

**Propuesta de un sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayos de la  
empresa Esenttia de la ciudad de Cartagena de Indias**



**Autores:**

Pedro Eliecer Licona Vargas

María Camila Quintana Artunduaga

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Industrial

Cartagena de indias

2023

**Propuesta de un sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayos de la  
empresa Esenttia de la ciudad de Cartagena de Indias**

Tutor:

Javier Álvarez Orozco

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Industrial

Cartagena de Indias

2023

**Notas del autor**

Pedro Eliecer Licona Vargas, autor 1, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad  
Antonio Nariño, Ciudad.

María Camila Quintana Artunduaga, autor 2, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad  
Antonio Nariño, Ciudad.

Agradezco a la empresa ESENTTIA, por su colaboración en el suministro de información y apoyo para culminar la investigación desarrollada.

**Nota de Aceptación**

Nombre y firma jurado 1

---

Nombre y firma jurado 2

---

Nombre y firma presidente

---

Nombre y firma secretario

---

**Dedicatoria**

*Dedicado a ti, mi Dios, mis hijos, mi esposa y mis padres; a ustedes que les debo tanto, les dedico este nuevo logro.*

*Pedro Eliecer Licon Vargas*

*Dedicado a ti, mi Dios, mis hijos, mi esposo y mis padres; a ustedes que les debo tanto, les dedico este nuevo logro que pronto obtendré.*

*María Camila Quintana Artunduaga*

## **Agradecimientos**

*Gracias a Dios, a mi familia y la Universidad Antonio Nariño, por ser parte de mi crecimiento y alentarme a alcanzar el título profesional de Ingeniero Industrial.*

*De manera especial, agradezco al ingeniero David Alonso Fortich Navarro, jefe del área de aseguramiento de la calidad de la empresa Esentia, por brindarme la aprobación y el apoyo con las herramientas necesarias para el avance de este proyecto.*

*Pedro Eliecer Licona Vargas*

## Resumen

El documento de investigación que se expone presenta una solución ante la deficiencia del sistema de mantenimiento correctivo, que posee actualmente la empresa Esenttia S.A. de Cartagena de Indias, cuyo mayor problema radica, en la exposición de la vida de los trabajadores ante riesgos laborales, pérdida de tiempo de trabajo, retraso en la toma de muestras en el laboratorio, dado que este sistema, llega a corregir daños y averías, más no busca prevenirlos. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo, presentar una propuesta de un equipo móvil de mantenimiento preventivo, que ayude a disminuir costos en compra de nuevos cilindros de ensayos y piezas, así como también, garantice la seguridad laboral y el desarrollo efectivo de las tareas al interior de los laboratorios.

**Palabras Clave:** mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, propuesta, eficiencia, cilindros de ensayo.

### **Abstract**

The research document presented presents a solution to the deficiency of the corrective maintenance system, which the company Esentia S.A. currently has. of Cartagena de Indias, whose biggest problem lies in the exposure of workers' lives to occupational risks, loss of work time, delay in taking samples in the laboratory, given that this system manages to correct damages and breakdowns., but it does not seek to prevent them. Therefore, this research aims to present a proposal for a mobile preventive maintenance team that helps reduce costs in the purchase of new test cylinders and parts, as well as guaranteeing occupational safety and the effective development of the tasks inside the laboratories.

**Keywords:** preventive maintenance, corrective maintenance, proposal, efficiency, test cylinders.



## Tabla de contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>14</b>
<b>Planteamiento del Problema</b> .....	<b>15</b>
Formulación del Problema.....	17
<b>Justificación</b> .....	<b>18</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>20</b>
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos .....	20
<b>Marco Referencial</b> .....	<b>21</b>
Antecedentes.....	21
Marco Teórico .....	28
Marco Conceptual.....	33
<b>Diseño Metodológico</b> .....	<b>36</b>
Recolección y Análisis de Datos .....	36
Unidad de Estudio o Muestra (Si aplica).....	37
Fases y Actividades Metodológicas .....	38
<b>Capítulo 1. Evaluación y análisis DOFA del proceso de mantenimiento para los cilindros de ensayos en el área de Cromatografía de la empresa Esenttia</b> .....	<b>40</b>
Matriz DOFA de viabilidad de aplicación en la empresa Esenttia. ....	49
Estrategias de mejora que ofrece la Matriz DOFA.....	51
<b>Capítulo 2. Diseño de un prototipo para mejora de los mantenimientos de los cilindros de ensayos.</b> .....	<b>57</b>
<b>Capítulo 3. Análisis de la situación financiera y viabilidad económica del sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayo de la empresa Esenttia S.A.</b> .....	<b>63</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>73</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>75</b>
<b>Lista de referencias</b> .....	<b>76</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>80</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1: <i>Fases y Actividades Metodológicas.</i> .....	38
--	----

	10
Tabla 2. <i>Matriz DOFA</i> .....	50
Tabla 3. <i>Costos totales de materiales</i> .....	60
Tabla 4. <i>Comparación de riesgos físicos al implementar el sistema de mantenimiento preventivo en la empresa Esentia para los cilindros de ensayos</i> .....	62
Tabla 5. <i>Plan de inversión inicial</i> .....	68
Tabla 6. <i>Costo de producción fuera de especificación</i> .....	71
Tabla 7. <i>Estimado anual de horas de paradas de producción y ahorro esperado</i> .....	71
Tabla 8. <i>Beneficios asociados con la seguridad laboral y la preservación de la propiedad</i> .....	72

**Lista de Figuras**

Figura 1. <i>Sistema de mantenimiento preventivo</i> .....	32
Figura 2. <i>Riesgos de los cilindros de ensayo</i> .....	44
Figura 3. <i>Un nuevo sistema de mantenimiento preventivo</i> .....	46

**Lista de Ilustraciones**

Ilustración 1. <i>Ubicación de Esenttia S.A.</i> .....	37
Ilustración 2. <i>Cromatógrafo REF 5890</i> .....	41
Ilustración 3. <i>Cromatógrafo REF 8890</i> .....	41
Ilustración 4. <i>Analizador de azufre REF TN 3000</i> .....	42
Ilustración 5. <i>Cilindro de ensayo con muestra contenida</i> .....	42
Ilustración 6. <i>Cilindro de ensayo usado en Esenttia</i> .....	43
Ilustración 7. <i>Diagrama de flujo del sistema actual de mantenimiento para los cilindros de ensayos</i> .....	48
Ilustración 8. <i>5 principios del TPM</i> .....	55
Ilustración 9. <i>Prototipo del sistema móvil de mantenimiento preventivo de los cilindros de ensayos</i> .....	58
Ilustración 10. <i>Estado de la situación financiero</i> .....	64
Ilustración 11. <i>Estado financiero 2022</i> .....	66

**Lista de Anexos**

Anexo 1. *Formato de encuesta* ..... 80

## **Introducción**

El mundo se proyecta cada vez más hacia sistemas de funcionamiento productivo y operativo que sean capaces de realizar sus actividades en tiempos constantes, en donde exista un margen de error mínimo, por lo que el mantenimiento y cuidado de las herramientas con la que se opera, toma gran relevancia y se coloca en el pico de la escala de elementos inherentes a la competitividad de la empresa.

