

**Propuesta de Mejora para la Gestión del Mantenimiento de los  
Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica en las Instalaciones de La  
Refinería de Cartagena S.A.S. bajo la filosofía Lean Manufacturing y sus  
herramientas TPM**



Maira Luz Álvarez Anaya, Luis Gabriel Duncan Watts  
Mayo 2023.

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería Industrial.

**Propuesta de Mejora para la Gestión del Mantenimiento de los  
Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica en las Instalaciones de La  
Refinería de Cartagena S.A.S. bajo la filosofía Lean Manufacturing y sus  
herramientas TPM**

Maira Luz Álvarez Anaya, Luis Gabriel Duncan Watts  
Mayo 2023.

Proyecto para optar al título de Ingeniero Industrial

Tutor,

Universidad Antonio Nariño.  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería Industrial.

## Tabla de contenido

1.	Introducción.....	9
2.	Descripción del problema.....	11
3.	Objetivos.....	13
3.1.	Objetivo General .....	13
3.2.	Objetivos Específicos .....	13
4.	Justificación .....	14
5.	Marco de Referencia.....	15
5.1.	Antecedentes .....	15
5.1.1.	Antecedentes investigativos a nivel internacional .....	15
5.1.2.	Antecedentes investigativos a nivel Nacional.....	17
5.1.3.	Antecedentes investigativos a nivel local .....	19
5.2.	Marco Teórico .....	22
5.2.1.	Mantenimiento .....	22
5.2.2.	Gestión del mantenimiento .....	23
5.2.3.	Lean Manufacturing.....	24
5.2.4.	Herramientas .....	26
5.3.	Marco Conceptual .....	30
5.4.	Marco Geográfico .....	31
5.5.	Marco Legal .....	32
6.	Diseño Metodológico .....	33
6.1.	Tipo de investigación .....	33
6.2.	Enfoque .....	33
6.3.	Fuentes de investigación .....	33
6.3.1.	Fuentes primarias .....	33

6.3.2.	Fuentes secundarias .....	34
6.4.	Variables de medición.....	34
6.4.1.	Variables dependientes .....	34
6.4.2.	Variables independientes .....	34
6.5.	Recolección y análisis de datos.....	34
6.6.	Unidad de estudio o muestra.....	35
6.7.	Fases y actividades metodológicas.....	35
7.	Resultados.....	37
7.1.	Análisis de la situación actual .....	37
7.1.1.	Descripción de las etapas del proceso de gestión de mantenimiento en Demca .....	37
7.1.2.	Análisis de datos históricos.....	39
7.1.3.	Análisis FODA .....	45
7.1.4.	Diagnostico 5S .....	46
7.2.	Identificación de factores que impactan la productividad (Desperdicios) .....	48
7.3.	Plan de mejoramiento basado en TPM Y 5S.....	51
7.4.	Propuesta 5S.....	53
7.5.	Seguimiento de indicadores .....	56
8.	Conclusiones.....	57
9.	Recomendaciones .....	58
10.	Referencias .....	59

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Acciones para la mejora del mantenimiento propuestas .....	20
<b>Tabla 2.</b> Caracterización de las etapas del proceso 5S. ....	27
<b>Tabla 3.</b> Marco legal de la investigación .....	32
<b>Tabla 4.</b> Fases y actividades metodológicas .....	35
<b>Tabla 5.</b> Departamentos de la Refinería de Cartagena .....	39
<b>Tabla 6.</b> Diagnostico 5S.....	48
<b>Tabla 7.</b> Identificación de desperdicios en las etapas del proceso.....	49
<b>Tabla 8.</b> Acciones para el plan de mejoramiento.....	52
<b>Tabla 9.</b> Acciones para la implementación de 5S.....	54
<b>Tabla 10.</b> Indicadores de seguimiento .....	56

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Tipos de mantenimiento.....	22
<b>Figura 2.</b> Componentes de una organización .....	24
<b>Figura 3.</b> Principios Lean .....	25
<b>Figura 4.</b> Desperdicios.....	26
<b>Figura 5.</b> Departamentos que encierra el TPM.....	28
<b>Figura 6.</b> Fases Metodológicas de la investigación.....	36
<b>Figura 7.</b> Etapas de la gestión del mantenimiento en Demca.....	38
<b>Figura 8.</b> Causas de no ejecución de mantenimientos en el mes de junio.....	40
<b>Figura 9.</b> Causas de pérdida de productividad de mantenimientos en el mes de julio.....	41
<b>Figura 10.</b> Causas de no ejecución de actividades en agosto .....	42
<b>Figura 11.</b> Consolidado de causas de no ejecución de actividades en septiembre ..	42
<b>Figura 12.</b> Causas de no entrega de equipos mes de octubre .....	43
<b>Figura 13.</b> Causas de no ejecución de actividades en el mes de noviembre .....	44
<b>Figura 14.</b> Resumen % cumplimiento vs programado .....	44
<b>Figura 15.</b> Análisis FODA.....	45
<b>Figura 16.</b> Bodega de almacenamiento de materiales .....	47
<b>Figura 17.</b> Plan de mejoramiento.....	53

## **Resumen**

En el presente trabajo de grado se llevó a cabo una propuesta de mejora para la gestión del mantenimiento de los sistemas de distribución de energía eléctrica en las instalaciones de la Refinería de Cartagena S.A.S. bajo la filosofía Lean Manufacturing y sus herramientas TPM. Para lo cual, primeramente, se realizó un análisis de la situación actual de la empresa usando la herramienta FODA y el estudio de datos históricos en los cuales se detectó que la empresa presentaba un cumplimiento promedio de actividades programas del 86 % en el periodo Evaluado. También se aplicó un diagnostico 5S que evidencio la importancia de su aplicación para mantener la seguridad, limpieza y orden en las áreas de trabajo de la empresa.

Posteriormente se identificaron los desperdicios que de acuerdo con Lean estuvieron asociados a inventarios, tiempo de espera, movimientos incensarios y transporte. Y, para su eliminación se propuso un plan de mejoramiento integrado por las actividades a implementar con sus respectivos responsables en las etapas de requerimiento, compra, logística y transporte y ejecución de mantenimientos.

También, se estableció una propuesta 5S para su puesta en marcha en las áreas y etapas de gestión priorizando las bodegas y carpa taller. Por último, establecieron 5 indicadores de seguimiento para evaluar la eficiencia del plan de mejoramiento propuesto en un lazo de tiempo de un año.

***Palabras claves:*** TPM, Lean Manufacturing, 5S, desperdicios, plan de mejora

## **Abstract**

In the present degree work, an improvement proposal was carried out for the management of the maintenance of the electrical energy distribution systems in the facilities of the Refinería de Cartagena S.A.S. under the Lean Manufacturing philosophy and its TPM tools. For which, first, an analysis of the current situation of the company was carried out using the FODA tool and the study of historical data in which it was detected that the company had an average compliance with program activities of 86% in the Evaluated period. A 5S diagnosis was also applied, which evidenced the importance of its application to maintain safety, cleanliness and order in the company's work areas.

Subsequently, the waste that, according to Lean, was associated with inventories, waiting time, censer movements, and transportation, was identified. And, for its elimination, an improvement plan integrated by the activities to be implemented with their respective managers in the stages of requirement, purchase, logistics and transportation and execution of maintenance was proposed.

Also, a 5S proposal was established for its implementation in the areas and management stages, prioritizing the warehouses and workshop tent. Finally, they established 5 follow-up indicators to evaluate the efficiency of the proposed improvement plan in a time frame of one year.

**Keywords:** TPM, Lean Manufacturing, 5S, waste, improvement plan

## 1. Introducción

Demca es una empresa colombiana fundada en el año 2009, que ofrece soluciones en las especialidades de ingeniería eléctrica y automatización de procesos industriales del sector naval, industrial, comercial y residencial. Teniendo como base de gestión el servicio integral en asesorías, consultorías, diseños, montajes, ensambles de tableros eléctricos y el suministro de materiales (Demca, 2022).

Entre las organizaciones a las cuales esta empresa ofrece su portafolio de servicios se encuentra la Refinería de Cartagena en la cual se encuentra realizando actividades y operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema de distribución de energía eléctrica según los requerimientos de esta.

Los sistemas de distribución incluyen todos los elementos de transporte de energía eléctrica comprendidos entre las subestaciones primarias, hasta el usuario. Estos permiten energizar en forma segura y confiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de tensión, ubicados generalmente en diferentes lugares (Gonzales et al., 2015); (Cañar, 2007);(Ordoñez & Nieto, 2010).

El mantenimiento produce un bien real, que puede resumirse en capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad (Ordoñez & Nieto, 2010). Para la gestión de un mantenimiento (GM) efectivo se requiere la planificación y ejecución adecuada de las tareas destinadas al cumplimiento de los indicadores de productividad establecidos por las partes interesadas.

Bajo esta premisa, se destaca una metodología de gestión de gran potencial como es Lean Manufacturing la cual está compuesta por una serie de principios y herramientas que bien aplicados contribuyen a la optimización de los procesos organizacionales y la mejora continua, eliminando puntualmente aquellos elementos que no generan valor permitiendo a las organizaciones obtener un desempeño óptimo, que resulta en mayores niveles de productividad y una mejor respuesta a su grupo de interés (Martinez & Prado, 2021).

El objetivo principal en el mantenimiento de sistemas eléctricos es mantener la disponibilidad de los equipos por lo cual es prioritario reducir la cantidad de fallas repentinas en el sistema manteniendo un nivel óptimo de calidad y costo (Adame & Delgado, 2008).

Dicho esto, en el presente proyecto se propone la aplicación de los principios de Lean Manufacturing para la mejora de los procesos y actividades asociadas a la gestión del mantenimiento de los sistemas de distribución de energía eléctrica que realiza Demca en las instalaciones de la Refinería de Cartagena.

Para lo cual, inicialmente se llevará a cabo el estudio de la situación actual a través del uso de herramientas diagnóstico, del análisis documental de los datos históricos asociados a la planificación, programación y ejecución de mantenimientos realizados por la empresa. Seguido de una revisión bibliográfica para la obtención etapas, herramientas y técnicas Lean implementadas en otras organizaciones para la optimización de sus procesos y/o procedimientos. Para finalmente basado en los principios de Lean Manufacturing proponer un plan de mejora que optimicen la gestión del mantenimiento y den cumplimiento a los indicadores de productividad de Demca.

## **2. Descripción del problema**

Indistintamente del tipo de industrias o actividad económica que realicen, las organizaciones tienen un desafío constante de actualizar y mejorar de manera continua de procesos, herramientas, técnicas, tecnologías, métodos y de más factores que garanticen su sostenibilidad, competitividad, crecimiento y generación de ingresos.

La optimización por medio de estrategias de mejora continua les permite a las empresas eliminar excesos o desperdicios presentes en sus procesos productivos, como pueden ser tiempos ociosos y despilfarro de recursos. Los cuales son generados por diferentes aspectos como desorden, inadecuado flujo de operaciones y herramientas de gestión en general inadecuadas para los intereses de la organización específica (Martínez, 2021).

### **2.1. Planteamiento del problema**

Las instalaciones, aparatos y equipos eléctricos tienen habitualmente incorporados diversos sistemas de protección contra los riesgos producidos por la corriente. Pero, aunque estos sistemas sean perfectos, no son suficiente para una protección total del trabajador. En todo accidente intervienen factores técnicos, humanos y organizativos. Este último está relacionado con tipo de organización y métodos de trabajo aplicados (Ordoñez & Nieto, 2010).

Ahora bien, si no se establece el correcto sistema de control, planificación de actividades, requisitos de personal, documentación y recursos, gestión y dirección del proceso, la empresa se vuelve ineficiente, compromete el logro sus objetivos, genera baja satisfacción de clientes y se afecta su competitividad en el mercado (Martínez, 2021).

Actualmente la gestión de mantenimiento que realiza Demca presenta una serie de falencias que comprometen su productividad, como son demoras en el desarrollo de las actividades programadas, deficiencias en la gestión de inventario, incumplimiento de contrato e indicadores fuera de los valores deseados.

De acuerdo a la evolución de desempeño realizada semanalmente por la empresa en los últimos meses, se ha evidenciado que el porcentaje asociado al cumplimiento de indicadores de productividad se ha mantenido entre el 84% y 88%. Encontrándose por debajo del valor de referencia acordado por las partes interesadas, el cual debería ser del 95%.

Los anteriores síntomas, confirman la pertinencia de aplicar los principios de la metodología Lean Manufacturing en la gestión los procesos y/o procedimientos llevados a cabo por Demca en el mantenimiento de los sistemas de distribución eléctrica de la Refinería de Cartagena. A fin de, optimizar su productividad, garantizar la satisfacción de clientes, operación óptima de equipos, mantener la seguridad del personal y obtener el máximo aprovechamiento de recursos a través de una correcta administración del capital humano y las funciones que se deben desarrollar.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Diseñar una propuesta de mejora para la gestión del mantenimiento de los sistemas de distribución de energía eléctrica en las instalaciones de la Refinería de Cartagena S.A.S. bajo la filosofía Lean Manufacturing para su optimización.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Identificar la situación actual de la gestión del mantenimiento realizado por Demca a partir de herramientas diagnósticos y análisis documental.
- ✓ Analizar los desperdicios que impactan la productividad del servicio de mantenimiento para el diseño de la propuesta de mejora.
- ✓ Realizar un plan de mejoramiento basado en TPM y 5S que dé solución a las deficiencias detectadas y optimice la gestión de del mantenimiento realizado por Demca.

