuentes, las cuales se relacionan en la tabla 1, en la cual se detallan modelos de mantenimiento, auditorías de madurez y aplicación de mejoramiento continuo.

**Tabla 1. Antecedentes gestión del mantenimiento**

Título	Referencia	Objetivo	Información a destacar	Área de investigación
Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Aplicación en una empresa industrial	(Martinez, 2015)	Elaborar una propuesta concreta con el modelo de implantación del TPM más adecuado y los objetivos de desarrollo fundamentales que se deberán de conseguir en cada paso.	Se evaluó la situación actual de una empresa, teniendo en cuenta una auditoría tipo JIPM y se implementa un cuestionario con 16 puntos importantes para la gestión correcta del mantenimiento según el ente regulador. En la implementación se presentaron mejoras de KPi's, y en el ambiente laboral, generando motivación por el trabajo.	TPM
Modelado de proceso de producción con ecuaciones estructurales: Caso de estudio en la empresa industria maquiladora (México)	(Diaz, 2018)	Se utilizaron técnicas de modelado de ecuaciones estructurales para medir el efecto de factores críticos obtenidos de la manufactura esbelta. En este caso particular con el <i>single minute exchange of die</i> (SMED) y el <i>total productive maintenance</i> (TPM).	Se destaca que los programas de plan de mantenimiento (PM) deben estar enfocados en cambiar el componente antes de que el equipo falle, también se recalca la importancia del apoyo de la gerencia en la prevención de los activos ya que se debe comprender el ciclo de vida de los activos. El PM es vital si las compañías aspiran a obtener beneficios de productividad.	TPM

<p>Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas</p>	<p>(Fonseca-Junior et al., 2015)</p>	<p>Para este caso de estudio se implementaron técnicas predictivas y preventivas para la mejora de la gestión del mantenimiento, reduciendo costos en la gestión del mismo, reducción de los mantenimientos correctivos, aumento en el indicador de tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempos menores de reparación (MTTR) y generando mejores condiciones de operación para la seguridad y salud en los trabajadores.</p>	<p>Se destacan las actividades en la gestión del mantenimiento que permitieron en una primera etapa, desarrollar un modelo de mantenimiento que mejora los márgenes de ganancia de la planta y basados en esos buenos resultados se dio la motivación de implementar un modelo de mantenimiento productivo total.</p>	<p>TPM</p>
<p>Impacto de la aplicación de TPM en la competitividad de las empresas del área metropolitana de Medellín y la región del oriente antioqueño, Colombia</p>	<p>(Serna et al., 2012)</p>	<p>En esta investigación se evalúan los impactos que se han generado por la implementación del TPM en la manufactura del oriente Antioqueño, dando como resultados que no hay una relación clara entre las mejoras presentadas y los retornos económicos establecidos.</p>	<p>Al analizar los retornos económicos por la ejecución de mejoras relacionadas directamente al TPM no se identifica un retorno claro que se pueda cruzar con la gestión e integración del TPM en las plantas del occidente antioqueño.</p>	<p>TPM</p>
<p>Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total</p>	<p>(García Alcaraz, 2011)</p>	<p>La implementación y ejecución correcta del TPM han dado mejoras productivas en industrias manufactureras alrededor del mundo, sin embargo, no se conocen los factores administrativos que aseguran la correcta implementación del TPM, en esta investigación se encuestaron 203 personas relacionadas a las áreas de mantenimiento en ciudad de Juárez, México.</p>	<p>El desarrollo de los principales factores de éxito de TPM de tipo administrativo son el compromiso de la alta gerencia, las 5s y el involucrar los operarios en aspectos administrativos de TPM genera resultados positivos en la organización.</p>	<p>TPM</p>

Factores críticos de éxito para la implementación estratégica del TPM: una revisión de literatura	(Gómez et al., 2014)	<p>La implementación exitosa del mantenimiento productivo total trae muchos beneficios en productividad y en costos de fabricación, pero en la investigación se evidencia que la efectividad de implementación es baja.</p> <p>En este artículo se revisaron aspectos de la literatura para identificar los Factores Críticos de Éxito (FCE) relacionados con aspectos inherentes a la planeación estratégica, al desarrollo del recurso humano y con aspectos técnicos propios del MPT.</p>	Se destaca que la implementación del TPM es compleja, que las investigaciones hechas han sido aisladas por lo que se carece de una teoría estructurada; por lo tanto, aún existen contradicciones implícitas entre los expertos. Estas ambigüedades también manifiestan que la teoría esta inacabada, su estado actual no es el de una teoría con el suficiente poder explicativo. Es una teoría operativa que tiene contrariedades que deben ser resueltas para construir una teoría sustantiva.	TPM
Impacto de las averías e interrupciones en los procesos. un análisis de la variabilidad en los procesos de producción	(Alzate et al., 2005)	Se analiza la influencia que tienen las interrupciones dominantes de un centro de trabajo sobre el desempeño de la línea de producción. El análisis presentado se lleva a cabo utilizando dos técnicas: la simulación, para obtener una idea del comportamiento de la línea y los modelos matemáticos, para estimar las medidas de desempeño de la misma, cuando está sometida tanto a interrupciones cortas y frecuentes, como a interrupciones largas y poco frecuentes. Los resultados de este análisis se comparan con los planteamientos de la filosofía TOC (Teoría de Restricciones) y TPM (Mantenimiento Productivo Total).	En el desarrollo de la investigación se destaca que es preferible para las industrias, tener fallas frecuentes y de corta intervención, poco frecuentes y de largas intervenciones. Los planteamientos del TPM tratan de hacer previsibles, cortas y regulares las fallas de las máquinas, lo cual tiene un impacto sobre los principales indicadores de desempeño de la línea de producción, así mismo, se buscó reducir la variabilidad de los procesos industriales.	TPM

El contenido de la estrategia de manufactura: un estudio de caso en las industrias colombianas	(Vivares - Vergara et al., 2014)	La estrategia de manufactura (EM) consistió en un plan a largo plazo para el sistema de producción/operaciones diseñado para apoyar la estrategia corporativa de la compañía. El contenido de la EM aborda las metas y las decisiones estratégicas necesarias para enfrentar la competencia. En este artículo se investigaron las EM en 36 industrias.	Los resultados permitieron detectar dos grupos de empresas que exponen diferentes niveles de desempeño, así como las relaciones de dicho resultado con las áreas de decisión estratégicas y los enfoques de gestión de manufactura.	<i>Lean Manufacturing</i>
La innovación tecnológica en el área del mantenimiento y sus resultados. estudio de casos.	(Innovación et al., 2007)	En este trabajo se presentó un estudio de casos que contempla evidencias en las cuales se prueba que las actividades de mantenimiento son altamente creativas, que se desarrolla innovación y generan tecnología propia prioritaria en las empresas mexicanas	El mantenimiento estimula la creatividad y la innovación en los procesos fabriles. Las evidencias empíricas de la innovación en las actividades de mantenimiento resaltan en el área, así como los casos específicos donde el mantenimiento genera innovación tecnológica, el aumento en la efectividad de las empresas, destacando además que existe una relación entre mantenimiento y la efectividad de la empresa.	<i>Lean Maintenance</i>
Determinación de las estrategias de mantenimiento utilizadas por las grandes y medianas empresas del área metropolitana Pereira - Dosquebradas	(Medianas et al., 2009)	En este estudio se buscó determinar las estrategias de mantenimiento utilizadas por la industria del área metropolitana Pereira-Dosquebradas y para alcanzar los resultados se realizó una segmentación de la industria por tamaño, se diseñó y aplicó un estudio estadístico en el segmento reseñado y se obtuvo una cualificación y cuantificación del estado de la función mantenimiento en dichos sectores.	Los análisis desarrollados demostraron apatía por parte de los encargados de mantenimiento, principalmente de las industrias medianas, las cuales demuestran un porcentaje atípico en la cantidad de mantenimientos correctivos que realizan. Un primer análisis determinó que las grandes industrias estarían mejor preparadas ante la eventual firma de Tratados de Libre Comercio, y muestra igualmente que el segmento de las medianas estaría en franca desventaja frente a ellas, convirtiéndose en un segmento muy sensible.	<i>Lean Maintenance</i>

Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en el área de mezclas especiales de una empresa molinera	(Matos P, 2012)	El objetivo del trabajo consistió en plantear y desarrollar un programa MPT para aumentar la productividad en el área de mezclas especiales de una empresa molinera, tomando en cuenta las acciones tomadas en campo y el papel del departamento de mantenimiento.	Con la implementación del programa se generaron cursos de adiestramientos al personal, se realizó una recolección de datos en el área, se logró el fortalecimiento de las 5s, la estandarización de los procedimientos de lubricación de los equipos y la retroalimentación de todo lo aprendido.	TPM
Mejoras al programa de mantenimiento de máquinas desdobladoras para la extracción de aceite de palma	(Cabrera Gómez & Araque Rivas, 2010)	A partir de un programa de mantenimiento preventivo que ha demostrado limitaciones, se realizó un análisis en el que fueron establecidas las funciones, los fallos funcionales, los modos de fallo y sus efectos, además se identificaron los requerimientos de mantenimiento de máquinas y las tareas necesarias para asegurar la continuidad de las funciones.	Las actividades de mantenimiento se concentraron en una propuesta de programa con marcada tendencia a las actividades proactivas.  Se identificaron múltiples factores que daban como resultado un mantenimiento reactivo en la planta, la sobre ejecución de actividades y realizar actividades sin pensar en la causa raíz de los problemas, lo que no permitía ser muy activos en la planificación del mantenimiento.	<i>Lean Maintenance</i>
Projetos lean manufacturing para geração de portfólio: uma revisão da literatura	(Condé y Martens, 2018)	Este estudio tiene por objeto identificar una lista de proyectos importantes Manufactura Lean según la literatura científica. La metodología se usó la revisión sistemática de la literatura.	Este estudio tenía como objetivo identificar una lista de los principales proyectos de <i>Lean Manufacturing</i> de según la literatura científica. Las principales contribuciones de este estudio fueron: a) la identificación de una lista de 11 proyectos <i>Lean Manufacturing</i> que podrían utilizarse como referencia para identificar alternativas en la etapa de generación de la cartera; b) la condensación de las contribuciones pertinentes en torno al tema durante los últimos 20 años.	<i>Lean Manufacturing</i>

Benchmarking: retos y riesgos para el ingeniero industrial	(Picazo et al., 2000)	Se presentan los métodos para el análisis y solución de problemas que tradicionalmente ha usado el ingeniero industrial y pueden adoptar un enfoque distinto, usando el concepto de <i>benchmarking</i> . El cual representa una herramienta muy importante, ya que bien aplicada conduce al mejoramiento de los procesos. Sin embargo, todo ingeniero industrial debe conocer las limitaciones y riesgos que implica la decisión de llevar a cabo un proyecto de <i>benchmarking</i> .	El <i>benchmarking</i> es una herramienta que puede enriquecer notablemente el proceso de solución de problemas ya que sigue un proceso estructurado, el reto para el ingeniero industrial es insertar este concepto en el proceso de solución de problemas, siempre y cuando se justifique plenamente el uso de los recursos a través de los beneficios esperados a corto y largo plazos.	<i>Lean Manufacturing</i>
Aplicación de la tribología y el análisis de la causa raíz (RCA) en motores de combustión interna.	(F. Martínez Pérez, 2008)	Se hace empleo de la herramienta de trabajo Análisis de la Causa Raíz (RCA) para llegar a unas primeras conclusiones acerca de fallos producidos en el nudo tribológico válvula-guía de válvula en un motor de combustión interna, y así encontrar la causa final y dar solución al problema.	El análisis causa raíz (RCA) es un proceso de gran importancia y rigor técnico para llegar a determinar las verdaderas causas de fallos en elementos de máquina, entre ellos en pares tribológicos.	Mejoramiento Continuo
Interacción y conexiones entre las técnicas 5s., SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo	(Posada & Gregorio, 2007)	En este artículo se realiza una presentación general del concepto de manufactura esbelta ( <i>lean manufacturing</i> ), su funcionamiento y características. El soporte de este sistema otorga tres de las técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos (las 5S, los sistemas SMED y los sistemas Poka Yoke), y un procedimiento recomendado para iniciar procesos de mejoramiento continuo en las	Las organizaciones que han tenido éxito al aplicar sistemas de <i>Lean Manufacturing</i> tienen tres cosas en común: a) una cuidadosa y bien diseñada red de relaciones de cooperación entre los integrantes de la organización; b) un sistema de actualización continua de los trabajos adores en aspectos técnicos y teóricos de las técnicas de mejoramiento; c) en forma sistémica, aplicar constantemente y en toda la organización y sus procesos mejoras de calidad, tiempos de entrega, costos y flexibilidad.	Mejoramiento Continuo

		empresas.		
Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones	(Echeverría et al., 2016)	El objetivo del trabajo fue diseñar e implementar un plan de acción de mejora continua mediante las herramientas de la Manufactura Esbelta, que incluyó 5'S y control visual. La metodología abarcó: indagar el estado del arte, diagnosticar el estado actual, diseñar e implementar el plan de acción y la documentación requerida, y finalmente la medir la efectividad.	La implementación del plan beneficios cuantitativos, a partir de la reorganización de los puestos y las áreas de trabajo, se redujeron los tiempos perdidos por actividades que no agregaban valor al proceso en 1.72 min lo que representó un ahorro económico de \$25.916.485.	Mejoramiento Continuo
Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos	(Montoya et all, 2020)	Se propone un algoritmo genético que tiene como función objetivo minimizar el máximo tiempo de mantenimiento semanal, de tal manera que cumpla con las condiciones de la programación establecida en cuanto a duraciones y frecuencias. Se realizó así un programa eficiente y equilibrado de mejora significativamente el uso de los recursos	El problema fue abordado por como un modelo de optimización, en el cual la función objetivo consintió minimizar el máximo tiempo semanal de mantenimiento preventivo. Dada la naturaleza combinatoria del problema, se propuso una meta heurística (algoritmo genético) como estrategia de solución.	<i>Lean Maintenance</i>

<p>Diagnóstico para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, desde la estrategia de operaciones en algunas empresas del sector textil confección de Colombia: reporte de caso</p>	<p>(Gaitán, et al., 2018)</p>	<p>La filosofía de Lean Manufacturing hace parte de las metodologías de mejoramiento continuo, que facilitan la gestión sistémica de las organizaciones. Teniendo esto en cuenta, se formula como propósito de este artículo presentar el diagnóstico realizado en torno a la implementación de las herramientas Lean Manufacturing desde la estrategia de operaciones</p>	<p>También, se logró identificar que mediante la integración Lean en todas las áreas de la organización empresarial, se desarrolla una ventaja competitiva en las compañías, y con la adopción de las dos propuestas de orden administrativo, descritas en el artículo, las cuales están basadas en la estrategia de operaciones, calidad y costos, permiten la optimización en la implementación de estas herramientas.</p>	<p><i>Lean Manufacturing</i></p>
<p>Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica</p>	<p>(Salvador et al., 2016)</p>	<p>El presente trabajo tuvo como objetivo diseñar una herramienta, tipo encuesta, para una empresa de transmisión eléctrica que permita conocer si es pertinente la implementación de un sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, como filosofía para la gestión del mantenimiento y determinar, si es posible realizar esta implementación en ese momento</p>	<p>Se presentó una herramienta conformada por 4 indicadores, 10 dimensiones y 50 ítems que permitirá estimar si las empresas de transición eléctrica es posible la implementación de una filosofía de organización del mantenimiento basado en la confiabilidad y la posibilidad de conocer si en el momento del estudio la empresa está preparada para esa implementación.</p>	<p>RCM</p>
<p>Diseño del Método de disponibilidad Dupont como soporte a la toma de decisiones en el mantenimiento</p>	<p>(Reynaldo et al., 2017)</p>	<p>El objetivo de este trabajo fue diseñar el Método de Disponibilidad Dupont para compararlo con el indicador de la Efectividad Total del Equipamiento como apoyo a la toma de decisiones en el mantenimiento.</p> <p>El Método de Disponibilidad Dupont puede determinar cuál de los sistemas, subsistemas o componentes estuvo disminuyendo la disponibilidad</p>	<p>El uso del Método de Disponibilidad Dupont aplicado al cálculo de la efectividad global permitió identificar las pérdidas de disponibilidades que son las causantes de los bajos valores de efectividad del equipamiento en los meses de febrero, marzo y abril. La pérdida de efectividad estuvo asociada a otras causas, detectadas por el Método de Disponibilidad Dupont, algo que no permitió se logró hacer usando el método de la OEE.</p>	<p>Mejoramiento Continuo</p>

Implementación de manufactura esbelta en una empresa alimenticia	(Moya et al., 2016)	La competitividad industrial actual exige a las empresas adoptar mejores metodologías de producción, con el fin de reducir costos y maximizar beneficios. Es ahí donde la adopción de la cultura de manufactura esbelta en las organizaciones logra generar cambios de mentalidad que se enfoquen en el operar libre de todo tipo de desperdicios, sin dejar de lado la calidad.	Las herramientas de Lean pueden ser adoptadas y configuradas para cada tipo de negocio según sus necesidades. No sólo son técnicas utilizadas en grandes empresas, sino que también pueden ser aplicadas a micro y pequeñas empresas con resultados económicos favorables. La producción ajustada promueve el pleno potencial, las habilidades, destrezas y el compromiso del talento humano en el empresa, al mismo tiempo reafirma la necesidad de trabajar por procesos y centrarse en cliente.	Lean Manufacturing
Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto	(Herrera & Portillo, 2019)	Actualmente las empresas industriales enfrentan el desafío de identificar e implantar nuevas técnicas organizacionales y de producción que les permitan competir en un mercado global. Así, el modelo de fabricación esbelta se ha convertido en una alternativa para elevar la productividad y desarrollar competencias de manufactura que incidan en su competitividad.	Se obtiene una propuesta de modelo con diez variables de estudio: siete de ellas pertenecientes a las herramientas de manufactura esbelta y tres incorporadas a la productividad. Es importante destacar que los factores aquí señalados son los considerados relevantes para el propósito del modelo propuesto	Lean Manufacturing
Metodología para evaluar la madurez de la gestión del conocimiento en algunas grandes empresas colombianas	(Yepes et al., 2015)	Este artículo propone una metodología para la evaluación de la madurez en la gestión del conocimiento (GC) en trece organizaciones colombianas, desde dos perspectivas epistemológicas: funcionalista e interpretativa, usando de manera exploratoria el análisis clúster para la clasificación de madurez a través de cuatro dimensiones o áreas clave de la gestión del conocimiento (GC), y de	Esta metodología proporciona un algoritmo de cálculo que permite cuantificar variables cualitativas provenientes de una escala Likert, y obtener en cada clúster definido previamente, el índice de valor de importancia (IVI), al igual que el valor global del IVI (o sea el IVIR) para las cuatro dimensiones y para cada empresa objeto del estudio. Este algoritmo es similar al propuesto en el Modelo Navegador del Conocimiento (KNM, en su sigla en inglés).	Modelo de Madurez

		todas y cada una de las empresas.		
Madurez de procesos en pequeñas empresas manufactureras de México	(Carballo-Mendivil, 2019)	En este artículo se muestra una síntesis de la literatura relacionada al tema de madurez organizacional, donde se detecta que son pocos los modelos aplicables a este tipo de empresas, y menores aún aquellos con enfoque adecuado para el diagnóstico de procesos, por lo que se utilizó el modelo de la Arquitectura del Desempeño Organizacional en una Cadena de Suministro (ADOCS), el cual establece doce procesos organizacionales agrupados en cuatro categorías	Todos los proyectos de cambio son difíciles de ejecutar, a partir del hecho de que las empresas deben cambiar sus prácticas, su estructura (estática y dinámica) y muchas veces hasta su cultura organizacional. Por ello, tratar de aumentar la madurez de los procesos de una organización es una meta a largo plazo, por lo que se entiende que solo la emprenderán las organizaciones verdaderamente dispuestas a diferenciarse, mantenerse y trascender	Modelo de Madurez
Diagnóstico de la madurez de los procesos de la cadena de valor de una pequeña empresa mexicana de productos de maíz	(Carballo-Mendivil, 2019)	Se reporta el caso de una pequeña empresa industrial mexicana, donde se aplicó una rúbrica para evaluar la madurez de los procesos de su cadena de valor. Las mayores debilidades encontradas fueron en procesos estratégicos (gestión organizacional y planeación estratégica), en el proceso clave de servicio al cliente, y en procesos de soporte (infraestructura y ambiente de trabajo, así como documentación de procesos)	De acuerdo con la experiencia que se reporta, es evidente que la empresa analizada se caracteriza por concentrarse en “hacer cosas”, es decir, solamente producir los bienes que le solicita el cliente; sin embargo, no asume el compromiso con un principio básico de la administración moderna: la planeación. Sin un plan que oriente la acción, lo que se hace cotidianamente carecerá de sentido, ya que no se podrán determinar brechas cuando se pretenda evaluar el desempeño organizacional y emprender las acciones de mejora correspondientes.	Modelo de Madurez

Modelos de evaluación de la madurez y preparación hacia la Industria 4.0: una revisión de literatura	(González, 2013)	La denominada cuarta revolución industrial o Industria 4.0 ha arribado a las empresas de manufactura y la mayor parte de las veces, estas no saben cómo responder. Esta revisión de literatura busca aportar un estudio de lo que se ha hecho hasta ahora en términos de modelos de madurez o preparación hacia la industria 4.0.	Es evidente por los modelos revisados que no hay hasta ahora un modelo que sea ampliamente aceptado y cada autor lo personaliza de acuerdo a su formación e intereses. Por otro lado, esta disparidad en enfoques también puede ser resultado del contexto donde se aplicó el estudio o el país de procedencia de los autores.	Modelo de Madurez
The Use of Intelligent Systems to Support the Decision-Making Process in Lean Maintenance Management	(Antosz et al., 2019)	Las empresas manufactureras se esfuerzan continuamente por aumentar el rendimiento y la eficacia de los procesos de mantenimiento. Se hace hincapié en la eliminación de fallos inesperados que generan costes innecesarios y pérdidas de producción.	El trabajo presenta la posibilidad de utilizar sistemas inteligentes para apoyar los procesos de toma de decisiones en la gestión de Lean Maintenance. En la obra se presenta la utilización de métodos de inteligencia artificial (árbol de decisión y la teoría de conjuntos brutos) para aplicarlos en las empresas manufactureras con el fin de evaluar la eficacia de la implantación de los métodos y herramientas de Lean Maintenance.	Lean Maintenance
Lean Maintenance and Repair Implementation - A Cross-Case Study of Seven Automotive Service Suppliers	(Arlinghaus et al., 2019)	En esta investigación, se revisó el estado actual de la implementación de la gestión ajustada en los talleres de mantenimiento y reparación de la industria automotriz. Basada en una revisión profunda y sistemática de la literatura y en un análisis de casos cruzados de siete talleres de reparación.	El contexto de este documento se situó en el altamente competitivo sector automovilístico de Europa occidental, donde los servicios posventa como el mantenimiento y la reparación son cada vez más cruciales para el balance final de las empresas manufactureras. A pesar de su importancia, las medidas de la productividad de esos servicios están muy por detrás de las logradas en la producción	Lean Maintenance

Lean Maintenance Roadmap	(Mostafa et al., 2015)	El mantenimiento es un prerequisite para los sistemas de manufactura esbelta. Se ha realizado una exhaustiva revisión de la literatura para recopilar las estrategias y actividades de mantenimiento actualizadas, los principios y prácticas lean en el proceso de mantenimiento lean. El alcance de este documento incluye ocho tipos de residuos (actividades de mantenimiento sin valor añadido), la cartografía de la corriente de valor de mantenimiento y un esquema de prácticas de mantenimiento ajustado.	Se ha diseñado un paquete de iconos utilizando el software Edraw Max® para capturar las actividades de mantenimiento. Los iconos se han utilizado para dibujar el mapa actual del flujo de valor del proceso de mantenimiento en una organización. Además, el mapa de flujo de valor localiza las fuentes de residuos para diseñar el mapa de estado futuro. Un esquema ha demostrado las prácticas de mantenimiento ajustado en dos niveles: los cuatro paquetes contienen JIT, TQM, HRM y TPM.	Lean Maintenance
Continuous improvement in maintenance: a case study in the automotive industry involving Lean tools	(Mostafa et al., 2015)	La función de mantenimiento asume un papel clave en la industria actual. La industria automotriz no es una excepción y hay reglas estrictas que cumplir. Este trabajo presenta un estudio de caso realizado en una empresa multinacional relacionada con la producción de piezas para la industria automotriz donde fue necesario implementar indicadores clave de desempeño para cumplir con la norma IATF 16949: 2016 y también se creó un modelo para la gestión de las piezas de repuesto relacionadas con el mantenimiento de los equipos existentes.	En este caso, se aplicaron las metodologías SMED y 5S para reducir el tiempo de preparación externa, ya que era el mayor problema en el intercambio de moldes en esta empresa. La organización de los moldes y componentes condujo a una reducción del tiempo de preparación externa de alrededor del 11%. Cabe destacar que la reducción del tiempo perdido en los montajes, así como una mejor gestión en la atención de averías y pequeños problemas en la producción, permitió mejorar el OEE a valores como el 90,22%, que no pueden ser comparados con los valores anteriores en la misma porque este indicador no fue calculado previamente.	Lean Maintenance

Contribution to the Optimization of Strategy of Maintenance by Lean Six Sigma	(Rachid & Ion, 2014)	La contribución en este trabajo se centra en la optimización del mantenimiento de los sistemas industriales mediante el uso de las bases Lean seis Sigma. Lean Seis Sigma es un método de mejora de la calidad y la rentabilidad basado en el dominio estático de los procesos y es también un estilo de gestión que se basa en una organización altamente regulada dedicada a la gestión de proyectos. El método se basa en cinco pasos principales resumidos en la sigla (DMAIC): Definir Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.	Este enfoque se basa en la eliminación sistemática de los desechos y el mejoramiento continuo de la productividad. Así pues, la aplicación del enfoque DMAIC al proceso de mantenimiento requiere un buen conocimiento del proceso con el uso de muchos instrumentos basados en técnicas estadísticas y diferentes métodos de análisis de procesos como: el FMEA, el diseño de experimentos, Pareto, entre otros.	Lean Maintenance
Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga	(Pérez, 2013)	En este trabajo se proponen nuevos métodos de trabajo, metodologías, formatos para concebir nuevas cartas de mantenimiento diario, a la salida y a la llegada de cada viaje y formas para implantar e interrelacionar modernas filosofías de gestión del mantenimiento. Además se aplican técnicas matemáticas para validar resultados obtenidos por estudios cualitativos	En la empresa donde se desarrolló esta investigación se organizó completamente el sistema de mantenimiento a una flota de vehículos además de que quedó completamente organizado y con documentos regentes el sistema de mantenimiento. Combinándose también con filosofías de mantenimiento utilizadas en el mundo las cuales convierten al nuevo sistema de mantenimiento en un sistema de mantenimiento de clase mundial.	Modelo de Mantenimiento
The Computerized Maintenance Management System an Essential Tool for World Class Maintenance	(Wienker et al., 2016)	La gestión del mantenimiento en una operación industrial de gran envergadura es compleja y tiene un impacto significativo en la rentabilidad del negocio. Gestionar este proceso de forma eficaz sin apoyo informático es casi imposible, pero lograr una aplicación satisfactoria de estos sistemas requiere un importante programa de	Este documento se centra en la comprensión de las razones que explican la baja tasa de éxito alcanzada y esboza los elementos esenciales que deben incluirse para garantizar un programa disciplinado y bien dotado de recursos que pueda tener éxito.	Modelo de Mantenimiento

		gestión de cambios a lo largo de muchos años.		
Development of a Framework for Implementation of World-class Maintenance Systems Using Interpretive Structural Modeling Approach	(Mishra et al., 2015)	El propósito de este documento es desarrollar un marco para la implementación de Sistemas de Mantenimiento de Clase Mundial (WMS) con la ayuda de la metodología de Modelos Estructurales Interpretativos (ISM).	La implementación de WMS es un proceso interminable y la inversión en la implementación de WMS da sus frutos, aunque a menudo implica la elección de un esfuerzo a largo plazo que requiere mucha energía, atención de la dirección, dinero, paciencia y tenacidad.	Modelo de Mantenimiento
Auditoría de la gestión de mantenimiento de una empresa manufacturera sector cosmético	(Fonseca, 2017)	Medir el nivel de madurez en la gestión del mantenimiento en una empresa manufacturera en búsqueda del mejoramiento continuo y la evaluación en la gestión del conocimiento del personal activo de la empresa.	El método utilizado se basa en una matriz de criticidad el cual se segmenta en 5 estado desde el punto correctivo total hasta la gestión para un mantenimiento de clase mundial, en este se explica cuales deben de ser las gestiones necesarias para lograrlo.	Modelo de Madurez
Técnicas de Auditoría aplicadas en los procesos de Gestión del Mantenimiento y de la Confiabilidad	(Márquez & Márquez, 2017)	La efectividad de la gestión del mantenimiento sólo puede ser evaluada y medida por el análisis exhaustivo de una amplia variedad de factores que, en su conjunto, constituyen la aportación del mantenimiento al sistema de producción. Este procedimiento de evaluación se denomina con el término de auditoría, que puede definirse como una “revisión sistemática de una actividad o de una situación para evaluar el	Es importante señalar, que no hay fórmulas simples para "medir" el mantenimiento, tampoco hay reglas fijas o inmutables con validez para siempre y en todos los casos. Los resultados de las técnicas de auditorías aplicadas al diagnóstico de la efectividad del mantenimiento, deben ayudar a mejorar la rentabilidad del sistema de producción y a disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones del proceso de gestión del mantenimiento	Modelo de Madurez

		cumplimiento de las reglas o criterios objetivos a que aquellas deben someterse”.		
Auditorías de mantenimiento	(Lourival Augusto Tavares, 2003)	La posibilidad de realizar un adecuado benchmarking entre las métricas propuestas. Los criterios son dispares, y la ausencia de procedimientos estandarizados, así como la escasa literatura respecto a este tema, ha provocado un vacío en la investigación y aplicación del modelo auditor a una función tan elemental en las organizaciones de manufactura y servicios como es el mantenimiento.	El modelo propuesto pretende ser una integración multidimensional de una serie de aspectos incontrolados en la función mantenimiento y que se han analizado escasas veces y de forma tremendamente aislada. Muchos otros factores tenidos en cuenta en el modelo propuesto suponen la inclusión en la función mantenimiento de herramientas metodológicas o tecnológicas de éxito contrastado en otras áreas empresariales y no implantadas en la gestión d	Modelo de Madurez

**Fuente. Elaboración propia**

### **3 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

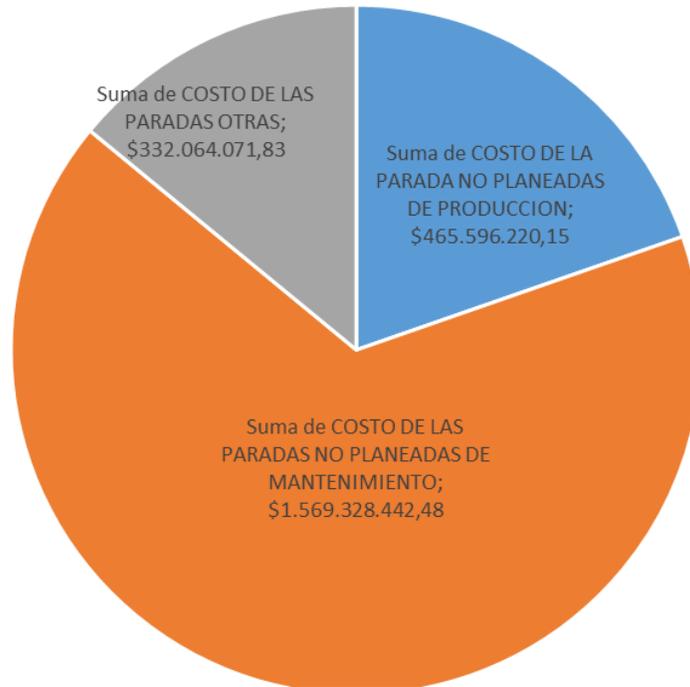
La empresa cosmética objeto de estudio en la cual se hace el desarrollo de la presente investigación, es una planta de producción industrial de tipo maquila en la cual se produce a grandes industrias nacionales, de forma tal a maximizar la capacidad productiva, brindando múltiples soluciones en el envasado, etiquetado y empaçado de productos del sector cosmético. En harás de garantizar el manejo de la información y por petición estricta de la empresa no se describe en este documento el nombre de la empresa, y se hace claridad que los datos suministrados por la organización se utilizarán única y exclusivamente para fines académicos.