Bajo dicha premisa, la empresa petroquímica Esenttia, ubicada en Cartagena de Indias, cuya tarea es la producción de materias primas desarrolladas a partir de gases licuados de petróleo, requieren de un sistema de mantenimiento a los cilindros de ensayos, dado que, en el desarrollo de actividades de trabajo diarias, se han presentados accidentes laborales que han puesto en riesgo la integridad del personal.

A partir de allí, este documento buscó realizar una propuesta de un sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayo de la empresa, tomando como punto de partida a referentes teóricos que nutrieran el proceso de investigación, como a su vez, se hizo uso de la encuesta y la revisión bibliográfica de la empresa para adquirir mayor información, dando continuidad a ello, la realización de una matriz de análisis DOFA y un análisis de la situación financiera actual de la empresa, para conocer la liquidez y la posible realización de la propuesta planteada.

## **Planteamiento del Problema**

A medida que el mundo avanza y las economías en el mundo se dinamizan con mayor facilidad, moldeando constantemente clientes y públicos receptores hacia soluciones inmediatas, rápidas y eficientes, se hace cada vez más, necesario establecer procesos o sistemas que satisfagan a dichos estos requerimientos, por lo que las empresas acuden cada vez más, a sistemas que acorten tiempos, costos y aumenten la eficiencia en el trabajo.

En ese sentido, el presente proyecto de investigación toma como objeto de estudio la empresa ESENTTIA, que se caracteriza por ser 100% colombiana y perteneciente al Grupo Ecopetrol. Se encuentra ubicada en la ciudad de Cartagena de Indias-Bolívar, trabajando arduamente por:

“la transformación sostenible de la sociedad a través de la producción y comercialización de polipropileno, polietileno y masterbatch; materias primas 100% reciclables, esenciales para la industria transformadora del plástico en aplicaciones que generan bienestar y calidad de vida para la humanidad y las cuales están presentes en sectores como: agroindustrial, automotriz, bienes de consumo, construcción, empaques flexibles, empaques rígidos, industrial, salud y textil.” (Esenttia, s.f.)

En la actualidad, Esenttia produce materias primas para más de 20 países, y es importante tener soluciones eficientes antes los posibles inconvenientes que puedan surgir en el proceso de producción de dichas materias primas, dado que, esto también ayuda a la competitividad de la empresa.

Ahora bien, para la conformación del polipropileno, es necesario el uso de unos cilindros de ensayos, los cuales se encuentran ubicados en el área de Cromatografía, en donde se desarrollan los análisis de los gases licuados de petróleo (GLP). Sin embargo, durante el uso continuo de los cilindros de ensayos, estos tienden a tener inconvenientes en su funcionamiento mínimo dos veces a la semana, tales como fugas por daños en la rosca, daños en el acople rápido, mal funcionamiento de la válvula de seguridad y válvula de aguja, taponamiento del tubo de salida, ensuciamiento interno del cilindro, o simplemente, se averíe a tal punto que la rosca del cilindro no funcione dañando el material de este.

No obstante, la solución de la empresa ante el daño de los cilindros de ensayo es dejarlo fuera de servicio mientras el área de mantenimiento lo habilite nuevamente, lo que equivale a detener el estudio y trabajo del personal, pérdida de tiempo en el proceso productivo, retraso de los trabajadores, debido a que, también, el ensamble o reparación de los cilindros ocupan un rango de dos a ocho horas, y el analista debe esperar que el personal de mantenimiento realice el trabajo.

Todo lo anterior corresponde a la necesidad de generar un sistema de mantenimiento, es decir, inspeccionar periódicamente el estado de los cilindros, donde están las fallas o cuáles piezas pueden llegar a ser reemplazables, para que, un personal de mantenimiento mediante un equipo móvil llegue al laboratorio y pueda hacer su tarea, sin detener por completo el trabajo en el área de Cromatografía.

De allí se consolida la idea de un equipo móvil de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayos, mediante el cual, se puede proteger la salud de los trabajadores, inicialmente, evitando riesgos y peligros, así como también, contribuyendo a la empresa a su crecimiento,



acortamiento de tiempos y aumentando su productividad para llegar a ser más competitivos, y conquistar nuevos mercados.

### **Formulación del Problema**

Por lo planteado anteriormente, surge la pregunta de investigación, ¿cómo evitar posibles riesgos y accidentes laborales y mejorar la productividad de Esentia S.A., mediante un sistema mantenimiento preventivo e inspección de los cilindros de ensayos de la empresa, teniendo en cuenta la situación financiera de esta?

## **Justificación**

El propósito de este proyecto es proponer un sistema de mantenimientos preventivo para los cilindros de ensayos del área de cromatografía, ser parte de la solución ante problemáticas que se presentan en el área de Cromatografía de la empresa Esenttia en Cartagena de Indias, en donde los cilindros de ensayos sufren daños como mínimo dos veces a la semana, retrasando todo un sistema de producción.

Ayudando a que la empresa disminuya costos causados por el cambio continuo de nuevas piezas, aumentando la eficiencia y desarrollo de sus procesos en un área segura para los empleados que realizan análisis de gases licuados de petróleo, mediante un equipo móvil donde se pueda realizar una inspección de mantenimiento preventivo y periódico de estos componentes, de forma ordenada y sin truncar el trabajo de todo el personal.

Cabe resaltar, que la realización de un equipo de mantenimiento preventivo es relevante, dado que “los activos industriales mal gestionados pueden poner en riesgo la seguridad del personal que los utiliza para trabajar. Y no menos importante es el medioambiente y es que, a través de un completo mantenimiento industrial, podemos conseguir que el proceso de fabricación sea lo más sostenible posible.” (CTACTIVA, 2020)

Por ello, el mantenimiento preventivo, no solo se desarrolla con la finalidad de que la empresa pueda ser eficiente, sino que también haya un adecuado uso y conservación de los equipos de operación, que en su mayoría son costosos e indispensables para llevar a cabo los procesos.

El desarrollo de esta idea de innovación tiene como propósito contribuir a la empresa en su crecimiento económico, productivo y competitivo, poniendo en marcha las herramientas y

conocimientos aprendidas a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial, en donde se promueve la capacidad de dar soluciones ante problemáticas empresariales y/o de procesos.

Lo que, a nivel profesional, implica el poder ser propositivo y contribuir a la solución de problemas, obstáculos o retos desde una perspectiva de ingeniería industrial, la cual no solo abarca puntos prácticos, sino también teóricos y económicos, lo que ayuda a encontrar soluciones tangibles y reales, que pueden ser ejecutadas mucho más fácil.

También es un trabajo práctico y de resultados, que suma a la academia e investigación en el área de procesos relacionados con gases de petróleo y sus derivados, debido a que puede ser útil para la producción de conocimiento, mejoras en otras empresas y ayuda a visibilizar la educación que es impartida en la Universidad Antonio Nariño.