#### **4. Justificación**

La creciente demanda de productos y servicios de óptima calidad, ha causado que las empresas y organizaciones investiguen sobre herramientas y métodos, nuevos o ya existentes, para obtener mejores desempeños, incrementado por la tendencia a la globalización de las industrias (Ricaurte, 2014).

Bajo esta premisa, en el presente proyecto se considera importante aplicar los principios de la filosofía Lean a la gestión del mantenimiento que realiza la empresa Demca. Dado que, esta les permite a las organizaciones eliminar características que no generan valor de sus servicios y productos para aumentar la eficiencia procesos, productividad, reducir costos entre otros beneficios que permiten la optimización de los mismo.

Ahora bien, con el paso de los años, los empresarios han entendido la importancia que tiene el correcto funcionamiento de los equipos que participan en los sistemas de producción con respecto a las ganancias de sus organizaciones. Por tal motivo invierten parte de sus recursos para mejorar su área de mantenimiento contratando personal altamente calificado que planifique actividades de prevención y detección de fallas que les permita garantizar la operación óptima de su proceso de producción facilitando con esto, el éxito del sistema de gestión y evitando pérdidas en materias primas y paradas de producción (Olarte & Botero, 2010). por ende, al gestionar los procesos de forma efectiva en torno a la gestión del mantenimiento aseguran la operabilidad de la Refinería y evita perdidas para ambas empresas la empresa.

Por otra parte, al tratarse del sistema de distribución de energía eléctrica, los mantenimientos tanto preventivos como correctivos además de las ventajas anteriores mantienen la seguridad del personal como uno de los activos más importantes de una organización. Dada la naturaleza de la corriente eléctrica y sus efectos muchas veces mortales, la constituyen como una fuente de tal magnitud que no se deben escatimar esfuerzos para lograr las máximas prevenciones contra los riesgos eléctricos (Ordoñez & Nieto, 2010).

Finalmente, la realización de este trabajo de investigación permite mejorar los indicadores de gestión como tiempo, costo y satisfacción de los clientes. Además, se espera que los autores obtengan lecciones aprendidas que fortalezcan los conocimientos de la mejora

continua en los procesos de cualquier industria además de la experiencia adquirida en la aplicación de la Filosofía Lean.

## **5. Marco de Referencia**

### **5.1. Antecedentes**

En la presente sección se establecer aquellos aportes realizados por autores a nivel internacional, nacional y local que se consideraron de utilidad para establecer y aplicar la Metodología Lean en el mejoramiento de mantenimientos que optimicen la productividad de la empresa.

#### **5.1.1. Antecedentes investigativos a nivel internacional**

1. Anette Jessica Adame Guerrero & Marlene Elizabeth Delgado Hernández, (abril de 2008), “Mantenimiento en sistemas eléctricos de distribución”, México. **Objetivo:** Brindar una guía de apoyo para las personas que están a cargo de la realización de actividades relacionadas con el mantenimiento de equipo eléctrico, desde su distribución hasta el usuario a nivel industrial o residencial. **Aspectos metodológicos:** Los autores aplicaron una investigación de tipo descriptiva. **Resultados:** La guía inicio con la descripción del mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y la definición de periodicidad. Seguidamente, se destacó la importancia de la seguridad en estas labores en las cuales se tiene en cuenta los equipos, procedimientos, tipo de trabajos, intensidades peligrosas y no peligrosas, impedancia del cuerpo humano, recorrido de la corriente a través del cuerpo, entre otras. Finalmente, se mencionan el tipo de pruebas y la forma en la que estas se deben realizar en los equipos que intervienen en los sistemas de distribución. Finalmente, se establecieron los periodos de tiempos recomendados para la realización de mantenimiento en los principales elementos del sistema y se mencionaron las condiciones importantes para mantener las condiciones de funcionamiento optimas en los mismos.

**Conclusiones:** Los equipo en óptimas condiciones de operación, aseguran la confiabilidad del servicio, brindando al usuario un beneficio con calidad. Además, es primordial mantener una continuidad en el suministro de energía eléctrica, por lo que se entiende la importancia en el mantenimiento (Adame & Delgado, 2008).

2. Jazmín Vargas Ríos & Jorge Luis García Rodríguez, (septiembre de 2021), “Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento basado en Lean Manufacturing para una empresa de conversión de papel y cartón”, Lima-Perú. **Objetivo:** elevar el nivel del servicio al cliente interno y brindar una ventaja competitiva a la organización. **Aspectos metodológicos:** Se implementó Lean Manufacturing, la cual previamente fue analizada a través de la matriz PHP y se comparó frente a la metodología Lean Six Sigma **Resultados:** En el diagnóstico la situación actual de la organización en la cual se comprobaron las deficiencias en el mantenimiento relacionadas con la subutilización de materiales, recursos humanos, maquinaria y económicos. Después de aplicada la metodología mencionada se lograron reducir los costos de mantenimiento correctivo, incrementar la productividad, elevar el nivel de disponibilidad operativa. Siendo viable, para la mejora de procesos en la empresa **Conclusiones:** En la fase de estudio, el proyecto de mejora fue viable, con la implementación de la metodología del Lean Manufacturing se rompió el Ciclo Vicioso de Mantenimiento y se volvió un Ciclo Virtuoso de Mantenimiento(Vargas & García, 2022).
  
3. Melissa Katherine Gamarra Roque, (2021), “Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de la bomba pistón-diafragma en empresa del rubro minero basado en la metodología RCM”, Arequipa-Perú. **Objetivo:** determinar en qué manera la mejora la gestión de mantenimiento por medio de la aplicación de la metodología RCM aumentara la disponibilidad de equipos en el área de bombeo de relave. **Aspectos metodológicos:** La investigación fue cuantitativa no experimental y se aplicó la metodología en mención a través de análisis estadísticos de datos registrados en el área de mantenimiento. **Resultados:** Se detectaron las fallas que ocasionaban la baja disponibilidad de los equipos de bombeo que a su vez afectaba la producción continua de la planta con la finalidad de eliminarlas. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad permitió optimizar el proceso de la empresa, fortaleciendo la ingeniería de mantenimiento por medio de equipos técnicos mejorando diseños, compras, ventas e instalaciones. Logrando la reducción en los tiempos de parada no programada del equipo, mejoras en la logística y gestión de la empresa.

**Conclusiones:** Se concluye que un análisis de las fallas y la implementación de un plan de mantenimiento reducen los costos en el equipo y aumenta la producción (Gamarra, 2021).

El anterior estudio proporciona la posibilidad de aplicar otra herramienta de mejora para la gestión propiamente de mantenimientos que podría ser de utilidad para el desarrollo de la investigación en Demca.

### **5.1.2. Antecedentes investigativos a nivel Nacional**

Si bien, a nivel nacional no se encontraron estudios de mejoramiento principalmente en mantenimientos de sistemas eléctrico. Se destacan alguno de los estudios en los cuales se aplicó la metodología Lean, lo cuales también son de utilidad para el desarrollo del actual proyecto.

1. Paola Juliana Uscátegui Cristancho, (2014), “Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad y proyectos en la empresa Petrosantander Colombia (INC)”, Bucaramanga-Colombia. **Objetivo:** diseñar una propuesta que permita el mejoramiento de las actividades diarias del departamento y una controlada y efectiva ejecución de las actividades que sean programadas, para dar cumplimiento al plan diseñado, garantizando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. **Aspectos metodológicos:** El estudio tomó como guía la norma ISO 14224 apoyado en un software de mantenimientos MP9 como herramienta de gestión. **Resultados:** Se obtuvo un plan que contempló la documentación de equipos, organización y programación de trabajos de mantenimiento, planes de mantenimiento rutinario y establecimiento de indicadores de gestión para el seguimiento y control del mismo. Los indicadores de gestión que se establecieron para el monitoreo y control del plan propuesto estuvieron asociados a la disponibilidad, confiabilidad, tiempo medio entre falla, y tiempo medio para reparación. Finalmente, el autor consideró importante mantener los procedimientos de mantenimiento para cada equipo, enfocando los esfuerzos en actividades que demanden más tiempo como los análisis, corrección y medidas para evitar la ocurrencia de fallas **Conclusiones:**

La estrategia de mantenimiento expuesta en este proyecto está orientada principalmente a la eliminación o anticipación de todas las fallas no deseadas para los equipos mayores de compresión (Uscátegui, 2014).

El anterior trabajo proporciona aspectos claves a considerar en la realización en un plan de mantenimientos además de proporcionar los indicadores que se deberían tener en cuenta para su monitoreo y control en la misma industria en la que se realiza el proyecto de actual.

2. Jhindy Nathali Rivera Robayo, (2012), “Análisis y mejoramiento del proceso de mantenimiento proactivo centrado en las áreas-GRB-Ecopetrol S.A”, Bucaramanga- Colombia. **Objetivo:** Cumplir con los lineamientos de excelencia operacional específicamente en el taller de mecánica de campo. **Aspectos Metodológicos:** adoptaron las metodologías de TPM Y RCM. **Resultados:** El objetivo propuesto se alcanzó en tres etapas. En la etapa uno, se realizó la identificación, seguimiento y control de las actividades improductivas y reprocesos que dieran lugar a un plan de mejora para la reducción de las mismas que se consolidó como la etapa 2. Además de esto, en la etapa 3, se estableció e implemento y evaluó un plan para el mejoramiento de la confiabilidad operacional que relacionó el ambiente, seguridad y tiempos de reparación, a partir de estrategias que permitieran la motivación y concientización de trabajadores. Estas incluyeron actividades para un puesto de trabajo limpio, sano y seguro. **Conclusiones:** Las estrategias propuestas lograron la reducción de actividades improductivas y reprocesos que afectaban la eficiencia del mantenimiento en el área de estudio (Rivera, 2012).

El anterior proyecto se acerca a la industria y a la empresa de principal interés en el desarrollo de la investigación en curso. Proporcionando una mejor visión de la importancia que tiene para la refinería de Cartagena la mejora continua de sus procesos y actividades productivas.

3. Diana Patricia Daza Montoya, (2021), “Diseño de una propuesta para mejorar el proceso productivo en la empresa manufacturas para Cereales S.A mediante herramientas lean manufacturing”, Bogotá- Colombia. **Objetivo:** Diseñar una

propuesta de mejoramiento aplicando herramientas Lean en la línea hojuelas de maíz azucaradas en la empresa. **Aspectos metodológicos:** Se aplicó diseño de investigación de campo y documental usando la metodología en mención y otras herramientas como SIPOC, *Analytic Hierarchy Process (AHP)* y *Value Stream Mapping (VSM)* **Resultados:** las herramientas que permitieron una mejora en el proceso fueron: TPM, control visual y AMEF. Mediante un VSM futuro y la contribución de las herramientas antes mencionadas, se generó la propuesta teórica para la aplicación de herramientas Lean en la línea hojuelas de maíz azucaradas identificando mejoras en las esperas y defectos, al reducir el takt time en un 37 % y el tiempo de procesamiento en un 48.8 % mejorando significativamente el sistema productivo. **Conclusiones:** Establecer métodos de medición en los procesos es la mejor forma de identificar oportunidades de mejora, razón por la cual los indicadores de gestión son una excelente alternativa para tal fin (Daza, 2021).

### 5.1.3. Antecedentes investigativos a nivel local

1. Amparo Chapuel Tello, (2020), “Propuesta de mejoramiento de la productividad de un proceso Mixer empresa Gyplac S.A Mixer, utilizando la filosofía de Lean Manufacturing y sus herramientas TPM y 5’S”, Cartagena- Colombia. **Objetivo:** Realizar una propuesta de mejora a partir de la identificación de actividades que no agregaban valor, relacionadas con reprocesos, operaciones improductivas y problemas de orden y aseo al interior de la planta. **Aspectos metodológicos:** Aplicación de Lean Manufacturing, y sus herramientas TPM y 5’s. **Resultados:** el diagnóstico de las fallas ocurridas en la empresa en los equipos de fabricación de yeso cartón haciendo uso de la metodología TPM. Estas, que permitieron la caracterización de las actividades del proceso y la identificación de focos de mejora, para la optimización e implementación de estrategias. Por otra parte, el programa 5S, permitió la creación de estrategias necesarias para clasificar, ordenar, mantener la disciplina, hacer limpieza y estandarización en las actividades productivas de la empresa. Seguidamente, se elaboró la propuesta de mejoramiento TPM en el proceso y se propuso un programa 5S que dieron como resultado la posibilidad de obtener un porcentaje de mejora de 87 en mixer a

través del compromiso en cada una de las fases establecidas. Además, también se consideró un impacto positivo del proceso productivo, aumentando la eficiencia y mejorando la seguridad y salud de los colaboradores. Finalmente, el seguimiento de la propuesta y el programa propuesto se pudo realizar a través de indicadores de gestión **Conclusiones:** Las metodologías aplicadas, no solo brindan una mejora al aspecto físico de la empresa, sino que, además, hacen el proceso productivo más eficiente, mejorando la seguridad y salud de los colaboradores, eliminando factores de riesgo para ellos (Chapuel, 2020).