La industria cosmética, como como otros sectores de la economía, tuvieron caídas en el 2020 como consecuencia de la pandemia. En el 2019, este mercado registró un total de US\$3.572 millones en ventas, según la Andi y para el 2020, la Cámara de la Industria de Cosméticos y Aseos de la ANDI esperaba que el sector cosmético nacional alcanzara en ventas aproximadamente US\$4.171 millones (INFOBAE, 2021).

La planta productiva de la empresa caso de estudio cuenta con 18 líneas productivas de envasado, 8 áreas de fabricación de producto y 2 bodegas con 7000 posiciones, en las cuales se fabrican y envasan productos para el cuidado personal como desodorantes, cremas para el cabello, shampoo y talcos. También se incluyen productos para el cuidado del hogar como suavizantes y aerosoles. Las capacidades productivas son definidas por facturación de planta, para la cual se están registrando alrededor de \$2 000 000 000 COP mensuales. Pero se debe tener muy presente que se están dejando de facturar aproximadamente \$ 500 000 000 COP mensuales, debido a las paradas no planeadas de mantenimiento (PNPM) como se relaciona en el análisis trimestral de paradas no planeadas en la figura 1.

**Figura 1. Distribución de costos segundo trimestre**

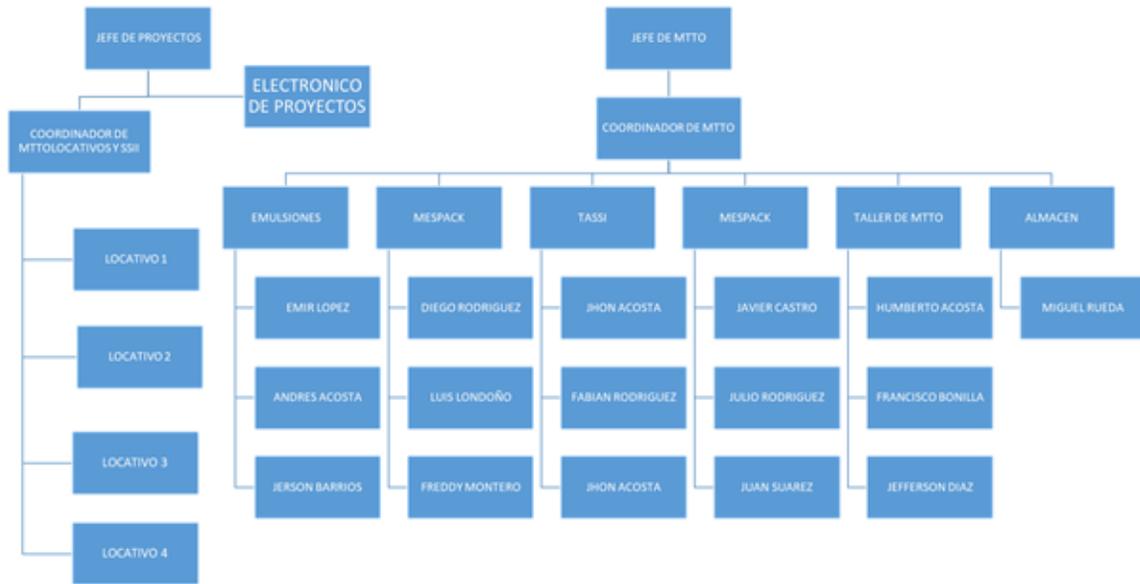
Costo de paradas no planeadas trimestrales



**Fuente. Elaboración propia, según información suministrada por la empresa.**

Las áreas de manufacturas están conformadas por Producción, Calidad, Mantenimiento y Proyectos. Estas últimas dos áreas mencionadas se subdividen en dos áreas: Mantenimiento planta y Mantenimiento servicios industriales y proyectos, ambas áreas están encabezadas por dos personas diferentes y sus áreas están organizadas de la como se muestra en la figura 2.

**Figura 2. Organigrama área de mantenimiento y proyectos**



**Fuente. Elaboración propia**

La subdivisión del mantenimiento de planta se puede comprender como el mantenimiento de activos productivos de la planta, tales como maquinaria y áreas de procesos, la manutención de instalaciones y equipos de servicios industriales como caldera y compresores y logística como montacargas y trilaterales.

A pesar de que el área de mantenimiento está comprendida por 24 personas, actualmente el modelo de gestión de la empresa caso de estudio es básico y el nivel de madurez en el mantenimiento de la planta es bajo, ya que de manera constante se den “apagar incendios”, ya que debido al ritmo de producción no se ha generado un espacio para el desarrollo de una gestión de mantenimiento teniendo en cuenta una correcta planeación.

Es de destacar, que dentro de las áreas productivas de la planta existe un tipo de tecnología con una complejidad mecánica alta por la cantidad de mecanismos y variables que pueden afectar su funcionamiento, esta maquinaria es principalmente de manufactura española elaborada por Mespac Packaging Machinery, la cual genera gran parte de la facturación de la planta, estas son líneas productivas para envases tipo sachet con válvula, esta área se

compone de 5 líneas Mespach, estas líneas son equipos acondicionados de segunda mano adquiridos de otros multinacionales. Es importante mencionar que dichas maquinas tienen alrededor de 10 a 20 años productivos desde su fabricación, de los cuales, 3 años productivos han sido para la empresa cosmética en la cual se realiza esta investigación y otras tantas han iniciado su operación en el año 2020. Es de aclarar que teniendo en cuenta la prolongada vida útil del activo, la manutención no es igual a la de un activo nuevo y su gestión por ende debe ser diferente teniendo en cuenta los diferentes ciclos de vida que puede tener un activo (Ellmann, 2017). En las líneas con tecnología Mespach de la empresa objeto de estudio, se realiza el envasado de productos como desodorantes, geles antibacteriales tipo sachet y suavizantes para el cuidado del hogar tipo doypack siendo máquinas versátiles que se adaptan a diferentes tipos de productos con variación de tamaño y fluido de dosificación. Al ser máquinas tan versátiles están sometidas a constantes cambios de referencias, lo que genera desgaste en los equipos debidos a las manipulaciones constantes los cuales generan tiempos perdidos por operación y manutención.

**Figura 3. Comportamiento de costo vs ciclo de vida de un activo**



**Fuente Visión industrial, (2020)**

Como se muestra en la figura 3, es de destacar que, a pesar de existir un ahorro en la compra o adquisición del activo, también se debe tener en cuenta que existen sobrecostos

por gastos de manutención y compromiso de la operación, ya que la eficiencia y la confiabilidad del activo va directamente relacionado a una correcta gestión del mantenimiento.

### **3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:**

¿Cuáles deben ser las características para el diseño del programa de mantenimiento basado en la estrategia "cero averías" para empresa del sector cosmético caso de estudio?

## 4 JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta la situación actual en la gestión del mantenimiento de la empresa caso de estudio descrita en el área problemática y considerando el cuidado de los activos; se requiere diagnosticar, estructurar y establecer un plan de mantenimiento asertivo y efectivo para mejorar inicialmente las condiciones productivas de las líneas Mespac y posteriormente ser escalado y estructurado para el resto de los activos mantenibles de la empresa.

Para llegar a establecer dicho programa de mantenimiento será necesario definir rutinas de mantenimiento, las cuales se podrían ubicar en subclases como son las actividades basadas en condición, las inspecciones, las lubricaciones, las actividades preventivas y las tareas predictivas que garanticen el buen funcionamiento de los activos críticos para la empresa cosmética objeto de estudio.

Los programas de mantenimiento en las industrias buscan el cuidado de los activos promoviendo Buenas Prácticas de Manufactura y el TPM (Rodríguez Labrador, 2018). TPM es un término introducido por Seiichi Nakajima en Japón en 1971 y el Japan Institute of Productive Maintenance (JIPM), introduce en 1989 el TPM, como un sistema orientado a mejorar, ya no solo las áreas de producción, sino todas las áreas de la empresa, a través de la participación de todos los trabajadores. El JIPM define el TPM como un sistema orientado a maximizar la efectividad de los equipos, estableciendo un sistema para toda la vida del equipo, con el que se consigan Cero accidentes, Cero defectos y Cero averías (Martínez, 2015), de aquí la importancia de la presente investigación, que permita diseñar un programa de mantenimiento para empresa caso de estudio basado en la estrategia de cero averías.

En búsqueda de las cero averías se mejora la productividad de la planta la cual no tiene buenas eficiencias y el porcentaje de paradas no planeadas de mantenimiento supera el 28% según el análisis realizado durante la gestión del mantenimiento en el año 2020. Esta información es la principal motivación para promover la madurez del mantenimiento dentro de la organización y hacer visible la necesidad de realizar mantenimiento planeados, estructurados y basados en la ingeniería del activo, un valor importante para el desarrollo

de esta investigación la cual no solo busca mejorar la madurez del mantenimiento sino también utilizar herramientas metodológicas para promover la mejora continua y la estructura de una correcta gestión del mantenimiento. Desde el enfoque académico de la Maestría en Ingeniería se desarrollará la capacidad de resolver problemas de ingeniería con pensamiento crítico, creativo e innovador permitiendo desarrollar en el profesional competencias que permitan apropiarse de temáticas de punta en el área del programa del mantenimiento industrial y la gestión de procesos.

## 5 REFERENTE TEÓRICO

### 5.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Desde épocas tempranas, la noción de mantenimiento ha estado presente en el desarrollo de las actividades humanas, aun cuando esta idea estuviese poco estructurada. La evidencia indica que los primeros humanos utilizaban herramientas básicas para conservar y prolongar la vida útil de cuchillos, hachas, martillos de sílex y demás utensilios utilizados en sus quehaceres diarios (Mora L. A., 2009). Siglos después, con la llegada de El Renacimiento y, con él, los diversos inventos de Leonardo Da Vinci, Galileo Galilei y Miguel Ángel, entre otros; el mantenimiento adquiere mayor relevancia, aunque sigue sin distar mucho de la concepción que tenían los humanos prehistóricos. La Primera Revolución Industrial, sin embargo, marcó un antes y un después en la historia de este concepto.

La creación de la máquina de vapor en 1769 por James Watt y su posterior aplicación en la industria y el transporte, sentaron las bases para la producción masiva de bienes, lo cual hizo necesaria la operación permanente de maquinarias, y el mantenimiento mecánico se convirtió en un elemento protagónico para garantizar la producción en las cantidades y calidades requeridas. Este periodo, que va desde inicios de la Primera Revolución Industrial hasta finales de la década de 1940, se caracterizó por la aplicación de reparaciones de tipo correctivas, esto es, se centró en corregir fallas que ocasionaban paradas imprevistas en los equipos. Para este fin, las industrias implementaron el uso de órdenes de trabajo, se diseñaron herramientas especializadas y se crearon los primeros almacenes de repuestos (Mora A. , 2009). No obstante, la mayor importancia dada en esta primera etapa al mantenimiento aún estaba lejos de garantizar la normal operación de los equipos y el cumplimiento de los tiempos de fabricación estipulados, dado que las paradas repentinas causaban traumatismo e incertidumbre en los tiempos de los procesos. La práctica habitual consistió en llevar los componentes hasta el final de la vida útil y luego reemplazarlo sin un análisis causa-raíz de la causa del problema.

Ante la necesidad de tener control sobre la duración de las paradas, en la década de 1950 se diseñaron planes para prevenir y predecir fallas, en lugar de corregir. Dichos planes se trataron de intervenciones programadas durante un tiempo determinado basado en un programa maestro de mantenimiento, también se usaron técnicas de inspecciones diarias, lubricaciones regulares, sistematización de la información mediante software y demás acciones que ayudaran a evitar fallas futuras; así mismo se aplicaron técnicas como ensayos no destructivos y análisis de vibraciones con el fin de predecir roturas en los componentes (Moubray, Reliability-centered Maintenance, 2001).

En los años 70, los esfuerzos empresariales se centraron en mejorar la productividad, para lo cual se desarrollaron distintos tipos de metodologías de mantenimiento, entre las que destacan el Mantenimiento Productivo Total (TPM), el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Proactivo (PMO). Sin embargo, no necesariamente las empresas adoptaron una de estas metodologías, en muchas ocasiones seleccionaron las mejores prácticas de cada una de ellas y las adaptaron a su sistema productivo. Cualquiera fuese la elección, si aplicar una metodología íntegramente o prácticas individuales, el objetivo se centró en maximizar la explotación de los factores productivos, para lo cual herramientas como el estudio del costo del ciclo de vida del producto (LCC) y el análisis de averías mediante la curva de Davis, tomaron central importancia (Mora A. , 2009). Del mismo modo, se fijaron metas, teniendo en cuenta variables como los costos de mantenimiento o el tiempo perdido por fallas no programadas. También se pusieron en práctica técnicas novedosas como Lean Manufacturing y ABC de inventarios con el fin de mejorar la competitividad de la supply chain de las compañías (Moubray, Reliability-centered Maintenance, 2001). En este punto, el capital humano tomó especial importancia y las empresas se esforzaron en desarrollar las habilidades y competencias que permitieran un mayor aprovechamiento de las herramientas. Teniendo como base todas herramientas analíticas, las compañías desarrollaron estrategias propias fortalecer falencias particulares y mejorar su desempeño en un mercado cada vez más competitivo.

A partir del año 2004, las compañías suman todos los esfuerzos de las fases para manejar de una manera eficaz sus activos (equipos, maquinarias, infraestructura, etc.), este nuevo

enfoque hacia la Gestión de Activos puede alcanzarse de muchas maneras, como aumentando la inversión en I+D, disminuyendo el número de averías, reduciendo la pérdida de tiempo por paradas programadas y/o eliminando toda clase de actividades que impidan que los equipos cumplan con su función fundamental de producción (Mora A. , 2009). Se presenta en la Tabla 2, una revisión del proceso evolutivo del mantenimiento.

**Tabla 2. Evolución y orientaciones del mantenimiento y la producción**

<b>Evolución del mantenimiento y producción</b>			
<b>Periodo</b>	<b>Orientación de producción</b>	<b>Orientación de mantenimiento</b>	<b>Objetivo de mantenimiento</b>
Anterior a 1950	Producto	Ejecutar actividades correctivas.	Reparar fallas y cambiar componentes averiados.
1950 - 1969	Producción	Ejecutar actividades planeadas	Prevenir, predecir y reparar averías
1970 - 2004	Productividad y Competitividad	Aplicar metodologías y definir estrategias de mantenimiento	Análisis de averías, estudio de costos, aumento de habilidades del personal
Posterior a 2004	Gestión de Activos administrada por el trabajo conjunto de mantenimiento y producción		Aumentar la productividad y eficiencia de los activos.

Fuente: Mantenimiento: Planeación, ejecución y control. 2009

## **5.2 LEAN MANUFACTURING**

La Manufactura Esbelta es una filosofía japonesa llevada a cabo por primera vez en las fábricas Toyota en la década de 1920, por lo que se conoce también como Sistema Toyota. El enfoque busca que los procesos industriales realicen más con menos inversión de tiempo, recursos humanos, espacio y materiales, esto es, aumentar los índices de eficiencia (Vargas et al., 2016) con prácticas de mejora y optimización, centrándose en eliminar cualquier forma de desperdicio (Fernandez, 2018). Para lograr tales objetivos, Lean cuenta con dos pilares fundamentales que son las filosofías *Just In Time (JIT)* y *Jidoka*. La primera boga por producir lo necesario, sin desperdicios, en el tiempo justo y con la calidad requerida; mientras que la segunda impulsa la automatización de los procesos para evitar los defectos no avance a través de la línea de producción.

Finalmente, Lean hace uso de herramientas como *Las 5'S*, TPM, *Kaizen* y *Kanban*, éste último consistente en un sistema de control de tiempos de producción e inventarios mediante tarjetas (Kanban significa tarjeta en japonés) u otra forma de señalización (Fernandez, 2018). La figura 4 esquematiza el sistema Lean con pilares, herramientas y factores de interés.

## **5.3 LAS 5'S**

Se conoce como Las 5'S a la metodología Lean diseñada para lograr condiciones de trabajo limpias y organizadas, produciendo de esta forma mayores índices eficiencia (Fernandez, 2018). A continuación, se detalla cada etapa del método.

### **5.3.1 Seiri (Organización):**

Consiste en clasificar lo que es útil de lo que no lo es para disminuir la frecuencia de las manipulaciones, los transportes y las pérdidas de tiempo que representan.

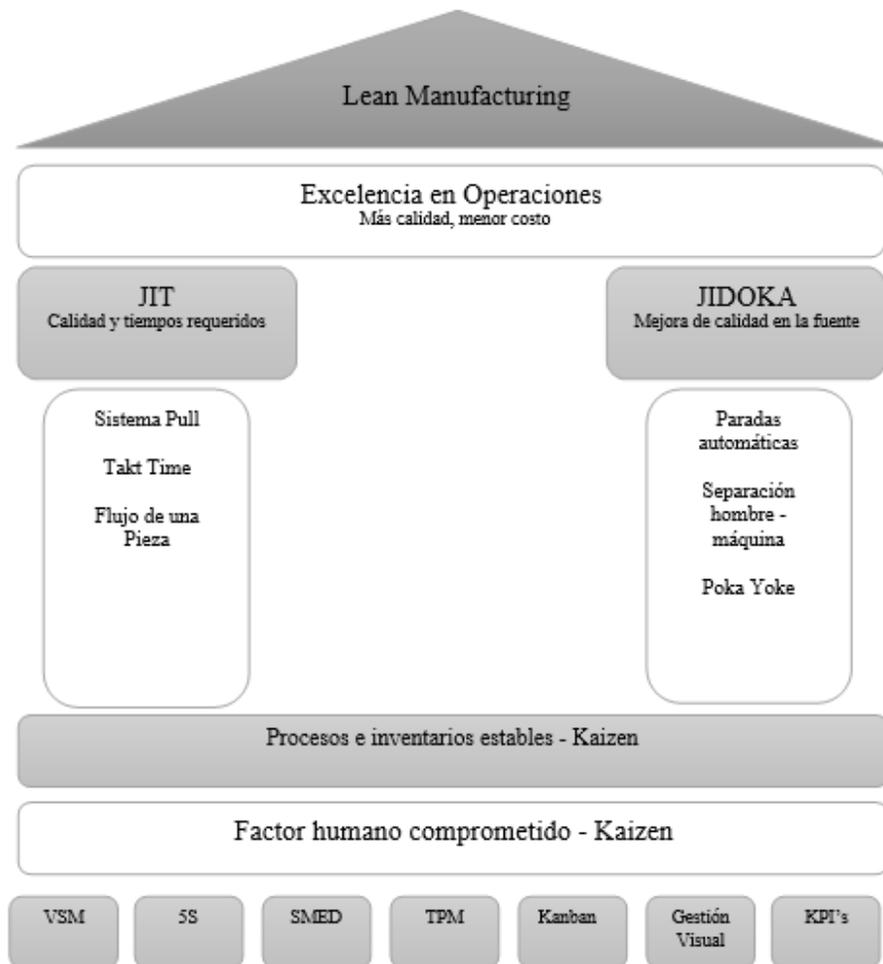
### **5.3.2 Seiton (Orden):**

Una vez se han clasificado los elementos, se dispone de un sitio adecuado para aquellos que se utilizan a menudo. Las ubicaciones deben respetar el grado de utilidad del elemento para disminuir el número de movimientos necesarios.

### 5.3.3 Seiso (Limpieza):

En esta fase, se eliminan las impurezas en el entorno de trabajo diariamente por medio de tareas de inspección, con el objetivo de conservar los equipos en condiciones óptimas de servicio.

Figura 4. Pilares del sistema Lean



Fuente. Gestión de mantenimiento: Lean maintenance y TPM. 2018

#### **5.3.4 Seiketsu (Estandarización):**

El objetivo de esta fase es mantener los niveles de orden y limpieza conseguidos en las fases anteriores. Esto se logra mediante infogramas o dibujos que reglamenten el procedimiento.

#### **5.3.5 Shitsuke (Disciplina):**

Finalmente, la disciplina consiste en crear hábitos en los empleados que hagan perdurable la metodología 5S mediante incentivos y auditorias.

### **5.4 KAIZEN**

Una de las bases de la filosofía Lean es el mejoramiento continuo o *Kaizen*, cuyo principio es integrar a los trabajadores en sus procesos continuos de mejora. Para ello, Kaizen busca formar líderes, promover equipos, integrar funciones y lograr el compromiso completo del factor humano para eliminar procesos innecesarios, inventarios, defectos y nivelar la carga del factor operacional (Fernandez, 2018). Bajo este enfoque, Kaizen busca facilitar la transmisión de conocimientos y el aprendizaje entre los empleados, y una de las herramientas que utiliza para este fin son las *OPL's* o *LUP's* (*Lecciones de un Punto*) que consisten en compartir el conocimiento entre grupos de empleados, documentar mejoras para potenciar habilidades de operarios y técnicos y resolver problemas de mantenimiento. La aplicación de las LUP's debe ser documentadas en un formato establecido por la empresa.

### **5.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

A la hora de mejorar la productividad en las empresas, el TPM ha demostrado ser una poderosa herramienta, puesto que puede aumentar la productividad neta hasta dos veces su valor inicial (Suzuki, 1996). El TPM se define como una metodología de mantenimiento que incorpora al personal de producción, administrativo, desarrollo, ventas y alta gerencia a las actividades de mantenimiento para maximizar los niveles de producción (Suzuki, 1996).

El personal de producción adquiere particular importancia en la metodología TPM, dado que a este van asignadas tareas específicas propiamente de mantenimiento.

En cuanto a sus beneficios, además del mencionado aumento en la productividad, otros resultados tangibles del TPM son el descenso significativo de las averías (entre 1/10 y 1/250 del valor inicial), disminución de la tasa de defectos del proceso (hasta el 90%), disminución de los costes de producción (hasta el 30%) y eliminación total de los accidentes en planta (Suzuki, 1996).

Llevar a cabo el Mantenimiento Productivo Total en una planta de producción requiere de 4 fases, estas son: preparación, introducción, implantación y consolidación (Cuatrecasas & Torrel, 2010). En la figura 5 se presenta la integración de metodologías de mantenimiento.

### **5.5.1 Preparación**

En la fase de preparación, se realiza la planeación cuidadosa del plan de acción, con el objetivo de minimizar las modificaciones durante el proceso de ejecución. Como primer paso, la empresa anuncia a todo el personal su decisión de implementar la metodología TPM y los resultados esperados de la misma. Luego, se inicia una serie de campañas informativas para hacer comprender a todo el personal, además del concepto y el por qué de la metodología, su nivel de responsabilidad en este nuevo enfoque, dando especial interés a los operarios, puesto que estos, especialmente, deben tener en claro que la división previa entre mantenimiento y producción desaparecerá. El paso siguiente es definir la estructura promocional mediante grupos y niveles jerárquicos, donde el líder de un grupo será miembro de otro grupo de nivel superior, y de esta manera garantizar la comunicación horizontal y vertical. Hecho esto, lo que sigue es integrar el TPM a las estrategias empresariales, esto tiene como resultado, la fijación de metas cuantitativas y claras, para lo cual se requiere tener un conocimiento pleno de la situación inicial de la compañía como cifras de averías, porcentaje de defectos y rendimiento. Finalizado este punto, se desarrolla el plan maestro TPM, que es la programación concreta encaminada a conseguir las metas numéricas establecidas y se incluye en él, el detalle del plan de *Mantenimiento Autónomo*

que será llevado a cabo por los operarios y el *Mantenimiento Preventivo*, que será ejecutado por el personal de mantenimiento (Cuatrecasas & Torrel, 2010).

### **5.5.2 Introducción**

Es la fase en donde se pone en marcha el TPM. Se debe hacer en un acto oficial, en el cual todos los empleados de la compañía estén presentes, así como algunos proveedores y clientes, de ser posible. En el acto se detallan las actividades ejecutadas en la fase preparación y los futuros logros a alcanzar. El objetivo de esta fase es aumentar la disposición y compromiso de los empleados.

### **5.5.3 Implantación**

En esta fase se desarrollan las actividades planeadas. Para este fin, inicialmente, se configuran grupos de trabajo de personal de producción y mantenimiento con el fin de atacar las fallas canónicas y aumentar la efectividad de los equipos. Posteriormente, se establece y ejecuta el plan de Mantenimiento Autónomo, en el cual los operadores son responsables de rutinas periódicas de inspección y mantenimiento. El Mantenimiento Planificado es ejecutado por el personal de mantenimiento con base en tareas específicas definidas. En este punto, es importante la aplicación del concepto de *Mantenimiento Basado en el Tiempo*, que consiste en la sustitución de piezas o del equipo cuando se alcanza la edad de recambio preventivo (Saarinen & Sander, 2013).

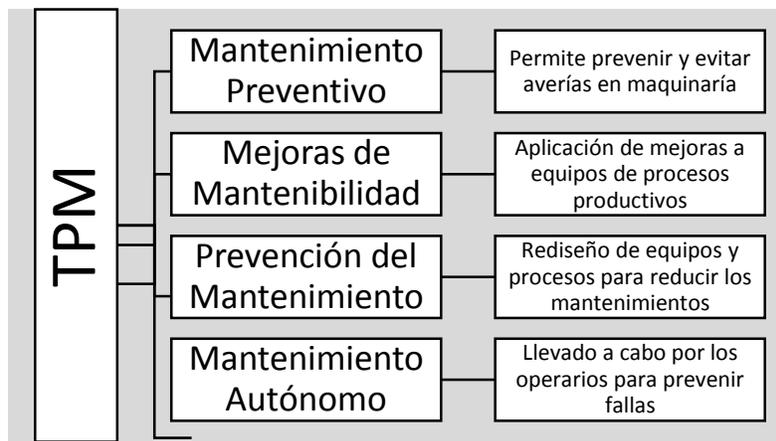
En simultáneo, la empresa realiza programas de capacitaciones constantes para formación y desarrollo de las competencias del personal en la ejecución de las tareas asignadas.

Seguido a esto, se desarrolla un sistema de gestión temprana de equipos para la *Prevención del Mantenimiento*, consistente en el seguimiento del equipo desde el inicio de la operación del hasta su madurez, ejecutando mejoras de tipo ingenieril, y cuyo objetivo final es minimizar los costos del ciclo de vida del sistema de producción (LCC) (Cuatrecasas & Torrel, 2010). También son importantes las *Mejoras de Mantenibilidad*, que deberán ser ejecutadas por el personal de mantenimiento preventivo y autónomo a través de modificaciones simples en procesos y equipos, para lograr la eliminación o reducción del mantenimiento de cualquier tipo (Cuatrecasas & Torrel, 2010).

### 5.5.4 Consolidación

Esta fase final está pensada para mantener y perfeccionar los logros conseguidos a partir la implementación del TPM, dichos logros deben ser comunicados a los empleados de la empresa, para luego fijar logros más ambiciosos.

**Figura 5. TPM e integración de metodologías de mantenimiento**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.6 GESTIÓN DE ACTIVOS

Como se ha mencionado, con la llegada del TPM, las empresas cambiaron la visión que tenían sobre el mantenimiento, que pasó de ser el departamento que ocasionaba gastos en sus intervenciones correctivas o pérdidas de tiempo en sus paradas preventivas programadas, a ser un actor relevante para mejorar la productividad de los procesos. Dicho de otro modo, el mantenimiento dejó de ser visto como un causante de gastos o pasivos a ser un instrumento para gestionar los activos de la empresa de forma eficiente.

Desde el punto de vista contable, la diferencia entre un pasivo y un activo radica en que el primero es una medida de los gastos de las organizaciones, mientras que el segundo está relacionado con la producción de riqueza (Mora, 2009) y se define como un elemento que posee valor potencial o real para misma, como lo son la maquinaria, equipos, vehículos e instalaciones industriales (Chávez, 2018). Teniendo en cuenta este punto de vista, la Gestión de Activos se define como el conjunto de prácticas mediante las cuales las

organizaciones administran de forma óptima sus activos, potenciando su desempeño, reduciendo los riesgos y minimizando los gastos de todo tipo a través del ciclo de vida (Chávez, 2018).

En este sentido, el TPM, al proponer prácticas para la bajar los costes de mantenimiento como el rediseño de procesos y el análisis estadístico para disminuir el número de averías de los equipos, mejora los índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) (Mora, 2009), y con ello, aumenta la capacidad productiva y genera valor a los procesos productivos; en fin, impulsa la gestión óptima de los activos.

## **5.7 LA ESTRATEGIA CERO AVERÍAS**

Una de las grandes pérdidas que la metodología TPM se propone resolver es la relacionada con los tiempos muertos por averías. Desde el punto de vista de la producción las averías significan la disminución significativa en el rendimiento del sistema productiva, motivo por el cual, si el objetivo de la metodología es aumentar la productividad de la línea de producción, eliminar las averías pasa a ser un logro fundamental.