## Objetivos

### Objetivo General

Proponer un sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayo del área de cromatografía de la empresa Esenttia S.A. de la ciudad de Cartagena de Indias utilizando el estudio de diferentes técnicas.

### *Objetivos Específicos*

1. Evaluar el proceso de mantenimiento de los cilindros de ensayo en el área de Cromatografía de la empresa Esenttia aplicando diferentes herramientas además del análisis DOFA.
2. Diseñar un prototipo para mejora de los mantenimientos preventivos de los cilindros de ensayos, comparando los riesgos físicos que se evitarían con su implementación.
3. Determinar la viabilidad económica del sistema de mantenimiento preventivo propuesto.

## Marco Referencial

### Antecedentes

#### Internacionales

Fuentes (2015) en su propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de Overall Equipment Efficiency para la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa hilados Richard´S S.A.C., donde el autor identificó que la compañía no contaba con un sistema que le permitiera gestionar de manera eficiente su mantenimiento, por todo lo contrario la empresa aplica un mantenimiento correctivo en todas las máquinas con las que cuenta, originando paros de producción y por ende pérdida de dinero, lo anterior, propone unos lineamientos que busquen reducir los problemas inesperados, garantizará la prolongación de la vida de los equipos, contribuirán a una mejor calidad de producto, al mismo tiempo que propiciará un desarrollo económico y social en la empresa y desde luego un aumento en la disponibilidad de los equipos para cumplir sus metas de producción.” En conclusión, con la implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo, la empresa lograría un ahorro de S/. 103 020, 53 semestrales puesto que al atender correctamente y a tiempo las averías menores, se evitaría problemas de mayor envergadura, los cuales se tienen que enviar a factorías lo que genera un incremento en los costos, ya que no solo es el servicio de rectificación de las piezas, sino que también se eleva el tiempo de espera para poner operativa la máquina.” (Fuentes Zavala, 2015, p.69)

Martens, et al. (2020, p. 1551) en su investigación denominada “Improving Preventive Maintenance Management in an-Energy Solutions Company”. La cual, tiene como objetivo aplicar un conjunto de métodos y filosofías para mejorar el proceso de Gestión del Mantenimiento

Preventivo en una empresa de estudio de caso dedicada al desarrollo, producción y mantenimiento de transformadores de potencia y distribución. Así, se utilizó una metodología de Investigación-Acción. Luego de identificar los principales problemas, se aplicó una estrategia de mantenimiento mixta basada en Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y Mantenimiento Productivo Total (TPM). (...) Así, la principal contribución de este trabajo fue mostrar que llevar a la acción diferentes herramientas juntas de manera organizada y compartir la información y responsabilidades con los trabajadores puede resultar en importantes ahorros para la empresa, convirtiéndose en el mantenimiento función más eficaz.” Por lo tanto, concluyen que “La implementación del mantenimiento preventivo, la clasificación de equipos y su criticidad, la reorganización de las existencias de repuestos y la combinación de la planificación del mantenimiento teniendo en cuenta las necesidades de producción, permitieron ganancias en la empresa donde se desarrolló este trabajo. (...) La principal contribución de este trabajo está en el acercamiento a los problemas y la metodología de abordaje utilizada (Acción - Investigación), la cual demostró ser muy efectiva.” (Martins, et al., 2020, p. 1557)

Kolte y Uday (2017) en el artículo “Machine Operational Availability Improvement by Implementing Effective Preventive Maintenance Strategies”. La investigación presenta un estudio de caso realizado en una de las principales industrias de fabricación de motores de automóviles, con una problemática que enfrenta la línea de fabricación de bloques de cilindros de motores de automóviles con el tiempo de inactividad a pesar de que se le realizan actividades de mantenimiento. Por lo tanto, la disponible actividad de mantenimiento preventivo (PM) necesita ser mejorado y simplificado. El objetivo principal de este estudio fue reducir el tiempo de inactividad de las máquinas en el bloque de cilindros del motor línea de producción analizando y

mejorando el PM disponible cronograma y así mejorar la disponibilidad operativa de máquinas” (Tejas y Uday, 2017, p.700).

Bălan et al., (2021) en el artículo sobre “Preventive Maintenance Features Specific to Offset Printing Machines”, sugiere en esta investigación como la industria de la impresión, en el proceso de producción nunca se detiene, debido a la importancia de mantener continuamente el rendimiento de la máquina. Si una máquina se descompone, la producción se detendrá y perturbará el proceso de producción. Por lo tanto, el sistema de mantenimiento debe administrarse de manera eficiente para resolver esos problemas. El documento presenta los resultados del estudio sobre la mejora continua de la calidad de la impresión offset utilizando funciones de mantenimiento preventivo.” En conclusión, para garantizar y mejorar la calidad de los procesos de impresión offset a largo plazo, es importante asegurar el mantenimiento preventivo (enfocado en monitorear los defectos cuando se observa el proceso de impresión). Esto puede ayudar a minimizar los costos de remediación incluidos en los costos de no calidad, así mismo, se realizan estudios de casos para diferentes tipos de máquinas de impresión offset. bajo sus propias condiciones de uso, por lo anterior, no tienen un carácter general sino sólo indicativo.” (Bălan al et al., 2021, p. 8)

Ribeiro da Silva et al., (2019) realiza un “Costs Analysis Between Predictive and Corrective Maintenance for an Agribusiness Machine. El cual tiene como objetivo analizar el costo generado entre el mantenimiento predictivo y el correctivo, donde se analizó una situación real aplicando la estrategia Mantenimiento Predictivo -PDM para un tractor agroindustrial de caña de azúcar. En este sentido, la máquina operaba en condiciones de trabajo severas, las 24 horas del día, directamente en contacto con polvo, tierra, piedras, etc. Y lograron comprobar que el uso del mantenimiento proactivo es asequible en el uso de grandes equipos como es el caso de este trabajo,

una agroindustria de tractores, donde dicho análisis de costos demostró que usar PDM es mucho más competitivo que esperar que la máquina se rompa para hacer el mantenimiento e incluso el análisis de costos se vio obstaculizado por el hecho de que no hubo pérdidas de horas de máquina, para este escenario de estudio, es posible asegurar las ventajas de PDM.” (Ribeiro da Silva et al., 2019, p.5)

Jimenez-Cortadi et al., (2020) en su investigación sobre “Predictive Maintenance on the Machining Process and Machine Tool”, su propósito principal fue dar solución al problema del mantenimiento predictivo en un proceso de mecanizado real, en donde se requieren varios pasos para llegar a la solución, que se explican cuidadosamente en los resultados obtenidos que muestran que el Mantenimiento Preventivo (PM), que se llevó a cabo en un proceso de mecanizado real, permitiendo cambiar a un enfoque PdM, además, se desarrolló una aplicación de toma de decisiones para proporcionar un análisis visual de la vida útil remanente (RUL) de la herramienta de mecanizado. En este trabajo sirve de prueba sobre el concepto de la metodología presentada en un proceso, pero replicable para la mayor parte del proceso para la serie producciones de piezas.” (Jimenez-Cortadi et al., 2020).