Dado el interés que representa el proyecto descrito para la realización del actual trabajo de investigación, en la Tabla 1, se presentan algunas de las acciones de mejoras de mantenimiento establecidas para las fallas identificadas aplicando la metodología TPM.

**Tabla 1.** Acciones para la mejora del mantenimiento propuestas

<b>N.º</b>	<b>Tipo de falla</b>	<b>Acción de mejora</b>
1	Fallos en los equipos principales	Aplicación de análisis de causa raíz.
2	Cambios y ajustes no programados	Capacitación para los operadores del área con el fin de ahorrar tiempo de espera en el cambio de turno.
3	Ocio y paradas menores	Aplicación de análisis de causa raíz.
4	Reducción de velocidad	Aplicación de análisis de causa raíz y tarjetas TPM.
5	Defectos en el proceso	Aplicación de análisis de causa raíz.
6	Pérdidas de arranque	-Estudio de la operación de cambio, -Separar las actividades internas y externas. -Convertir las actividades internas en externas. -Perfeccionar el proceso de tareas.

Nota: Elaboración propia a partir de (Chapuel, 2020).

2. Marta Carrillo et al. (agosto de 2019), “Lean Manufacturing: 5S y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia”, Cartagena- Colombia. **Objetivo:** establecer una propuesta de implementación de Lean Manufacturing por medio del uso de herramientas de producción esbelta y de confiabilidad de procesos, de modo que se promueva la

búsqueda del beneficio mutuo en el aprovechamiento de oportunidades de mejora y optimización de recursos y procesos. **Aspectos metodológicos:** tipo de investigación se presenta de manera descriptiva diseñado con base a las herramientas Lean como las cinco eses (5S) y herramientas de mantenimiento en confiabilidad a través de sus conceptos y del uso del software Weibull ++6 **Resultados:** Se comparó las mediciones del sistema actual versus el propuesto, el cual facilitó la operación, el manejo de las rutinas de trabajo, el ambiente físico de las instalaciones y elevó la motivación de todos en la empresa. **Conclusiones:** La empresa inicio el proceso de implementación de las 5S, logrando en las primeras 3S, para el área piloto escogida (lavado), un total de material eliminado de 37,1 kg; espacio despejado correspondiente a un 22 % del total del área intervenida.

3. Cristina Camargo Florez & Mayerlin Wong Aguirre, (2004), “Estudio de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) basado en el pilar de mantenimiento planificado en la empresa Syngenta para mejorar la gestión del mantenimiento”, Cartagena- Colombia. **Objetivo:** Introducir un sistema eficiente de mantenimiento productivo con participación activa de todo el personal de producción que permita mejorar la eficiencia alcanzada de forma continua. **Aspectos metodológicos:** Aplicación de TPM y Kaizen **Resultados:** El estudio a implementar se consolidó como un modelo flexible y que se puede adaptar a los cambios tecnológicos de la empresa. permitiendo la interacción, la capacitación y el autodesarrollo de todos los individuos involucrados en él. **Conclusiones:** Desde el punto de vista técnico, el personal es idóneo, cuenta con la información y documentación técnica requerida, está ordenada y se emplea. La tecnología de mantenimiento se podrá ir mejorando progresivamente en la medida que se realicen análisis y diagnósticos a partir del nuevo sistema de gestión de información sugerido (Camargo & Wong, 2004).

## 5.2. Marco Teórico

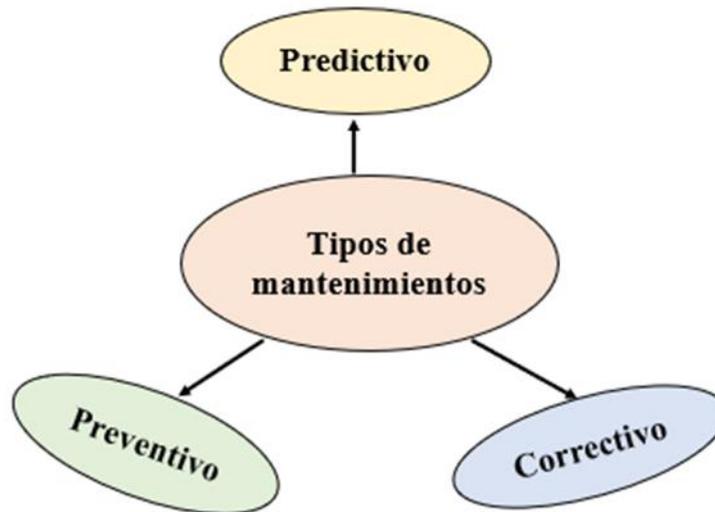
### 5.2.1. Mantenimiento

Mantenimiento es el conjunto de actividades cuyo objetivo es la conservación de los equipos e instalaciones en operación durante el mayor tiempo posible, buscando la máxima disponibilidad de los equipos y máximo rendimiento (Vargas & Garcia, 2022).

#### 5.2.1.1. Tipos de Mantenimiento

Usualmente los mantenimientos se clasifican en tres tipos, el predictivo, correctivo y preventivo, los cuales se representan de forma gráfica en la Figura 1 y seguidamente se describen algunas de sus características.

**Figura 1.** Tipos de mantenimiento



Nota: Elaborado por los autores

#### 5.2.1.1.1. Mantenimiento correctivo

Consiste en una intervención del equipo por una avería manifestada que puede producir el colapso del equipo, este es aplicado en gran parte de los equipos cuando no se tiene un plan de mantenimiento programado.

Se dice que este tipo de mantenimiento es un conjunto de acciones o tareas para poder corregir las falencias que se empiezan a evidenciar en los equipos y estos defectos deben ser comunicados rápidamente por el encargado del equipo al área de mantenimiento de la empresa (Gamarra, 2021).

#### **5.2.1.1.2. Mantenimiento preventivo**

La finalidad es mantener un determinado nivel de disponibilidad de los equipos, para esto se debe programar revisiones periódicas de los equipos y realizar a las correcciones respectivas, es decir de las fallas más comunes en el momento programado para evitar paradas del equipo.

#### **5.2.1.1.3. Mantenimiento predictivo**

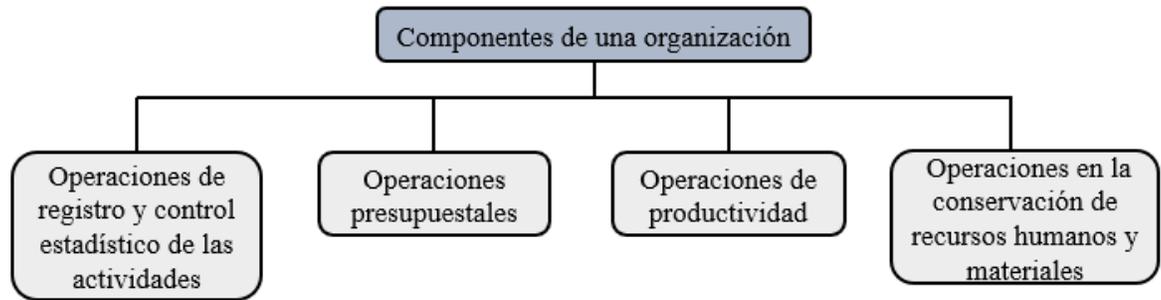
Este mantenimiento pretende conocer e informar constantemente el estado y operatividad de los equipos, con el monitoreo de los datos e información de las variables más representativas de operación. Para esto se debe identificar las variables físicas como temperatura, amperaje, vibración, etc. La variación de estos valores va a indicar el problema que puede tener el equipo (Gamarra, 2021).

### **5.2.2. Gestión del mantenimiento**

La gestión de mantenimiento se define como un conjunto sistemático de técnicas que, mediante la coordinación de cursos y estructuras organizacionales, busca la obtención de un objetivo definido. Esta gestión está alineada a los programas y directrices gerenciales de diferentes procesos estratégicos y de apoyo. Para el desarrollo de la gestión se han diseñado estrategias basadas en el cumplimiento de procesos y herramientas que garanticen la efectividad del proceso (Uscátegui, 2014).

El objetivo principal de la gestión es coordinar los medios sistemáticamente, para lograr un fin o fines comunes dentro de la organización. Así, el mantenimiento representa un organismo social que opera como cualquier empresa independiente que cuenta con los componentes que se representa de forma gráfica en la siguiente Figura 2.

**Figura 2.** Componentes de una organización



Nota: Elaborado por los autores a partir de (Uscátegui, 2014)

### **5.2.3. Lean Manufacturing**

Lean es una palabra inglesa aplicada a un sistema productivo significa “ágil, flexible”, es decir, con la capacidad de adaptarse a lo que el cliente necesita. El objetivo del sistema Lean es el de eliminar desperdicios y lo que no añade valor.

Además, busca inculcar una nueva cultura en los empleados, basado en la comunicación y el trabajo en equipo, por ello es primordial adaptar esta metodología a los diferentes ambientes y formas de trabajo. Cabe resaltar que la filosofía Lean no da nada por sentado, siempre existirán mejoras y se buscara nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica (Sirlupu, 2020).

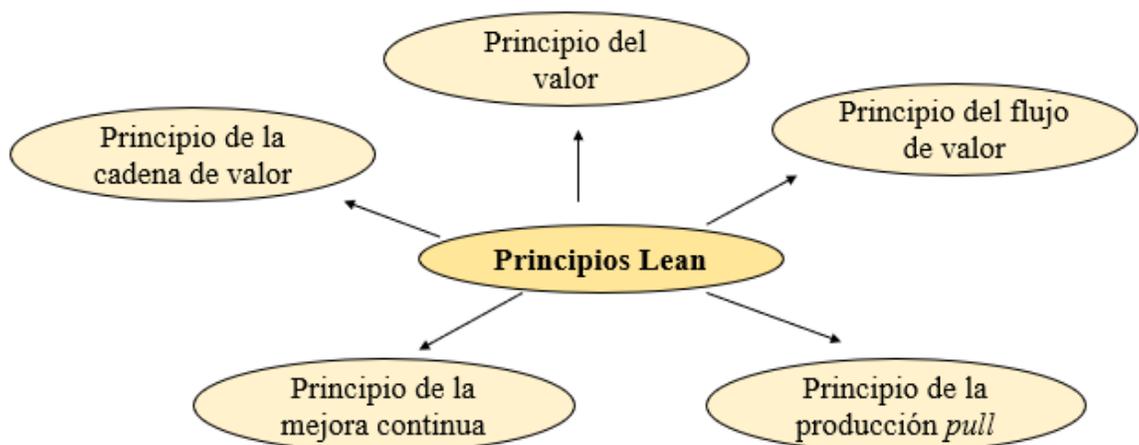
#### **5.2.3.1. Principios Lean**

Lean establece cinco principios (Ver Figura 3):

- ✓ El principio del flujo de valor, las organizaciones deben velar para que los productos como valor fluyan continuamente en el proceso. Los procesos deben estar desprovistos de colas y esperas, que son considerados como desperdicios.
- ✓ El principio de la cadena de valor, es la secuencia de actividades en lo que el producto gana valor durante el proceso, hasta llegar al cliente. Se considera como punto de partida para la identificación de tareas de mantenimiento y eliminación de desperdicios.

- ✓ El principio del valor, está encaminado a la definición de valor desde la perspectiva del cliente. De tal forma que se pueda conocer que desean, que están dispuesto a pagar, que características esperan los usuarios, entre otras.
- ✓ El principio *pull*, indica que el sistema de producción debe de entregar a los clientes los productos que necesitan en el instante exacto.
- ✓ Y por último el principio de mejora continua, este hace referencia a que los esfuerzos para lograr mejoras en un proceso nunca tienen un final. Entonces, para la empresa es imprescindible que el motor de avance sea la búsqueda de la mejora, para lo cual, se debe adoptar una disciplina permanente del mejoramiento (Mamani, 2018).

**Figura 3.** Principios Lean



Nota: Elaboración propia a partir de (Mamani, 2018).

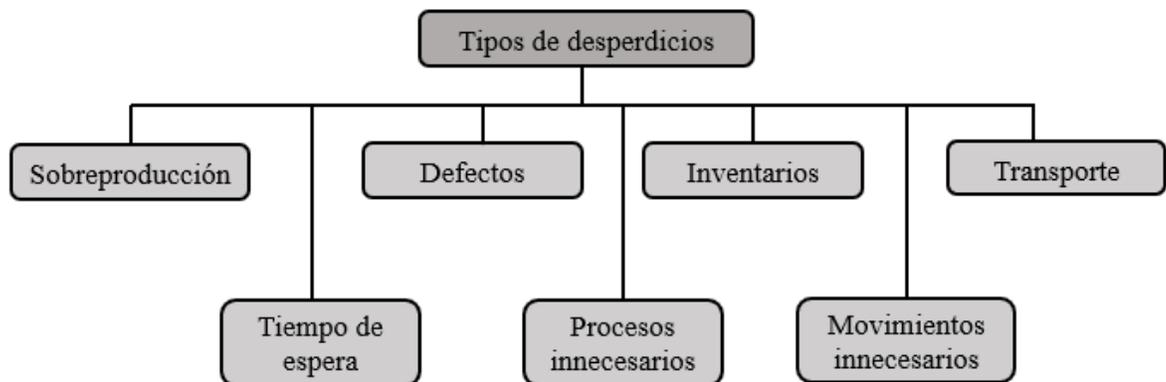
### 5.2.3.2. Desperdicios

Indistintamente del tipo de proceso o industria, la generación de desperdicios siempre está presente, en la Figura 4 se describen algunos de los más comunes, siendo estos:

- ✓ La sobreproducción, es el origen de los desperdicios y resulta principalmente de quienes toman las decisiones estratégicas y tácticas.
- ✓ El tiempo de espera se refiere al intervalo de tiempo de inactividad en el cual se encuentra una tarea que no debería ser interrumpida.
- ✓ Defectos, productos fuera de las especificaciones solicitados por clientes externos o internos.