Las averías pueden ser esporádicas o crónicas, dependiendo de la frecuencia con que se presenten; también pueden ser de pérdida o reducción de función, de acuerdo al impacto que tengan en el funcionamiento de los equipos. Las averías con pérdidas de función hacen que el equipo detenga su funcionamiento, generalmente son esporádicas y tienen una causa clara, por lo que son de fácil resolución; mientras que las averías de reducción de función hacen que el equipo merme su rendimiento, pueden ser esporádicas o crónicas. Las averías crónicas merecen un capítulo aparte, puesto que generalmente obedecen a una combinación de causas que por su complejidad permanecen ocultas y son difíciles de visualizar; estas causas pueden variar desde suciedad y tornillos sueltos hasta abrasión y vibraciones, por ende, es difícil identificar la mezcla de causas y condiciones que provocan la falla (Cuatrecasas & Torrel, 2010).

Independientemente del tipo de avería, su eliminación completa depende del cumplimiento de una serie de acciones, combinando técnicas de TPM, Kaizen y Gestión de Activos, que serán detalladas a continuación (Chávez, 2018).

- Ejecución de la metodología de Las 5's, inculcando en todo el personal la importancia del orden, la limpieza y la identificación de elementos innecesarios en el funcionamiento del negocio.
- Identificación de todos los equipos y clasificación de acuerdo a la criticidad y el impacto en el proceso productivo.
- Ejecución del Mantenimiento Autónomo e integración de las irregularidades encontradas en éste con las actividades programadas en el Mantenimiento Preventivo.
- Definición de competencias y habilidades necesarias para el mantenimiento de equipos y capacitaciones constantes tanto al personal encargado de la ejecución del Mantenimiento Preventivo como al de Mantenimiento Autónomo en lubricación de equipos (tipos de lubricantes, métodos, frecuencias, cantidades, etc.) y demás actividades referentes al mantenimiento.
- Énfasis en prevención de fallas, más que en corrección, buscando incrementar la vida útil de los equipos. Para llevar esto a cabo, se crean LUP's para reforzar los conocimientos de los encargados del Mantenimiento Autónomo por parte del personal de Mantenimiento Preventivo.
- Gestión de costos para optimizar el presupuesto de mantenimiento.
- Gestión de información complementaria que permita alimentar y visualizar documentación referente a manuales, instrucciones, tablas de ajuste, informes, contratos, entre otros.
- Reducción del nivel de inventario mediante controles visuales y clasificación de repuestos por criticidad y prioridad.
- Control y reducción de costos de servicios de terceros mediante la evaluación cumplimiento de requisitos por parte de un gestor de activos.
- Planeación y establecimiento correcto de tiempos para ejecución de actividades de Mantenimiento Basado en el Tiempo. Dichos planes deben ser programados teniendo en cuenta la criticidad del equipo y sus componentes en el rendimiento del proceso.

- Establecimiento de métodos y tecnologías eficaces de diagnóstico de equipos, nuevamente de acuerdo con su criticidad, a fin de identificar fallas crónicas actuales y predecir fallas potenciales.

Siguiendo esta serie de pasos, se logrará eliminar las pérdidas asociadas a paradas por averías en las compañías (Chávez, 2018). Finalmente, la tabla 3 resume la estrategia cero averías y asocia a cada fase del proceso la filosofía, metodología o herramienta a la que pertenece.

**Tabla 3. Fases de la estrategia cero averías**

Fase	Descripción	Herramienta
Metodología de las 5's	Priorizar elementos y ordenar puesto de trabajo.	Las 5's
Clasificación de equipos	Categorizar equipos de acuerdo a su criticidad.	Gestión de Activos
Mantenimiento Autónomo	Integración y ejecución de actividades de inspección y lubricación por parte del personal de producción.	TPM
Capacitaciones periódicas	Fortalecimiento de competencias del personal de mantenimiento	TPM
Creación de LUP's	Transmisión de conocimiento y habilidades de forma simple.	Kaizen
Gestión de costos de mantenimiento	Optimizar los gastos en el mantenimiento de equipos.	TPM / Gestión de Activos
Gestión de Información	Administrar información complementaria que genere valor en el mantenimiento.	Gestión de Activos
Reducción de Niveles de Inventarios	Asignación de máximos y mínimos de acuerdo a criticidad.	JIT
Reducción costos de servicios de terceros	Evaluación de cumplimiento de requisitos de servicios	Gestión de Activos
Mantenimiento Basado en el Tiempo	Ejecución las actividades del mantenimiento	TPM

	programado basado en la edad y criticidad de los equipos.	
Mantenimiento Predictivo	Implementar mecanismos de predicción de fallas en equipos.	TPM

**Fuente: Elaboración propia.**

## 6 REFERENTE CONTEXTUAL

### 6.1 INDUSTRIA COSMÉTICA Y DE ASEO EN COLOMBIA

La industria del cosmético y aseo en Colombia representa para el año 2015 el 4,4% del PIB de la industria manufacturera y 0,5% del PIB nacional. Ocupa el noveno lugar en la producción industrial del país. Con más de un millón de empleos, es el séptimo empleador industrial (DANE, 2015). la producción nacional representa alrededor del 5% de la producción del sector en Latinoamérica. El sector está compuesto por cosméticos, productos de aseo y absorbentes los cuales se segmentan según la figura 6. Los productos del sector son de consumo masivo, algunos hacen parte de la canasta familiar y otros son utilizados para el cuidado personal de toda la familia (DIAN, 2015).

**Figura 6. Ilustración del sector cosmético**

SECTOR	SUBSECTOR	SEGMENTO	CLASES DE PRODUCTOS	PRODUCCIÓN NACIONAL	EXPORTACIONES
COSMÉTICOS, PRODUCTOS DE ASEO Y ABSORBENTES	 COSMÉTICOS	MAQUILLAJE, COLOR Y TRATAMIENTO ASEO PERSONAL	Maquillaje Productos para el cabello  Fragancias Higieneoral Cremas Desodorante Productos de afeitar y depilación Productos para el baño y la ducha Cuidado para el bebé	<b>52%</b>	<b>58%</b>
	 ASEO DEL HOGAR	DETERGENTES Y JABÓN DE LAVADO PRODUCTOS DE ASEO Y HOGAR	Detergentes Jabones Suavizantes  Lavapiatos Jabones multiusos Productos para el baño Insecticidas Aerosoles	<b>26%</b>	<b>18%</b>
	 ABSORBENTES	PRODUCTOS DE HIGIENE PERSONAL	Pañales Toallas Higiénicas Tampones Otros absorbentes	<b>22%</b>	<b>24%</b>

**Fuente:** Informe DIAN sector Cosmético 2015.

El mercado en Colombia asciende en 2015 a US\$4.885 millones de dólares, 4,3% más que en 2014. El gasto per cápita nacional en productos del sector US\$83,8 dólares. A nivel nacional el sector está compuesto por 1.090 empresas, de las cuales aproximadamente el 40% son de cosméticos y el 60% de aseo y absorbentes (Fuente: Empresas vigiladas y

registradas en el INVIMA). Dentro de las empresas del sector hay productoras, comercializadoras, maquiladoras y proveedoras de insumos. Alrededor del 40% de las empresas están ubicadas en Bogotá, seguido de Antioquia con el 23% y del Valle del Cauca con el 13%. Según datos de Euromonitor las diez empresas más grandes del país representan el 56% del total del mercado y las ventas de las empresas extranjeras representan el 61% del mercado nacional. Estas son empresas globales que tienen plantas de producción o centros de distribución en Colombia (DIAN, 2015).

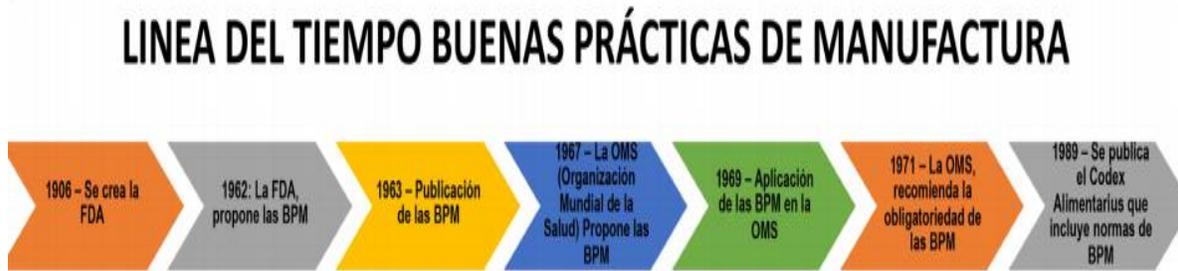
## **6.2 BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA**

Las BPM constituyen un “conjunto de principios y recomendaciones técnicas que se aplican durante el procesamiento de los alimentos para garantizar su inocuidad y su aptitud”. Por lo tanto, la Comisión Conjunta OMS/FAO establece en el Codex Alimentarius las recomendaciones y principios agrupados en distintas secciones tales como producción primaria, proyecto y construcción de las instalaciones, control de las operaciones, instalaciones, mantenimiento y saneamiento, higiene personal y de los alimentos, entre otros. Constituyen un requisito sanitario de obligado cumplimiento y deben ser aplicados a lo largo de la cadena alimentaria, desde la provisión de la materia prima, hasta el expendio de los mismos. Las BPM constituyen una herramienta valiosa, no solamente para la inocuidad de los alimentos, sino también para el desarrollo empresarial, ya que la confianza del consumidor avala el éxito empresarial (OMS, 2009).

Suministrar alimentos seguros desde el punto de vista higiénico-sanitario es una responsabilidad del elaborador. No obstante, las autoridades sanitarias (nacionales y locales) deben verificar y validar su cumplimiento a través de inspecciones y análisis, con el fin asegurar que estos alimentos no ocasionen daños al consumidor y garantizar las prácticas adecuadas del comercio.

El desarrollo de las buenas prácticas de manufactura se ha adaptado a la evolución y exigencia de las necesidades para desarrollar productos inocuos, estos desarrollos se dieron durante un periodo de tiempo existente en el siglo XX como se relaciona en la figura 7.

Figura 7. Ilustración del sector cosmético



**Fuente:** Informe ministerio de salud colombiano.

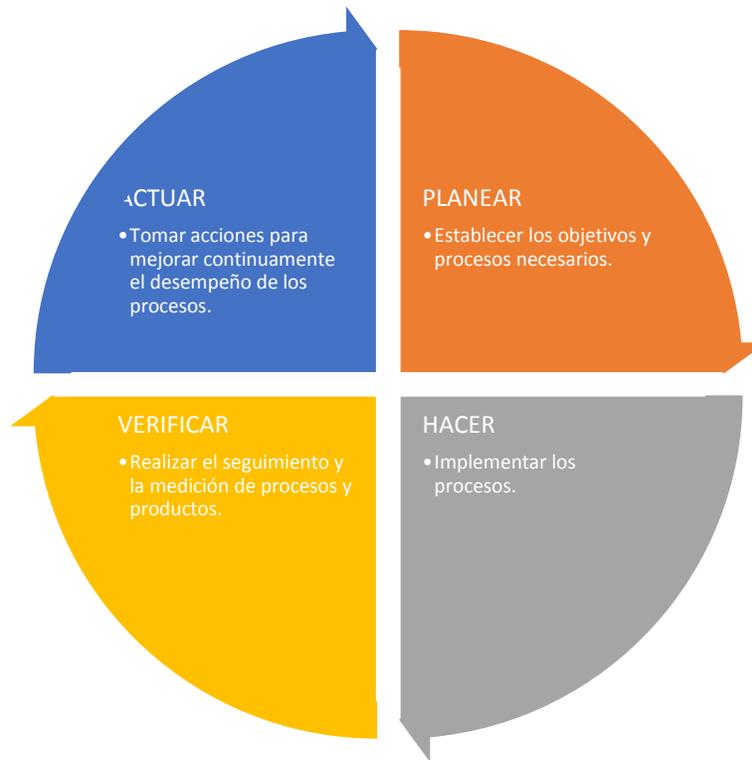
### 6.3 MEJORAMIENTO CONTINUO

La mejora continua es una de las herramientas básicas para aumentar la competitividad en las organizaciones. Esta filosofía se apoya en la explotación de los recursos de la compañía, especialmente los recursos humanos y en el aprendizaje interno. La mejora continua debe significar un modo de vida dentro de la organización, es precisamente esto lo que hace de la mejora continua una herramienta tan valiosa y, a la vez, difícil de implementar hasta sus últimas consecuencias (Marin-García et al., 2014).

El concepto de mejora continua es, aparentemente, sencillo y existen abundantes casos de éxito publicados. Sin embargo, parece haber evidencias de que en muchas empresas no se consigue implantar el programa con éxito; en algunas, a pesar de un éxito inicial, no es posible mantenerlo con vida (Wu & Chen, 2006) y, en otras, la implantación sostenida de la mejora continua no acaba de transformarse en mejores resultados financieros para la empresa.

Por otra parte, existen en la literatura diferentes modelos que tratan de desarrollar una metodología que ayude a la implementación de la mejora continua. Gran parte del mejoramiento continuo está sustentado desde el modelo PHVA de la figura 8.

**Figura 8. Ciclo PHVA**



**Fuente: Elaboración propia**

## 6.4 LEAN MANUFACTURING

Lean manufacturing es un conjunto de principios y herramientas de gestión de la producción que busca la mejora continua a través de minimizar el desperdicio considerado este último como toda actividad que no agrega valor (Pérez Rave et al., 2011). La génesis de su desarrollo se puede ubicar, entonces, en el pionero y más emblemático caso de implementación que se observó en la Toyota Motor Corporation. Lean manufacturing se ha convertido en una alternativa que ha mostrado su versatilidad al ser adoptada en los diferentes escenarios del sector industrial. En principio, esta filosofía comenzó a ser gestada luego de la devastación de la Segunda Guerra Mundial, donde países como Japón y Alemania sufrían los embates económicos de la posguerra. En la década de 1980, Toyota Motor Corporation venía trabajando en un modelo de sistema productivo que le permitiera mejorar su productividad, eficiencia y ser más competitiva (Ohno, 1991), lo cual se logró

consolidar luego de que Taiichi Ohno asumiera como vicepresidente de esta compañía cuando se efectuó la implementación de su sistema de producción. Este sistema sentó las bases para lo cual después sería el esquema de producción JIT (justo a tiempo)(Yépez et al., 2017).

## **7 OBJETIVOS**

### **7.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un programa de mantenimiento para la empresa del sector cosmético caso de estudio basado en la estrategia de Cero Averías que permita mejorar su productividad.

### **7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diagnosticar el grado de madurez del modelo organizacional y de gestión del mantenimiento de la empresa del sector cosmético caso de estudio por medio de un enfoque por procesos.
2. Diseñar un modelo organizacional de intervención y escalamiento (Preventivo, Predictivo) en los activos críticos de la industria del sector cosmético caso de estudio.
3. Diseñar un proceso de monitoreo, inspección y detección de fallas aplicado a los activos fijos de la planta del sector cosmético caso de estudio con el fin de diseñar un programa de mantenimiento (Preventivo, Predictivo) basado en el análisis de criticidad.

## **8 METODOLOGÍA**

### **TIPO DE ESTUDIO Y ENFOQUE**

El enfoque metodológico utilizado en esta investigación reúne características de carácter mixto pues se analizan encuestas, se caracterizan tendencias de fallos, pero también se debe interpretar un carácter cualitativo en perspectivas en la gestión del mantenimiento para la industria del sector cosmético en la cual se hace dicha investigación.

### **CASO DE ESTUDIO**

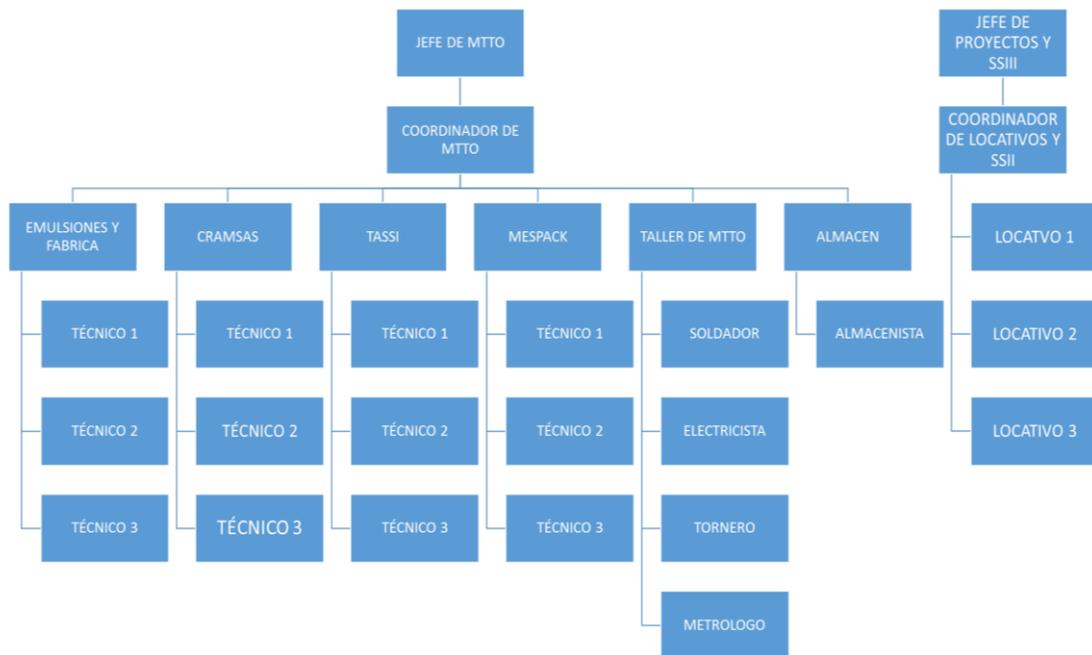
Esta investigación es un estudio de caso en el cual se relacionó la actividad productiva de un sector industrial buscando el mejoramiento del modelo por medio de métodos de mejoramiento continuo, enfocados en el mantenimiento para minimizar los fallos o paradas no planeadas de mantenimiento durante el tiempo. Todo esto en la búsqueda de encontrar una solución estructural y de gestión como propuesta al mejoramiento de los resultados productivos y rentables a la industria en la cual se hizo dicha investigación. En relación con la gestión del mantenimiento para la empresa que fue objeto de estudio se debe conocer y entender la población como el conjunto de máquinas y equipos que componen la gestión de este mantenimiento y para la cual se desarrolló el programa de mantenimiento basado en las cero averías.

La gestión del mantenimiento de la empresa objeto de estudio estaba dirigido por la jefatura de mantenimiento a la cual le apoyan dos coordinadores de mantenimiento los cuales cumplen el rol de verificar, ejecutar y planificar las actividades que se deben de realizar en la planta productiva con 12 técnicos de planta divididos en 4 sub áreas relacionadas a un proceso productivo o un tipo de maquinaria referente, también hacen parte del mantenimiento el personal de taller, estos se encargan de mecanizar piezas y garantizar montajes relacionados con la soldadura, junto a este equipo se encuentra el metrólogo encargado por el cumplimiento de las actividades metrológicas y el correcto funcionamiento de los mismos, en el equipo de mantenimiento también se encuentra el

almacenista quien tiene la labor de mantener en control y orden el almacén de abastecimiento y repuestos.

El área de proyectos trabajó en conjunto con mantenimiento velando por el mantenimiento locativo. El organigrama de mantenimiento en dicha empresa del sector cosmético se ve relacionada en la figura 9.

**Figura 9. Organigrama de la gestión del mantenimiento**



**Fuente. Elaboración propia**

La planta se compone por varios procesos productivos los cuales representan unas sub plantas. Estos procesos son, el área de emulsiones en el cual se hace todo lo relacionado a desodorantes rolon, llenado de Doypack superior a 1.5 L como se muestra en la figura 10, llenado de botellas de shampoo, lacas entre otros. En este proceso productivo se utilizan maquinaria manual, muy básica para la operación de llenado operario máquina como se muestra en la figura 11 y la capacidad de la máquina depende de la destreza del operario en pasar los frascos por la misma. Las máquinas son en gran medida de actuación neumática, se compone de válvulas, actuadores neumáticos y elementos de control como una boya de nivel.

**Figura 10. Envases utilizados en llenadoras manuales**



**Fuente. Fabricante de envases TRADCORP.**

**Figura 11. Llenadora manual.**



**Fuente. Comercializadora Wimkastore.**

El segundo proceso productivo son las áreas de sachet Mespac, en estas se hace en su gran mayoría desodorantes, shampoo y suavizantes, en presentaciones pequeñas (9gr-12gr) y medianas (180gr – 210gr) como en la figura 12. Estas máquinas son altamente automáticas, el proceso productivo solo depende el operario técnico de misma, hay una salvedad en esta área que no se da en el resto de la planta y es que estas máquinas cuentan con operarios técnicos, es decir personas que tienen conocimiento y capacidades para la ejecución de actividades de ajustes mecánicos y actividades de mantenimiento.

**Figura 12. Sachets y doypack**



**Fuente. Envasando a terceros.**

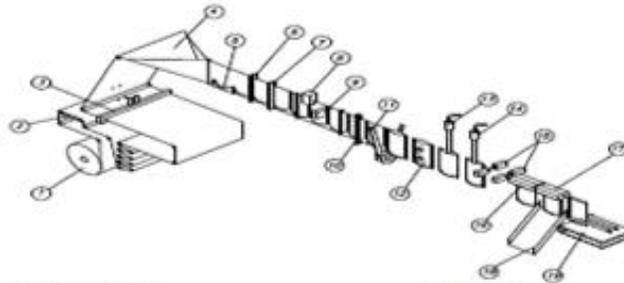
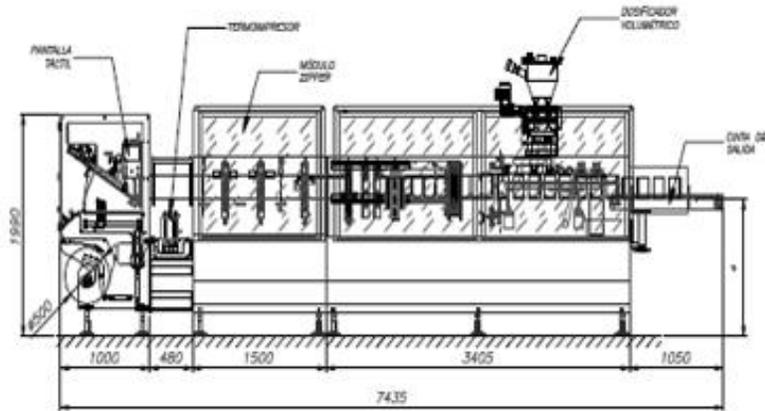
Las máquinas están compuestas por varios mecanismos o sub partes que vistos desde un punto de vista taxonómico (figura 13), son máquinas complejas y con una relación mecánica e instrumental compleja. La funcionalidad de la maquina en gran parte depende del desempeño mecánica de las mismas pues todos sus mecanismos de transporte actúan por un árbol de levas, pero sistemas como la dosificación dependen en gran medida de la instrumentación y control (figura 14, figura 15) pues se controlan por medio de flujómetros, en la Tabla 4 se mencionan las máquinas por línea que componen esta área.

**Tabla 4. Maquinaria del área de Mespac**

MAQUINA	MODELO
MESPACK #1	H260-4
MESPACK #2	H260-4
MESPACK #3	H260-4
MESPACK #4	H320-4
MESPACK #5	H220-FE
MESPACK #6	H260-4

**Fuente. Elaboración propia.**

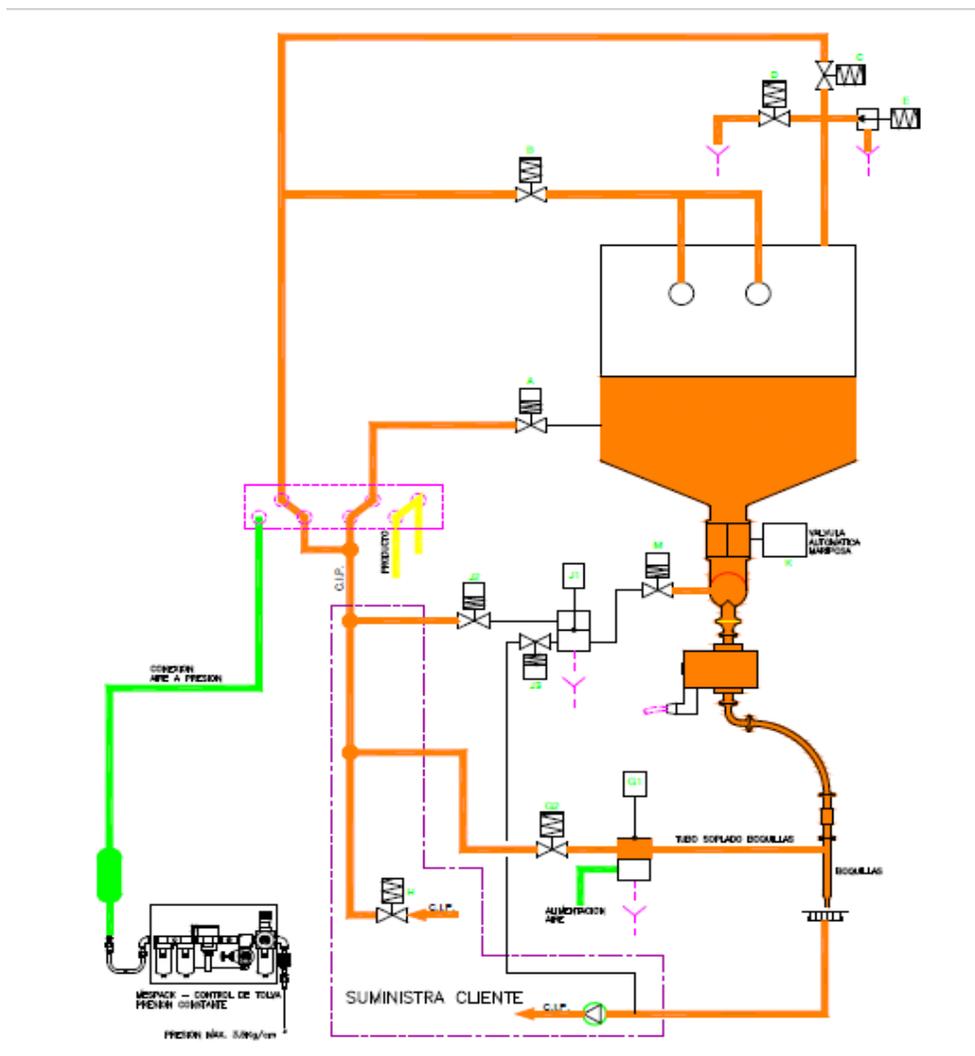
Figura 13. Partes de máquina Mespac



- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1. Desenrollador                          | 11. Tijeras                     |
| 2. Empalme bobina                         | 12. Abertura sobre              |
| 3. Perforador bobina (Para fondo estable) | 13. Primera estación dosificado |
| 4. Triángulo formador                     | 14. Segunda estación dosificado |
| 5. Soldador inferior                      | 15. Cierre sobre                |
| 6. Primera estación soldador vertical     | 16. Soldador superior           |
| 7. Segunda estación soldador vertical     | 17. Estación refrigeradora      |
| 8. Muesca desgarre                        | 18. Rampa salida                |
| 9. Fotocélula                             | 19. Cinta salida                |
| 10. Arrastre                              |                                 |

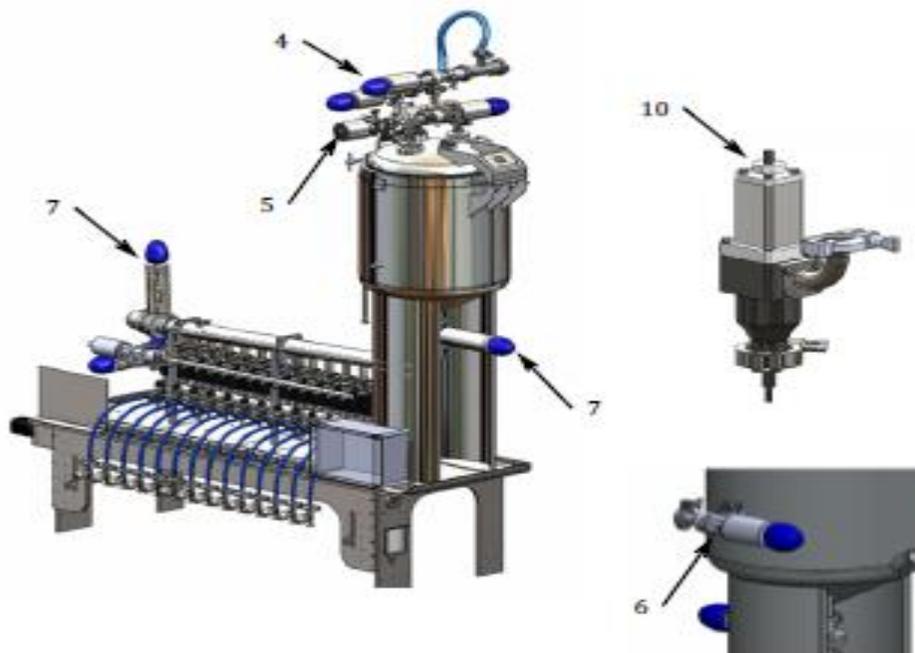
Fuente. Manual máquina Mespac 220H

Figura 14. PI&D de la máquina Mespack



Fuente. Manual máquina Mespack 220H

**Figura 15. Sistema de llenado máquina Mespac**



**Fuente. Manual máquina Mespac 220H.**

La tercera sub planta es el área de sachet con sellado de 4 costuras y envasado de tubos, esta área se compone por 6 máquinas 5 de ellas envasadoras verticales con sellado de 4 costuras y la sexta maquina es una envasadora rotativa de tubos. En esta sub planta se hace principalmente shampoo y cremas para peinar. En la tabla 5 se relacionan los equipos que componen esta área.