### **Antecedentes Nacionales**

Giraldo (2022, p.11) en su proyecto de un “Plan permanente de mantenimiento preventivo y reposición de válvulas de sistema y control”, tiene como objetivo realizar un seguimiento a las válvulas más utilizadas en la red matriz de agua potable de la ciudad de Ibagué, así como mejorar todo el sistema de distribución en el momento de fallas o daños en dicho sistema; por lo tanto, la empresa se ve beneficiada con este plan ya que es necesario para poder solicitar las certificaciones



ICONTEC y resolver problemática presentada que a la fecha en la empresa no se cuenta con dicho plan, ocasionando muchas veces un mal funcionamiento por falta de un mantenimiento preventivo, concluyendo que la implementación del plan de mantenimiento y/o reposición de válvulas del sistema de red matriz de acueducto pudo identificar el estado de cada una de las válvulas para tener un mejor rendimiento en la distribución de agua potable en los 10 distritos de la ciudad de Ibagué y se planteó un cronograma para el desarrollo de este plan en un plazo de 3 años (Giraldo, 2022, p. 35)

Según Silva et al., (2021, p.144) en su artículo denominado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro Cíes SENA Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF, por tal motivo, debido al continuo aumento en la demanda de colombianos que desean realizar una formación técnica o tecnológica gratuita, el centro CIES tiende a un mejoramiento continuo en la calidad de sus formaciones, influyendo en esta, una amplia dotación de equipos para obtener un incremento en la calidad de formación de los aspirantes, dichos equipos necesitan de un cuidado, un plan de mantenimiento que garantice, en lo posible, la vida útil de estos, en conclusión, la creación de indicadores ayudará a supervisar el correcto funcionamiento del plan diseñado, con el fin de poder realizar correcciones a futuro de los análisis que engloba este plan de mantenimiento y así garantizar la mejora continua del mismo. Gracias a la elaboración del plan y la recopilación de información, se puede empezar a aplicar el software GMAO o CMMS llamado Mántum, la aplicación de dicho software traería beneficios para una óptima gestión del área de mantenimiento estando a la vanguardia aplicando esta tecnología” (Silva et al., 2021, p.154).

Sepúlveda (2019, p.13) en su Estudio de Prefactibilidad para la Implementación del Programa Mejorado de Mantenimiento Preventivo de las Estaciones Reguladoras en la Empresa Gas Natural Fenosa en Bogotá. Plantea la implementación de un nuevo programa de mantenimiento mejorado, para optimizar el uso de los recursos y encontrar beneficios económicos al interior de la compañía y minimizar las fallas o deficiencias en el funcionamiento de algunas estaciones que han llegado a ocasionar pérdidas considerables en ámbitos sociales y económicos para la empresa y para una cantidad importante de sus clientes; de esta forma, se argumenta la necesidad que surge de evitar dichas fallas mediante la implementación de un modelo mejorado de mantenimiento preventivo.

Rozo (2020, p.12), en su proyecto de Mejoramiento del proceso de mantenimientos preventivos, correctivos y montajes de sistemas de aire acondicionado realizado por la empresa Tecesai Ingenieria SAS. Para mejorar el proceso, ideó “La metodología utilizada en la investigación es de enfoque cuantitativo, lo cual se refiere a que es secuencial y probatoria realizando mediciones apoyadas en la estadística, con un alcance descriptivo – explicativo, donde se hará uso de la investigación aplicada, con los conocimientos y herramientas adquiridas en la Universidad para aportar el mejoramiento del proceso de mantenimientos preventivos, correctivos y montajes de sistemas de aire acondicionado realizado por la empresa Tecesai Ingeniería SAS”. En conclusión, “Se implementó un plan de mejoramiento para atacar los aspectos más relevantes que impactaron al proceso negativamente, lo cual se logró a través de los datos recopilados en las encuestas realizadas a los funcionarios que interactúan diariamente con el proceso.” (Rozo-Perez, 2020, p.76)

Mago et al., (2020) en el proyecto de Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo a los equipos del proceso de producción en la empresa Equiaceros SAS. propone realizar un modelo de plan de mantenimiento, que sea adecuado para el cumplimiento de la política empresarial dentro de la planta de producción, que brinde el desarrollo de herramientas necesarias para la manipulación y adecuación de las máquinas al proceso, al igual que las acciones de mantenimiento preventivo y predictivo, que garanticen la disponibilidad de los equipos, evite fallas críticas indicando el TPEF (Tiempo Promedio entre Fallas) para ajustar las frecuencias y rutinas de inspección en los tipos de mantenimiento que se requieran, determinando en qué período de vida útil se encuentran los equipos.” Por lo tanto, se recomienda a la empresa realizar un diagnóstico o auditoría del plan de mantenimiento, para verificar a mediano plazo si los resultados obtenidos de esta implementación son viables desde el punto de vista operativo y si representan un beneficio financiero para Equiaceros SAS.

Perrilla (2022) en su proyecto “Mantenimiento de máquinas y herramientas industriales en la empresa. (INDUCOLVI) Industria Colombiana de Vidrio de la ciudad de Bogotá. Manifiesta el tipo de falencia encontrada, para que sea aprobada o denegada la respectiva intervención de dicho mecanismo, realizando un mantenimiento que se adecue a la necesidad y pueda corregir o prevenir una eventualidad. Sin embargo, al evaluar el resultado obtenido, el objetivo garantiza el aumento de la productividad de la empresa, al igual proporcionar condiciones seguras para operarios y trabajadores que tengan contacto de manera indirecta, mitigar posibles fallas y desaprovechamiento de la materia prima arraigado a interrupciones repentinas, prevenir el daño de partes esenciales que son de difícil obtención y coste elevado, buscando mantener los equipos

operando de manera óptima beneficiando de manera consecuente el aumento en la vida útil de la máquina” (Perrilla-Plazas, 2022)

### **Antecedentes locales**

Milanés y Flórez, (2020) en la propuesta de un Diseño de un plan de mantenimiento preventivo en los sistemas de instrumentación y control de la empresa aguas de Cartagena E.S.P. con el objetivo de diseñar un plan de mantenimiento en los sistemas de instrumentación y control en función de la criticidad de las estaciones de tratamiento logrando así la reducción de las fallas en los equipos, para ello se realizó un diagrama de Pareto para identificar el 20% de las fallas que causan el 80% de los mantenimientos correctivos ejecutado por el personal de Acucar, con esto se identificó que la falla más representativa fue en el sistema de cloración, por tanto, se determinó por medio de un árbol lógico de fallas unas recomendaciones para la eliminación de las fallas latentes”

### **Marco Teórico**

#### **Definición de mantenimiento**

El mantenimiento se define como “una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial están en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación.” (Pérez Rondón, 2021, p. 21)

Es decir, que todas las actividades que las máquinas y/o herramientas se desarrollen sin mayor inconveniente o problema.