- ✓ Los procesos innecesarios abarcan tareas a realizar por el esquema de los procesos ineficientes o por presencia de fallas.
- ✓ Inventarios, su perduración excesiva y prolongada no es favorable para la organización. Estos son el almacenamiento excesivo de materia prima, producto en proceso y producto terminado, lo que genera en un costo de almacenaje y manipulación, favorece la obsolescencia, los defectos, y sobre todo la percepción de poca capacidad.
- ✓ Los movimientos innecesarios ocasionalmente tienen poca efectividad el diseño de los puestos de trabajo, lo que obliga a los trabajadores a realizar esfuerzos innecesarios de las extremidades, exigiendo a tener que agacharse, estirarse forzosamente e inclinarse, de esta manera, genera un ambiente poco productivo y poniendo en riesgo la salud.
- ✓ Finalmente, el transporte se caracteriza por mover de un lugar a otro, el producto en proceso o bien el terminado. Inclusive, el desplazamiento de personas o herramientas. Durante este lapso de tiempo el producto no está siendo variado en características, de forma o de fondo, por ende, el cliente no estará dispuesto a pagar (Mamani, 2018).

**Figura 4.** Desperdicios



Nota: Elaborado por los autores a partir de (Mamani, 2018)

#### 5.2.4. Herramientas

Para lograr la eliminación de desperdicios es necesario emplear diversas herramientas como TPM, 5S, Ishikawa, SMED, Kaizen, Kanban, Jidoka, etc. Dada la temática de estudio en esta sección se mencionan las más importantes para su desarrollo.

### 5.2.4.1. Diagrama Ishikawa

El diagrama Ishikawa o de causa-efecto o de espina de pescado, es un método gráfico que relaciona el efecto de un problema con las causas que lo han generado, es importante usar este diagrama, pues obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema en análisis, evitando de esta manera buscar soluciones sin identificar las verdaderas causas. Esta herramienta utiliza un método común llamado 6M, que consiste en agrupar las causas potenciales en 6 ramas que empiezan con la letra “M”: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente (Sirlupu, 2020).

### 5.2.4.2. 5S

Es una técnica que deriva su nombre de las iniciales de un proceso lógico y por etapas cuyas palabras (en japonés) comienzan todas por la letra ese (s): Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke, que significan, respectivamente: 1) eliminar lo innecesario, 2) ordenar (cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa), 3) limpiar e inspeccionar, 4) estandarizar (fijar la norma de trabajo para respetarla) y, 5) disciplina (construir autodisciplina y forjar el hábito de comprometerse). La técnica se establece y desarrolla a través de 5 pasos, los cuales corresponden a una mecánica de invención japonesa que se refiere a 5 estados que llevan a la disciplina o mantenimiento de condiciones idóneas de trabajo. Las 5S, como técnica, también implica para su avance asignación de recursos, mejorar la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos (Carrillo et al., 2019). En la Tabla 5 se describe la caracterización de las etapas del proceso 5S.

**Tabla 2.** Caracterización de las etapas del proceso 5S.

<b>Denominación</b>	<b>Concepto</b>	<b>Objetivo</b>
Clasificación	Identificar y separar objetos innecesarios de aquellos necesarios	Eliminar del sitio de trabajo objetos obsoletos y con muy poca utilidad en el área de trabajo
Orden	Un lugar para cada cosa	Organizar el espacio de modo eficaz
Limpieza	Suprimir suciedad	Tener un sitio adecuado y limpio para laborar
Estandarización	Prevenir aparición de suciedad y desorden	Generar condiciones de estado estable
Disciplina	Mejora continua	Mantener y mejorar las condiciones

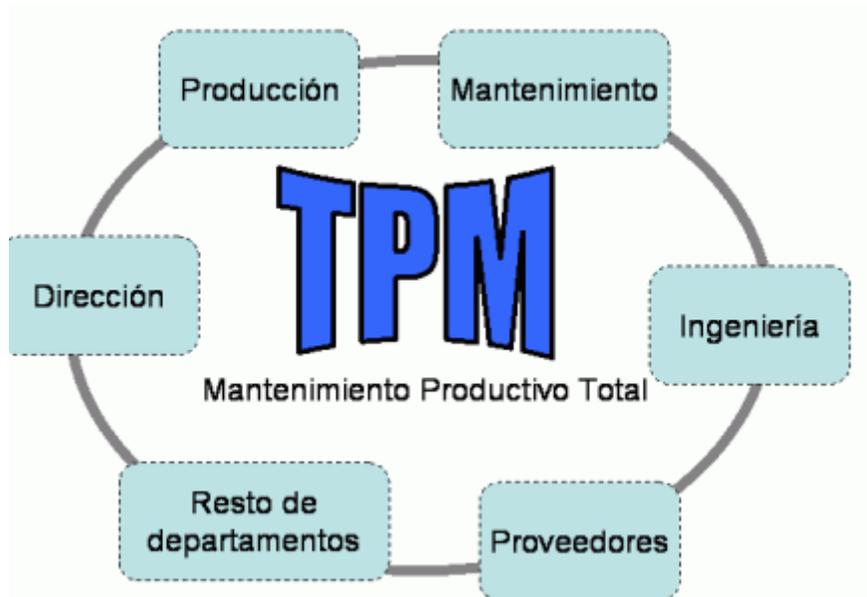
Nota: Elaborado por los autores a partir de (Carrillo et al., 2019)

### 5.2.4.3. TPM

El TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total) es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos. El TPM es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos (Ver Figura 5) y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos.

En contra del enfoque tradicional del mantenimiento, en el que unas personas se encargan de “producir” y otras de “reparar” cuando hay averías, el TPM aboga por la implicación continua de toda la plantilla en el cuidado, limpieza y mantenimiento preventivos, logrando de esta forma que no se lleguen a producir averías, accidentes o defectos.

**Figura 5.** Departamentos que encierra el TPM



Nota: Tomado de (Fernández, 2018)

#### **5.2.4.3.1. Características de TPM**

EL mantenimiento productivo total consiste en la implementación de todos los operarios en el mantenimiento. Pero no consiste solo en eso, sino que tiene otras series de objetivos significativos:

- ✓ Busca obtener el rendimiento más alto posible. Este se busca tanto en los equipos individuales, como el propio sistema.
- ✓ Busca obtener una mayor vida útil tanto en los equipos como en la instalación.
- ✓ Quiere obtener la implicación activa de todos los departamentos (ingeniería, producción, mantenimiento, entre otros).
- ✓ Promueve la mejora continua de los equipos con la finalidad de poseer una mayor rentabilidad.
- ✓ Debido al conocimiento del operario sobre la máquina, evita fallos y averías, así como una mala producción.
- ✓ Posee una mayor seguridad para el operario y para los equipos (Fernández, 2018).

### **5.3. Marco Conceptual**

**PARADA:** Interrupción ocasionada por fallas presentadas en las máquinas que conforman un proceso de producción (Olarde & Botero, 2010).

**Falla:** Deterioro o daño presentado en una de las piezas de una máquina el cual produce trastorno en su funcionamiento (Olarde & Botero, 2010).

**SCRAP:** En el contexto industrial, scrap refiere a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial. Por tanto, el scrap o residuo industrial posee un valor económico que genera gastos innecesarios y mala inversión del presupuesto de la empresa (Flores et al., 2020).

#### **5.4. Marco Geográfico**

El proyecto se lleva a cabo en la ciudad de Cartagena en el cual se sitúan las dos empresas de interés, Demca como organización encargada de la gestión del mantenimiento y la Refinería de Cartagena donde se llevan a cabo las actividades prácticas.

La Refinería de Cartagena está ubicada en la variante Mamonal Gambote, El Chorto, es el complejo industrial más grande del Caribe colombiano y la séptima empresa más grande del país. Es un ícono de la industria nacional, y un activo productivo valioso para la Nación, que introdujo a Colombia en la era de la refinación segura, moderna y de última tecnología.

En la actualidad es un complejo industrial de refinación compuesto por 34 unidades, con un área de 140 hectáreas, el mismo espacio que ocuparían 280 canchas de fútbol juntas, el cual aprovecha mejor los crudos de producción nacional al igual que los internacionales para transformarlos en productos limpios y eficientes (Reficar, 2022).

## 5.5. Marco Legal

En la siguiente Tabla 3, se describen algunas de las normas consideradas para la realización del proyecto en curso.

**Tabla 3.** Marco legal de la investigación

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
ISO 14224	Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural: la recopilación e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento para equipos es un estándar internacional relacionado con la recopilación de datos para la gestión del mantenimiento de equipos, incluidos los datos de confiabilidad
ISO 9001:2015	Estándar internacional de carácter certificable que regula los Sistemas de Gestión de la Calidad.
ISO 55000	proporciona los aspectos generales de la gestión de activos, sus principios y terminología y los beneficios esperados al adoptar la gestión de activos.
Normas Retie	Establecen medidas que garanticen la seguridad de las personas, vida animal y vegetal, y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico

## **6. Diseño Metodológico**

### **6.1. Tipo de investigación**

Para el diseño de una propuesta de mejora para la gestión del mantenimiento de los sistemas de distribución de energía eléctrica en las instalaciones de la Refinería de Cartagena S.A.S. bajo la filosofía Lean Manufacturing se llevó a cabo una investigación de tipo descriptiva, debido a que se centra en describir los procesos, actividades, procedimientos, datos y demás elementos que se sometan a un análisis para detectar oportunidades de mejora y proponer soluciones que optimicen la productividad de la GM en la empresa a través de las buenas prácticas en TPM.

De acuerdo con Vera (2009) en Mantenimiento Productivo Total se ha considerado, que, de acuerdo a las características de la organización se puede mejorar, rediseñar o diseñar el proceso de mantenimiento en el caso de mejora será cuando los resultados obtenidos no obedecen a lo planeado, ya que indica que existe desviaciones o alteraciones que pueden deberse al proceso administrativo o técnico, o bien puede ser a la hora de ejecutar la tarea, o sea que la salida del sistema no cumple con el objetivo; por lo que se debe analizar el proceso mediante la identificación de la causa origen y proceder a proponer una alternativa de solución viable.

### **6.2. Enfoque**

Se adoptó un enfoque mixto para un mejor análisis de la información recolectada. El cualitativo que permitió el estudio de variables no numéricas del proceso, el análisis detallado de la documentación, realizar hallazgos, describir e interpretar los datos.

Por otra parte, el cuantitativo que usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Hernandez, 2014). Además, refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación: ¿cada cuánto ocurren y con qué magnitud?

### **6.3. Fuentes de investigación**

#### **6.3.1. Fuentes primarias**

Las fuentes primarias de la investigación corresponden a la documentación relacionada con la GM que realiza Demca, tales como: procedimientos, actividades,

programaciones, planes, registro de anomalías, hojas de seguimiento y control de indicadores de gestión, entre otros.

### **6.3.2. Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias de la investigación corresponden a los libros, artículos, tesis, entre otros aportes encontrados en la literatura para facilitar la comprensión y análisis resultados obtenidos en el estudio.

## **6.4. Variables de medición**

Las variables dependientes e independientes consideradas en el desarrollo de la presente investigación son las siguientes:

### **6.4.1. Variables dependientes**

- ✓ Tiempo
- ✓ Calidad
- ✓ Productividad

### **6.4.2. Variables independientes**

- ✓ Procedimientos de GM

## **6.5. Recolección y análisis de datos**

Para el levantamiento de la información primaria se realizó un análisis documental y se utilizó como instrumento la entrevista semiestructurada que se aplicará a las partes interesadas del proyecto. También se utilizó la herramienta FODA para la identificación de oportunidades de mejora. Los datos obtenidos serán procesados a través de tablas y figuras que permitan una mejor interpretación y obtención de hallazgos.

El levantamiento de la información secundaria se realizó a través de una ficha bibliográfica empírica agrupando los productos de investigación recolectados en las categorías: TPM, sistemas eléctricos, gestión del mantenimiento, Lean Manufacturing, riesgos en centrales eléctricas, herramientas Lean, entre otros.

## 6.6. Unidad de estudio o muestra

Se selecciona la empresa Demca como unidad de estudio del trabajo de investigación, debido a la necesidad de mejorar sus prácticas en la gestión del mantenimiento. Enfocándose principalmente en las actividades, procedimientos, equipos y personal.