**Tabla 5. Máquinas del área de sachets**

<b>MÁQUINAS</b>	<b>MODELO</b>
SACHETEADORA LÍNEA 1	CRAMSA S25
SACHETEADORA LÍNEA 2	CRAMSA S315
SACHETEADORA LÍNEA 3	EVI30 - 2
SACHETEADORA LÍNEA 4	EVI30 - 1
SACHETEADORA LÍNEA 5	ROMAC
ENVASADORA DE TUBO	JDA SÚPER 30 N° 1

**Fuente. Elaboración propia.**

Las maquinas Cramsas son sachetadoras verticales de 4 soldaduras, en la empresa caso de estudio se trabaja con sachet en ristras para este tipo de maquinaria. Estas máquinas son principalmente mecánicas (figura 16), todos sus mecanismos se ajustan a través de una transmisión principal la cual por medio de levas sincroniza los movimientos necesarios para transportar, cortar, soldar y cortar, los bloques de dosificación se accionan por medio de una leva ranurada la cual hace la labor de impulsar o retroceder los émbolos de dosificación de producto. La maquinaria de esta área es relativamente sencilla en cuestiones electrónicas, neumáticas y de automatización, pero complejas en la mecánica y requieren de una estandarización de operación para mantenerlas estables debido a la cantidad de premisas e hipótesis que se establecen cada vez que se presenta un problema en estas líneas.

**Figura 16. Máquina cramsas de 4 sellos**



**Fuente. Manual cramsas S25.**

El único equipo que es diferente acá es la JDA (figura 17), aunque su proceso es basado en la mecánica de un árbol de levas, este equipo trabaja con un carrusel de estaciones en las cuales se hacen los diferentes procesos que lleva la confección del tubo, otro efecto importante es que esta llenadora requiere de agua fría para poder trabajar el soplador y que no se quemen las resistencias del mismo.

**Figura 17. Maquina envasadora de tubos JDA 30**



**Fuente. JDA progress**

La cuarta sub planta de esta planta farmacéutica son las 2 líneas de talcos y su área de procesos, estas áreas se componen por 2 mezcladores de 600 kg para la fabricación de los talcos los cuales se envasan en dos líneas, una es línea GEI-MATTER, y otra PER-FIL de 4 boquillas como se muestra en la figura 18.

**Figura 18. Máquina envasadora de polvos Per-Fil**

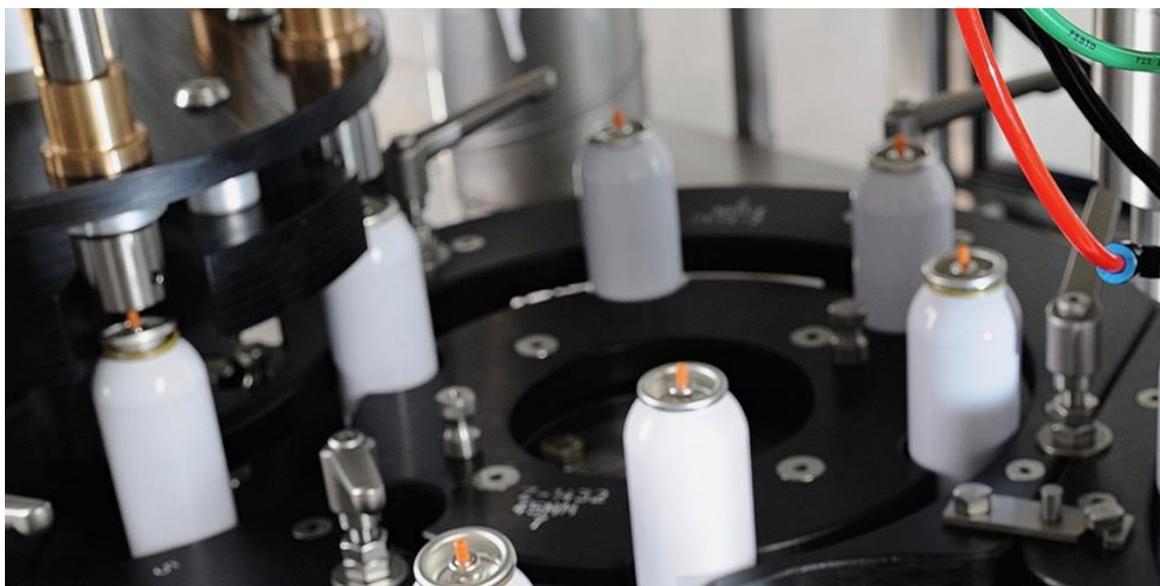


**Fuente. Per-fil.**

Por último, está la línea de envasado de aerosoles (figura 19) en esta se hacen productos como aerosoles, desinfectantes o repelentes. Estas líneas se componen de varias máquinas entre ella la llenadora, la crimpadora, la gasificadora, el baño maría, el túnel de termoencogido y la enfardadora.

Estas líneas son de un cuidado extra pues tienen cuartos antiexplosivos pues para el gasificado se utiliza un combustible el cual es altamente explosivo.

**Figura 19. Máquina llenadora de aerosoles**



**Fuente. Sigmapack**

Teniendo en cuenta la información relacionada anteriormente, la mayor producción y facturación de la planta se da en las áreas de Mespac y Cramsas por tal motivo estas serán las áreas foco para el desarrollo del plan de monitoreo e inspección buscando el cuidado de los activos fijos de la empresa del sector cosmético.

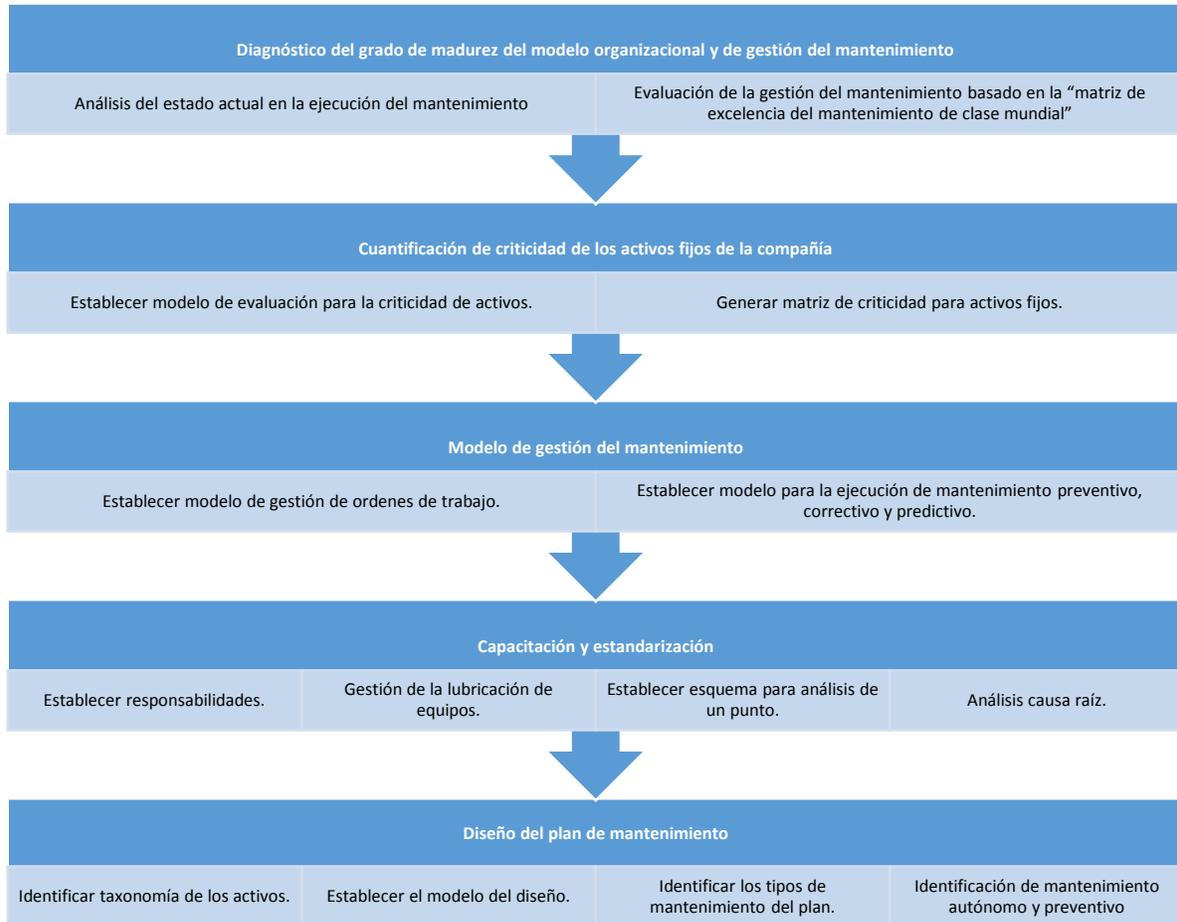
Esta información está respaldada también por una matriz de criticidad la cual nos da una visión de que equipos son los más críticos teniendo en cuenta múltiples aspectos como importantes para la operación, la calidad, la seguridad del personal y el medio ambiente.

Por este medio se identifican los principales riesgos en la planta y las condiciones más importantes de monitorear. Es importante resaltar que para la evaluación de esta matriz se pone la seguridad y salud como un factor multiplicador el cual toma mayor fuerza dentro de la matriz pues este debe de ser un factor clave en el cuidado del activo.

## DISEÑO METODOLÓGICO

En la figura 20, se muestra esquema metodológico de la investigación, en la cual se describe de manera general cada uno de los pasos que se emplearon para lograr los objetivos de esta investigación.

**Figura 20. Diseño metodológico**



**Fuente. Elaboración propia.**

## **DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA METODOLÓGICA POR OBJETIVOS**

En este inciso, se representó una descripción paso a paso de la metodología que se empleó para obtener cada uno de los objetivos propuestos en esta investigación, cada uno de los objetivos establecen los resultados de carácter cuantitativo y cualitativo.

**Objetivo 1.** Diagnosticar el grado de madurez del modelo organizacional y de gestión del mantenimiento de la empresa del sector cosmético por medio de un enfoque por procesos. Para dar cumplimiento a este objetivo fue necesario tener en cuenta que el diagnóstico del modelo de madurez de la empresa del sector cosmético se realizará por medio de un modelo de auditoría interna para identificar fortalezas y puntos a mejorar en la gestión del mantenimiento.

### **Diagnóstico del grado de madurez del modelo organizacional y de gestión del mantenimiento:**

La primera fase para desarrollar la estrategia de las cero averías fue basada y sustentada en un panorama del estado actual del área, el cual permitió identificar, analizar y proponer ideas de mejora para poder ir subiendo en el escalafón de la ejecución del mantenimiento en busca del mantenimiento de clase mundial. Este análisis se hizo con base en una auditoría de mantenimiento la cual está estructuralmente sustentada en una matriz conocida como “La matriz de excelencia de mantenimiento clase mundial” que sigue un proceso convencional de auditoría. En la cual por medio de una evaluación se cuantifica el estado en el que se encontraba la gestión del mantenimiento.

En primer lugar, se realizó una entrevista con la jefatura del departamento de mantenimiento para alinear las expectativas y las posibles áreas de mejoramiento en las cuales se profundizó buscando evaluar el estado actual y saber cuál era objetivo al que se desea llegar.

La reunión fue enfocada en los siguientes puntos:

- Entrevista con el jefe de mantenimiento para conocer y entender el marco operativo del área y establecer expectativas de mejora.
- Aplicar un cuestionario al personal de mantenimiento y recolectar datos y evidencias de la matriz de excelencia de mantenimiento mundial.

- Consolidar y evaluar los resultados.
- Generar diagnóstico actual del área de mantenimiento a partir de la información recolectada.
- Realizar recomendaciones de mejora con foco en el cumplimiento de expectativas de la jefatura de Mantenimiento.

### **Fuente de información primaria**

Como fuente de información primaria se tuvo la recolectada con la jefatura de mantenimiento y los cuestionarios de la Matriz de excelencia de mantenimiento realizados al personal administrativo, técnico y operativo, esto debido a que dicho personal proporciona la información de base para el diagnóstico y las recomendaciones que se generan en esta investigación.

### **Fuentes de información secundarias**

Para el desarrollo del este estudio se realizó la consulta de informes de grado relacionados con la evaluación de la Gestión de mantenimiento en empresas de diversos sectores, además de libros especializados de mantenimiento y artículos de revistas que abordan el tema de auditoria de mantenimiento.

### **Población**

Esta investigación se realizó en una empresa manufacturera del sector cosmético ubicada en el departamento de Cundinamarca, la cual cuenta con 26 personas del área de mantenimiento por contratación directa dividida en personal administrativo, técnico y operativo como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6. Personal del área de mantenimiento**

PROCESO	JEFE	COORDINA	TECNICO	OPERADOR
JEFATURA	1	0	6	0
MANTENIMIENTO SACHETS	0	1	6	0
MANTENIMIENTO FRASCOS	0	1	0	0
SERVICIOS INDUSTRIALES	0	1	0	3
TALLER Y ALMACEN	0	0	4	1
TOTAL	1	3	16	4
TOTAL POBLACIÓN	24			

**Fuente. Elaboración propia.**

### **Instrumento de evaluación**

En esta fase de la investigación se recolectó información usando dos técnicas: La entrevista y el cuestionario de la matriz de excelencia de mantenimiento clase mundial.

La matriz de excelencia de mantenimiento evalúa 10 factores de la gestión del mantenimiento, los cuales deben ser considerados de acuerdo a las funciones de desempeño cada persona en el área de mantenimiento, el cuestionario de la matriz se aplicará de acuerdo a los niveles y roles de la organización tal como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7. Matriz de excelencia en el mantenimiento**

Aspectos de la gestión	Descripción	Responsable
<b>1. Estrategia de mantenimiento</b>	Esta área de gestión evalúa la existencia de una estrategia de mantenimiento que permita direccionar la forma como la organización debe enfrentar cada uno de los procesos de mantenimiento. También se tiene en cuenta la capacidad y madurez de la organización para definir e implementar efectivamente planes de mejoramiento a corto, mediano y largo plazo, con el fin de optimizar el desempeño de los niveles estratégico, analítico, administrativo y técnico de la organización de mantenimiento. La revisión y optimización de los planes de mantenimiento de los equipos es otro aspecto considerado en esta área.	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento
<b>2. Administración y organización</b>	Este aspecto evalúa como el área de mantenimiento interactúa con otras áreas de la compañía: producción, Ingeniería, Finanzas, Gestión Humana, compras y suministros, etc, las herramientas de seguimiento a reuniones y si existen planes de mejoramiento.	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento
<b>3. Planeación y programación</b>	Esta área realiza un diagnóstico del estado, madurez y capacidad del proceso de Planeación y Programación. Revisa el enfoque de la organización hacia las prácticas de ejecutar un mantenimiento planeado, analizando los programas diarios y semanales, junto con los Planes a Mediano y Largo Plazo	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento
<b>4. Técnicas de mantenimiento</b>	Esta área considera la correcta utilización de técnicas de mantenimiento predictivo y monitoreo de condiciones (CBM) para soportar los trabajos ejecutados sobre los equipos dinámicos de la compañía y la ejecución de planes de inspección de equipos estáticos utilizando métodos de ensayos no destructivos (NDT). Estos planes deben ser definidos a través de la ejecución de estudios de Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) ó Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) e Inspección Basada en Riesgo (RBI) y deben ser optimizados utilizando técnicas de Modelamiento de Confiabilidad para asegurar que solo perduren las actividades que realmente agreguen valor.	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento
<b>5. Medidas de desempeño</b>	Esta área evalúa la gestión realizada por la organización de mantenimiento mediante el control y seguimiento de indicadores de desempeño de mantenimiento, confiabilidad y costos, obtenidos a partir de la recolección y análisis de información codificada de eventos de mantenimiento de los equipos y sistemas de las plantas.	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento
<b>6. Tecnología de la información y su uso</b>	Dentro de esta área se valora la existencia y utilización adecuada de un sistema computarizado de administración de mantenimiento (CMMS) y su interrelación con otros sistemas corporativos de gestión de materiales, costos, producción, etc.	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento
<b>7. Equipo de mejoramiento</b>	Esta área evalúa el compromiso y la autonomía del personal de la compañía para colaborar en el logro de los objetivos de la empresa, mediante la definición de mecanismos formales de análisis y mejoramiento de los procesos de mantenimiento de la compañía.	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento *Técnico de mantenimiento
<b>8. Analisis de confiabilidad</b>	Esta área evalúa la utilización de técnicas de análisis de confiabilidad, como el Análisis de Causa Raíz de Falla (RCA), el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y el Modelamiento de Confiabilidad (RAM), para optimizar los procesos de mantenimiento, soportar la toma efectiva de decisiones y mejorar los indicadores de desempeño de la compañía.	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento
<b>9. Analisis de procesos</b>	Esta área considera el grado de documentación y revisión de los procesos y procedimientos técnicos y administrativos del área de mantenimiento, de tal manera que permita asegurar que la compañía tenga el conocimiento y el control de estos procesos.	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento
<b>10. Información sobre infraestructura e instalaciones</b>	Dentro de esta área se considera la disponibilidad dentro de un sistema computarizado de administración de mantenimiento de información estructurada y jerarquizada de las plantas y equipos de la compañía, incluyendo información técnica detallada, históricos, criticidad, códigos de falla, puntos de monitoreo, etc.	*Jefe de mantenimiento *Coordinadores de mantenimiento

**Fuente: Auditoría de la gestión de mantenimiento de una empresa manufacturera sector cosmético.**

### **Análisis de la información:**

Se evaluaron 10 aspectos de matriz de excelencia de mantenimiento: estrategia de mantenimiento, administración y organización, planeación y programación, técnicas de mantenimiento, medidas de desempeño, tecnología de información y su uso, equipos de mejoramiento, análisis de confiabilidad, análisis de procesos e información sobre infraestructura e instalaciones (AMENDOLA, 2016), a través de un cuestionario de 100 preguntas, las cuales tienen 4 posibles valoraciones: 0 si la respuesta es No implementado, 0,25 si la respuestas es Efectivamente implementa en una sola operación o proceso, 0.5 si la

respuestas es Efectivamente en algunas de las operaciones, 0.75 si la respuesta en Efectivamente implementado en la mayoría de las operaciones, y 1 si la respuesta en efectivamente implementado en todas las operaciones como se muestra en la tabla 8, de esta forma los resultados pasan de ser cualitativos a cuantitativos, la suma de todos los resultados de cada uno de los aspectos ubican el estado actual del área de mantenimiento dentro de los rangos expresados en la tabla 9 (Fajardo,2017).

**Tabla 8. Tabla de diagnóstico de operaciones**

Puntaje Diagnóstico
1.00 = Efectivamente implementado en todas las operaciones
0.75 = Efectivamente implementado en la mayoría de las operaciones / Proceso en consolidación en toda las operaciones.
0.50 = Efectivamente implementado en algunas de las operaciones / Proceso iniciando implementación en todas las operaciones.
0.25 = Efectivamente implementado en solo una operación / Proceso en definición en todas las operaciones.
0.00 = No implementado

**Fuente. Elaboración propia.**

**Tabla 9. Niveles de mantenimiento según clasificación**

NIVELES DE CLASIFICACIÓN	
Entre 80 y 100	Mantenimiento CLASE MUNDIAL
Entre 60 y 80	Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD
Entre 20 y 60	Mantenimiento PROACTIVO
Entre 10 y 20	Mantenimiento PLANEADO
Entre 0 y 10	Mantenimiento REACTIVO

**Fuente. Elaboración propia.**

En esta investigación para analizar los datos se utilizó el software de cálculo Excel para cuantificar los resultados de las encuestas realizadas.

**Objetivo 2.** Diseñar un modelo organizacional de intervención y escalamiento (Preventivo, Predictivo) en los activos críticos de la industria del sector cosmético.

Para dar cumplimiento a este objetivo fue necesario identificar la maquinaria crítica y priorizar y asignar responsabilidad en las diferentes labores de mantenimiento, todo esto teniendo en cuenta un ciclo iterativo de mejoramiento continuo con unas pautas definidas

de análisis para lograr que el mantenimiento se realice sobre las bases del pensamiento crítico y el mejoramiento del proceso.

### **Cuantificación de criticidad de los activos fijos de la compañía:**

#### **Fuente principal de información:**

La segunda fase buscó diseñar un modelo organizacional de intervención y escalamiento (Preventivo, Predictivo) en los activos críticos de la industria del sector cosmético es por tal motivo que en compañía de la jefatura de mantenimiento se analizaron los inventarios realizados años anteriores a la compañía para poder identificar cuáles son los activos productivos que posee la compañía y a cuáles se les debe de aplicar la gestión del mantenimiento.

#### **Población de estudio:**

En la compañía del sector cosmética existen 237 activos fijos, unos más automatizados que otros y cada uno de ellos con un diferente nivel de complejidad en la operación. Es por tal motivo de vital importancia la gestión adecuada e identificación de la criticidad de cada uno de los activos dentro de la compañía, de este modo las estrategias y metas para la correcta gestión del mantenimiento se trazan a partir de una correcta identificación de los activos fijo y la criticidad que cada uno de ellos puede llevar al momento de una falla.

#### **Instrumento de evaluación:**

Para la identificación y valoración de los activos de la empresa del sector cosmético se tuvo en cuenta la evaluación de múltiples factores que identifican el impacto que podría representar la falla del activo para la compañía (Tabla 10).

**Tabla 10. Condiciones de evaluación matriz de criticidad**

<b>Concepto</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor de evaluación</b>
Impacto sobre la producción	La falla del activo o instalación impacta económica consecuencia de la detención de una máquina, ya sea por desperdicio generado o falta de productividad	De 0 a 5.
Calidad del producto	La falla del activo o instalación impacta directamente en las propiedades físicas o apariencia del producto.	De 0 a 5.
Costo de reparación	La reparación de la falla del activo o instalación significa un impacto económico grande para la compañía.	De 0 a 5.
Impacto ambiental	La falla del activo o instalación impacta el ambiente ya sea a corto o largo plazo.	De 0 a 5.
Impacto en seguridad y salud	La falla del activo o instalación compromete la integridad física del operador de la máquina y las personas que frecuentan las áreas aledañas.	De 0 a 3 siendo un factor multiplicador por su criticidad.

**Fuente. Elaboración propia.**

Para la evaluación de la criticidad se diseñó una “matriz de criticidad” en la cual se cuantifico el nivel de riesgo y criticidad que tiene cada activo fijo de la compañía y teniendo en cuenta este criterio se deben de implementar las actividades y estrategias de mantenimiento para evitar que los mismo fallen.

El diseño de esta matriz se formuló con la finalidad de que el factor diferencial para la toma de decisiones y lineamiento de las estrategias para mantenimiento sea la seguridad de los equipos para el personal que los operan y las que frecuentan las áreas comunes donde estas se encuentran.

### **Análisis de la información**

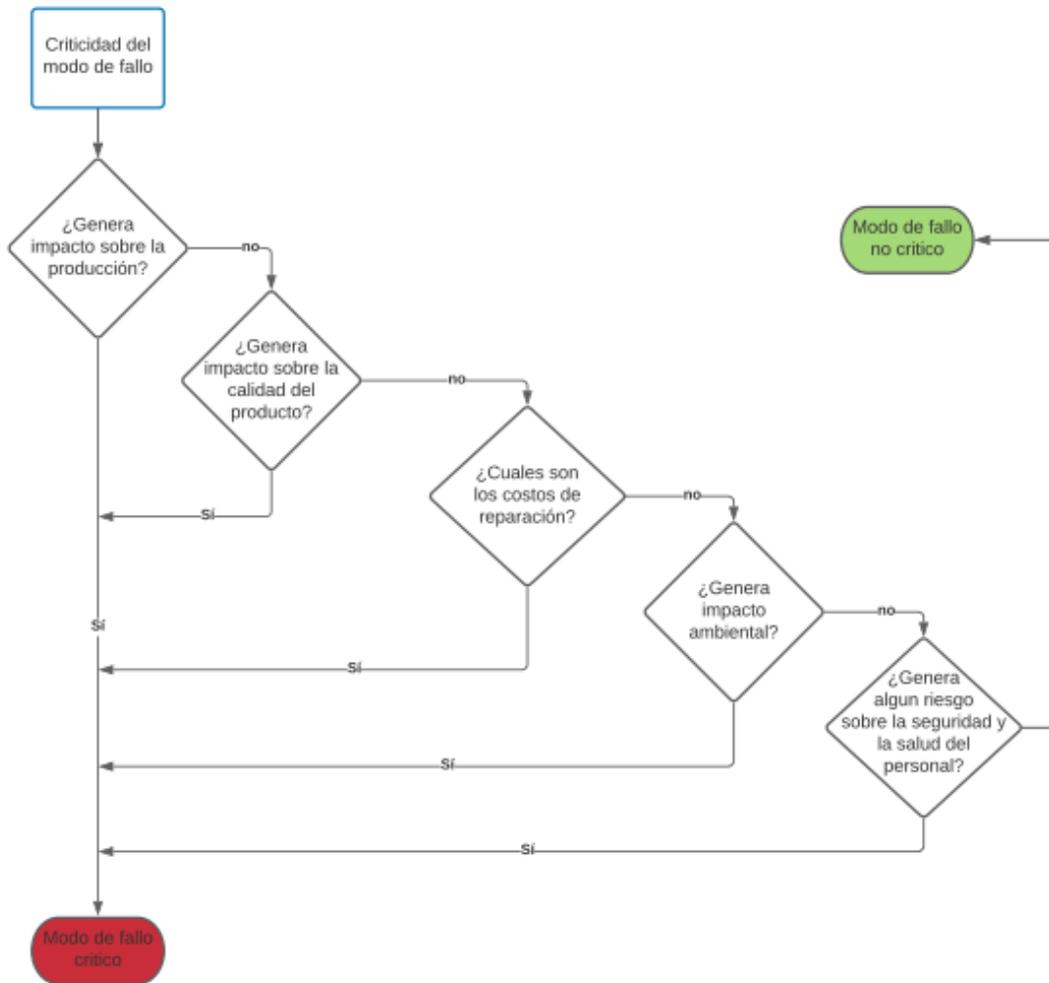
La criticidad según la matriz estipulada fue calculada como la ecuación 2

$$\text{Criticidad} = (\text{impacto en producción} + \text{impacto en calidad} + \text{costo de reparación} + \text{impacto ambiental}) \times \text{impacto en la seguridad y salud}$$

(2)

El proceso para establecer qué equipo es crítico y no crítico se define según se presentan en la figura 21.

Figura 21. Diagrama de criticidad



Fuente. Elaboración propia.

### Instrumento de evaluación

La cuantificación de los resultados fue almacenada en una matriz de criticidad como en la tabla 11 y 12, esta matriz traza los lineamientos en la gestión del mantenimiento para el cuidado de los activos y garantizar la disponibilidad en la operación de la planta.

**Tabla 11. Esquema de matriz de criticidad**

LISTADO DE EQUIPOS 2020								
CÓDIGO	SECCIÓN	EQUIPO	PONDERADO DEL 1 - 5 (CUALITATIVO)				RADO DE 1-3 CUALI	CRITICIDAD
			IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN	CALIDAD DEL PRODUCTO	COSTO DE REPARACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SEGURIDAD Y SALUD	

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 12. Semáforo de criticidad**

MATRIZ DE CRITICIDAD										
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fuente. Elaboración propia

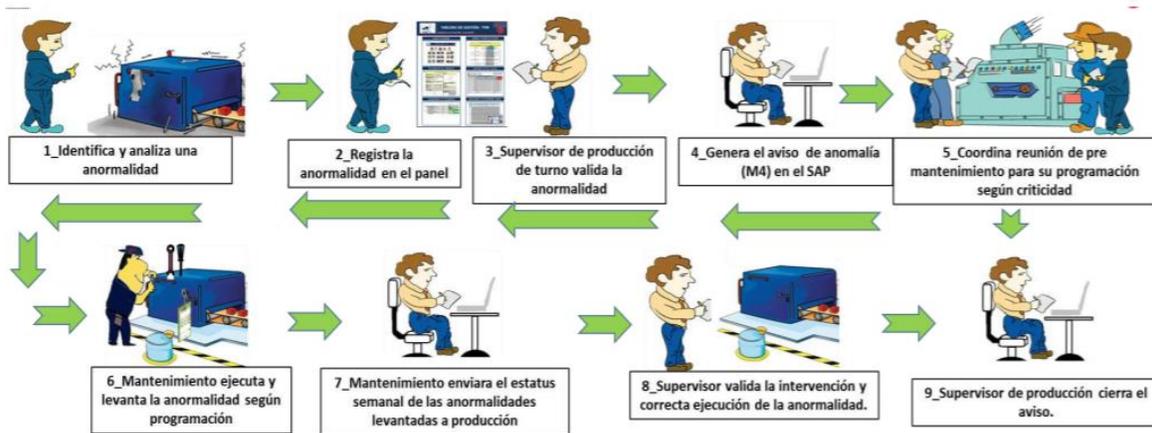
**Modelo de gestión del mantenimiento:**

**Fuente principal de información:**

En una evaluación del modelo de gestión del mantenimiento para la empresa del sector cosmético se encontraron varias falencias principalmente en el manejo de la información y el flujo de las actividades de mantenimiento pues el modelo actual del sistema no es respetado y tiene gran complejidad al no poseer un sistema CMMS para la gestión y seguimiento de las ordenes de mantenimiento.

Es por este motivo que se propuso un modelo básico para que el flujo de las órdenes de trabajo como en la figura 22 sea el correcto y por medio de esta se pueda cumplir correctamente con el ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar, actuar).