Según Boero (2012), citado por Fuentes Zavala (2019), cada empresa necesita un servicio de mantenimiento adecuado a su proceso productivo y, en ningún caso, se puede adaptar un

sistema aplicado en otra empresa sin los ajustes requeridos por las modalidades propias de cada compañía. De igual forma Boero nos habla de los propósitos del mantenimiento:

- Aumentar el buen funcionamiento de las instalaciones
- Reducir costos.
- Prolongar la vida útil de los equipos.
- Contribuir a mejorar la calidad.
- Mejorar la seguridad del personal.
- Contribuir al cuidado del medio ambiente.
- Evitar toda clase de pérdidas.

### **Razones para implementar el mantenimiento**

Ahora bien, por qué es imprescindible para las empresas tener y crear sistemas de mantenimiento de sus recursos y equipos, esto se debe a que es necesario evitar percances que retrasen la operatividad de la empresa y productividad eficiente; a lo que García (2020), añade

- ✓ Porque la competencia obliga a rebajar costos. Por tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra.
- ✓ Porque los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acorde con los objetivos planteados por la dirección

Por ende, tener sistemas y políticas encaminadas al mantenimiento de los equipos diarios de la empresa, ayuda a elevar su competitividad, proteger a los empleados y equilibrar sobrecostos.

### **Objetivos del mantenimiento**

El mantenimiento aporta maximizar ventajas competitivas de producción y disminuir riesgos económicos, así como también, de carácter complejo. Por lo que Boero (2012), lo desglosa:

- a. Maximizar la producción:
  - Mantener la capacidad de las instalaciones.
  - Asegurar la máxima disponibilidad de las instalaciones.
  - Reparar las averías con el mínimo de tiempo y costo.
- b. Minimizar costos: o Reducir al máximo las averías.
  - Prolongar la vida útil de las instalaciones.
  - Reducir las existencias de repuestos.
  - Reposición de los equipos en el momento adecuado.
  - Colaboración en la optimización de los procesos.
  - Productividad del personal de mantenimiento.
- c. Calidad exigida:
  - Mantener el funcionamiento regular de producción, sin paros.
  - Eliminar las averías que afectan la calidad del producto.
  - Mantener los equipos para asegurar la calidad requerida.
- d. Preservar la energía:
  - Conservar en buen estado cañerías e instalaciones auxiliares.
  - Eliminar paros y puestas en marcha.
  - Controlar rendimientos energéticos de los equipos.
- e. Conservación del medio ambiente:

- Eliminar posibilidades de fuga de contaminantes.
- Evitar averías en instalaciones correctoras de poluciones.

f. Higiene y Seguridad:

- Mantener las protecciones de los equipos.
- Adiestrar al personal sobre riesgos de accidentes

### **Tipos de mantenimiento**

El mantenimiento posee diferentes tipos, dentro de los cuales se encuentran el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, los cuales hacen alusión a determinados problemas que surgen en circunstancias y momento distintos. Sin embargo, para el objeto de estudio que se está desarrollando, se ahonda en el mantenimiento preventivo.

El **mantenimiento preventivo** “se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos).” (Pérez, 2021, p. 39)

A lo que, en palabras más simples, Oliveros (2012) señala que el mantenimiento preventivo o proactivo, es el sistema opuesto al sistema reactivo, es decir, las acciones de mantenimiento se realizan antes de presentarse la falla del equipo. En la operación proactiva la prevención de las fallas se hace a través de inspecciones y de acciones preventivas y predictivas.

Según Pérez (2021, p. 39) el objetivo del mantenimiento proactivo es, por tanto, anticiparse a la probabilidad de ocurrencia de las fallas y también puede ser:

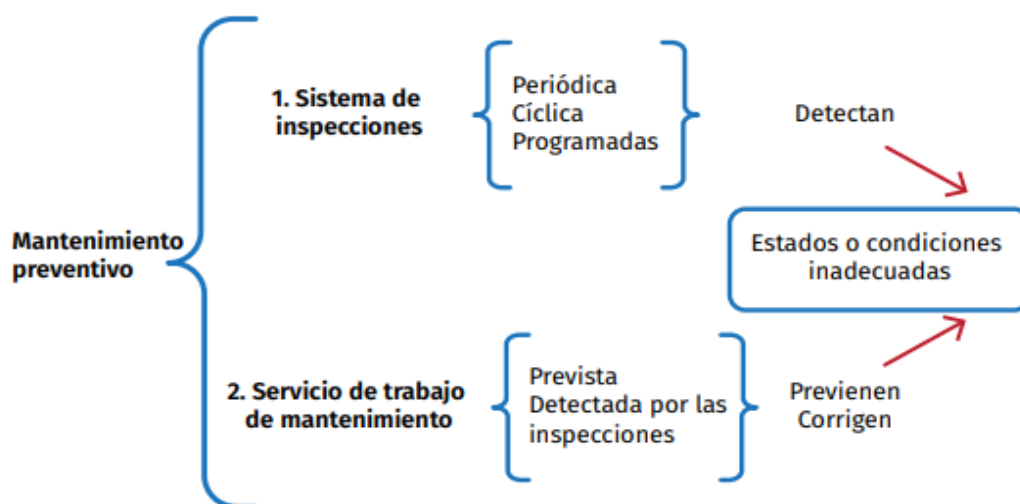
*Disponibilidad: puede definirse como la probabilidad de que una máquina sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera.*

*Confiabilidad: es la probabilidad de que la máquina esté operando en todo el momento que necesite el usuario.*

*Incrementar: al máximo la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas o equipos llevando a cabo un mantenimiento planeado (Pérez, 2021, p. 39).*

Con estas bases planteadas, se necesita conocer el cómo implementar un proceso de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta, que este proceso se adelanta a los posibles problemas que puedan ocurrir en el flujo productivo de la empresa. La Figura 1., detalla cuáles deben ser las bases iniciales y su periodicidad, para lograr prevenir o corregir errores:

**Figura 1.** Sistema de mantenimiento preventivo



**Fuente:** Pérez, (2021). Libro de conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial



Ya se es bien sabido que el mantenimiento preventivo ayuda a tener mayor control sobre las áreas, su desempeño y posibles acciones a tomar en caso de un suceso específico, pero cómo se logra construir y planificar este. Se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

1. Inventario técnico: qué herramientas o máquinas posee la empresa
2. Preferencias de manejo: cuales están en funcionamiento y cuáles no. Cuales ayudan a la productividad y cuáles no.
3. Control de costos: ayuda a identificar donde se deberá hacer una mayor inversión o disminuir la misma.
4. Factores técnicos que regulan la estructuración: vida útil, tiempos de uso, entre otros.
5. Sistemas de información: bases de datos respectivamente organizadas con todas las actividades a desarrollar en pro del mantenimiento,
6. Planificación y operación: punto de partida y de llegada.

### **Marco Conceptual**

**Ciclo de vida:** tiempo durante el cual un bien o activo conserva su capacidad de operación, y se tiene en cuenta desde el inicio cuando se adquiere el activo, hasta el final al momento de sustituirlo.