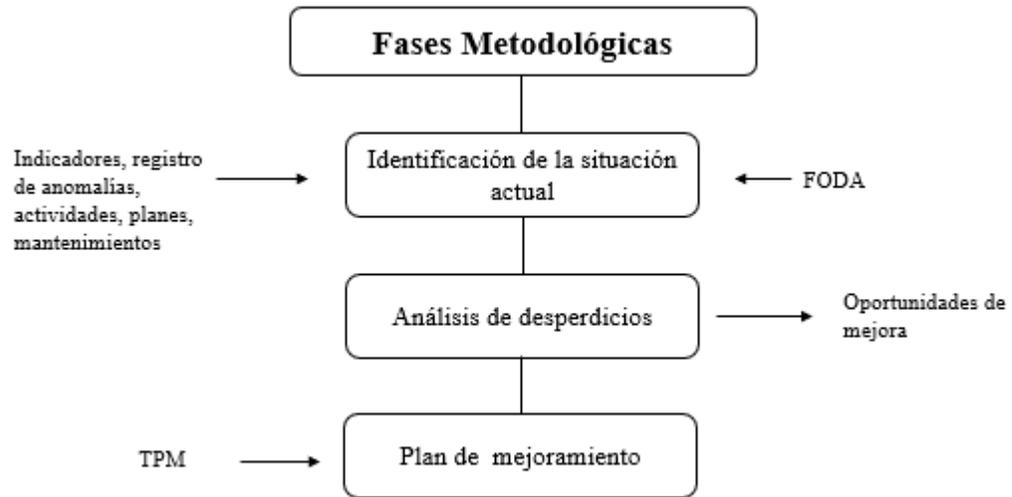
## 6.7. Fases y actividades metodológicas

Para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación, se llevaron a cabo las fases y actividades metodológicas que se describen en la Tabla 4 y que se representan de forma gráfica Figura 6.

**Tabla 4.** Fases y actividades metodológicas

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividad metodológica</b>	<b>Técnicas para el tratamiento de la información</b>	<b>Resultados</b>
Identificar la situación actual de la gestión del mantenimiento realizado por Demca a partir de herramientas diagnósticos y análisis documental.	Análisis de la situación actual del problema	Análisis documental, entrevista semiestructuradas y aplicación de herramienta FODA.	-Identificación de Causas del problema y desviaciones -Obtención de la línea base
Analizar los desperdicios que impactan la productividad del servicio de mantenimiento para el diseño de la propuesta de mejora.	-Análisis de desperdicios - Revisión de indicadores de productividad - Revisión de la literatura	Análisis documental	Oportunidades de mejora
Realizar un plan de mejoramiento TPM que dé solución a las deficiencias detectadas y optimice la gestión de del mantenimiento realizado por Demca.	Planteamiento de soluciones a las desviaciones y anomalías detectadas en la situación actual	Juicio de expertos	Realización de propuesta de mejora basada en TPM

**Figura 6.** Fases Metodológicas de la investigación



Nota: Elaborado por los autores

## **7. Resultados**

### **7.1. Análisis de la situación actual**

#### **7.1.1. Descripción de las etapas del proceso de gestión de mantenimiento en Demca**

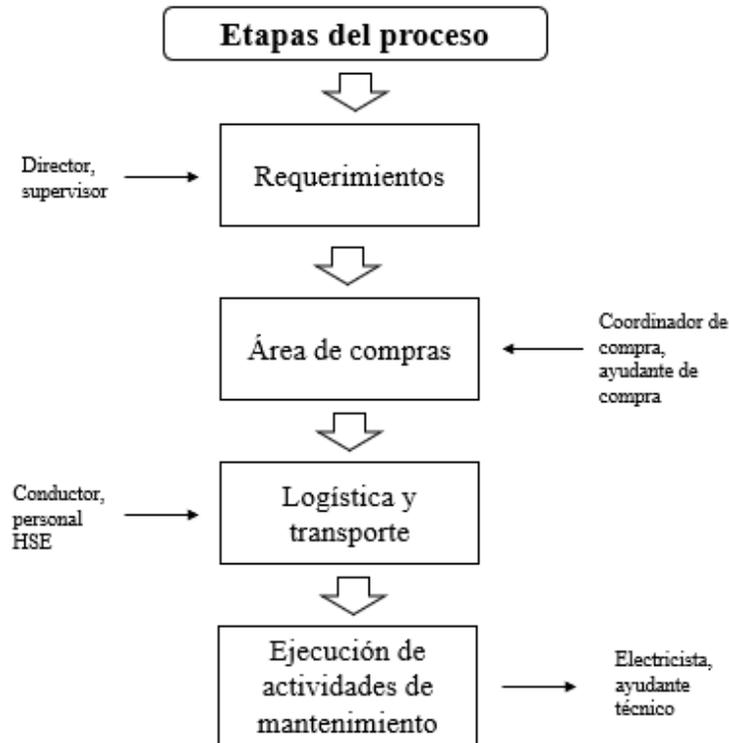
Para un mejor análisis de la situación actual del proceso de gestión de mantenimiento que lleva a cabo Demca en las instalaciones de la Refinería de Cartagena, en la Figura 7 se presentan las etapas principales y los responsables en cada una de estas.

En la primera etapa, el director de contrato en conjunto con los supervisores identifica los requerimientos para llevar a cabo las actividades de mantenimiento. En la siguiente etapa, el área de compra es la encargada de realizar la requisición de materiales o equipos a través de órdenes de compra, los cuales una vez adquiridos son almacenados en una Bodega.

En la tercera etapa, los materiales requeridos para las actividades de mantenimiento son transportados por los conductores de la bodega a bunquers, plantas, subestaciones y demás puntos donde sea necesario. Por otra parte, el personal HSE es el encargado de agilizar la documentación y gestión necesaria para el ingreso de compras a la Refinería, salida de materiales entre otras labores.

Finalmente, en la etapa 4 los electricistas y ayudantes técnicos se encargan de realizar los mantenimientos en las instalaciones que lo requieran según la planeación y cronograma de actividades y operaciones.

**Figura 7.** Etapas de la gestión del mantenimiento en Demca



Nota: Elaborado por los autores

Cabe mencionar que entre el equipo de trabajo encargados de la gestión se encuentra:

- ✓ Director
- ✓ Supervisor
- ✓ Coordinador de compra
- ✓ Asistente de compra
- ✓ Personal HSE
- ✓ Conductor
- ✓ Electricista
- ✓ Ayudante técnico

Ahora bien, entre los mantenimientos que realiza la empresa se encuentran:

- ✓ Mantenimiento preventivo: las actividades y operaciones preventivas son realizadas por los electricistas y ayudantes técnicos semanalmente en las instalaciones de la Refinería.

- ✓ Mantenimiento correctivo: Se realiza de forma inmediata y su duración dependerá de la criticidad de la falla

### 7.1.2. Análisis de datos históricos

Para la identificación de actividades de mantenimiento y causas de anomalías que se presentan en la gestión de mantenimiento que realiza Demca, se presentan la información históricos recopilados en un periodo de seis meses (1 de junio al 30 nov del año 2022). Además, para una mejor comprensión de esta, en la Tabla 5 se definen los departamentos o plantas de la Refinería de Cartagena en los cuales se ejecutan los mantenimientos con sus respectivas abreviaturas.

**Tabla 5.** Departamentos de la Refinería de Cartagena

<b>Departamento</b>	<b>Abreviatura</b>
Planta de Servicios Industriales	PNI
Planta de Hidrocrackeo	PHA
Planta de Hidrotratamiento	PHD
Planta de Destilación de Crudo	PDC
Tratamientos Ambientales	CBT
Unidad de Productos y Materia Primas	PMU
Planta de Craqueo Catalítico	PCQ
Departamento Contra incendios	CCN

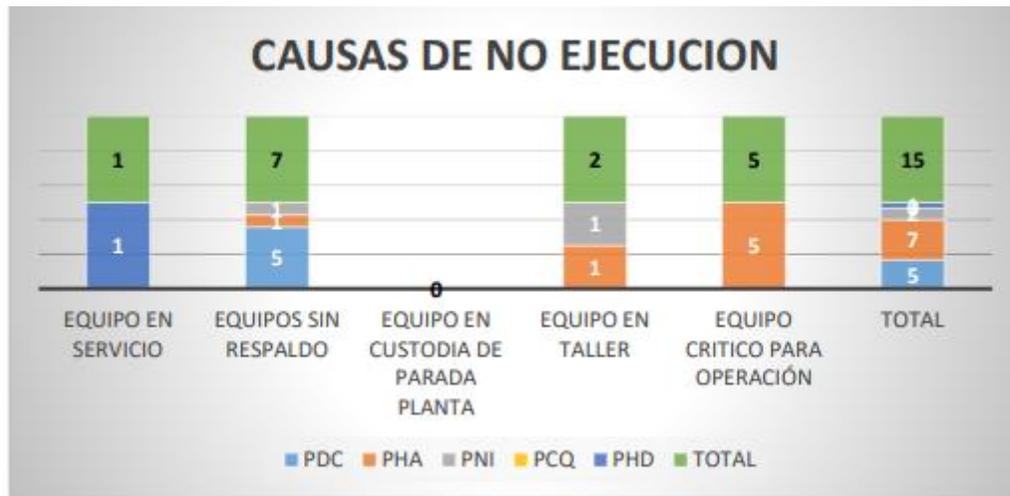
Nota: Elaborado por los autores

- ✓ Para el mes de junio, se obtuvo un cumplimiento en la ejecución del 91% teniendo en cuenta que se dejaron de ejecutar actividades por los motivos presentados en la **Figura 8**, en total fueron 15 equipos en los departamentos de PHA, PNI, PHD, PDC. Las causas principales de incumplimiento estuvieron asociadas a equipo sin respaldo y equipo crítico para el proceso. Es decir, por condiciones operacionales de la unidad no es posible realizar su entrega. Entre las algunas de las actividades de mantenimiento correctivo realizadas este mes se encontró: Corrección de condición subestándar en cableado, reubicación de luminarias, instalación de tableros y luminarias, puesta tierra de circuitos, instalación de pararrayos, entre otras.

Entre las actividades de mantenimiento preventivo realizadas semanalmente y mes a mes se encontraron:

- Inspecciones y mantenimientos preventivos motores, pulsadores
- Inspección de acometidas de los equipos
- Diagnósticos e informes de equipos eléctricos

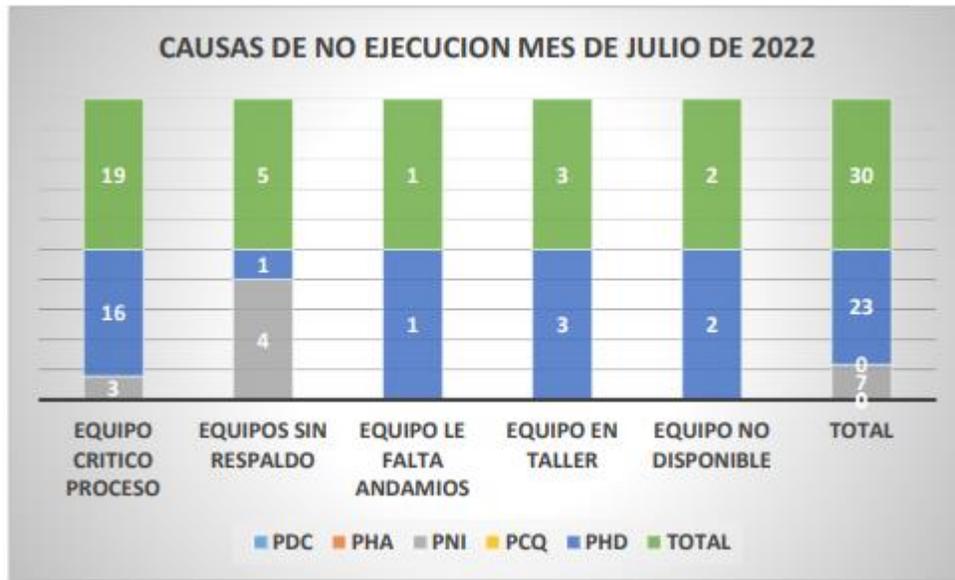
**Figura 8.** Causas de no ejecución de mantenimientos en el mes de junio



Nota: Tomado de informes de ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos realizados por Demca

- ✓ En el mes de Julio se obtuvo un cumplimiento en la ejecución del 79% teniendo en cuenta que se dejaron de ejecutar las actividades programadas por las causas presentadas en la Figura 9, en un total de 12 equipos en los departamentos de PHD, PNI. La causa de mayor impacto fue la asociada a equipos críticos en operación.