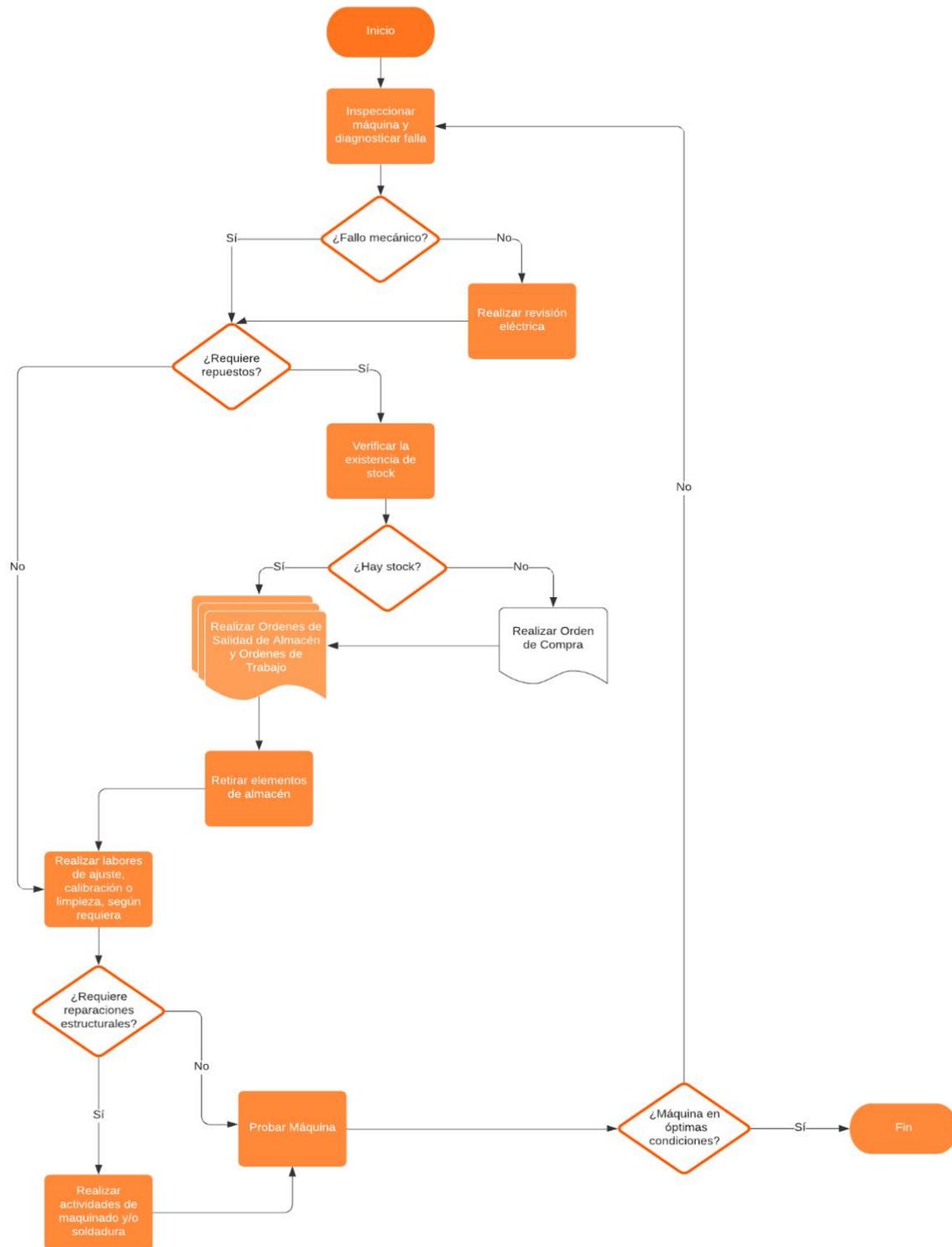
**Figura 22. Diagrama de gestión, orden de trabajo**



**Fuente. Presentación ACIEM, Jorge Chávez**

En este proceso para el caso de las actividades de mantenimiento correctivo puntualmente se especifica flujo de trabajo para actividades de tipo correctivo de tipo imprevisto y correctivo de tipo programado como se muestra en la figura 23.

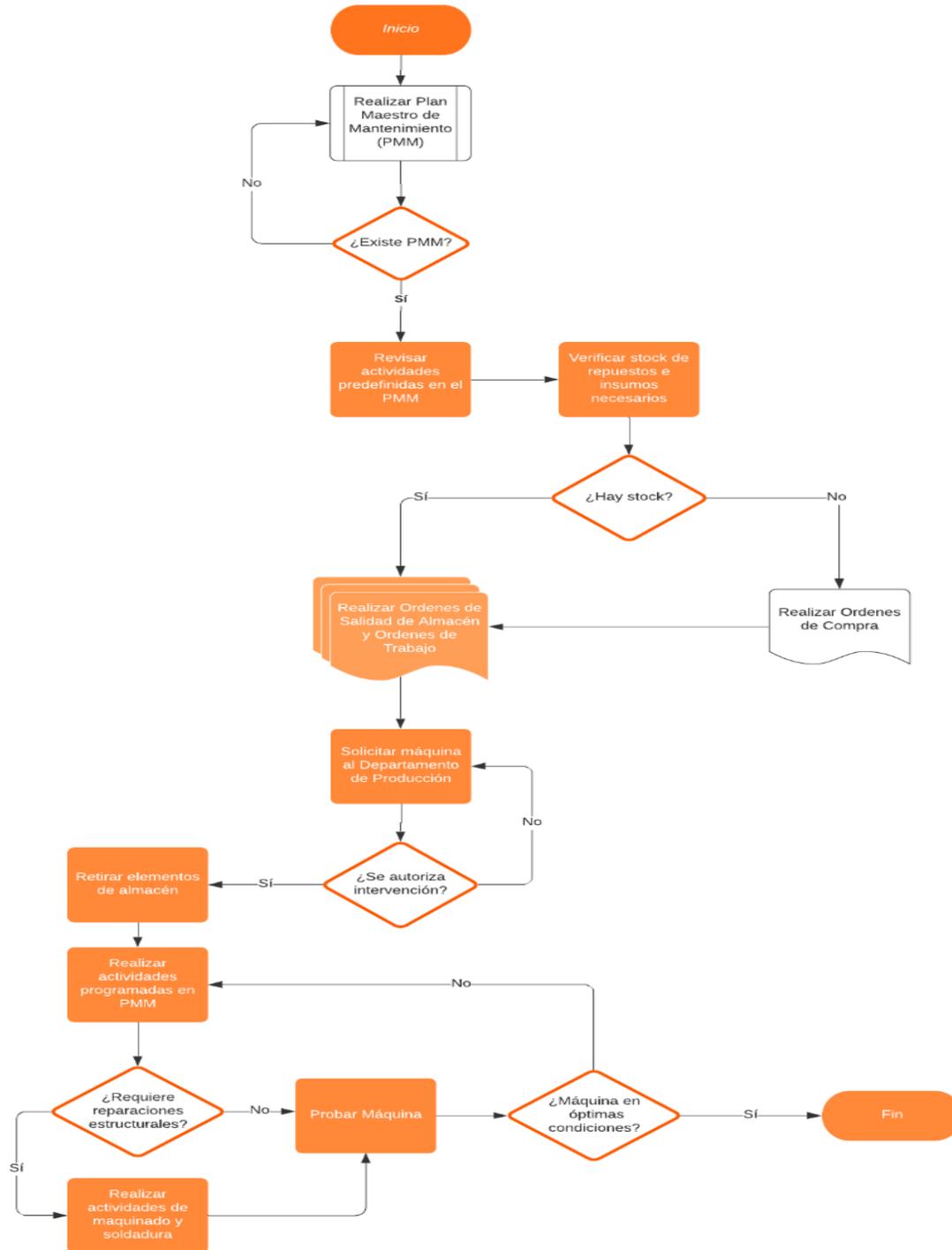
**Figura 23. Diagrama de flujo mantenimiento preventivo**



**Fuente. Elaboración propia.**

Para el caso de las actividades de tipo preventivo del plan de mantenimiento ya sean lubricaciones, inspecciones, cambios de partes basadas en condición, recambios periódicos, limpiezas, se deben de seguir un orden lógico del proceso para poder garantizar una correcta gestión del mantenimiento para el sector cosmético. Este mismo procedimiento aplica para los mantenimientos de tipo predictivo ya sea el análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceites y ultrasonido todos y cada uno de estos tuvieron cabida dentro del plan de mantenimiento para mejorar el modelo y la gestión del mantenimiento en la empresa de tipo cosmético como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Diagrama de flujo mantenimiento correctivo



Fuente. Elaboración propia.

**Población:**

La población analizada para este modelo de gestión, cuando se hace referencia de un modelo TPM debe de estar integrado por toda la organización en la cual todas y cada una de las personas de la compañía aportan en la gestión del mantenimiento productivo, para este caso particular y como es un estudio de caso en sus primeras fases de gestión para el mejoramiento del mismo, las personas que estarán involucradas y relacionadas con las responsabilidades de que este diseño metodológico se aplique será del personal de mantenimiento.

**Instrumento de evaluación**

Para esto se diseñó una matriz de asignación de responsabilidades con el objetivo de que cada persona entienda su rol y ubicación dentro del modelo propuesto para la gestión del mantenimiento en la industria del sector cosmético como se muestra en la tabla 13.

**Tabla 13. Matriz RASI**

RASI (Responsable, Supervisor, Asesor, Informado)								
PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO LINEAS MESPAC								
ACTIVIDAD	JEFE DE MANTENIMIENTO	COORDINADOR DE MANTENIMIENTO	TÉCNICOS MECÁNICO	TÉCNICO ELÉCTRICO	TÉCNICO MÁQUINAS HERRAMIENTAS	SOLDADOR	METRÓLOGO	ALMACENISTA
Elaboración del Plan Maestro de Mantenimiento (PMM): Programación de actividades, fijación de fechas, control de repuestos e insumos.								
Elaboración de requisiciones y ordenes de compra de repuestos, herramientas e insumos								
Apertura de Ordenes de Trabajo y Ordenes de Salidad de Almacén para el Mantenimiento Preventivo								
Reuniones con departamento de producción para acordar metas de disponibilidad, tiempos y modos de intervención de la maquinaria								
Ejecución de actividades de mantenimiento preventivo								
Inspecciones rutinarias de funcionamiento de maquinaria y equipos								
Apertura de Ordenes de Trabajo y Ordenes de Salidad de Almacén rutinarias para el Mantenimiento Correctivo								
Ejecución de actividades de mantenimiento correctivo								
Calibración de instrumentos requeridos para la ejecución del mantenimiento								
Maquinado y reconstrucción de piezas o partes estructurales de la maquinaria.								
Entrega de pedidos y verificación de inconsistencias en el stock								
Soldadura de piezas o partes estructurales de la maquinaria								

**Fuente. (Longarini, 2011) Adoptado para el caso de estudio.**

Como esta investigación busca por medio de la metodología de las cero averías mejorar la gestión del modelo de mantenimiento, es justamente detrás del ideal de eliminar las averías imprevistas dentro de la producción. Así, dentro del modelo existe una parte fundamental para que esto ocurra y es la gestión del conocimiento y estandarizar las operaciones para que las actividades y análisis sean sencillos de realizar y así se convirtieran dichas actividades en actividades rutinarias.

Además, uno de los principales pilares en el mantenimiento es la lubricación y la limpieza de los activos, actividades básicas de la gestión del mantenimiento las cuales garantizan la vida útil de los activos siempre y cuando se haga un buen trabajo en la tribología con enfoque en la preservación del activo. En este proyecto se analizaron los lubricantes más apropiados para las líneas Mespac, que son máquinas robustas que requieren de una mayor gestión del mantenimiento y por su estilo de trabajo altamente mecánico requieren de una buena gestión de la lubricación para garantizar la disponibilidad del equipo.

**Instrumento de evaluación:**

Para poder hacer de este proceso una actividad sistemática se diseñó una matriz, en la cual se deja de forma explícita y rigurosa, cuales deben de ser los puntos de lubricación, el tipo de lubricante con su respectiva frecuencia de lubricación para mejorar las buenas prácticas de mantenimiento en búsqueda de la excelencia en la ejecución del mismo como se muestra en la tabla 14.

**Tabla 14. Matriz de lubricación**

Nombre del equipo:	PUNTO #	DESCRIPCIÓN ELEMENTO	CONDICION MAQUINA		H1 / H2	Tipo de Lubricante	Referencia - Descripción	Cantidad	Herramienta	Método LPP	Responsable	Frecuencia							
			PARADA	EN OPERACIÓN								Q	M	B	S				

Fuente. Elaboración propia

**Capacitación y**

**estandarización:**

**Fuente principal de información**

En un análisis con le jefatura de mantenimiento, hay grandes falencias para comprender los problemas que suceden en el día a día, los problemas se solucionan y muchas veces no se comprende la causa raíz del porque sucedió y como se solucionó. Es por este tipo de situaciones que se pretendió estandarizar un modelo de investigación de problemas que

permita tanto a las jefaturas de la planta, junto con la gerencia de planta poder comprender y trabajar sobre los problemas para empezar a realizar mejoramientos sobre los procesos de operación y las capacidades de la maquinaria.

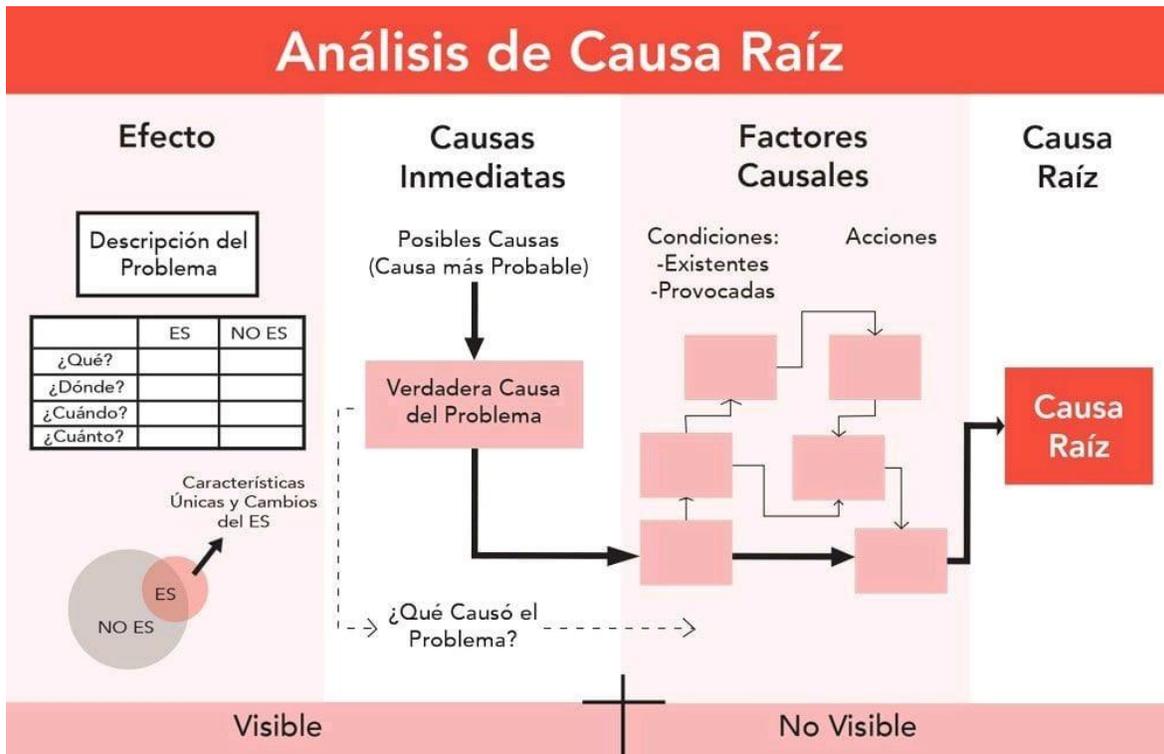
### **Fuente secundaria**

Al revisar el problema con la base de la cadena de ejecución, se analizó con los técnicos de mantenimiento por qué existen problemas para la estandarización y comprensión del problema. El problema deriva en que se deben seleccionar metodologías de análisis exigidas por el personal líder del mantenimiento, el cual sea desarrollado por los técnicos para poder comprender, analizar, explicar y mejorar cada uno de los fallos significativos dentro del funcionamiento y operación de los equipos productivos de la industria cosmética.

### **Instrumento de evaluación:**

Al analizar los continuos imprevistos que ocurren en la planta nace la necesidad de aplicar conceptos que permitan asociar la solución de problemas con la sistematización del análisis de estos, es por esto que se realizaron análisis a partir de lecciones aprendidas de un punto, con el objetivo de que el personal de base provee solución y explicaciones para analizar los problemas y a partir de ahí estandarizar soluciones y mejoramientos para evitar que los fallos vuelvan a ocurrir o para que cuando ocurran se puedan solucionar de forma rápida. Otro método que se diseñó, fue un método especificado para el personal profesional de mantenimiento en la planta, el cual debe de analizar y dar solución a los problemas buscando la causa raíz como se muestra en la figura 25.

Figura 25. Análisis causa raíz



Fuente. Javier García – Verdugo Sánchez – Análisis de la Causa Raíz, 2017

Este modelo permitirá que la gestión del mantenimiento vaya encaminada hacia las cero averías, buscando el mejoramiento continuo y la estandarización de problemas para la solución rápida de los problemas o aún mejor, la erradicación de los fallos por medio de estándares y actividades que prevengan la aparición de estos fallos.

**Objetivo 3.** Diseñar un proceso de monitoreo, inspección y detección de fallas aplicado a los activos fijos de la planta del sector cosmético con el fin de diseñar un programa de mantenimiento (Preventivo, Predictivo) basado en el análisis de criticidad.

Para dar cumplimiento a este objetivo fue necesario establecer pautas claras basadas en el entendimiento y conocimiento de la máquina para así poder definir las acciones estratégicas del plan de mantenimiento.

## **DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

Buscado dar cumplimiento al tercer objetivo específico de este proyecto de investigación donde se diseñó un proceso de monitoreo, inspección y detección de fallas aplicada a los activos fijos de la industria del sector cosmético con la finalidad de diseñar un programa de mantenimiento. Se identificaron posibilidades y modelos que permitieron diseñar un programa que se enfoque en actividades que nos permitan llegar a las cero averías.

### **Fuente de información primaria**

Analizando el modelo del plan de mantenimiento actual y la profundidad que el mismo tiene, se evidenciaron problemas en la complejidad y profundidad de las actividades de mantenimiento, pues carecen de profundidad y el modelo de implementación se vuelve robusto pues existía un gran número de actividades lanzadas mensualmente las cuales se vuelven complejas de manejar y aún más complejas de hacer seguimiento para garantizar la excelencia en la ejecución.

### **Población**

Como ya se había comentado anteriormente esta industria del sector cosmético posee 237 activos fijos en los cuales se realizan múltiples productos como preparación y envasado de productos para el cuidado del hogar y cuidado personal y la mayoría de estos activos difieren entre ellos su complejidad de funcionamiento y su impacto crítico a nivel ambiental, económico y de seguridad difiere entre cada uno de ellos.

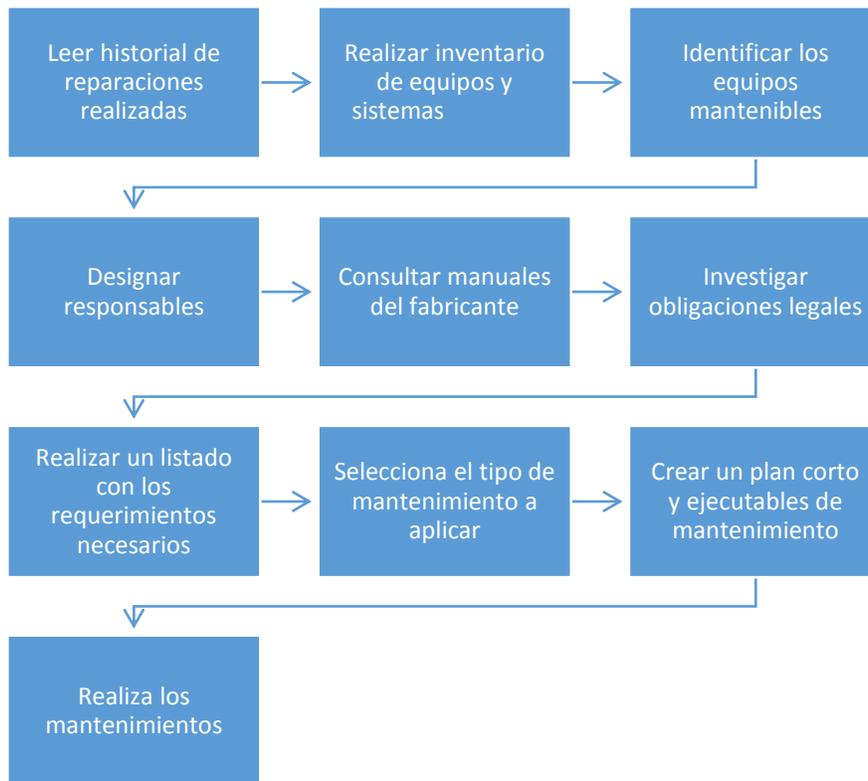
### **Muestra**

Teniendo en cuenta la criticidad actual para la compañía y el gran volumen de trabajo que mueven las líneas de envasado Mespac, serán estas las líneas piloto para el diseño del programa de mantenimiento con un enfoque basado en la criticidad para minimizar las fallas en búsqueda de las cero averías en planta.

### Instrumento de evaluación:

En contexto para definir un programa de mantenimiento estructurado, fue necesario cumplir con una serie de pasos que estructuran y hacen el proceso sistemático para poder garantizar un programa que impacte, genere valor y la implementación del mismo busque el concepto de las cero averías (Figura 26).

**Figura 26. Paso a paso para formular plan de mantenimiento**



**Fuente. Elaboración propia.**

Se debe de tener en cuenta que el mantenimiento y los programas de mantenimiento son modelos de mejora continua, los cuales deben de estar siendo retroalimentados constantemente por medio de los análisis de causa raíz, para afinar cada vez más el programa de mantenimiento en búsqueda de las anheladas cero averías.

Al momento de hacer un programa de mantenimiento, uno de los factores más importantes es conocer y definir los equipos, no desde un punto de vista de criticidad del equipo, sino de las partes que componen el equipo y que la fallas causa que pueden ocurrir en cada una de estas fallas. A este concepto se le conoce como taxonomía de los activos para este proyecto está basado en la metodología de determinación sistemática de tareas (STD). Esta metodología se aplica en el diseño de programas de mantenimiento que no tiene una base sólida en el historial de intervenciones de mantenimiento, la metodología STD analiza las fallas relacionadas con las partes más simples que componen un equipo, es decir, los elementos que respondan las siguientes preguntas:

- 1- ¿Qué elementos están instalados en el sistema?
- 2- ¿Qué síntomas presentan los elementos del sistema al fallar?
- 3- ¿Qué causa que los elementos fallen?
- 4- ¿Cómo se comporta la falla en el tiempo?
- 5- ¿Qué acciones se pueden hacer para realizar para anticipar, detectar o prevenir la falla?
- 6- ¿Cuáles son las frecuencias de las acciones a realizar?
- 7- ¿Existen tareas en la misma frecuencia?

La taxonomía entonces agrupa en niveles taxonómicos relacionados con el uso, localización y subdivisión de equipos, además es considerado un fundamento del Mantenimiento y de la Confiabilidad y adicionalmente una característica del Sistema de Gestión de Activos.

La jerarquización de activos físicos es un método sistemático y una lista completa de todos estos, en un orden lógico, claro, holístico y desagregado que facilita la localización de registros y datos técnicos y financieros desde niveles superiores a inferiores o viceversa. Además, proporciona un marco adecuado para que la empresa estructure datos en un sistema de información y facilita la clasificación de sus equipos de producción en categorías, clases y tipos (Water Research Foundation – WERF (2012)).

Entre los propósitos de aplicar la taxonomía en los activos están relacionados con un buen modelo de gestión de la información como un software de mantenimiento:

1. Mostrar las interdependencias técnicas de la instalación industrial;
2. Registro de tags, equipos y repuestos;

3. Registros de documentos y planos;
4. Registro de datos históricos de mantenimiento en el CMMS;
5. Planificación, programación y cierre de trabajos de mantenimiento;
6. Distribución de costos y recuperación;
7. Planificación y organización del programa de mantenimiento preventivo;
8. Planificación del trabajo correctivo inmediato y diferido.

El modelo taxonómico no es específicamente de la gestión del mantenimiento, pero si ayuda a comprender y desprender todo lo que compone un concepto o equipo para poder entender en su forma básica analizando las causas y efectos para el diseño del programa de mantenimiento.

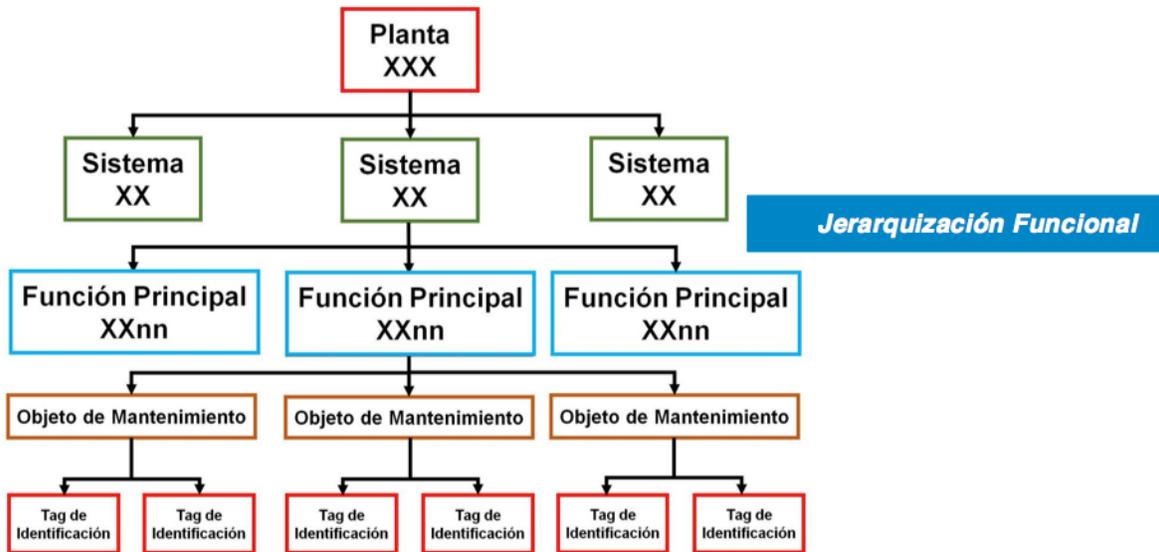
Una forma visual de comprender este concepto se refleja en las figuras 27 y 28, en las cuales se especifica en un modelo taxonómico, como se deben de analizar los elementos que componen una industria más aun cuando se entra en amplio margen de la gestión de activos.

**Figura 27. Nivel jerárquico de la taxonomía**



**Fuente. Revista predictiva**

Figura 28. Ejemplo de análisis taxonómico



Fuente. Revista predictiva.

Teniendo en cuenta este procedimiento se realizaron las taxonomías para las máquinas Mespack de la industria del sector cosmético en la cual se hace esta investigación.

### Tipos de mantenimiento

Para poder definir las actividades de mantenimiento se debe diferenciar y comprender los tipos de mantenimiento que se pueden hacer dentro de un programa de mantenimiento.

**Inspección:** El propósito general de este tipo de mantenimiento es detectar problemas antes de que se conviertan en fallas costosas y complejas de solucionar en el tiempo.

El esquema general de estas inspecciones está fundamentado en las sugerencias que el fabricante da para el cuidado y el mantenimiento de la máquina, sin embargo estas no deben de ser las únicas actividades que se deben de implementar como inspección pues el fabricante del equipo generalmente da estas recomendaciones sin tener en cuenta el entorno en el cual opera el equipo, es por este motivo que se debe de tener en cuenta condiciones de trabajo normales, basado en el conocimiento de los técnicos y los operadores de máquina para tener en cuenta un panorama de que se debe de verificar constantemente para evitar

fallos prematuros o fácilmente detectados, estas actividades se pueden realizar con el equipo en movimiento.

**Preventivo:** el mantenimiento preventivo puede ser sugerido por el fabricante de la máquina al igual que las inspecciones, sin embargo, se pueden establecer por medio de análisis de desgaste si se conocen los factores que inciden sobre la falla, se puede hacer con el análisis de los lubricantes realizando recambios programados por determinado tiempo o basados en el historial del equipo donde se evidencia relación de fallas con lapsos de tiempo similares. Esto permitirá establecer actividades de mantenimiento con frecuencias establecidas para reducir las fallas de mantenimiento, sin embargo, se debe tener en cuenta que este mantenimiento en relación de costos es elevado.

**Basado en condición:** El mantenimiento basado en condición está dado por historial de máquina y por experiencia con la misma, las actividades basadas en condición son aquellas que evidencian condiciones de desgaste prematuro y es necesario intervenir la máquina totalmente detenida o abrir un espacio para la intervención de la misma buscando hacer el recambio de los componentes desgastados que pueden generar una falla crítica en la operación del equipo.

**Lubricación:** Es una de las condiciones básicas más importantes para mantener y garantizar la confiabilidad del equipo, principalmente es una actividad que está enfocada en evitar el desgaste prematuro de los componentes que están enlazados mecánicamente entre ellos, las actividades de lubricación evitan desgastes, disipan calor, mantienen limpios ciertos componentes. A pesar de ser una actividad básica del mantenimiento se debe elegir a conciencia y basados en la tribología los lubricantes necesarios para cada componente de la máquina en los puntos donde sea necesario.

**Predictivo:** Son actividades de mantenimiento que se anticipan a la falla por medio de diferentes análisis tecnológicos o estadísticos. Los mantenimientos predictivos comúnmente utilizados son los análisis de vibraciones, las termografías, los análisis de aceites y ultrasonidos, también se realizan análisis estadísticos para predecir modelos de falla, pero estos deben estar fundamentados en años de historial de fallas.

Un concepto fundamental que se debe empezar a trabajar es el mantenimiento autónomo. Si se quiere alcanzar las cero averías uno de los pilares del TPM es el mantenimiento autónomo, este concepto busca que el operador de la máquina sea una persona con previo conocimiento técnicos perfeccionados con el conocimiento de la máquina y con la capacidad y disposición de ejecutar ciertas actividades en actividades de limpieza, lubricación e inspección básica.

## 9 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten definir una estrategia basada en herramientas para mejorar la gestión del mantenimiento en la empresa del sector cosmético en la cual se realizó esta investigación. Las múltiples herramientas llevan a buscar mejores resultados desde el punto de vista en la planeación y la ejecución del mantenimiento basado en la estrategia de las cero averías. El proceso se basó en identificar el grado de madurez que tiene la empresa para gestión del mantenimiento y así poder cuantificar la escala de gestión en la cual se encuentra la organización, posterior a esto se identifica la maquinaria crítica a la cual se le prestara mayor atención desde la gestión del mantenimiento y así buscar los mejores resultados para la compañía objeto de estudio.

En este proceso se estableció un modelo de OT (orden de trabajo) con su respectivo modelo de gestión y todos los involucrados en el proceso, también se establecieron responsabilidades por medio de una matriz RASI. También, se especificó un procedimiento para la gestión de la lubricación de los activos críticos junto con un procedimiento de análisis causa raíz para evaluar los problemas reiterativos y fallas que causen grandes paradas no planeadas de mantenimiento en la organización.

Por último, se estableció un plan de mantenimiento basado en la información anteriormente mencionada junto con un análisis taxonómico de los activos críticos, de este modo se estableció una matriz que especifica a que activo se le realiza mantenimiento, enfocado en que sistema y subsistema, identificando todos los utensilios y repuestos necesarios para realizar el mismo. Para este mismo procedimiento se establecieron las frecuencias de su gestión.

Diagnóstico del grado de madurez del modelo organizacional y de gestión del mantenimiento de la empresa del sector cosmético por medio de un enfoque por procesos.