**Competitividad:** “es la capacidad que tiene nuestra empresa de hacer las cosas mejor que su competencia, ya sea en términos de producto, producción, costes, calidad, de manera que al final suponga una ventaja a la hora de hacer nuestro negocio más rentable.” (Cámara de Comercio de España, s.f.)

**Costos directos:** Los costos de la calidad directos son aquellos relacionados bien con costes de conformidad, bien con costes de no conformidad, pero que pueden considerarse como

gastos operativos directos. Tales costos incluyen el coste del personal de inspección, los desechos, los reprocesos, los gastos de garantía, etc. Son fácilmente identificables, y es fácil hacer un seguimiento de los mismos adaptando un poco la contabilidad de la empresa. (Herrera, 2020).

**Costos indirectos:** Son todos aquellos costes de la calidad que la empresa no puede imputar de una forma clara, por ser desconocidos o por no ser consciente de su existencia. Identificar y seguir los costes de calidad indirectos resulta algo más complejo, sino imposible. Los costes de la calidad indirectos están relacionados con la no conformidad. Están relacionados con los costes de fallo interno y externo, ya que, si éstos son elevados, es frecuente que también lo sean los indirectos. (Herrera, 2020).

**Equipo:** se puede definir como el conjunto total de máquinas que son necesarias para cumplir un objetivo. Ejemplo: equipo de transporte de cereal; está compuesto por elevadores de cangilones, roscas transportadoras y tuberías.

**Evento de falla:** aquella situación que se puede presentar anómala de carácter técnico detectada en un equipo.

**Falla:** situación dada, afectando la capacidad de un equipo, de cumplir su función.

**Función:** Es todo aquello que la empresa espera que el equipo cumpla con sus estándares de diseño y de desempeño.

**Inspección:** actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo, usando rutas definidas con cierta periodicidad y corta duración en el momento de revisar el equipo, máquina, donde normalmente se utilizan instrumentos de medición o los sentidos del ser humano, para verificar el buen funcionamiento del equipo, sin provocar que esto genere pararlo.

**Mantenibilidad:** es la facilidad de realizar tareas de mantenimiento en un equipo o máquina, para así devolver a sus condiciones de operación en el menor tiempo posible, utilizando procedimientos definidos.

**Productividad:** “Corresponde a un indicador que define cuántos productos o servicios se han llegado a producir por cada uno de los recursos utilizados en su elaboración (mano de obra, tiempo y capital, entre otros) dentro de un plazo determinado.” (BBVA México, s.f.)

**Mantenimiento Industrial:** “Ha pasado a ser una disciplina que engloba toda la vida útil de los equipos, desde su diseño e implementación hasta su retiro de operaciones. En primer lugar, por la conciencia de los niveles de inversión involucrados en el equipamiento. Además, parte del núcleo esencial de producción depende de estos bienes y, de forma indirecta, su operación insuficiente conlleva desvalorizaciones de mercado de las compañías.” (CTACTIVA, 2020).

## **Diseño Metodológico**

Para el desarrollo de la investigación y la construcción de una propuesta de un sistema de mantenimiento preventivo en la empresa Esenttia S.A. de la ciudad de Cartagena, se estableció un enfoque de investigación mixto, “un factor adicional que ha detonado la necesidad de utilizar los métodos mixtos es la naturaleza compleja de la gran mayoría de los fenómenos o problemas de investigación abordados en las distintas ciencias. Éstos representan o están constituidos por dos realidades, una objetiva y la otra subjetiva.” (Sampieri, 2014, p. 513)

En ese sentido, un enfoque mixto aporta una mayor perspectiva en la recolección y análisis de la información, lo que añade una investigación de tipo exploratoria-descriptiva, “los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados.” (Sampieri, 2014, p. 91)

Mientras que, por el otro lado, “con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.” (Sampieri, 2014, p. 91)

### **Recolección y Análisis de Datos**

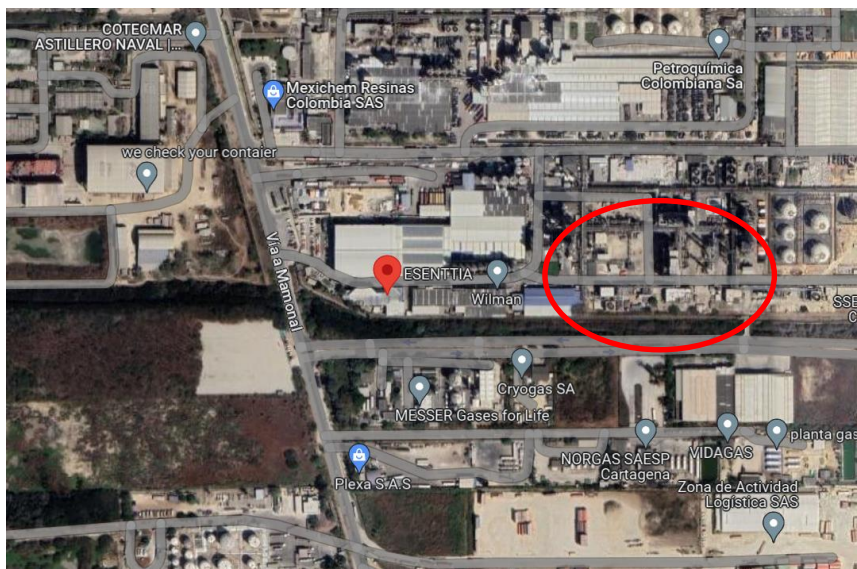
La recolección de datos se hizo por medio de una encuesta, como herramienta del enfoque cuantitativo y, en segundo lugar, la realización de una propuesta mediante la recolección de información de bases de datos, artículos de investigación, informes, módulos informativos, fichas de descripción de productos y tesis de grado.

Tener variedad de información permitió que la investigación sea robusta, objetiva y plantee soluciones reales a los problemas suscitados y mencionados a lo largo del documento.

### **Unidad de Estudio o Muestra (Si aplica)**

La unidad de estudio es la empresa Esenttia S.A., específicamente en el área de Cromatografía, que es donde se hace uso de los cilindros de ensayos para el estudio de los gases licuados de petróleo entre otros. La empresa se encuentra ubicada en la vía principal del sector industrial de Mamonal en el Km 8, en Cartagena - Bolívar.