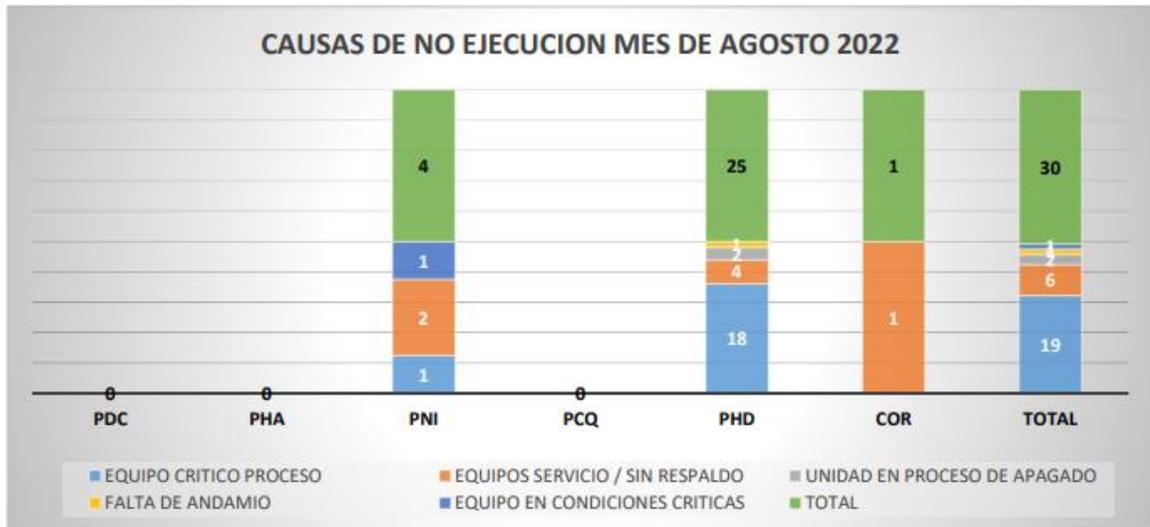
**Figura 9.** Causas de pérdida de productividad de mantenimientos en el mes de julio



Nota: Tomado de informes de ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos realizados por Demca

- ✓ Para el mes de agosto, se obtuvo un porcentaje de cumplimiento del 79%, cuyas causas de no ejecución de actividades de mantenimiento se presentan en la Figura 10. En total estuvieron involucrados 30 equipos en los departamentos de PHD, PNI. y entre las causas de mayor ocurrencia se encontró equipo crítico de proceso. Entre algunas de las actividades de mantenimiento correctivo programadas para este mes estuvieron: instalación y desinstalación de acometidas, soportes, cableado, instalación de tuberías coduit, cableado, soportes, megueo, marquillado, conexionado entre otras.

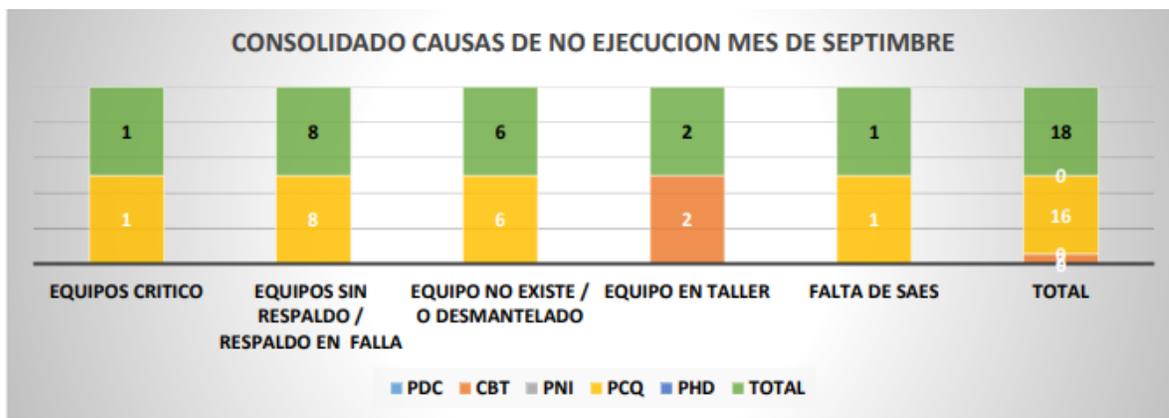
**Figura 10.** Causas de no ejecución de actividades en agosto



Nota: Tomado de informes de ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos realizados por Demca

- ✓ En el mes de septiembre Demca alcanzó un porcentaje de cumplimiento del 88%, las causas principales de la no ejecución de actividades de mantenimiento de 18 equipos en los departamentos de PCQ, CBT se observa a continuación en la Figura 11.

**Figura 11.** Consolidado de causas de no ejecución de actividades en septiembre

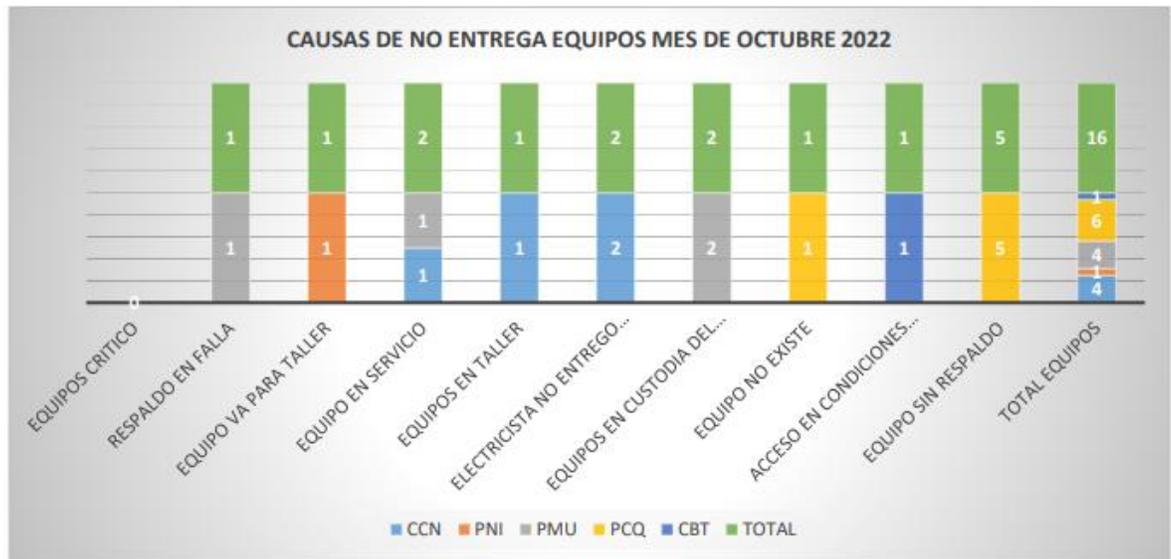


Nota: Nota: Tomado de informes de ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos realizados por Demca

- ✓ Para el mes de octubre con respecto a la programación del año, se obtuvo un cumplimiento en la ejecución del 87%, teniendo en cuenta que se dejaron de ejecutar

actividades de mantenimiento por las causas presentadas en la Figura 12, en un total de 16 equipos en los departamentos de PCQ, CBT, PNI, PMU, CCN. En este mes, la causa de incumplimiento de mayor ocurrencia fue equipo sin respaldo y entre algunas de las actividades de mantenimiento correctivo realizadas se encontraron: Pintura de motores, rebobinado de equipos, instalación de acometida eléctrica, revisión de equipos, reubicación de equipos, entre otras.

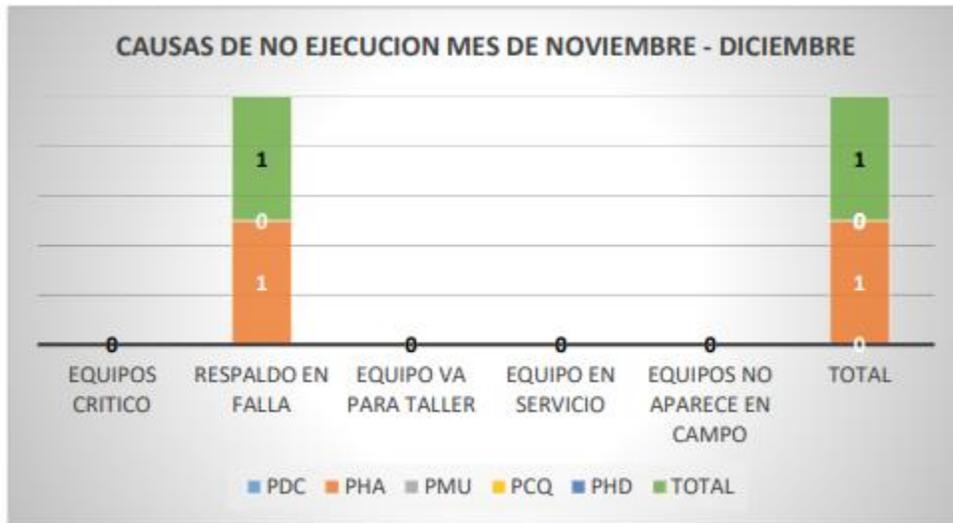
**Figura 12.** Causas de no entrega de equipos mes de octubre



Nota: Tomado de informes de ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos realizados por Demca

- ✓ Para cerrar el análisis de históricos, en el mes de noviembre y parte del mes de diciembre la empresa alcanzó un porcentaje de cumplimiento del 95%. La única causa de no ejecución de las actividades programadas fue el respaldo en fallo en el departamento de PHA como se evidencia en la Figura 13.

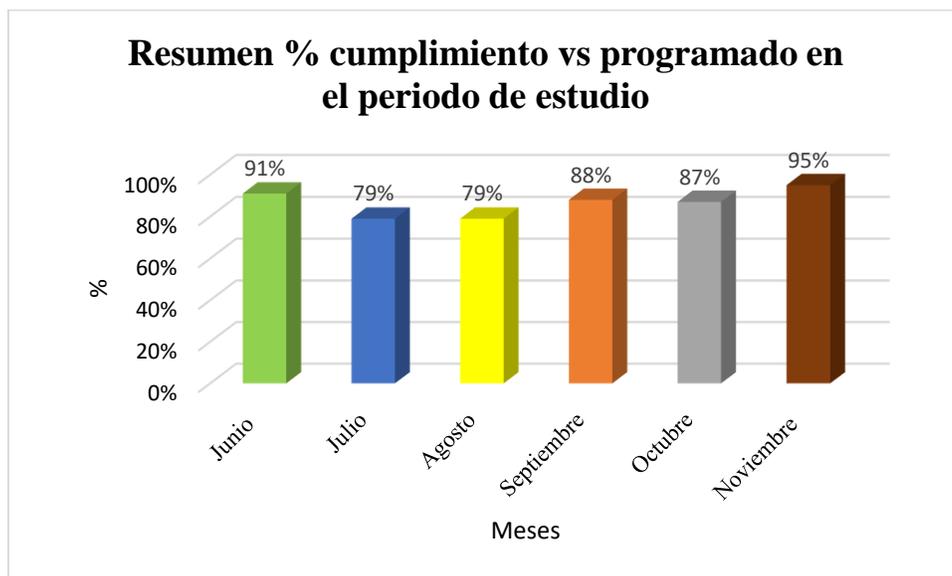
**Figura 13.** Causas de no ejecución de actividades en el mes de noviembre



Nota: Tomado de informes de ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos realizados por Demca

Terminado el análisis de históricos en el periodo descrito, en la Figura 14 se resumen los porcentajes de cumplimiento vs lo programado para cada mes, en la cual se puede observar que en los meses de julio y agosto se obtuvieron los menores valores, siendo estos del 79%. Mientras que en los meses de junio y noviembre se obtuvieron los mayores valores reportados, siendo estos del 91 y 95% respectivamente.

**Figura 14.** Resumen % cumplimiento vs programado



Nota: Elaborado por los autores

### 7.1.3. Análisis FODA

Por otra parte, también se aplicó la herramienta FODA, la cual permitió la identificación de debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades de mejora como se observa a continuación en la Figura 15.

**Figura 15.** Análisis FODA



Nota: Elaborado por los autores

#### 7.1.3.1. Fortalezas

Entre las fortalezas identificadas que el personal administrativo y de campo es competente y capacitado para la realización de la gestión del mantenimiento. Además de esto, el equipo de HSE realiza una labor eficiente para el control de riesgos laborales evitando a la actualidad accidentes de mayor impacto en los equipos e instalaciones de la Refinería. Esto se debe a que realizan capacitaciones de forma constante (1 vez al día). Finalmente, el área encargada del talento humano realiza actividades que generan beneficios en la motivación del personal.

#### 7.1.3.2. Debilidades

Entre las principales debilidades se encontró una deficiente gestión de proveedores que retrasa la entrega de materiales y equipos. Por otro lado, las condiciones climáticas

también afectan la realización de actividades de mantenimiento y la falta de presupuesto en ocasiones. La poca disponibilidad de transporte al interior de la Refinería también retrasa las labores, al igual que los permisos que no se gestionan a tiempo.

Por último, también se consideró como una debilidad el método de mantenimiento actual para abordar todos los factores y aspectos importantes que se deben tener en cuenta en la gestión de este.

#### **7.1.3.3. Amenazas**

Las amenazas que se identificaron son de gran impacto, debido a que si no se da una eficiente gestión del mantenimiento se pueden generar daños en los equipos, afectaciones al personal, interrupción de la producción de las unidades de la Refinería, se genera la pérdida de prestigio para Demca, la baja satisfacción del cliente, la pérdida de indicadores de productividad y se acarrean evaluaciones de desempeño poco favorables.

#### **7.1.3.4. Oportunidades**

Entre las principales oportunidades se encontró, la posibilidad de mejorar los indicadores de productividad, mantener el prestigio de Demca, dar continuidad a las operaciones productivas de la Refinería y mantener las condiciones adecuadas para el personal que labora.