Teniendo en cuenta el primer objetivo específico, se sostuvo constante conversación con la jefatura de mantenimiento de la empresa caso de estudio y así se pudo identificar por medio de la evaluación de la gestión, en qué estado de gestión se encuentra la gestión del

mantenimiento en la empresa cosmética. En esta consulta se evaluaron múltiples aspectos como lo son:

- La planeación y programación del mantenimiento.
- Técnicas de mantenimiento.
- Medidas de desempeño.
- Tecnología de la información y su uso.
- Equipos de mejoramiento.
- Análisis de confiabilidad.
- Análisis de procesos.
- Información sobre infraestructura e instalaciones.

Todos estos aspectos deben de ir encasillados en niveles según su gestión, siendo el reactivo la evaluación más baja y el nivel de mantenimiento clase mundial el más alto como se identifica en la figura 29.

**Figura 29. Matriz de evaluación diagnóstico del mantenimiento**

MATRIZ DE EVALUACION DEL DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO								
ASPECTO	Planeación y Programación	Técnicas de Mantenimiento	Medidas de Desempeño	Tecnología de información y su uso	Equipos de Mejoramiento	Análisis de Confiabilidad	Análisis de Procesos	Información sobre infraestructura e instalaciones
NIVEL	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Clase Mundial</b>	1 Ingeniería de Mto y planeación de largo plazo	Optimización Planes de Mantenimiento. Todas las técnicas derivadas de análisis estructurado	Indicadores de gestión. (Balanced Scorecard) Cálculo de eficiencia de equipos y de planta. Benchmarking y costos de paradas imprevistas.	Base de datos totalmente integradas	Equipos de trabajo de alto desempeño. Equipos de trabajo autónomos.	Optimización de Equipos. Ciclo de Vida de Activos. Programa total de confiabilidad.	Revisión regular de los procesos de costo, tiempo, y calidad, bajo NORMA PAS-55	Fuente única de información con toda la infraestructura de equipos, componentes jerarquizada para realizar la gestión de mantenimiento
<b>Basado en Confiabilidad</b>	2 Planificación rutinas Mto y administración de paradas mayores. Buena planeación de trabajos, programación y soporte de Ingeniería de Mto	Monitoreo en Línea. CBM formal dando resultados, inspecciones basadas en riesgo	Indicadores de Mantenimiento. MTBF/MTTR, disponibilidad y confiabilidad, costos de mantenimiento disponibles	CMMS y Sistemas de Manejo de Información CMMS convencional ligado al área financiera y materiales	Equipos de Trabajo por Proceso. Equipos de mejoramiento continuo, formalmente creados y funcionando	Análisis Probabilístico de Fallas. Modelamiento de Confiabilidad	Auditorías Gestión de Mantenimiento. Algunas revisiones de procesos administrativos de Mto	Infraestructura de equipos y componentes estandarizadas en las diferentes bases de datos con los cuales se realiza la gestión de Mto
<b>Proactivo</b>	3 Priorización de Actividades. Grupo de planeación e ingeniería de mantenimiento establecidos formalmente	Técnicas de diagnóstico y Mto Predictivo.	Reporte de Costos de Mto. Reporte de Pérdidas de Producción. Tiempos de parada con modo, causa y elementos de falla. Costos de mantenimiento disponibles	CMMS convencional no ligado a otros paquetes, operando y produciendo resultados	Comités de mejoramiento por requerimiento	Herramienta de análisis problemas RCA y FMEA Buenas bases de datos de falla en uso y utilización de RCA y FMEA	Revisión periódica de procesos o procedimientos técnicos y documentación de los procesos administrativos	Especificación de equipos. Infraestructura jerarquizada y clasificada de manera que permita realizar gestión administrativa y técnica
<b>Planeado</b>	4 Ordenes de Trabajo. Plan Semanal de Mto. Soporte para detección de fallas y programación elemental.	Inspecciones basadas en tiempo.	Reporte Mensual de Mto. Estructura de Costos de Mto. Algunos registros de falla y costos de mantenimiento segregados	Listado de Partes. Algunos programas y registro de repuestos.	Algunas reuniones de mejoramiento en seguridad	Histórico de Fallas de Equipos. Registro de fallas poco usado	Procesos técnicos (procedimiento revisados por lo menos una vez)	Codificación de equipos. Equipos Críticos y Planes de Contingencia. Se dispone de infraestructura de equipos y componentes debidamente estructurada en algún medio magnético.
<b>Reactivo</b>	5 Programación Diaria. No hay planeación, la programación es elemental y no existe ingeniería de mantenimiento	Paradas anuales de inspección únicamente	Ninguna aproximación sistemática de costos de mannto y falla de equipos	Manual y registro por requerimiento	Solo reuniones con el personal para tocar temas laborales o sociales	No existe registro de fallas estructurados	Procedimientos técnicos y procesos administrativos de Mto no documentados y nunca revisados	No existe ningún registro de la infraestructura de equipos y componentes

**Fuente.** Auditoría de la gestión de mantenimiento de una empresa manufacturera sector cosmético.

**Tabla 15. Cuantificación puntaje diagnóstico**

Puntaje Diagnóstico
1.00 = Efectivamente implementado en todas las operaciones
0.75 = Efectivamente implementado en la mayoría de las operaciones / Proceso en consolidación en toda las operaciones.
0.50 = Efectivamente implementado en algunas de las operaciones / Proceso iniciando implementación en todas las operaciones.
0.25 = Efectivamente implementado en solo una operación / Proceso en definición en todas las operaciones.
0.00 = No implementado

**Fuente.** Auditoría de la gestión de mantenimiento de una empresa manufacturera sector cosmético.

La evaluación se realizó identificando cada aspecto desde la gestión organizacional del mantenimiento para la industria cosmética caso de estudio. Los resultados fueron contundentes y se especifican en tabla 16.

**Tabla 16. Evaluación de estrategia corporativa del mantenimiento**

1	ESTRATEGIA CORPORATIVA	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Validado	Total Puntaje Ponderado Validado
1.1	Estrategia Corporativa de O&M (Gestión de Activos)	4	X	0,00	0,00
1.2	<i>Plan Estratégico de Mantenimiento.</i> Plan de mejoramiento a largo plazo	3	X	0,00	0,00
1.3	Plan de mantenimiento a un año	2	X	0,25	0,50
1.4	Plan de mejoramiento de mantenimientos preventivos	1	X	0,00	0,00
1.5	Mantenimiento reactivo	0	X	1,00	0,00
	<b>Sub – Total</b>	<b>10</b>			<b>0,50</b>

Como se puede identificar en la tabla 17 la empresa no cuenta con una estrategia que la empodere de la buena gestión del mantenimiento organizacional, generalmente el área se encuentra circulando en el mantenimiento reactivo.

**Tabla 17. Administración y organización del mantenimiento**

<b>2</b>	<b>ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIÓN</b>	<b>Puntaje Máximo</b>	<b>Evaluado (X)</b>	<b>Puntaje Ponderado Autoevaluación</b>	<b>Puntaje Ponderado Validado</b>
2.1	<i>Mejoramiento de procesos en la organización. Organización de alto desempeño</i>	4	X	0,00	0,00
2.2	<i>Desarrollo de Contratistas. Políticas inventario y compras de repuestos. Administración y organización de Mtto integrada con proveedores de bienes y servicios externos</i>	3	X	0,50	1,50
2.3	<i>Sistema CMMS Estructura organizacional de mantto integrada con logística, financiera, recursos humanos, CEMA etc.</i>	2	X	0,00	0,00
2.4	<i>Mtto organizado como respuesta a la necesidad operativa de un proceso productivo principal</i>	1	X	0,50	0,50
2.5	<i>Organización y administración funcional</i>	0	X	0,75	0,00
	<b>Sub- Total</b>	<b>10</b>			<b>2,00</b>

En la gestión administrativa global de la organización para el mantenimiento encontramos deficiencias en gestión y motivación por el mejoramiento continuo y la falta de un software de mantenimiento dificulta la gestión del mantenimiento para la organización.

**Tabla 18. Planeación y programación del mantenimiento**

<b>3</b>	<b>PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN</b>	<b>Puntaje Máximo</b>	<b>Evaluado (X)</b>	<b>Puntaje Ponderado Autoevaluación</b>	<b>Puntaje Ponderado Validado</b>
3.1	Ingeniería de Mtto y planeación de largo plazo	4	X	0,00	0,00
3.2	<i>Planificación rutinas Mtto y administración de paradas mayores. Buena planeación de trabajos, programación y soporte de Ingeniería de Mtto</i>	3	X	0,00	0,00
3.3	<i>Priorización de Actividades.</i> Grupo de planeación e ingeniería de mantenimiento establecidos formalmente	2	X	0,00	0,00
3.4	<i>Ordenes de Trabajo. Plan Semanal de Mtto. Soporte para detección de fallas y programación elemental.</i>	1	X	0,50	0,50
3.5	<i>Programación Diaria.</i> No hay planeación, la programación es elemental y no existe ingeniería de mantenimiento	0	X	0,25	0,00
	<b>Sub – total</b>	<b>10</b>			<b>0,50</b>

En la planeación y programación se visualizó gran cantidad de oportunidades desde la prioridad organizacional hasta la estructura del equipo de mantenimiento.

**Tabla 19. Técnicas de mantenimiento**

<b>4</b>	<b>TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Puntaje Máximo</b>	<b>Evaluado (X)</b>	<b>Puntaje Ponderado Autoevaluación</b>	<b>Puntaje Ponderado Validado</b>
4.1	<i>Optimización Planes de Mantenimiento.</i> Todas las técnicas derivadas de análisis estructurado	4	X	0,25	1,00
4.2	<i>Monitoreo en Línea.</i> CBM formal y dando resultados, inspecciones basadas en riesgo	3	X	0,00	0,00
4.3	<i>Técnicas de diagnóstico y Mtto Predictivo.</i>	2	X	0,00	0,00
4.4	Inspecciones basadas en tiempo.	1	X	0,00	0,00
4.5	Paradas anuales de inspección únicamente	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>			<b>1,00</b>

En las técnicas de mantenimiento se tiene estipulado en la optimización de los planes de mantenimiento, un enfoque de mejorar el plan enfocado en cada no conformidad por el área de calidad.

**Tabla 20. Medidas de desempeño para la gestión del mantenimiento**

<b>5</b>	<b>MEDIDAS DE DESEMPEÑO</b>	<b>Puntaje Máximo</b>	<b>Evaluado (X)</b>	<b>Puntaje Ponderado Autoevaluación</b>	<b>Puntaje Ponderado Validado</b>
5.1	<i>Indicadores de 100gestión. (Balanced Scorecard)</i> Cálculo de eficiencia de equipos y de planta. Benchmarking y costos de paradas imprevistas.	4	X	0,25	1,00
5.2	<i>Indicadores de Mantenimiento.</i> MTBF/MTTR, disponibilidad y confiabilidad, costos de mantenimiento disponibles	1	X	0,00	0,00
5.3	<i>Reporte de Costos de Mtto.</i> <i>Reporte de Pérdidas de Producción.</i> <i>Tiempos de parada con modo, causa y elementos de falla.</i> <i>Costos de mantenimiento disponibles</i>	1	X	0,25	0,25
5.4	<i>Reporte Mensual de Mtto.</i> <i>Estructura de Costos de Mtto.</i> <i>Algunos registros de falla y costos de mantenimiento segregados</i>	1	X	0,25	0,25
5.5	Ninguna aproximación sistemática de costos de mantto y falla de equipos	3	X	0,25	0,75
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>			<b>2,25</b>

En la gestión del desempeño si se tienen unos cimientos mejor estructurados en general.

Tabla 21. Tecnología de la información y su uso

6	TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y SU USO	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
6.1	Base de datos totalmente integradas	4	X	0,00	0,00
6.2	<i>CMMS y Sistemas de Manejo de Información</i> CMMS convencional ligado al área financiera y materiales	3	X	0,00	0,00
6.3	CMMS convencional no ligado a otros paquetes, operando y produciendo resultados	2	X	0,00	0,00
6.4	<i>Listado de Partes.</i> Algunos programas y registro de repuestos.	1	X	0,00	0,00
6.5	Manual y registro por requerimiento	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>			<b>0,00</b>

Aunque la compañía cuenta con *SAP bussisnes one* la gestión de los repuestos no está bien identificada, se basan en lo pedido en el historial, pero son hay una clara identificación del costo beneficio.

**Tabla 22. Equipos de mejoramiento continuo para la gestión del mantenimiento**

<b>7</b>	<b>EQUIPOS DE MEJORAMIENTO CONTINUO</b>	<b>Puntaje Máximo</b>	<b>Evaluado (X)</b>	<b>0</b>	<b>Puntaje Ponderado Validado</b>
7.1	<i>Equipos de trabajo de alto desempeño.</i> Equipos de trabajo autónomos.	4	X	0,00	0,00
7.2	<i>Equipos de Trabajo por Proceso.</i> Equipos de mejoramiento continuo, formalmente creados y funcionando	3	X	0,00	0,00
7.3	Comités de mejoramiento por requerimiento	2	X	0,00	0,00
7.4	Algunas reuniones de mejoramiento en seguridad	1	X	0,50	0,50
7.5	Solo reuniones con el personal para tocar temas laborales o sociales	0	X	1,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>			<b>0,50</b>

Como se puede identificar en la tabla 22, los aspectos relacionados al mejoramiento han estado muy descuidados y se debe hacer un plan de choque para la mejora de este enfoque.

**Tabla 23. Análisis de confiabilidad del mantenimiento**

<b>8</b>	<b>ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD</b>	<b>Puntaje Máximo</b>	<b>Evaluado (X)</b>	<b>Puntaje Ponderado Autoevaluación</b>	<b>Puntaje Ponderado Validado</b>
8.1	<i>Optimización de Equipos.</i> <i>Ciclo de Vida de Activos.</i> Programa total de confiabilidad.	4	X	0,00	0,00
8.2	<i>Análisis Probabilístico de Fallas.</i> Modelamiento de Confiabilidad	3	X	0,00	0,00
8.3	<i>Herramienta de análisis problemas RCA y FMEA</i> Buenas bases de datos de falla en uso y utilización de RCA y FMEA	2	X	0,00	0,00
8.4	<i>Histórico de Fallas de Equipos.</i> Registro de fallas	1	X	0,00	0,00
8.5	Existe registro de fallas estructurados	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>			<b>0,00</b>

Los aspectos de la confiabilidad no se han trabajado pues los registros de paradas son recientes y no se había dado un enfoque a esta necesidad con anterioridad, todo el mantenimiento se basaba en la experiencia.

**Tabla 24. Análisis de procesos desde el mantenimiento**

<b>9</b>	<b>ANÁLISIS DE PROCESOS</b>	<b>Puntaje Máximo</b>	<b>Evaluado (X)</b>	<b>Puntaje Ponderado Autoevaluación</b>	<b>Puntaje Ponderado Validado</b>
9.1	Revisión regular de los procesos de costo, tiempo, y calidad, bajo NORMA PAS-55	4	X	0,00	0,00
9.2	<i>Auditorías Gestión de Mantenimiento.</i> <i>Algunas revisiones de procesos administrativos de Mto</i>	3	X	0,00	0,00
9.3	Revisiones periódicas de procesos o procedimientos técnicos y documentación de los procesos administrativos	2	X	0,00	0,00
9.4	Procesos técnicos (procedimiento revisados por lo menos una vez)	1	X	0,00	0,00
9.5	Procedimientos técnicos y procesos administrativos de Mto documentados y revisados	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>			<b>0,00</b>

Este proceso fue uno de los peor evaluado ya que no se cuenta con análisis de procesos.

Tabla 25. Información sobre infraestructura e instalaciones

10	INFORMACIÓN SOBRE INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
10.1	Fuente única de información con toda la infraestructura de equipos, componentes jerarquizada para realizar la gestión de mantenimiento	4	X	0,25	1,00
10.2	Infraestructura de equipos y componentes estandarizadas en las diferentes bases de datos con los cuales se realiza la gestión de Mtto	3	X	0,25	0,75
10.3	<i>Especificación de equipos.</i> Infraestructura jerarquizada y clasificada de manera que permita realizar gestión administrativa y técnica	2	X	0,00	0,00
10.4	<i>Codificación de equipos. Equipos Críticos y Planes de Contingencia.</i> Se dispone de infraestructura de equipos y componentes debidamente estructurada en algún medio magnético.	1	X	0,00	0,00
10.5	Existe registro de la infraestructura de equipos y componentes	0	X	0,25	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>			<b>1,75</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>			<b>8,50</b>

Tabla 26. Evaluación consolidada de la gestión del mantenimiento

EVALUACION DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO		Fecha: 29-nov-20	
AREA DE GESTIÓN	AUTO EVALUACION	VALIDADO	
Estrategia de Mantenimiento	1,25	0,50	
Administración y Organización	1,75	2,00	
Planeación y Programación	0,75	0,50	
Técnicas de Mantenimiento	0,25	1,00	
Medidas de Desempeño	1,00	2,25	
Tecnología de información y su uso	0,00	0,00	
Equipos de Mejoramiento	1,50	0,50	
Análisis de Confiabilidad	0,00	0,00	
Análisis de Procesos	0,00	0,00	
Información sobre infraestructura e instalaciones	0,75	1,75	
<b>TOTAL</b>	<b>7,25</b>	<b>8,50</b>	

Figura 30. Gráfico de resultados en la madurez de la gestión del mantenimiento

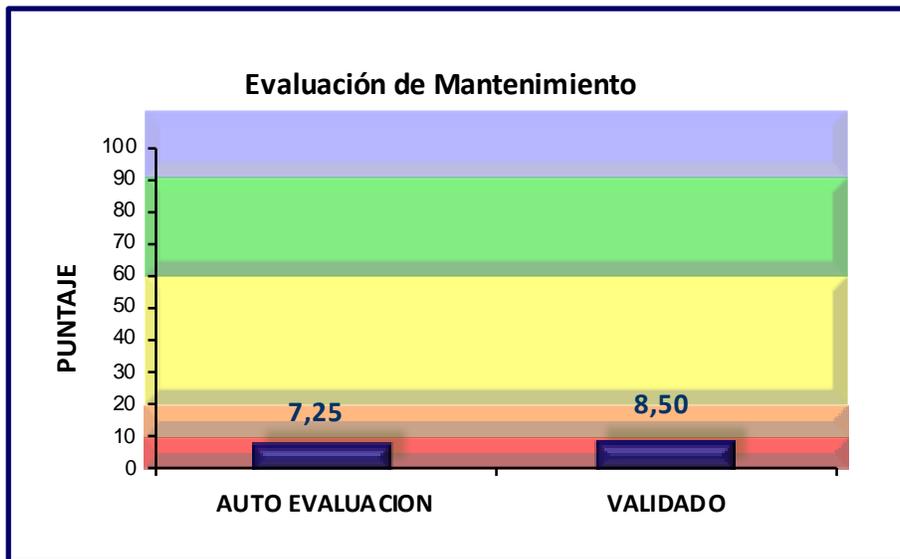


Tabla 27. Resultado de evaluación de mantenimiento

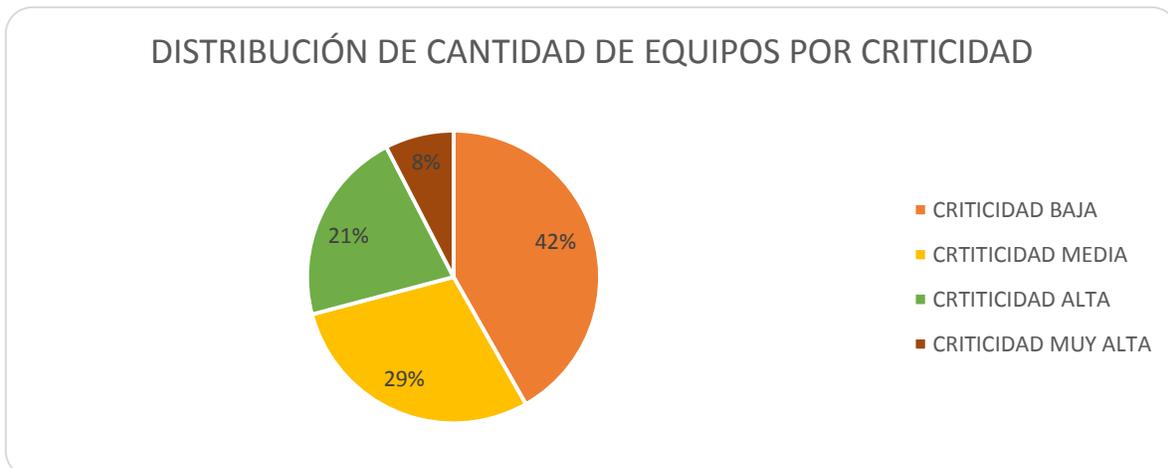
<b>PUNTAJE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>MANTENIMIENTO REACTIVO</b>
---	-------------------------------

Como resultado del diagnóstico del grado de madurez de la organización se obtiene como resultado y conclusión que la empresa maneja un mantenimiento reactivo con mucho campo de acción para mejorar y poder escalar en búsqueda de la excelencia en la ejecución del mantenimiento.

### MODELO ORGANIZACIONAL DE MANTENIMIENTO

Como resultado del segundo **Objetivo**. Diseñar un modelo organizacional de intervención y escalamiento (Preventivo, Predictivo) en los activos críticos de la industria del sector Cosmético. Se identifican y establecen los activos críticos de la empresa cosmética en la cual se realizó esta investigación aplicada para la cual se encontraron los siguientes activos críticos como se especifica en la figura 31 y la tabla 28.

Figura 31. Distribución de criticidad activos productivos



Los resultados que nos deja este análisis evidencian que en solo un 8% de los 237 activos productibles de la empresa caso de estudio son altamente críticos y eso sobre estos que se debe de hacer en primera instancia un análisis y un esfuerzo para recuperar sus condiciones básicas de operación y mejorar los resultados de productividad.

La tabla 28 específica y demuestra que los activos más críticos para la compañía son las líneas Mespac, las cuales ya se explicaron en el marco teórico y se hizo un análisis específico en esta investigación.

**Tabla 28. Resultado de activos críticos**

LISTADO DE EQUIPOS 2020													
PONDERADO DEL 1 - 5 (CUALITATIVO)							PONDERADO DE 1-3 CUALITATIVO						
CÓDIGO	SECCIÓN	EQUIPO	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN	CALIDAD DEL PRODUCTO	COSTO DE REPARACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SEGURIDAD Y SALUD	CRITICIDAD	CRITICIDAD POR COLOR	CARPETA	HOJA DE VIDA	MANUAL / CATÁLOGO	PLAN DE MANTENIMIENTO
P136	ENVASE - SACHETS	ENVASADORA MESPAC #1 H260-4	5	5	5	4	3	57	ROJO	303	HV303	3-58 / 3-59	303
P201	ENVASE - SACHETS	MESPAC #2 H260-4	5	5	5	4	3	57	ROJO	1025	HV1025	0	#N/D
P225	ENVASE - SACHETS	MESPAC #3 H260-4	5	5	5	4	3	57	ROJO	1030	HV1030		
P226	ENVASE - SACHETS	MESPAC #4 H320-4	5	5	5	4	3	57	ROJO	1031	HV1031		
P227	ENVASE - SACHETS	MESPAC #5 H220-FE	5	5	5	4	3	57	ROJO	1032	HV1032		
P228	ENVASE - SACHETS	MESPAC #6	5	5	5	4	3	57	ROJO				
AER004	ENVASE - AEROSOLS	GASIFICADOR A	5	5	3	5	3	54	ROJO	1004	HV1004	0	1004
AER016	AEROSOLS	LINEA DE ENVASE AEROSOL (TERCO)	5	5	4	4	3	54	ROJO	1010	HV1010	0	1010

P207	ENVASE - SACHETS	SACHETEADOR A LÍNEA 1 CRAMSA S25	5	5	4	4	3	54	ROJO	1029	HV1029		
P205	ENVASE - SACHETS	SACHETEADOR A LÍNEA 2 CRAMSA S315	5	5	4	4	3	54	ROJO	162	HV162		0
P209	ENVASE - SACHETS	SACHETEADOR A LÍNEA 3 EVI30 - 2	5	5	4	4	3	54	ROJO	1028	HV1028		
P203	ENVASE - SACHETS	SACHETEADOR A LÍNEA 4 EVI30 - 1	5	5	4	4	3	54	ROJO	1027	HV1027		0
P185	ENVASE - SACHETS	SACHETEADOR A LÍNEA 5 ROMAC	5	5	4	4	3	54	ROJO	302	HV302	3-63	#N/D

Uno de los puntos analizados para una buena gestión del mantenimiento es la correcta manipulación de los tiempos de parada y la falta de información que retroalimente el área de mantenimiento. Las ordenes de trabajo que se implementan son extensas y no contienen información relevante, la implementación de tarjeteo no se realiza y la disposición al momento de realizar la investigación por parte de la industria estaba en no conseguir un CMMS, por tal motivo como parte de este objetivo se especificó un modelo de gestión para las OT, integrando a las áreas de manufactura de producción, calidad y logística como solicitantes y mantenimiento e ingeniería como ejecutoras.

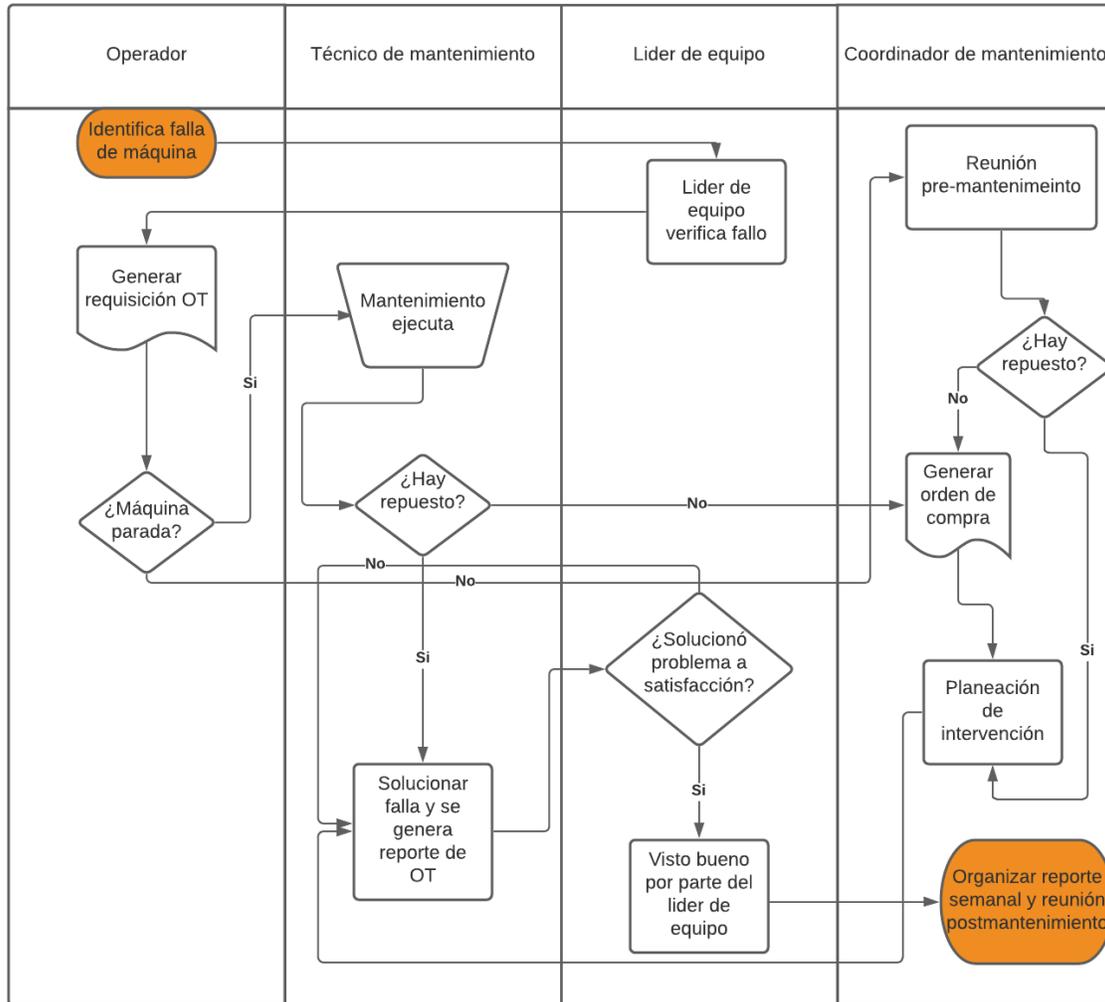
**Tabla 29. Orden de trabajo de mantenimiento**

ORDEN DE TRABAJO			
Requisición de trabajo		Fecha	
Tarjeta de trabajo No.			
Solicitante		Hora	
		Líder de equipo	
		Tiempo considerado por el solicitante para solucionar el problema	
		Días	0>x>7   7>x>15   15>x>30   >30
		Razón por la cual se realiza la solicitud	
Departamento			
Sección			
No. Activo			
Descripción activo			
Componente			
Fecha Planificada			
Tiempo estimado			
		Tipo de trabajo	
		Eléctrico	
		Mecánico	
		Producción	
		Electromecánico	
		Tipo de orden de trabajo	
		Correctiva	
		Seguridad	
		De interrupción	
		Falla operacional	
Herramientas especiales utilizadas:			
Descripción del trabajo que se va a realizar:			

**Tabla 30. Reporte de trabajo técnico de mantenimiento**

<b>Reporte de trabajo</b>		Tarjeta de trabajo No.	
Descripción de problema y su causa:			
<b>Información del tiempo de paro de la máquina</b>			
Fecha de paro		Tiempo de paro de la máquina	
Hora de paro		Hora de inicio reparación	
Hora en que reinicio la máquina		Hora Fin de la reparación	
<b>Detalle del trabajo realizado</b>			
Fecha	Nombre	Descripción del trabajo	Tiempo (min)
<b>Repuestos utilizados</b>			
Artículos	Cantidad	Descripción de materiales	Costo unitario
Tiempo de recuperación de los repuestos			Verificado por:  _____
Tiempo de paro			
<b>Verificación de aseguramiento de la calidad</b>		<b>Detalle de la tarjeta de trabajo</b>	
Bueno	Malo	Re-trabajo	Aprobado por:  _____

**Figura 32. Gestión de OT's de mantenimiento**



En la figura 32 se explica el proceso y responsabilidades que se establecieron para la gestión de las solicitudes y reportes de órdenes de trabajo en las cuales interactúan las áreas cliente y los recursos de la gestión del mantenimiento, así se estandariza el modelo de gestión y seguimiento para gestionar las paradas y generar reuniones de pre y post mantenimiento y así hacer seguimiento y retroalimentar la gestión para el área del mantenimiento.