### **Ilustración 1. Ubicación de Esenttia S.A.**



**Fuente:** Tomado de Google Maps.

## Fases y Actividades Metodológicas

**Tabla 1:** Fases y Actividades Metodológicas.

Objetivos específicos	Actividades metodológicas	Técnicas para el tratamiento de la información	Resultados
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el proceso de mantenimiento para los cilindros de ensayos en el área de Cromatografía de la empresa Esenttia aplicando diferentes herramientas además del análisis DOFA</li> </ul>	<p>Recopilar y revisar la información relacionada con los cilindros de ensayos en el área de Cromatografía.</p> <p>Programar entrevistas con el personal encargado del mantenimiento de los cilindros de ensayos.</p> <p>Realizar Análisis DOFA.</p>	<p>Encuestas Matriz DOFA Gráficos y Diagramas</p>	<p>Compilar los resultados de todas las actividades metodológicas en un informe detallado.</p> <p>Preparar una presentación para compartir los hallazgos y recomendaciones con los responsables de la toma de decisiones en la empresa Esenttia</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar un prototipo para mejora de los mantenimientos preventivos de los cilindros de ensayos, comparando los riesgos físicos que se evitarían con su implementación</li> </ul>	<p>Detallar el equipo de mantenimiento móvil preventivo, desglosando las herramientas, equipos y demás partes que harán parte de la conformación de este.</p> <p>Realizar una revisión exhaustiva de la literatura técnica.</p> <p>Desarrollar un diseño conceptual del prototipo, considerando las tecnologías</p>	<p>Análisis técnico del equipo actual.</p> <p>Uso de gráficos, diagramas y mapas para representar datos.</p>	<p>Conocimiento de la capacidad de inversión por parte de la empresa, en el desarrollo de este equipo.</p> <p>Comprobación de los riesgos físicos que se estarían evitando con la implementación del equipo móvil.</p> <p>Mejoramiento del rendimiento a nivel laboral, cuidando la salud y la seguridad en el trabajo de los analistas del laboratorio</p>

			de cromatografía de Esentia
<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la viabilidad económica del sistema de mantenimiento preventivo propuesto.</li> </ul>	<p>Establecer los montos y requerimientos que deben tenerse en cuenta para poder materializar la propuesta.</p> <p>Conocer la inversión monetaria a realizar y si verdaderamente está dentro de las posibilidades de la empresa.</p>	<p>Análisis Costo-Beneficio (ACB)</p> <p>Estudio de Factibilidad Financiera</p>	<p>Evaluación clara de la viabilidad económica del sistema propuesto, indicando si los beneficios previstos superan los costos asociados.</p> <p>Análisis detallado de la capacidad financiera de la empresa para llevar a cabo la inversión, incluyendo la evaluación de la deuda actual y la capacidad de generación de efectivo</p>

**Fuente:** Elaboración propia.

## **Capítulo 1. Evaluación y análisis DOFA del proceso de mantenimiento para los cilindros de ensayos en el área de Cromatografía de la empresa Esenttia.**

Para el desarrollo de este capítulo en primera instancia vamos a presentar una descripción de los mantenimientos de Esenttia, realizando encuestas a 12 analistas del área de cromatografía con el fin de obtener y conocer resultados de primera mano de los operarios afectados.

El área de Cromatografía de la empresa Esenttia se encarga inicialmente de analizar los gases licuados de petróleo (GLP), que de acuerdo con Esenttia S.A, son aquellos “que pueden almacenarse o manejarse de la fase de líquido a través de la compresión o de refrigeración, o ambos. Generalmente consisten en C3 y C4 alcanos y alquenos o mezclas de los mismos y que contiene menos de un 10 por ciento en volumen de material de mayor número de carbonos.”

(2020, p.2)

Así como también, de mezclas compuestas principalmente de propano y propileno, donde uno de estos componentes está por lo general en el intervalo de concentración de 30 a 85% en masa con la otra que comprende la mayoría del resto. (Esenttia, 2020)

Para ello se utilizan una serie de equipos como lo son:



**Ilustración 2.** *Cromatógrafo REF 5890*



**Fuente;** laboratorio Esenttia

**Ilustración 3.** *Cromatógrafo REF 8890*



**Fuente;** laboratorio Esenttia

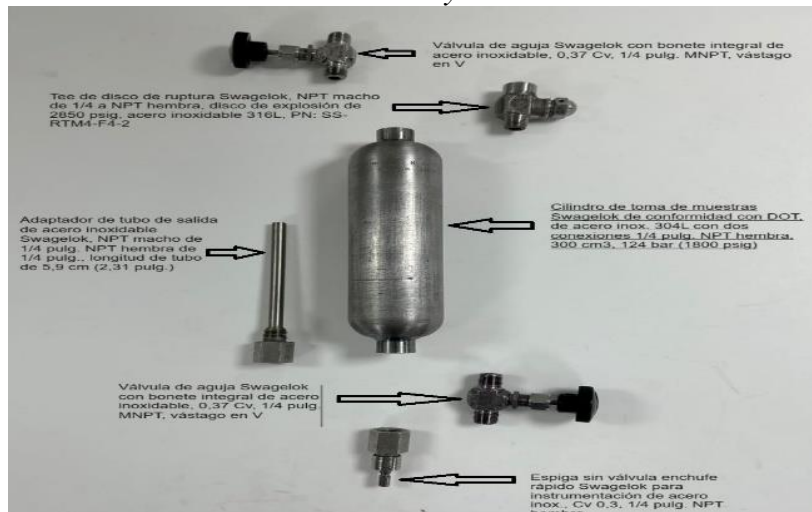
#### Ilustración 4. Analizador de azufre REF TN 3000



**Fuente:** laboratorio Esenttia

Estos equipos hacen parte del estudio de dichos gases, que son necesarios en la elaboración de materias primas a bases de carbón y entre otras, sin embargo, dichos equipos tienen la viabilidad de funcionar a su cien por ciento, por lo que su margen de error es realmente reducido, comparado con el cilindro de ensayo, que es el que lleva la muestra, como se verá en la ilustración 5.

#### Ilustración 5. Cilindro de ensayo usado en Esenttia



**Fuente:** laboratorio Esenttia

De acuerdo con el manual de uso que presenta Esenttia S.A., esta herramienta se conoce como cilindro de ensayo o cilindros para toma de muestras con dos conexiones, que son elaborados en tamaños desde 40 a 3785 cm<sup>3</sup> (1 gal), con presiones de servicio hasta 344 bar (5000 psi) y son hechos en aceros inoxidable 304L y 316L son resistentes a la corrosión intercrystalina. (Swagelok, s.f.)

**Ilustración 6.** *Cilindro de ensayo con muestra contenida*



**Fuente:** Laboratorio de Esenttia.

Los cilindros son los encargados de portar la muestra que se va a estudiar, por ello, son tan importantes y a su vez, riesgosos para la integridad del personal, dado que una mala manipulación, fallas en las válvulas o daños en los discos o tapones de protección, pueden generar accidentes laborales.

Con esta descripción se obtiene un panorama genérico del área de Cromatografía y su importancia, por ello, se realizó una encuesta (ver anexo 1), a los doce (12) analistas del área, a través de la que se establece un diagnóstico de la situación actual y si existe, la necesidad de plantear un equipo móvil de mantenimiento preventivo.