#### **7.1.4. Diagnostico 5S**

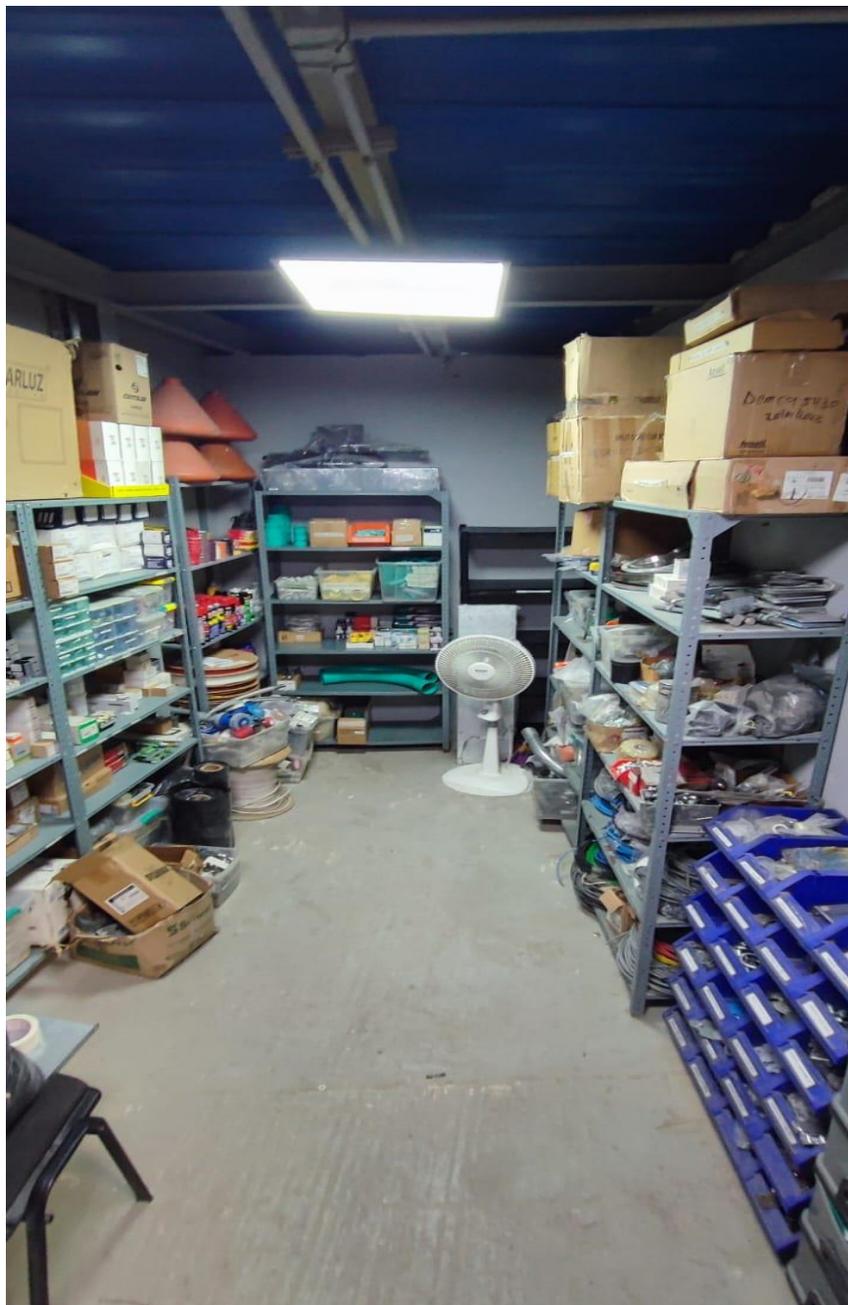
Se consideró importante la realización de un diagnóstico basado en la metodología 5S para complementar el análisis de la situación actual de la problemática de estudio y para la propuesta del plan de mejoramiento.

Para lo cual, se usó la observación en los puestos de trabajo y se llevaron a cabo entrevistas a los responsables de los departamentos de la empresa o etapas del proceso de gestión de mantenimiento, realizando una orientación sobre el objetivo de la metodología y el significado de cada una de las S: clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina.

El resultado de esta evaluación se presenta a continuación en la Tabla 6. Donde, se puede observar que la empresa carece metodología que facilite las buenas prácticas de limpieza y orden. Y, se identificaron como áreas críticas o de principal interés para la

implementación de la esta los almacenes y bodegas (ver figura 16) de los materiales utilizados en los mantenimientos para evitar retrasos.

**Figura 16.** Bodega de almacenamiento de materiales



Nota: Proporcionado por la empresa

**Tabla 6.** Diagnostico 5S

<b>5S</b>	<b>Hallazgos</b>	<b>Áreas críticas</b>
Clasificación	En la mayoría de áreas no se realiza una diferenciación o marcación entre materiales necesarios e innecesarios para su posterior eliminación. Sin embargo, se motiva al personal a reciclar	Almacenes, bodegas
Orden	En algunas de las áreas los elementos o materiales considerados necesarios no se encontraba en un lugar identificado y estipulado para cada uno	Almacén, bodega
Limpieza	Si bien las prácticas de limpieza se realizan en todas las áreas (dos veces por semana) algunos elementos o materiales no se mantienen en condiciones óptimas ni se centra atención en la eliminación de focos de suciedad. Ocasionando el retraso de alguna de las actividades de mantenimiento programadas.	Almacén, bodega
Estandarización	Dada la ausencia de aplicación de las 3 primeras S, se manifiesta la ausencia de estandarización en las prácticas de limpieza y orden de las áreas de trabajo.	Np
Disciplina	No se observaron mecanismos o sistemas que promuevan la disciplina en la aplicación de 5S u hábitos de limpieza y orden.	Np

Concluido el análisis de la situación actual de la empresa, se evidenció la necesidad de implementar buenas prácticas de gestión de mantenimiento para la mejora y eficiencia de este. Además, se consideró importante el apoyo en técnicas y metodologías que faciliten alcanzar el objetivo propuesto.

## **7.2. Análisis de Desperdicios**

Para el análisis de desperdicios que puedan impactar la productividad del mantenimiento realizado por Demca se utilizó, la información recopilada en la sección 7.1.2 en conjunto con las entrevistas realizadas al personal responsable en las diferentes áreas del

proceso. También se consideraron los principios de la Metodología Lean y TPM mencionados en la sección 5.2.3 y 5.2.4 para la eliminación de actividades que no aportan valor a la gestión de mantenimiento en la organización en búsqueda de la mejora continua e involucrando a todos los departamentos. Así, se clasificaron y analizaron los desperdicios que enuncia Lean en cada etapa del proceso, los cuales se presentan a en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Análisis de desperdicios en las etapas del proceso

N°	Etapa de gestión de mantenimiento	Desperdicio	Impacto
1	Requerimientos	Inventario	Identificación de materiales innecesarios para las actividades de mantenimiento
2	Área de compras	-Inventario -Tiempos de espera	-Adquisición de materiales innecesarios -Retrasos por disponibilidad de materiales -Retrasos en actividades de mantenimiento -Pérdidas económicas
3	Logística y transporte	-Tiempos muertos -Transporte -Movimientos innecesarios	-Retrasos en las actividades de mantenimiento -Retrasos por ingreso de materiales y equipos -Retrasos por falta de vehículos de transporte
4	Ejecución del mantenimiento	Tiempos de espera	-Retrasos por elementos de trabajo -Retrasos por logística inadecuada -Retrasos por tiempo de búsqueda de materiales en almacenes y bodega -Retrasos por conocimiento en la operación del equipo -Retrasos por falta de orden en el punto de trabajo -Retrasos por error humano

Los desperdicios identificados en la Tabla 7, representan las oportunidades de mejoras a considerar en el plan de mejoramiento.

- ✓ En la etapa de requerimiento, se identificó según los desperdicios que clasifica Lean el inventario, debido a que se genera una identificación inadecuada de requerimientos
- ✓ En la etapa de requisición de materiales y equipos, se adquieren elementos que no son esenciales para la realización de actividades como consecuencia de fallas en la identificación de requerimientos. Por otro lado, la falta de estudio de mercado impacta los tiempos de entrega de equipo sin que se prevean con anterioridad distancias y plazos que establece el proveedor. También se considera como punto clave de generación de desperdicio el control de bodega en la cual se almacenan los materiales necesarios para las actividades de mantenimiento como herramientas, utensilios, cableados, lámparas, pinturas, entre otras.
- ✓ En la etapa de logística y transporte se presentan tiempos muertos por deficiencias en la gestión de la documentación de ingreso y salida de equipos. Además, la falta de disponibilidad vehicular para el transporte de materiales retrasa los tiempos de actividades de mantenimiento en campo por la ausencia de estos en los tiempos oportunos, entre otros factores.
- ✓ En la etapa de ejecución de mantenimiento, De acuerdo con Fernandez (2018), esperar no agrega valor y debe eliminarse o reducirse. Y, los tiempos muertos son el los desperdicio de mayor impacto en esta etapa. El personal encargado de ejecutar las actividades de mantenimiento se ve afectado por unas gestiones inadecuadas en etapas anteriores. Reflejándose en los porcentajes evidenciados en la sección anterior y centrando el interés en mejorar en gran medida las oportunidades previamente identificadas.

### **7.3. Plan de mejoramiento basado en TPM Y 5S**

Como se mencionó, entre las herramientas que promueve Lean para la eliminación de desperdicios se encuentra TPM y 5S. Por lo cual, a partir de las oportunidades de mejoras detectadas, en la Tabla 8 se presentan las acciones que integran el plan de mejoramiento basado en los pilares y principios TPM con sus respectivos responsables. A fin de involucrar a todos las áreas en la búsqueda de la mejora continua de la gestión del mantenimiento en la empresa, motivando la limpieza, el cuidado y la eliminación de perdidas.

En la etapa de requerimiento, una adecuada gestión de inventarios ayudaría a facilitar la identificación de materiales realmente necesarios para las futuras actividades y operaciones de mantenimiento, evitando errores de compras, retrasos y acumulación de materiales en la bodega de almacenamiento.

En la etapa de compras, considerada como una de las más importantes en la gestión de mantenimientos, la realización de *benchmarking* según (Hernández & Cano, 2017) podría ayudar a mejorar las practicas llevadas a cabo en la empresa para selección de proveedores y requisición de materiales y equipos. Sumado a esto, priorizar la metodología 5S ayudará y una adecuada gestión de inventario, ayudará a mantener la bodega en las mejores condiciones de limpieza y orden. Evitando retrasos en la búsqueda de materiales necesarios para la realización de mantenimientos.

Por otra parte, en la etapa de logística y transporte, si el personal HSE prioriza la implementación de 5S en su área de trabajo, disminuyen los retrasos por diligenciamiento de información previo al ingreso y salida de materiales en las instalaciones de la Refinería, evitando también movimientos incensarios por parte de los conductores. Además de esto, seria favorable la reordenación de carpa taller o almacén para minimizar tiempos de traslado y el aumento de la disponibilidad de vehículos para el transporte del personal y materiales.

Finalmente, en la etapa de ejecución, también considerada como punto clave para mejorar la gestión de mantenimientos en Demca, los autores Martínez y Prado (2021) considera que es importante la capacitación y formación constante del personal a fin de desarrollar su capacidad productiva. También, se espera que la priorización de implementación 5S en la carpa taller podría mantener los materiales en perfecto estado y el sitio de trabajo limpio y organizado para evitar los retrasos en la programación.

Por otra parte, Fernández (2018) considera que el “Jishu-Hozen” o mantenimiento autónomo es un método de desarrollo que le permitirá tanto a electricista como técnicos controlar su propio equipo evitando el surgimiento de futuras fallas, eliminando polvos desechos, suciedad y corrigiendo pequeñas deficiencias. Lo cual, podría aumentar la disponibilidad de equipos en plantas o departamentos. Las acciones descritas, estuvieron orientadas a maximizar la disponibilidad de equipos, personal motivado y capacitado y la mejora de la productividad de la empresa.