Con el objetivo de dar cumplimiento al modelo de gestión se establecen responsabilidades dentro de la gestión del mantenimiento por medio de una matriz RASI en la cual se

establece el rol de cada persona integrante del equipo de mantenimiento de la empresa caso de estudio como se muestra en la tabla 31.

**Tabla 31. Matriz RASI**

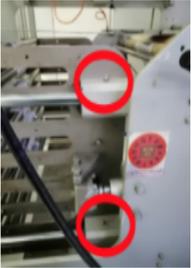
<b>RASI (Responsable, Supervisor, Asesor, Informado)</b>								
<b>PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO LINEAS MESPAC</b>								
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>JEFE DE MANTENIMIENTO</b>	<b>COORDINADOR DE MANTENIMIENTO</b>	<b>TÉCNICO MECÁNICO</b>	<b>TÉCNICO ELÉCTRICO</b>	<b>TÉCNICO MÁQUINAS HERRAMIENTAS</b>	<b>SOLDADOR</b>	<b>METRÓLOGO</b>	<b>ALMACENISTA</b>
Elaboración del Plan Maestro de Mantenimiento (PMM): Programación de actividades, fijación de fechas, control de repuestos e insumos.	A&S	R	A	A	A	A	A	I
Elaboración de requisiciones y órdenes de compra de repuestos, herramientas e insumos	R&S	R	A	A	A	A	A	R&I
Apertura de Ordenes de Trabajo y Ordenes de Salida de Almacén para el Mantenimiento Preventivo	A&S	R	I	I	I	I	I	I
Reuniones con departamento de producción para acordar metas de disponibilidad, tiempos y modos de intervención de la maquinaria	R	R&I	I	I	I	I	I	I
Ejecución de actividades de mantenimiento preventivo	S&I	S	R	R	R&A	R&A	R	I
Inspecciones rutinarias de funcionamiento de maquinaria y equipos	S&I	S	R	R	I	I	R	I

Apertura de Ordenes de Trabajo y Ordenes de Salida de Almacén rutinarias para el Mantenimiento Correctivo	S&I	S	R	R	I	I	I	I
Ejecución de actividades de mantenimiento correctivo	S&I	S	R	R	R	R	R	I
Calibración de instrumentos requeridos para la ejecución del mantenimiento	S&I	I	A&I	A&I	I	I	R	I
Maquinado y reconstrucción de piezas o partes estructurales de la maquinaria.	I	A&S	A&I	I	R	A&I	I	I
Entrega de pedidos y verificación de inconsistencias en el stock	I	S&I	I	I	I	I	I	R
Soldadura de piezas o partes estructurales de la maquinaria	I	A&S	A&I	A&I	A&I	R	I	I

Para instalar un modelo de monitoreo y control para los técnicos de mantenimiento se especifica un modelo con enfoque en la lubricación como parte esencial para el cuidado de los activos, el modelo se especificó en una matriz, esto permitió organizar y gestionar los puntos de inspección y lubricación para así poder controlar y verificar de forma más eficiente los activos y poder gestionar no solo las lubricaciones y las verificaciones sino también gestionar los mantenimientos basados en condición.

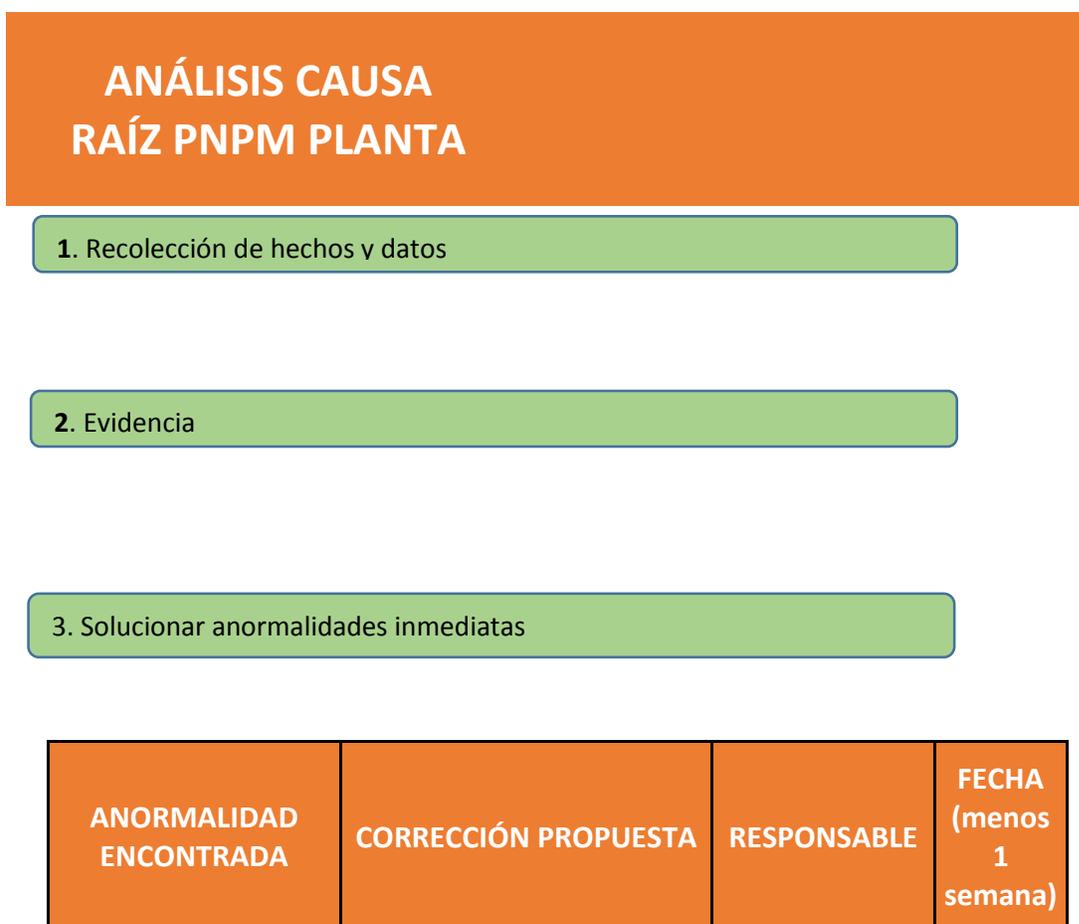
Un ejemplo de esta gestión se encuentra relacionado en la figura 33, en esta se muestra específicamente al lubricador los puntos que se deben de inspeccionar e instrucciones sobre el procedimiento con maquina en movimiento o apagada, también se especifican tipos de lubricantes teniendo en cuenta conceptos de tribología para el cuidado de los activos junto con el tipo de herramienta que debe de utilizar el lubricador para dicha labor.

Figura 33. Matriz de lubricación

Nombre del equipo: MESPACK H 260 - 4 DEBOBINADO DOBLE	PUNTO #	DESCRIPCIÓN ELEMENTO	CONDICION MAQUINA		H1 / H2	Tipo de Lubricante	Referencia - Descripción	Código SAP	Código Color	Cantidad	Herramienta	Metodo LPP	Responsable	Frecuencia					
			PARADA	EN OPERACIÓN										Quincenal	Mensual	Bimensual	Semestral	Anual	
	1	RODILLOS DE LAMINADO	X		H2	KLUBEROIL 4 UH1 1500 N SPRAY	LUBRICAR TODOS LOS RODILLOS DE LAMINADO CON LUBRICANTE EN SPRAY			30		MANUAL		X					
	2	BLOQUES DE DESPLAZAMIENTO CARRO DE AUXILIAR		X	H2	KLUBER SUMMIT SUMTECH FGCS-2	LUBRICACIÓN DE LAS 4 GRASERAS EN AMBOS EXTREMOS DE LA MAQUINA			4		MANUAL A PRESIÓN			X				
	3	REDUCTOR DEL EJE IMPULSOR DEL DEBOBINADO	X		H2	ISO VG 320-460-680 KLUBER SUMMIT SYNGEAR FG	RECUPERAR NIVEL DE ACEITE EN REDUCTOR			1		MANUAL						X	

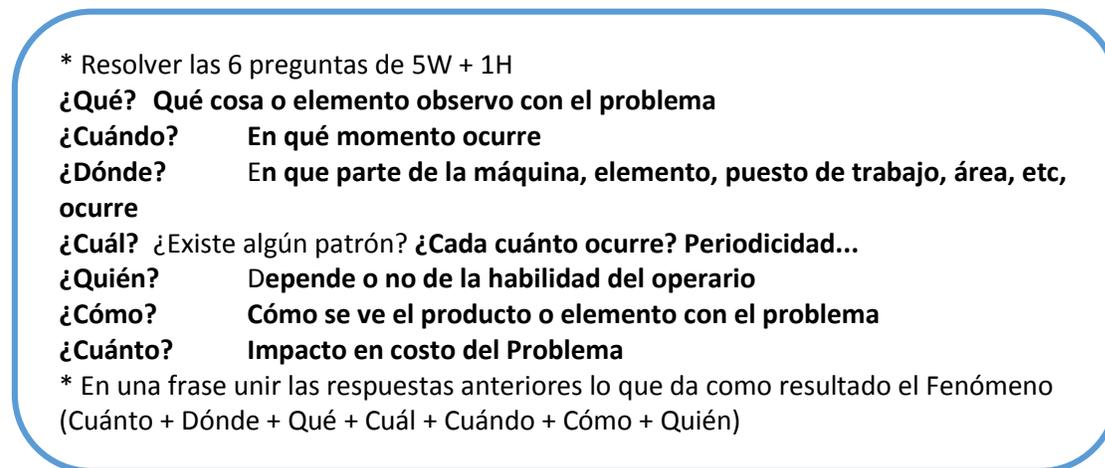
Para dar cierre a este objetivo se establece un formato para analizar la causa raíz del problema, este procedimiento está adjudicado directamente al personal administrativo de mantenimiento, pero se debe de manejar en conjunto con el personal técnico para poder analizar y verificar con profundidad cuales la causa raíz de las paradas no planeadas de mantenimiento. Para este procedimiento se debe de establecer en primer lugar la información histórica de los hechos y datos que dan cabida al suceso, en segundo lugar, la evidencia en registro fotográfico de lo sucedido y en tercer lugar se describe la solución inmediata que se dio para poder continuar la operación, esta solución no garantiza la solución de raíz, pero permite identificar la solución provisional y el responsable de la misma como se evidencia en la tabla 32.

**Tabla 32. Análisis causa raíz**



La segunda parte de este análisis se realiza la descripción del problema con la metodología de los 5W+1H la cual debe de contener la siguiente información e ir redactada como se explica en la figura 34.

**Figura 34. 5W+1H**



\* Resolver las 6 preguntas de 5W + 1H

**¿Qué?** Qué cosa o elemento observo con el problema

**¿Cuándo?** En qué momento ocurre

**¿Dónde?** En que parte de la máquina, elemento, puesto de trabajo, área, etc, ocurre

**¿Cuál?** ¿Existe algún patrón? ¿Cada cuánto ocurre? Periodicidad...

**¿Quién?** Depende o no de la habilidad del operario

**¿Cómo?** Cómo se ve el producto o elemento con el problema

**¿Cuánto?** Impacto en costo del Problema

\* En una frase unir las respuestas anteriores lo que da como resultado el Fenómeno (Cuánto + Dónde + Qué +Cuál + Cuándo + Cómo + Quién)

Posterior a la descripción a de suceso se realiza un análisis de espina de pescado en el cual se busca dividir el fenómeno en varios sub-fenómenos por tipo de categoría a estos se les da un porcentaje según la incidencia en la falla que se analiza.

**Mano de Obra:** uno de las causales corresponde a una mala manipulación operativa o técnica.

**Máquina:** uno de las causales corresponde a una falla del equipo.

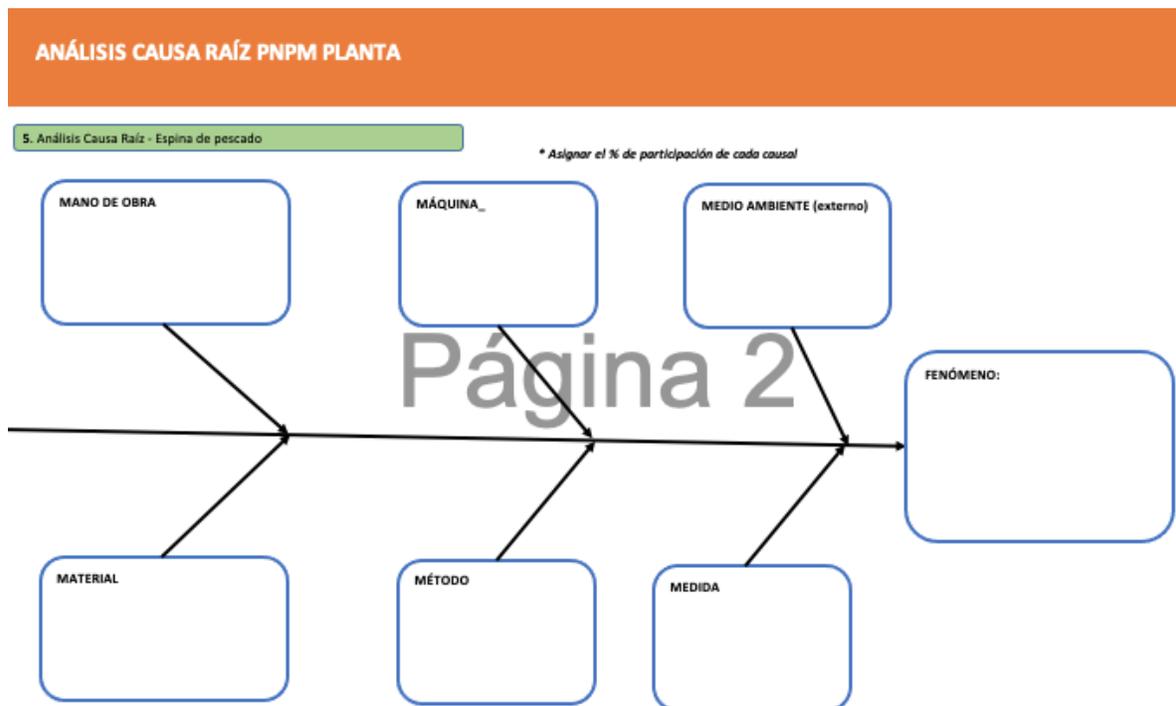
**Medio Ambiente:** uno de los causales corresponde a factores externos.

**Material:** uno de los causales corresponde a las MP, Laminado, características del producto, etc.

**Método:** uno de los causales es no tener un estándar definido o desactualizado.

**Medida:** uno de los causales es tener parámetros definidos no adecuados.

Figura 35. Espina de pescado en análisis causa raíz.



Posteriormente se realiza una definición de actividades con todos los responsables que estén involucrados en la gestión de los procesos productivos, estos procedimientos deben tener una fecha de seguimiento para una gestión próxima y por último se dejan acciones futuras con un mayor impacto. Toda esta gestión va muy alineada con el ciclo PHVA para poder garantizar una excelencia en la operación.

**Tabla 33. Actividades y responsables, análisis causa raíz**

**6. Definición y planeación de actividades**

	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	IMPACTO ESPERADO	FECHA FIN
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

**\* Estos Planes deben quedar mínimo uno afectando el Plan de Mantenimiento del Proceso Evaluado**

Fecha

Diligenciamiento: \_\_\_\_\_

**8. Acciones Futuras**

	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	AREAS INVOLUCRADAS	FECHA FIN
1				
2				
3				
4				

Fecha  
Diligenciamiento: \_\_\_\_\_

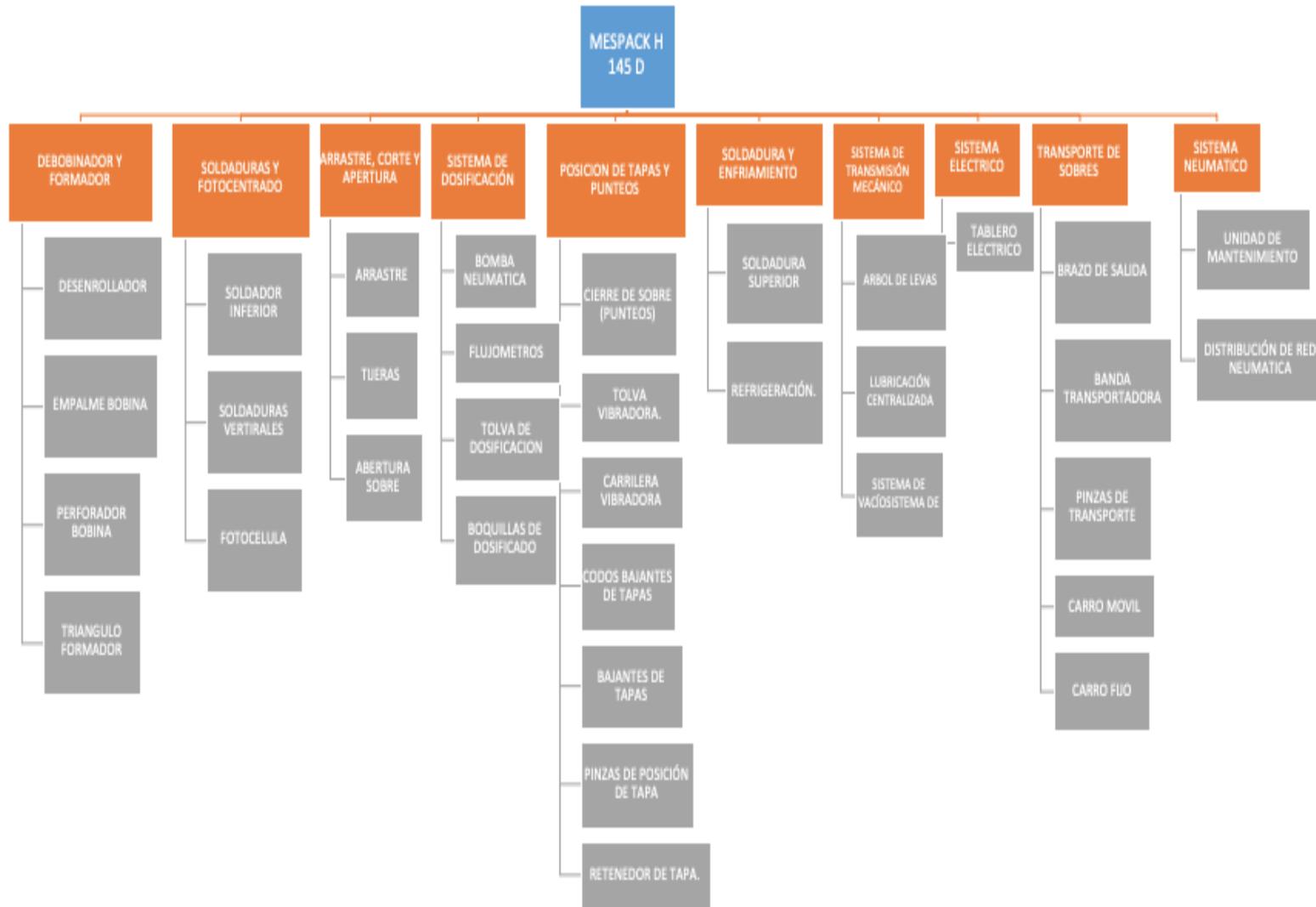
_____	_____	_____
Coordinador Mtto::	Jefe de Mtto:	Jefe técnico:

### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANTA COSMÉTICA.**

Como último resultado y basado en el tercer objetivo que buscaba diseñar un proceso de monitoreo, inspección y detección de fallas aplicado a los activos fijos de la planta del sector cosmético con el fin de diseñar un programa de mantenimiento (Preventivo, Predictivo) basado en el análisis de criticidad.

Para este proceso se definió el plan de mantenimiento basado en la matriz de criticidad para las maquinas Mespac, estos mantenimientos están analizados en base a la taxonomía de los equipos. Como resultado del análisis de la máquina Mespac se obtuvo el diagnóstico taxonómico con sus diferentes sistemas y subsistemas (Figura 36).

**Figura 36. Taxonomía máquina Mespac**



Como resultado de lo anterior, se realiza una matriz de mantenimiento basado en la identificación de equipos mantenibles como se muestra en la figura 37, la designación de responsabilidades y basado en los manuales de fabricante y las obligaciones legales dando como resultado un listado de actividades de tipo mecánico, eléctrico, electrónico, locativo y metrológico para ser ejecutadas como inspección, lubricación y limpieza bajo el rol de mantenimiento autónomo y los preventivos, los predictivos y los basados en condición como mantenimiento ejecutables bajo la gestión de los mecánicos de mantenimiento.

Este plan se hizo de forma escalable para ser llevado y ejecutado en el resto de maquinaria de planta a medida que se vaya mejorando y madurando el rol del mantenimiento para la empresa objeto de estudio. Este plan de mantenimiento está basado en fortalecer la planeación del mantenimiento por lo tanto da información técnica tanto a coordinadores, jefe y técnicos para poder planear y analizar la ruta crítica en la ejecución de las actividades de mantenimiento pues suministra información para la planeación del personal según su experticia identificando el tipo de mantenimiento que se ejecutará, el tiempo y los recursos necesarios para la ejecución, también permite analizar la planeación por medio de los componentes y la cantidades necesarias para la ejecución junto con el detalle técnico de la actividad. Estos elementos permiten afinar la planeación de las actividades y el alistamiento de suministros necesarios para ejecutar con excelencia las actividades planeadas.

**Figura 37. . Matriz del plan de mantenimiento**

PM	MAQUINA	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	ELEMENTOS NECESARIOS	CANT	TIPO	MAQUINA ON/OFF	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)	FREC SEM	RECURSO (NUMERO)
BASADO EN CONDICION	MESPACK 1	POSICION DE TAPAS Y PUNTEOS	BAJANTES DE TAPA	TOLVA, TOBOGANES, BAJANTES, POSICIONADORES DE TAPA	TORNILLERIA MILIMETRICA EXAGONAL Y BRISTOL. 5mm-6mm-8mm-10mm	A NECESIDAD	MECÁNICO	OFF	* Verificar el ajuste de todos los tornillos y tuercas del grupo alimentador tapón superior. Si alguno de ellos presenta algún juego, cambie los pernos rodados. Utilice las herramientas adecuadas para apretar los tornillos, ya sean allen o hexagonales. * Verificar el estado de todos los componentes del aplicador, ya sean resortes, tensores, levas, etc. En caso de encontrar alguno de ellos en mal estado proceder a dar aviso para su reparación.	240	52	2
BASADO EN CONDICION	MESPACK 1	TRANSPORTE DE SOBRES	CARRO MOVIL	CONJUNTO DE PINZAS	BORRADORES. RESORTES. PINZAS. LIQUIDO PENETRANTE. SUPERBONDER	50CM 50 4 1 1	MECÁNICO	OFF	*Verificar el conjunto de pinzas de los diferentes carros. (retenes, muelles, gomas y juntas) *Engrasar todos los engrasadores de los rodamientos u otros. * Verificar que la tapa o sello de los motores eléctricos estén tapados y no falten los tornillos de sujeción correspondiente. En caso contrario, reponer la tapa o cambiar los tornillos.	240	26	2
PREVENTIVO	MESPACK 1	ARRASTRE, CORTE Y APERTURA	TUERAS	ARRASTRE, TUERAS DE CORTE Y APERTURA DE SOBRES	E.18.10.0.01.03.0 E.18.10.0.01.04.0	2 2	MECÁNICO	OFF	*Verificar el ajuste de todos los tornillos y tuercas de la máquina. Si alguno de ellos presenta algún juego, cambie los pernos rodados. Utilice las herramientas adecuadas para apretar los tornillos, ya sea allen o hexagonales. *Rectificar el filo de las tijeras que cortan los sobres en caso de desgaste o por algún golpe producido en la zona de filo o corte. Estas cuchillas pueden ser afiladas fijándolas mediante un plato magnético y con la rectificadora tangencial pro la cara del corte, y con la precaución de rebajar de 0.05 mm hasta un máximo de 0.20 mm. *Verificar el estado de todos los componentes mecánicos de la máquina ya sean resortes tensores, levas, tensores, etc. En caso de encontrar alguno de ellos en mal estado proceder a dar aviso para su reparación Inmediata.	240	52	2

## 10 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dando cumplimiento al primer objetivo en el cual se busca diagnosticar el grado de madurez del modelo organizacional y de gestión del mantenimiento de la empresa del sector cosmético por medio de un enfoque por procesos. Se ha observado y evaluado que la empresa maneja un mantenimiento reactivo pues a pesar de tener un plan de mantenimiento anual, este tiene deficiencias de prioridades ya que este busca hacer el mantenimiento a la totalidad de los activos generando gran cantidad de actividades sin espacios para la gestión del mantenimiento planeado ni la cantidad de personal necesario para el mismo.

En la gestión administrativa del mantenimiento los puntos en los cuales se tiene un desarrollo esta principalmente en la gestión de contratistas, el mantenimiento tercerizado y especializado se tiene estipulado como una necesidad para la buena gestión del mantenimiento junto con la gestión y organización para la respuesta así sea reactiva al servicio de la productividad de la planta, el personal de mantenimiento y manufactura en general reconoce y entiende la importancia de mantenimiento en la organización pero llevado a la práctica todavía falta la sinergia y el respaldo de la gerencia para priorizar el cuidado de los activos para el beneficio de la productividad.

En la planeación del mantenimiento se identifica que para la ejecución del mantenimiento no existen espacios o ventanas para la ejecución del mismo, por tal motivo no hay planeación y cuando se destina tiempo para un mantenimiento se hace con poco tiempo de anticipación lo cual no permite realizar análisis basado en la ingeniería del activo, aunque se cuenta con un plan de mantenimiento las actividades no pueden ser ejecutadas pues no se dan los espacios para el mismo ni personal destinado para estas actividades, generalmente el personal de mantenimiento está enfocado en realizar mantenimiento correctivos “apagando incendios” en todas las áreas de trabajo, esto dificulta una buena gestión del mantenimiento pues organizacionalmente el jefe de mantenimiento gran parte de su tiempo lo pasa en reuniones y justificaciones de las paradas no planeadas, el coordinador de

mantenimiento pasa su tiempo moviendo su personal de una falla a otra dando prioridad a las fallas en planta y en un procedimiento totalmente volcado al terreno y no hay una figura que pueda planear, analizar y mejorar los problemas que se presentan frecuentemente en planta.

Con las técnicas de mantenimiento se debe hacer un enfoque de mejorar el plan enfocado en cada no conformidad por el área de calidad, sin embargo, aunque es importante generar un crecimiento organizacional integrado las técnicas deben de estar enfocadas en el mejoramiento de la gestión y ejecución del mantenimiento generando actividades sencillas y ejecutables que permitan monitorear, evaluar y diagnosticar el estado de los activos como lo busca la técnica de las cero averías.

En las medidas del desempeño en la gestión del mantenimiento se reconoce e identifica a mantenimiento como parte importante de la estructura financiera de la empresa sin embargo las medidas que van más allá de los gastos no se identifican muy bien los tiempos medios entre falla o los tiempos muertos por paradas de mantenimiento, las listas de control son manipuladas sin ningún control o auditoría por las partes implicadas lo cual carece los datos tomados para poder identificar la causa raíz de los problemas. La estructura de costos no está bien planificada, mensualmente se hacen reuniones para visualizar y autorizar los gastos para el mes siguiente teniendo en cuenta solo los gastos por mantenimiento correctivo.

En la tecnología de la información y su uso se puede identificar en la empresa caso estudio, que al no manejar un CMMS complejiza la gestión del mantenimiento como se había mencionado anteriormente la empresa cuenta con 237 activos mantenibles lo cual complejiza mucho la gestión y el cuidado de los mismos y llevar una trazabilidad de su cuidado en un periodo de tiempo por medio de hojas de cálculo y archivo físico se vuelve complejo y poco práctico. Estas prácticas con la poca implementación en la planeación no permiten tener bases de datos confiables con priorización y organización de repuestos por

máquina junto con sus respectivos despieces para el análisis ingenieril en cada intervención.

Los aspectos relacionados al mejoramiento han estado muy descuidados, como se mencionó anteriormente la gestión del mantenimiento para la organización necesita el respaldo de la gerencia otorgando responsabilidad y credibilidad para el mejoramiento de la productividad, al momento de realizar esta evaluación solo se realizaban reuniones para el mejoramiento en temas de seguridad, cada vez que ocurría un accidente para evitar que este volviera a ocurrir, también se realizaban reuniones generales por el personal para retroalimentar temas laborales o sociales, pero el enfoque del mantenimiento reactivo y la poca cantidad de técnicos no permitía mucho tiempo libre para reuniones de mejoramiento.

En el análisis de la confiabilidad, los registros de históricos de falla tienen menos de 6 meses al momento de la evaluación y la información que se tiene es poco confiable, estos aspectos han estado muy descuidados en la gestión del mantenimiento de la empresa del sector cosmético pues es muy complejo para el personal de mantenimiento planear sin buenas bases de datos de confiabilidad que permitan gestión y ser muy asertivos al momento de ejecutar un mantenimiento.

Los temas relacionados al análisis de los procesos y la forma en que se evalúan los procedimientos de mantenimiento no son claros y se manejan con mucha informalidad, la norma PAS-55 no es conocida por el personal de mantenimiento ni la gerencia y el mantenimiento documentado no es organizado y se realiza para cumplir un trámite legal, más que como un modelo de gestión sostenible.

En el análisis de infraestructura e instalaciones se puede identificar que, aunque existe una información de los equipos que componen los procesos productivos y estos equipos tienen información técnica, todavía se debe de trabajar es los aspectos de jerarquización de los equipos, buscando mantener los equipos críticos para garantizar la productividad.

En conclusión el diagnóstico del grado de madurez de la organización se obtiene como resultado que la empresa maneja un mantenimiento reactivo con resultado global de 8,5 en el escalafón de mantenimiento clase mundial descrito en esta tesis, que aunque hay aspectos que se han desarrollado y se han trabajado como son las medidas de desempeño y la información sobre la infraestructura, todavía se debe de trabajar para poder subir un nivel en la gestión del mantenimiento y poder llegar al mantenimiento planeado.

En el segundo objetivo al visualizar la tabla 27, se puede sugerir dar prioridad al mantenimiento de las máquinas Mespac pues son estas las que ponen en riesgo todos los ámbitos en la empresa tanto en producción, como en calidad, costo de reparación, impacto ambiental y seguridad operacional, es por tal motivo que el plan de choque se debe de realizar en estas máquinas y esta planta en general para así poder garantizar equipos confiables y operacionales bajo excelentes condiciones. Un aspecto preocupante en la planta es que solo unas máquinas tienen plan de mantenimiento, esto se debe a que la empresa tuvo un crecimiento acelerado pero la gestión del mantenimiento no creció a la par de las aspiraciones de la empresa, por tal motivo solo había un plan básico y poco ejecutado.