**Tabla 8.** Acciones para el plan de mejoramiento

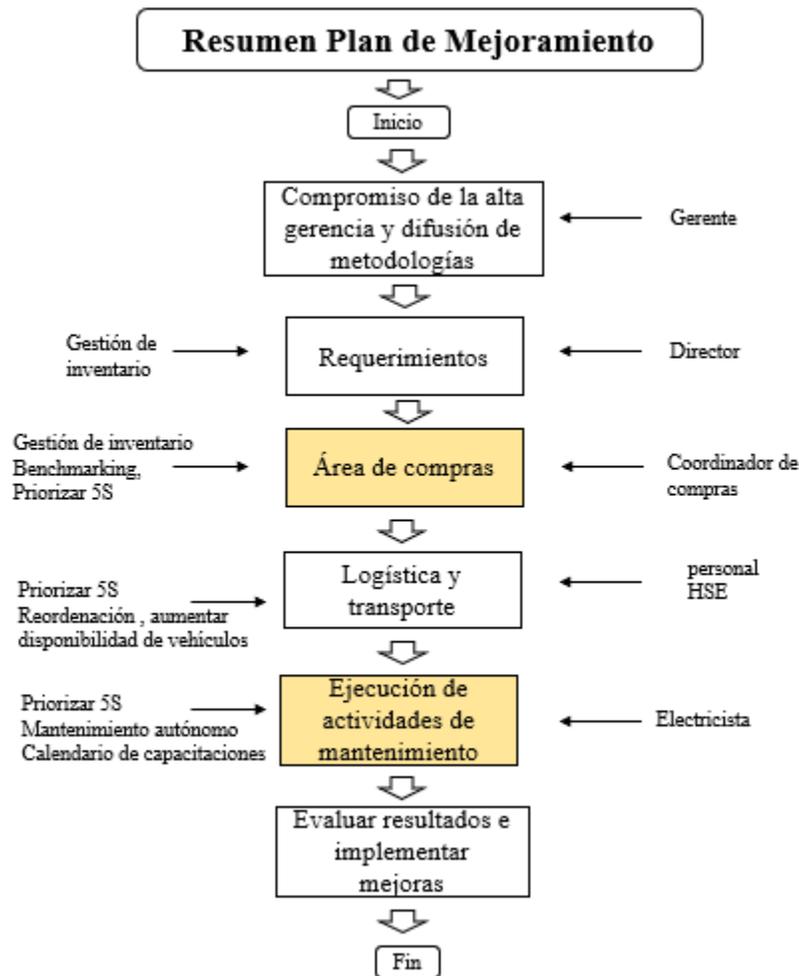
N°	Desperdicio	Área	Acción de mejora	Responsable
1	Inventario	Requerimiento	Gestión de inventario	Director
2	-Inventarios de espera	Compras	-Gestión de inventario - <i>Benchmarking</i> -Priorizar la implementación 5S	Coordinador de compras
3	-Tiempos de espera -Transporte -Movimientos innecesarios	Logística y Transporte	-Priorizar implementación 5S -Reordenación -Aumentar disponibilidad de vehículos	Personal HSE
4	Tiempos de espera	Ejecución de mantenimientos	-Incentivar el mantenimiento autónomo - priorizar la implementación 5S -Capacitaciones	Electricista

El resumen del plan de mejoramiento se puede observar en la Figura 17. Donde, De acuerdo a los lineamientos TPM el compromiso de la alta gerencia y la campaña de difusión del método o metodologías es importante para la futura implementación de este.

Por otro lado, Carillo et al (2018) señala que la técnica TPM presenta un concepto de “eficiencia operacional”, obtenida por el producto y rendimiento de tres indicadores: disponibilidad de equipos, rendimiento de los encargados de la operación y el mantenimiento/calidad de los servicios y productos. Considerando de gran importancia la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología.

En la representación gráfica, se resumen las actividades propuestas para la mejora de la gestión de mantenimientos que realiza Demca promoviendo la eliminación de desperdicios identificados en cada una de las etapas. Y, en la parte derecha se señalan los respectivos responsables. Cabe resaltar que la implementación de este, se deja bajo las políticas, planes de trabajo y disponibilidad económica de la empresa.

**Figura 17.** Plan de mejoramiento



Nota: Elaborado por los autores

#### 7.4. Propuesta 5S

Si bien las acciones del plan de mejoramiento basado en TPM podrían representar un avance hacia la realización de una gestión del mantenimiento eficiente y productiva. Se considera importante la aplicación de la metodología 5S en todas las etapas del proceso, priorizando las áreas identificadas como críticas. Debido a que esta se alinea a la cultura de

no desperdicios que promueve Lean, la cual espera lograr que el equipo Demca mantenga los lugares de trabajo seguros, ordenados y limpios. Cuyas etapas y acciones se presentan a continuación en la en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Acciones para la implementación de 5S

5S	Acción	Responsable de áreas
Seiri (Clasificar)	-Identificar y clasificar lo materiales y elementos necesario e innecesario - Marcar o etiquetar materiales o elementos necesarios e innecesarios -Disponer materiales n o elementos innecesarios (reciclar, desechar, aprovechar)	Equipo Demca: director, supervisores, coordinador de compras, auxiliar de compras, personal HSE, electricista, técnicos.
Seiton (Ordenar)	-Ubicar un lugar para para materiales o elementos necesarios en áreas de trabajo, bodegas y carpas taller	Equipo Demca
Seiso (Limpiar)	-Limpiar las áreas de trabajo priorizando bodegas y almacenes -Corroborar que las herramientas, elementos, o materiales de trabajo se encuentren en perfecto estado - Desechar elementos que no se encuentre en óptimas condiciones para su funcionamiento	Equipo Demca
Seiketsu (Estandarizar)	-Eliminar focos de suciedad	Equipo Demca
Shitsuke (Disciplina)	-Mantener las condiciones de limpieza y orden en las áreas de trabajo, bodegas y almacenes	Equipo Demca

Concluidas las acciones que dan marcha a la implementación de las 5S en la empresa, se espera que un ambiente más ordenado aumente la productividad del personal, También se espera que al mantener la bodega y almacenes ordenados se ahorran tiempo de búsqueda de materiales y todos estén en perfecto estado previo al inicio de las actividades de mantenimiento.

En cuanto al personal HSE, encargado de gestionar la documentación necesaria para el ingreso de materiales a la Refinería y en ocasiones se ve retrasado el ingreso de estos por

la falta de documentación o errores en su diligenciamiento. Mantener el espacio en orden y agrupar los documentos debidamente evitaría los retrasos de materiales son necesarios para la realización de actividades de mantenimiento con orden inmediata.

De acuerdo con Hernández y Vizán (2013), son los colaboradores o el equipo de trabajo quienes desarrollan cada uno de los procesos por lo que resulta vital que estos se encuentren comprometidos con la aplicación de la metodología, conociendo sus implicaciones tanto para el ciclo de trabajo como para los resultados a obtener por la organización en determinado periodo de tiempo.

También cabe resaltar que el autor Laricano (2018), considera importante el uso permanente de la metodología en todos los departamentos de una organización como un componente básico para cualquier esfuerzo de mejora.

## 7.5. Seguimiento de indicadores

Es importante realizar seguimiento a indicadores de productividad que permitan evaluar y observar las mejoras en el tiempo a partir del plan propuesto. Debido a esto, en la siguiente Tabla 10 se establecen los indicadores a monitorear en un lazo de tiempo aproximado de 1 año. De los cuales se espera aumentar el cumplimiento de mantenimientos vs programado al 100%, disminuir el número de desperdicios identificados entre 0-1, aplicar la metodología 5S en un 100 %, mantener la disponibilidad total de equipos y reducir el tiempo excedido en las actividades de mantenimiento de 0 a 2 horas.

**Tabla 10.** Indicadores de seguimiento

<b>Indicador de productividad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor actual</b>	<b>Meta (1 año)</b>
Cumplimiento mantenimientos vs programados	%	86	100
Desperdicios	N °	4	0-1
Aplicación 5S	%	0	100
Disponibilidad de equipos	-	parcial	total
Tiempo que excede la ejecución de las actividades	Horas	1-10	0-2

## 8. Conclusiones

Una vez obtenidos los resultados del presente proyecto investigación se pudo concluir:

En el análisis de la situación actual de la gestión del mantenimiento realizado por Demca se encontró que la empresa necesitaba implementar buenas prácticas para mejorar los porcentajes de cumplimiento obtenidos en el periodo de estudio, siendo este en promedio del 86%.

El diagnóstico 5S aplicado a las distintas etapas del proceso también indico la importancia de implementar esta metodología para mantener el orden, seguridad, limpieza y aumentar la productividad del personal en las áreas y etapas del proceso

Del análisis de desperdicios se encontró que estos estuvieron asociados a inventarios, movimientos innecesarios y tiempos de espera. Representado una oportunidad de mejora en la gestión de mantenimiento llevada a cabo actualmente en la organización.

El plan de mejoramiento propuesto basado en TPM y Lean se orientó a la adopción de métodos y actividades que mejoraran los procesos asociados a los mantenimientos y eliminación de desperdicios. Tales como la gestión de inventarios, *benchmarking*, aumentar la disponibilidad de vehículos, incentivar el mantenimiento autónomo, entre otros.

Finalmente se estableció una propuesta de implementación 5S e indicadores de seguimiento para evaluar la efectividad del plan y mejora de la gestión de mantenimiento de Demca.

## **9. Recomendaciones**

Una vez concluido el trabajo de grado se aconseja la presentación del plan a la alta gerencia para una detallada evaluación y aprobación de este previo a su implementación.

También se recomienda capacitar al personal que labora en la empresa en TPM, Lean y 5S para facilitar su comprensión, colaboración y eficiente puesta en marcha.

Si bien Demca realiza mantenimientos preventivos y correctivos. Se aconseja llegar a tener un mantenimiento predictivo, ya que con esto se evitarían fallas en los equipos que podrían ocasionar interrupciones de energía en los diferentes procesos que la utilizan.

Si bien en la empresa se realizan actividades de motivación al personal, se considera importante aumentar la realización de estas, como estrategia para incentivar el buen ambiente y desempeño laboral desde el trabajo individual y colectivo en los diferentes departamentos de la empresa.

Por último, debido a que los mantenimientos se llevan a cabo en las instalaciones de la Refinería de Cartagena, se recomienda promover la cultura colaborativa hacia la búsqueda de buenas prácticas de gestión que garanticen la constante operación de equipos y actividades productivas en ambas organizaciones.

## 10. Referencias

Adame, A., & Delgado, M. (2008). Mantenimiento en sistemas eléctricos de distribución.

Camargo, C., & Wong, M. (2004). ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) BASADO EN EL PILAR DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO EN LA EMPRESA SYNGENTA PARA MEJORAR LA GESTION DEL MANTENIMIENTO [Universidad Tecnologica de Bolivar]. <http://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF>

Cañar, S. (2007). Calculo Detallado De Perdidas En Sistemas Eléctricos De Distribución Aplicado Al Alimentador “Universidad” Perteneciente a La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. Escuela Politécnica Nacional.

Carrillo, M., Alvis, C., Mendoza, Y., & Cohen, H. (2019). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *Signos*, 11, 71–86. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2019.0001.04>

Chapuel, A. (2020). PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO MIXER MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING, Y SUS HERRAMIENTAS TPM Y 5'S. Universidad Antonio Nariño.

Daza, D. (2021). Diseño De Una Propuesta Para Mejorar El Proceso Productivo En La Empresa Manufacturas Para Cereales S.A Mediante Herramientas Lean Manufacturing. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Fernández, E. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM [ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL DE GIJÓN]. [https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n de Mantenimiento. Lean Maintenance y TPM.pdf;jsessionid=058619FD227B6780D58FD090F1DA042E?sequence=1](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=058619FD227B6780D58FD090F1DA042E?sequence=1)

Flores, A., Gomez, K., & Vargas, M. (2020). APLICACIÓN DE PLAN DE CONTENCIÓN DE SCRAP PARA DISMINUIR COSTOS DE COMPONENTES

ELECTRÓNICOS EN LÍNEAS DE SMT EN UNA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.  
Academia Journals, 12(2), 197–202.

Gamarra, M. (2021). Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de la bomba pistón-diafragma en empresa del rubro minero basado en la metodología RCM [Universidad Continental].

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10558/1/IV\\_FIN\\_108\\_TI\\_Gamarra\\_Roque\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10558/1/IV_FIN_108_TI_Gamarra_Roque_2021.pdf)

Gonzales, E., Morante, J., & Vicuña, W. (2015). Estudio De Un Sistema De Distribución Y Acometidas En Baja Tensión [Universidad Politecnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10236/1/UPS-GT001310.pdf>

Mamani, L. F. (2018). Optimización del Proceso Productivo en el Área de Producción de una Industria Plástica [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)].  
<http://hdl.handle.net/10757/624502>

Martinez, B., & Prado, D. (2021). Propuesta basada en la Filosofía Lean Manufacturing en relación a la Productividad del Área Operativa de la empresa Veolia Aseo Sur Occidente del municipio de Zarzal – Valle del Cauca. Universidad del Valle.

Olarte, W., & Botero, M. (2010). IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN. *Scientia et Technica*, 44, 354–356.

Ordoñez, J., & Nieto, L. (2010). Mantenimiento De Sistemas Electricos De Distribucion [Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2119/15/UPS-GT000156.pdf%0Awww.servelec.com.mx> – Asistencia, servicios y suministros eléctricos.

Ricaurte, F. (2014). “Optimización De Los Procesos Que Se Desarrollan En La Empresa Sadinsa S.A.” [Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6518/1/UPS-GT000568.pdf>

Rivera, J. (2012). ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO PROACTIVO CENTRADO EN LAS ÁREAS-GRB-ECOPETROL S.A. Universidad Industrial de Santander.

Sirlupu, J. (2020). Aplicación de herramientas Lean y DMAIC para mejoras en el segmento Drilling and Measurements de Schlumberger del Perú S.A. [Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4485?locale-attribute=en>

Uscátegui, P. (2014). Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad y proyectos en la empresa Petrosantander Colombia (INC) [Universidad Industrial de Santander]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/152309.pdf>

Vargas, J., & Garcia, J. (2022). Propuesta de mejora en la gestion de mantenimiento basado en Lean Manufacturing para una empresa de conversión de papel y cartón. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.