Elaborar ordenes de trabajo para mantenimientos correctivos y solicitudes de mantenimiento permite hacer un primer acercamiento formal entre mantenimiento y sus áreas clientes pues se formalizan los registros y se da trazabilidad a la gestión del mismo, en búsqueda de la operación correcta de la maquinaria y la continuidad de la operación que por el cumplimiento para auditorias como generalmente se realizaba en esta organización. Este modelo también permite realizar algo que se ha venido trabajando en el mantenimiento planeado y organizado durante muchas generaciones que es tarjetear las máquinas, este es un proceso en el cual se realiza gerencia visual de los fallos o solicitudes de mantenimiento para poder llevar un control visual por parte de técnicos, coordinadores y jefes de mantenimiento para planear actividad y retroalimentar el área con los reportes ejecutados por los técnicos de mantenimiento.

Gestionar estas OT de mantenimiento permitirá hacer un proceso de retroalimentación del sistema alimentando la cultura PHVA de la empresa y fortaleciendo los lazos entre mantenimiento y las áreas cliente, con la implementación de este sistema se empezarán a realizar reuniones pre y post mantenimiento para organizar, gestionar y evaluar las actividades a realizar y realizadas por parte del equipo de mantenimiento con sus áreas cliente y un mayor empoderamiento de los coordinadores de mantenimiento en la estructura organizacional.

Con la Matriz RASI se estructura la responsabilidad y se simplifica el entendimiento de las responsabilidades de los integrantes de mantenimiento y sus actividades, esta herramienta ayuda a la organización en general, pues ayuda al equipo de gestión humana a entender y comprender las responsabilidades de los integrantes de mantenimiento como al mismo equipo de sus responsabilidades y roles dentro de todas las actividades relacionadas al gestión de mantenimiento y así poder actuar de forma ordenada y priorizar sus responsabilidades en la ejecución de actividades diarias.

La herramienta gestión de lubricación cumple un doble propósito pues gestiona la lubricación del activo como también gestiona una inspección visual del activo permitiendo evidenciar posibles fallas o inseguridades que se visualicen en la máquina. Para la correcta ejecución de este punto se debe tener en cuenta que la gestión de la lubricación debe de ser detallada y cuidadosa basada en la tribología para el cuidado del equipo y prolongar su esperanza de vida.

Por último en este objetivo se hace énfasis en una herramienta que apoye a la organización a la gestión de sus fallos, para retroalimentar el sistema y evitar reincidir en fallos conocer y evaluar desde un sentido crítico ingenieril los fallos de los equipos y además de eso efectuar responsabilidades y planes de acción que ayuden a fomentar una cultura de excelencia operacional, como se ha repetido en varias ocasiones durante esta tesis este tipo de actividades fortalece la base de la mayoría de las actividades de mejoramiento que es el ciclo PHVA y por medio de esta herramienta adecuada a las necesidades de la compañía se

puede evaluar todos los fallos que se generen en la maquinaria de la organización. Otro punto para tener en cuenta en esta actividad es que no se deben de evaluar todos los fallos ocurridos en la planta, sino empezar por las fallas que generen pérdidas de tiempo superiores a 8 horas semanales en PNPM o actividades que hayan generado accidentes operacionales.

Por último, el tercer objetivo busca diseñar un proceso de monitoreo, inspección y detección de fallas aplicado a los activos fijos de la planta del sector cosmético con el fin de diseñar un programa de mantenimiento (Preventivo, Predictivo) basado en el análisis de criticidad.

Se realiza el análisis taxonómico de los activos críticos que para este caso especial es la maquinaria Mespach la cual representa un riesgo en todos los aspectos desde el punto de vista que llegara a parar de forma no planeada. El esquema taxonómico especifica todos los sistemas y subsistema para así poder hacer un análisis de mínimo ítem mantenible del activo, esto permite estandarizar las actividades del mantenimiento y poder evaluar a profundidad y detalle las actividades que se realizara en los mantenimientos, se debe aclarar que estos análisis y la gestión de las fallas no solo se hacen con el pensamiento y el conocimiento del equipo, se debe de tener manual en mano y despiece de las máquinas para así poder analizar el tipo de elementos que se pueden desgastar y periódicamente pueden representar una potencial falla para la máquina. La herramienta STD permite llevar a cabo análisis minuciosos y con precisión en compañías y equipos que no tienen un historial de fallas crítico del cual se puedan sacar conclusiones basadas en la estadística, también se debe tener en cuenta que esta herramienta es considerada una herramienta muy valiosa para la implementación en esta compañía pues la mayoría de los activos adquiridos son activos de segunda mano y no se conoce a ciencia cierta bajo qué condiciones se operaba anteriormente o cuánto tiempo estuvo almacenada y mucho menos que proactivas de mantenimiento se le realizaba en sus anteriores puntos de operación.

La matriz realizada para la estructura del plan de mantenimiento da grandes herramientas para la planeación y la organización del ERP que posee la compañía, con esto se puede centralizar la información permitiendo gestionar las actividades de mantenimiento, clarificar las actividades a realizar y poder dar buenas reuniones pre mantenimiento dando argumentos a la ejecución y plante de seguridad ante la organización y la dirigencia. Al tener estructurada una matriz de mantenimiento de este tipo se puede extraer de acá de forma sencilla todas las actividades junto con los elementos necesarios para poder establecer presupuestos para paradas de planta o presupuestos anuales de mantenimiento, esta herramienta así permite control todos los aspectos posibles en la gestión del mantenimiento, desde clarificar las actividades que se realizaran y las instrucciones para los técnicos, como la especificación de los elementos necesarios para la ejecución de las actividades como sus posibles costos, también te permite planear tu mano de obra y tiempo, permitiendo así tener una claridad global en busca de la excelencia en la ejecución del mantenimiento.

Estas matrices de plan de mantenimiento son herramientas poderosas que permiten estructurar y organizar las actividades que tiene para ejecutar, desde este punto de vista también pueden organizar las ejecuciones por especialidad de técnico de mantenimiento. Por otro lado, es una herramienta que te permite organizar los tiempos de intervención con la organización pues si bien la prioridad es la operación, los tiempos clarificados y específicos para el mantenimiento permiten gestionar y planear las paradas correctamente para garantizar la confiabilidad de los activos.

## 11 CONCLUSIONES

Las buenas practicas del mantenimiento y la correcta ejecución del mismo pueden garantizar un funcionamiento global de compañía en términos generales, la gestión del mantenimiento permea tanto el cuidado y la ejecución de los activos e instalaciones sino también ayuda a la organización a montarse en un ciclo de mejoramiento continuo donde todas las partes se involucran para garantizar la continuidad de la operación y la correcta gestión de los elementos para garantizar esta continuidad.

Dando cumplimiento al primer objetivo al primer objetivo, se realiza todo el análisis y estudio del estado anterior del mantenimiento, las prácticas que se ejecutaban y no se ejecutaban y se cuestionó al mismo personal de mantenimiento para comprender a fondo el pensamiento y la estructura mental que el personal comprendía como mantenimiento. Al evaluar las 9 condiciones del mantenimiento y puntuarlos según la gestión de la empresa cosmética caso de estudio se pudo concluir que la empresa como tal no tenía muy clara cuál debe ser la gestión del mantenimiento y se esperaba que fuera un equipo de técnicos que solucionaran cuanto problema saliera, basándose simplemente en la ejecución y viviendo un día a la vez en su forma de ejecutar, las estructuras no estaban definidas ni los mecanismos para cuidar los activos y llevar la gestión a un proceso de mejoramiento continuo, no se planeaban las ejecuciones simplemente se esperaba que el problema existiera para poder solucionarlo, la gestión documental física de poco seguimiento y la falta de un software de mantenimiento no le simplificaban tener una trazabilidad de los problemas que ocurrían en planta.

La planta cosmética que se estudio es una planta con gran cantidad de líneas productivas y del mismo modo posee gran cantidad de activos productivos para cuidar, la falta del software de mantenimiento se hace algo evidentemente necesario y quizás dentro de la estructura del mantenimiento designar un planear que permita pensar de forma perimetral y a futuro todo lo que se necesite o pueda ocurrir en la compañía, este cambio en la estructura podría ayudar en aspectos como planeación, análisis de confiabilidad, estrategias de mantenimiento y promovería los equipos de mejoramiento.

El segundo objetivo da como conclusión la necesidad de mecanismos para el mejoramiento que necesita promover la compañía para poder obtener mejores resultados en búsqueda de la excelencia en la gestión del mantenimiento y la operación las herramientas que se disponen en este punto permitirán mejorar la trazabilidad de las fallas ayudarse con gerencia visual identificando anomalías al tarjetear las máquinas. De igual modo el compromiso y entendimiento de todas las partes de sus responsabilidades y como se deben de efectuar los procesos para tener un orden y poder conocer el proceso de la misma gestión clarificara la forma de actuar y eliminara asperezas y roses entre mantenimiento y las áreas clientes, pues todos comprendieron como se deben de efectuar las ordenes de trabajo y también tienen un respaldo o comprobante de solicitud, esto permite una ejecución más transparente entre áreas cliente.

Por último al tener un plan para análisis de causa raíz completo les permitió fortalecer su estructura de análisis y la visión del mejoramiento continuo en esa búsqueda de las cero averías, al ejecutar estos planes de análisis causa raíz correctamente y llevar una gestión documental adecuada del mismo, se podrá saber generación tras generación los problemas que han pasado y como se han solucionado y del mismo modo para hacerle seguimiento a estos compromisos quedan responsables con sus debidas actividades, todo esto llevó a un equipo de mantenimiento y manufactura más comprometido con la gestión del mantenimiento y el cuidado de los activos e infraestructura en general.

Por último, se puede concluir en el tercer objetivo que anteriormente no se tenía clara de cuál debería ser la estructura de un plan de mantenimiento, el diseño del plan estaba basado un grupo de actividades apuntándole a todos los activos productivos para cuidarlos sin un análisis de criticidad ni un entendimiento de los ítems mantenibles para el cuidado del mismo. El entendimiento del método STD basado en el entendimiento de la taxonomía del equipo ayudó a comprender la forma más adecuada de ejecutar el mantenimiento para los activos.

## 12 RECOMENDACIONES

La empresa caso de estudio es una empresa de dimensiones grandes con altos índices de facturación esto con grandes posibilidades de mejoramiento en pro de sacar el mayor provecho a esa facturación y obtener grandes utilidades, todo dependerá la responsabilidad e importancia que se le dé en el caso particular de esta investigación a la gestión del mantenimiento, la primera recomendación que se expide a la jefatura y la gerencia es el software de mantenimiento esto permitirá tener una mayor trazabilidad del mantenimiento conociendo a precisión todas las actividades que hay ejecutados y por ejecutar de mantenimiento, este software también permitirá entre muchas otras cosas poder llevar el control de repuestos y de depreciación de los activos, en términos generales esta herramienta será de gran ayuda para la empresa.

La necesidad de mejorar la estructura del mantenimiento se hace evidente pues es necesario enfocarse en las áreas de la planeación y el mejoramiento de procesos administrativos para la organización, cambiar la estructura sin la necesidad de agregar personal de mantenimiento permitirá al equipo de mantenimiento organizarse para ir subiendo el escalafón de mantenimiento de clase mundial, se recomienda aprovechar dividir la planta mentalmente en 2, poniendo como responsable a un grupo de mecánicos a un coordinador de mantenimiento y la otra mitad de la planta al otro coordinador teniendo en cuenta la cercanía de las plantas entre sí para evitar desplazamientos innecesarios, esta división permitirá al tercer coordinador pasarlo a la faceta de planeador y que sea el jefe de mantenimiento el encargado de gestionar el mejoramiento de los procesos administrativos del mismo apalancado con expertos asesores del mantenimiento que permitan generar un benchmarking y mejoramiento continuo del modelo del mantenimiento.

Una tercera necesidad es respaldar el plan de mantenimiento con una estructura presupuestal para el mismo definiendo la cantidad de presupuesto que se va a dar a los equipos e infraestructura que tiene a cargo mantenimiento, esto permitirá una gestión pronta y organizada de las ejecuciones.

Otro aspecto sumamente importante es crear espacios para la ejecución del mantenimiento, estos espacios normalmente llamados ventanas de mantenimiento permiten cuidar de forma planeada y estructurada el activo teniendo en cuenta que estas ventanas tienen tiempos específicos en días específicos. Aparte de las ventanas de mantenimiento también se debe de establecer temporadas para los *overhaul*, estos mantenimientos con parada de planta permitirán ejecutar actividades grandes que normalmente no se ejecutan como el mantenimiento de un motor de 100 hp o el metalizado de un eje central, estos espacios deben ser definidos por lo menos con 4 meses de anticipación para poder planear a precisión las actividades que se van a realizar y el costo que estas llevaran.

Por último y no menos importante se recomienda montarse en un pensamiento de mejoramiento continuo, dando la importancia y protagonismo a mantenimiento como garante para el cuidado de los activos y continuidad de la operación, pues es gracias a la excelencia en la ejecución del mantenimiento que se puede obtener la cero averías.

### 13 REFERENCIAS

- Alzate, S., Alberto, C., Alberto, C., & Alzate, S. (2005). Impacto de las averías e interrupciones en los procesos. Un análisis de la variabilidad en los procesos de producción. *Dyna*, 72(145), 67–75.
- Amig, L. (2020). Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos. *Lámpsakos*. <https://doi.org/10.21501/21454086.3112>
- Antosz, K., Pasko, L., & Gola, A. (2019). to Support the to the Use of of Intelligent Intelligent Systems Systems to to Support Support Decision Systems Support Decision Lean Maintenance in Lean maintenance maintenance maintenance in maintenance maintenance. *IFAC-PapersOnLine*, 52(10), 148–153.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.037>
- Arlinghaus, C., Knizkov, S., Stief, P., Dantan, J., Etienne, A., & Siadat, A. (2019). ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect Lean Maintenance and Repair Implementation - Maintenance and Repair Implementation A Cross-Case Study of Seven Automotive Service Suppliers Cross-Case to Study of Seven Automotive Suppliers A new A methodology ana. *Procedia CIRP*, 93, 955–964.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.144>
- Cabrera Gómez, J., & Araque Rivas, H. (2010). Mejoras al programa de mantenimiento de máquinas deslodadoras para la extracción de aceite de palma. *Ingeniería Mecánica*, 13(3), 28–32.
- Carballo-Mendívil, B. (2019). Madurez de procesos en pequeñas empresas. *Revista EAN*.  
<https://doi.org/10.21158/01208160.n86.2019.2301>

- Díaz, J. R. (2018). *Modelado de procesos de producción con ecuaciones estructurales : Casos de estudio en la industria maquiladora (México)*. 1–100.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/184760.pdf>
- Echeverría, A., Gloria, I., Milena, A., & José, A. (2016). Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta , en una Empresa de Confecciones  
Improvement through lean manufacturing tools in a Garment Company. *Ingeniería Industrial*.
- F. Martínez Pérez, A. B. M. (2008). motores de combustión interna . *Ingeniería Mecánica*.
- Fernandez, E. (2018). *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*. 60.  
[http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/47868/1/Gestión de Mantenimiento. Lean Maintenance y TPM.pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/47868/1/Gestión%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf)
- Fonseca-Junior, M., Holanda-Bezerra, U., Cabral-Leite, J., & Reyes-Carvajal, T. L. (2015). Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas. *DYNA (Colombia)*, 82(194), 139–149.  
<https://doi.org/10.15446/dyna.v82n194.47642>
- García Alcaraz, J. L. (2011). Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total. *Revista Facultad de Ingeniería*, 60, 129–140.
- Gómez, H., Andrés, J., Morales, N., Pérez, R., López, R., Anaya, G., Gonzalo, L., Andrés, J., Gómez, H., Morales, S. N., Pérez, L. R., López, R. R., Gonzalo, L., & Anaya, G. (2014). *Factores críticos de éxito para la implementación estratégica del MPT : una revisión de literatura*.

- González, A. A. (2013). Diagnóstico de la madurez de los procesos de la cadena de valor de una pequeña empresa mexicana de productos de maíz Diagnostic process of maturity value chain of a small. *Pensamiento & Gestión*.
- Herrera, M. K. I. F., & Portillo, M. T. E. (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización : modelo conceptual. *Revista Lasallista de Investigación*. <https://doi.org/10.22507/rli.v16n1a6>
- Innovación, L. A., En, T., Área, E. L., Mantenimiento, D. E. L., Casos, R. E. D. E., & Casos, R. E. D. E. (2007). La Innovación Tecnológica En El Área Del Mantenimiento Y Sus Resultados. Estudio De Casos. *Investigación Administrativa*, 99, 19–30.
- Inst, M., Cienc, I., Marlice, L., Céspedes, G., María, X., Reyes, G., Khalil, L., & Albavi, G. (2017). Artículo Original / Original Article Buenas Prácticas de Manufactura en comedores del Mercado Central de Abasto de Asunción , Paraguay Good Manufacturing Practices in canteens of the Central Market of Abasto of Asunción , Paraguay. *Scielo*, 15(1), 42–47. [https://doi.org/10.18004/Mem.iics/1812-9528/2017.015\(01\)42-047](https://doi.org/10.18004/Mem.iics/1812-9528/2017.015(01)42-047)
- Issn, R. E. A. N. (2018). Caso Empresarial. *Revista EAN*. <https://doi.org/10.21158/01208160.n85.2018.2058>
- Julho, U. N. De. (2018). *Projetos lean manufacturing para geração de portfólio : uma revisão da literatura*. <https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v16n1.7128>
- Labrador, S. M. R. (2017). Redalyc.A PROPÓSITO DE LOS MODELOS DE MADUREZ DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO. *Revista de La Facultad de Ciencias Económicas*.

- Lourival Augusto Tavares. (2003). MANTENIMIENTO Lourival Augusto Tavares Costos y Productividad Costos y Productividad. *Panamericano, Comité Auditorías de Mantenimiento*, 477.
- Marin-Garcia<sup>1</sup>, J. A., Bautista-Poveda<sup>2</sup>, Y., & Julio J. Garcia-Sabater. (2014). Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso. *Intangible Capital*.
- Márquez, C. P., & Márquez, A. C. (2017). IngeCon. *Asesoría Integral En Ingeniería de Confiabilidad*.
- Martinez, R. (2015). *Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. 200.
- Matos P, R. E. (2012). Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en el área de mezclas especiales de una empresa molinera. *Revista INGENIERÍA UC*, 19(3), 66–76.
- Medianas, G. Y., Del, E., & Metropolitana, Á. (2009). *Tpm Pereira*.
- Mishra, R. P., Babu, R., Gupta, G., & Mundra, N. (2015). Development of a framework for implementation of World-class Maintenance Systems using Interpretive Structural Modeling approach. *Procedia CIRP*, 26, 424–429.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.174>
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). Lean maintenance roadmap. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.076>
- Moya, J. V., Déleg, E. M., Sánchez, C. V., & Rivera, N. (2016). Implementation of lean manufacturing in a food enterprise ( Implementación de manufactura esbelta en una

empresa alimenticia ). *Enfoque UTE*. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n1.83>

OMS. (2009). *Higiene de los alimentos*.

Pérez, E. R. (2013). Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga Proposal of maintenance system to the vehicles of urban and agricultural transport of a base of load transport. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*.

Picazo, R., Humberto, S., Sergio, I., & Romo, H. (2000). *Disponible en:*  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94401306>.

Posada, A., & Gregorio, J. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas Ss , SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo. *Tecnura*.

Rachid, C., & Ion, V. (2014). Contribution To The Optimization Of Strategy Of Maintenance By Lean Six Sigma. *Physics Procedia*, 55, 512–518.  
<https://doi.org/10.1016/j.phpro.2014.08.001>

Reynaldo, I., Alberto, J., I, F. C., Ii, A. D., Iii, A. C., & Benítez-, R. I. (2017). Diseño del Método de disponibilidad Dupont como soporte a la toma de decisiones en el mantenimiento Design of the Dupont availability Method to support decision making in maintenance Introducción. *Ingeniería Mecánica*.

Salvador, A., Piñeiro, R., & Alberto, J. (2016). Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica Implementation of Reliability Centered Maintenance in electrical transmission companies. *Ingeniería Mecánica*.

- Serna, M. D. A., López, J. F. A., & Cortes, J. A. Z. (2012). Tpm implementation impact on companies' competitiveness in the medellin metropolitan and Antioquia's eastern region, Colombia. (*Prueba*) *DYNA (Prueba)*, 79(172), 164–170.
- Vargas, J., Muratalla, G., & Jiménez, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, V(17), 1–23. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215049679011.pdf>
- VIVARES - VERGARA, J. A., SARACHE - CASTRO, W. A., & NARANJO - VALENCIA, J. C. (2014). the Content of Manufacturing Strategy: a Case Study in Colombian Industries. *Dyna*, 81(183), 140. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n183.37672>
- Wienker, M., Henderson, K., & Volkerts, J. (2016). The Computerized Maintenance Management System An essential Tool for World Class Maintenance. *Procedia Engineering*, 138, 413–420. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.100>
- Yepes, D., Mario, C., Muñoz, Q., Elena, M., González, R., & Arturo, C. (2015). Metodología para evaluar la madurez de la gestión del conocimiento en algunas grandes empresas colombianas. *Tecnura*.
- Yépez, S., Patricia, M., Villamarín, F., Alberto, G., & Cristina, C. (2017). Modelo metodológico de. *Revista EAN*. <https://doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1825>
- Bernal, R. G. (2012). *PDCA HOME*. Obtenido de <https://www.pdcahome.com/poka-yoke/>
- Chávez, J. (2018). TPM: La Estrategía para el Cero Averías en la Gestión de Activos. XX *Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos*. Bogotá, Colombia.

- Cuatrecasas, L., & Torrel, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva* (Primera ed.). Profit Editorial.
- DANE. (2015). *EAM*. Bogota .
- DIAN. (2015). *Informe de sostenibilidad 2015 industria de cosmeticos y aseo*. Bogota .
- Ellmann, H. (5 de 09 de 2017). *Visión Industrial*. Obtenido de <http://www.visionindustrial.com.mx/industria/noticias/gestion-de-activos-y-ciclo-de-vida>
- Fernández, E. (2018). *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. Tesis de Grado Escuela Superior de la Marina Civil de Gijón*.
- Fonseca, M. (2017). **AUDITORÍA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA**.
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control*. México DF: Alfaomega Grupo.
- Moubray, J. (1997). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* (Segunda ed.). Leicestershire: Aladon Ltd.
- myLean. (25 de Enero de 2020). *Mylean.org*. Obtenido de <https://www.mylean.org/articulos/3613-articulosilm/939-200125-abad>
- Saarinen, K., & Sander, S. (2013). Identificación de la Mejor Estrategia de Mantenimiento para Plantas de Procesamiento Complejas. *ABB Review*, *II*(13), 64-69.

Suzuki, T. (1996). *TPM en Industrias de Proceso*. Portland: JIPM (Japanese Institute of Plant Maintenance).

Villaseñor, A., & Galindo, E. (2009). *Manual de Lean Manufacturing* (Segunda ed.). México DF: Limusa.

## 14 ANEXOS

### Metodología de Ejecución de Diagnósticos de Mantenimiento Listado de entregables para cada elemento evaluado

--	--

NIVELES DE CLASIFICACIÓN	
Entre 80 y 100	Mantenimiento CLASE MUNDIAL
Entre 60 y 80	Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD
Entre 20 y 60	Mantenimiento PROACTIVO
Entre 10 y 20	Mantenimiento PLANEADO
Entre 0 y 10	Mantenimiento REACTIVO

Puntaje Diagnóstico
1.00 = Efectivamente implementado en todas las operaciones
0.75 = Efectivamente implementado en la mayoría de las operaciones / Proceso en consolidación en toda las operaciones.
0.50 = Efectivamente implementado en algunas de las operaciones / Proceso iniciando implementación en todas las operaciones.
0.25 = Efectivamente implementado en solo una operación / Proceso en definición en todas las operaciones.
0.00 = No implementado

1	ESTRATEGIA CORPORATIVA	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Validado	Total Puntaje Ponderado Validado
1.1	Estrategia Corporativa de O&M (Gestión de Activos)	4	X	0,00	0,00
1.2	<i>Plan Estratégico de Mantenimiento.</i> Plan de mejoramiento a largo plazo	3	X	0,00	0,00
1.3	Plan de mantenimiento a un año	2	X	0,00	0,00
1.4	Plan de mejoramiento de mantenimientos preventivos	1	X	0,00	0,00
1.5	Mantenimiento reactivo	0	X	0,00	0,00
	Sub - Total	10		0,00	0,00

2	ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIÓN	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
2.1	<i>Mejoramiento de procesos en la organización.</i> Organización de alto desempeño	4	X	0,00	0,00
2.2	<i>Desarrollo de Contratistas.</i> <i>Políticas inventario y compras de repuestos.</i> <i>Administración y organización de Mto integrada con proveedores de bienes y servicios externos</i>	3	X	0,00	0,00
2.3	<i>Sistema CMMS</i> Estructura organizacional de mantto integrada con logística, financiera, recursos humanos, CEMA etc	2	X	0,00	0,00
2.4	Mtto organizado como respuesta a la necesidad operativa de un proceso productivo principal	1	X	0,00	0,00
2.5	Organización y administración funcional	0	X	0,00	0,00
	Sub- Total	10		0,00	0,00

3	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
3.1	Ingeniería de Mtto y planeación de largo plazo	4	X	0,00	0,00
3.2	<i>Planificación rutinas Mtto y administración de paradas mayores. Buena planeación de trabajos, programación y soporte de Ingeniería de Mtto</i>	3	X	0,00	0,00
3.3	<i>Priorización de Actividades.</i> Grupo de planeación e ingeniería de mantenimiento establecidos formalmente	2	X	0,00	0,00
3.4	<i>Ordenes de Trabajo. Plan Semanal de Mtto. Soporte para detección de fallas y programación elemental.</i>	1	X	0,00	0,00
3.5	<i>Programación Diaria.</i> No hay planeación, la programación es elemental y no existe ingeniería de mantenimiento	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub - total</b>	<b>10</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

5	MEDIDAS DE DESEMPEÑO	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
5.1	<i>Indicadores de gestion. (Balanced Scorecard)</i> Cálculo de eficiencia de equipos y de planta. Benchmarking y costos de paradas imprevistas.	4	X	0,00	0,00
5.2	<i>Indicadores de Mantenimiento.</i> MTBF/MTTR, disponibilidad y confiabilidad, costos de mantenimiento disponibles	1	X	0,00	0,00
5.3	<i>Reporte de Costos de Mtto. Reporte de Pérdidas de Producción. Tiempos de parada con modo, causa y elementos de falla. Costos de mantenimiento disponibles</i>	1	X	0,00	0,00
5.4	<i>Reporte Mensual de Mtto. Estructura de Costos de Mtto. Algunos registros de falla y costos de mantenimiento segregados</i>	1	X	0,00	0,00
5.5	Ninguna aproximación sistemática de costos de mantto y falla de equipos	3	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

6	TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y SU USO	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
6.1	Base de datos totalmente integradas	4	X	0,00	0,00
6.2	<i>CMMS y Sistemas de Manejo de Información</i> CMMS convencional ligado al área financiera y materiales	3	X	0,00	0,00
6.3	CMMS convencional no ligado a otros paquetes, operando y produciendo resultados	2	X	0,00	0,00
6.4	<i>Listado de Partes.</i> Algunos programas y registro de repuestos.	1	X	0,00	0,00
6.5	Manual y registro por requerimiento	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

7	EQUIPOS DE MEJORAMIENTO CONTINUO	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
7.1	<i>Equipos de trabajo de alto desempeño.</i> Equipos de trabajo autónomos.	4	X	0,00	0,00
7.2	<i>Equipos de Trabajo por Proceso.</i> Equipos de mejoramiento continuo, formalmente creados y funcionando	3	X	0,00	0,00
7.3	Comités de mejoramiento por requerimiento	2	X	0,00	0,00
7.4	Algunas reuniones de mejoramiento en seguridad	1	X	0,00	0,00
7.5	Solo reuniones con el personal para tocar temas laborales o sociales	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

8	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
8.1	<i>Optimización de Equipos.</i> <i>Ciclo de Vida de Activos.</i> Programa total de confiabilidad.	4	X	0,00	0,00
8.2	<i>Análisis Probabilístico de Fallas.</i> Modelamiento de Confiabilidad	3	X	0,00	0,00
8.3	<i>Herramienta de análisis problemas RCA y FMEA</i> Buenas bases de datos de falla en uso y utilización de RCA y FMEA	2	X	0,00	0,00
8.4	<i>Histórico de Fallas de Equipos.</i> Registro de fallas poco usado	1	X	0,00	0,00
8.5	No existe registro de fallas estructurados	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

9	ANÁLISIS DE PROCESOS	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
9.1	Revisión regular de los procesos de costo, tiempo, y calidad, bajo NORMA PAS-55	4	X	0,00	0,00
9.2	<i>Auditorías Gestión de Mantenimiento.</i> <i>Algunas revisiones de procesos administrativos de Mtto</i>	3	X	0,00	0,00
9.3	Revisiones periódicas de procesos o procedimientos técnicos y documentación de los procesos administrativos	2	X	0,00	0,00
9.4	Procesos técnicos (procedimiento revisados por lo menos una vez)	1	X	0,00	0,00
9.5	Procedimientos técnicos y procesos administrativos de Mtto no documentados y nunca revisados	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

10	INFORMACIÓN SOBRE INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES	Puntaje Máximo	Evaluado (X)	Puntaje Ponderado Autoevaluación	Puntaje Ponderado Validado
10.1	Fuente única de información con toda la infraestructura de equipos, componentes jerarquizada para realizar la gestión de mantenimiento	4	X	0,00	0,00
10.2	Infraestructura de equipos y componentes estandarizadas en las diferentes bases de datos con los cuales se realiza la gestión de Mtto	3	X	0,00	0,00
10.3	<i>Especificación de equipos.</i> Infraestructura jerarquizada y clasificada de manera que permita realizar gestión administrativa y técnica	2	X	0,00	0,00
10.4	<i>Codificación de equipos.</i> <i>Equipos Críticos y Planes de Contingencia.</i> Se dispone de infraestructura de equipos y componentes debidamente estructurada en algún medio magnético.	1	X	0,00	0,00
10.5	No existe ningún registro de la infraestructura de equipos y componentes	0	X	0,00	0,00
	<b>Sub-total</b>	<b>10</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>