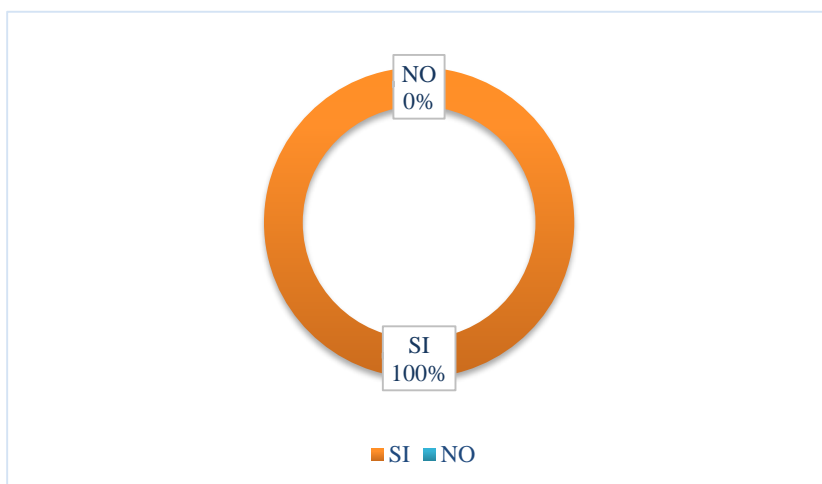
A continuación, se presenta el resultado de los analistas encuestados.

La primera pregunta de la encuesta fue, ¿conoce usted el sistema de mantenimiento que se realiza a los cilindros de ensayo? De la cual, el 100% de los analistas dice no conocer dicho

sistema en el área. Seguido a ello, se indagó por el funcionamiento de los cilindros de ensayo, a lo que el 100% asegura conocer la tarea de los cilindros.

La tercera pregunta, establecía si ellos consideraban los cilindros de ensayo como un posible riesgo y/o peligro a su integridad, a los cual el 100% contestó considerar esta herramienta como un peligro, dado que “no se le hacen mantenimiento desde que presenta fallas”, otros dicen que la ausencia de un sistema de manteamiento preventivo hace que los cilindros sean realmente peligrosos, así como también, que los sistemas de bloqueo de energías peligrosas no son suficientes.

**Figura 2.** *Riesgos de los cilindros de ensayo*



Elaboración propia

Para la pregunta número 4., se les indagó: cree usted, ¿qué la operación del cilindro de ensayo sin una inspección previa de mantenimiento puede ser riesgosa para los empleados? A ello, el 100% (12 analistas), decidieron que, si era peligroso, y agregaban que “si no tienen buena inspección puede tener fugas en las válvulas”, “puede fallar la válvula de seguridad por sobre presión y estallar” y también, la falla de una pieza puede hacer que el cilindro salga disparado y cause heridas al personal y daños en el área.

La pregunta 5, Considera usted, ¿qué se puede consolidar un sistema más seguro y eficiente que garantice el buen funcionamiento de los cilindros de ensayo? A ello el 100% (12 analistas) estuvieron de acuerdo, con que, si es necesario garantizar un sistema seguro de mantenimiento para los cilindros, dado los peligros que han vivido en el área.

Para la pregunta número 6., se indagó: ¿Considera usted que el sistema de mantenimiento correctivo es la mejor opción para el uso adecuado de los cilindros de ensayo? Todas las respuestas fueron un 100% que NO, aseguraban que se necesita evitar accidentes, además, este tipo de mantenimiento no ayuda a conocer el estado de los cilindros, válvulas y piezas del mismo.

La siguiente cuestión, fue si el mantenimiento correctivo de los cilindros de ensayo es la mejor alternativa para el buen desempeño del área de cromatografía, a ello el 100% del personal eligió que NO, no es la mejor opción, puesto que, “habría que esperar a que se dañen, sino revisan previamente” agrega un analista.

En la pregunta número 8, se les preguntó sobre ¿cuánto es el tiempo aproximado para realizar mantenimiento correctivo a los cilindros de ensayo? Donde las respuestas eran: A) 10 min. a 20 min.; B) 20 min. a 30 min. y C) 30 min. a 40 min. A lo que el 100% de los encuestados estuvo de acuerdo con la C. No obstante, esto también dependerá del daño que sufrió el cilindro y de la disponibilidad del personal encargado del mantenimiento, por lo que puede demorar todo un turno o día.

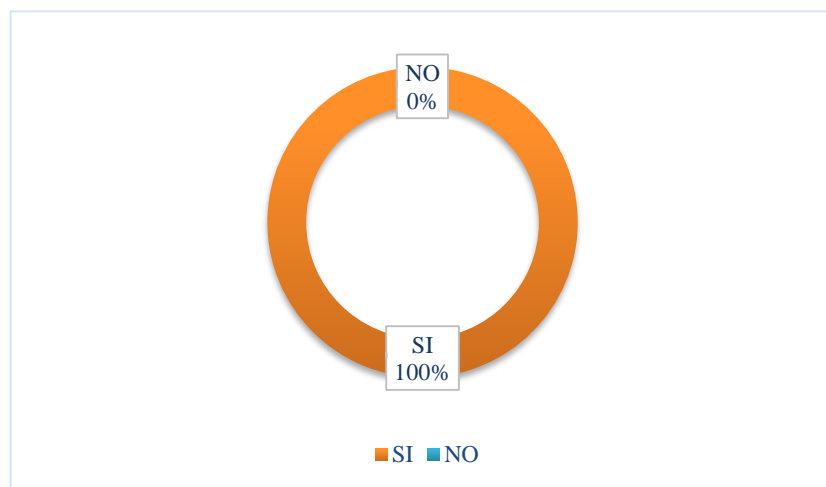
En ese orden, se les preguntó si estaban de acuerdo con el actual sistema de mantenimiento correctivo: ¿De qué forma impacta el tiempo utilizado para el mantenimiento correctivo en su desempeño laboral? A lo que el 100% contestó que, de forma negativa, y en palabras de ellos “causa estrés, porque la producción solicita resultados y no se pueden entregar hasta que el

cilindro se arreglé”, “se pierde confiabilidad en los resultados” o “implica tomar nuevas muestras, lo que aumenta la carga laboral”.

Hasta el momento, el sistema de mantenimiento correctivo que ha desarrollado la empresa Esentia en el área de Cromatografía es ineficiente y afecta la productividad, la integridad y salud mental del trabajador. Con ese panorama, se buscó conocer que tan de acuerdo estaban con un equipo de mantenimiento preventivo, con acotamiento de tiempos y priorizando la revisión e inspección previa de los cilindros, a lo que en la pregunta número 10:

Se les preguntó: Considera usted imprescindible, ¿tener un equipo de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayo? A ello el 100% de los analistas estuvo de acuerdo, eligiendo la respuesta A. de SI.

**Figura 3.** *Un nuevo sistema de mantenimiento preventivo*



Elaboración propia

Bajo el panorama de obstáculos que presenta el sistema de mantenimiento correctivo actual, la penúltima pregunta fue: ¿Cree usted que invertir en un equipo de mantenimiento preventivo de los cilindros de ensayo ayudaría a reducir costos de operación y pérdida de tiempo

en la entrega de resultados? A esto el 100% de los analistas optaron por la A., afirmando que SI, es necesario realizar un cambio en el sistema de mantenimiento.

En la última pregunta, que fue abierta, ¿Qué solución considera usted para lograr que los cilindros de ensayos estén en óptimas condiciones para el desarrollo de su función?

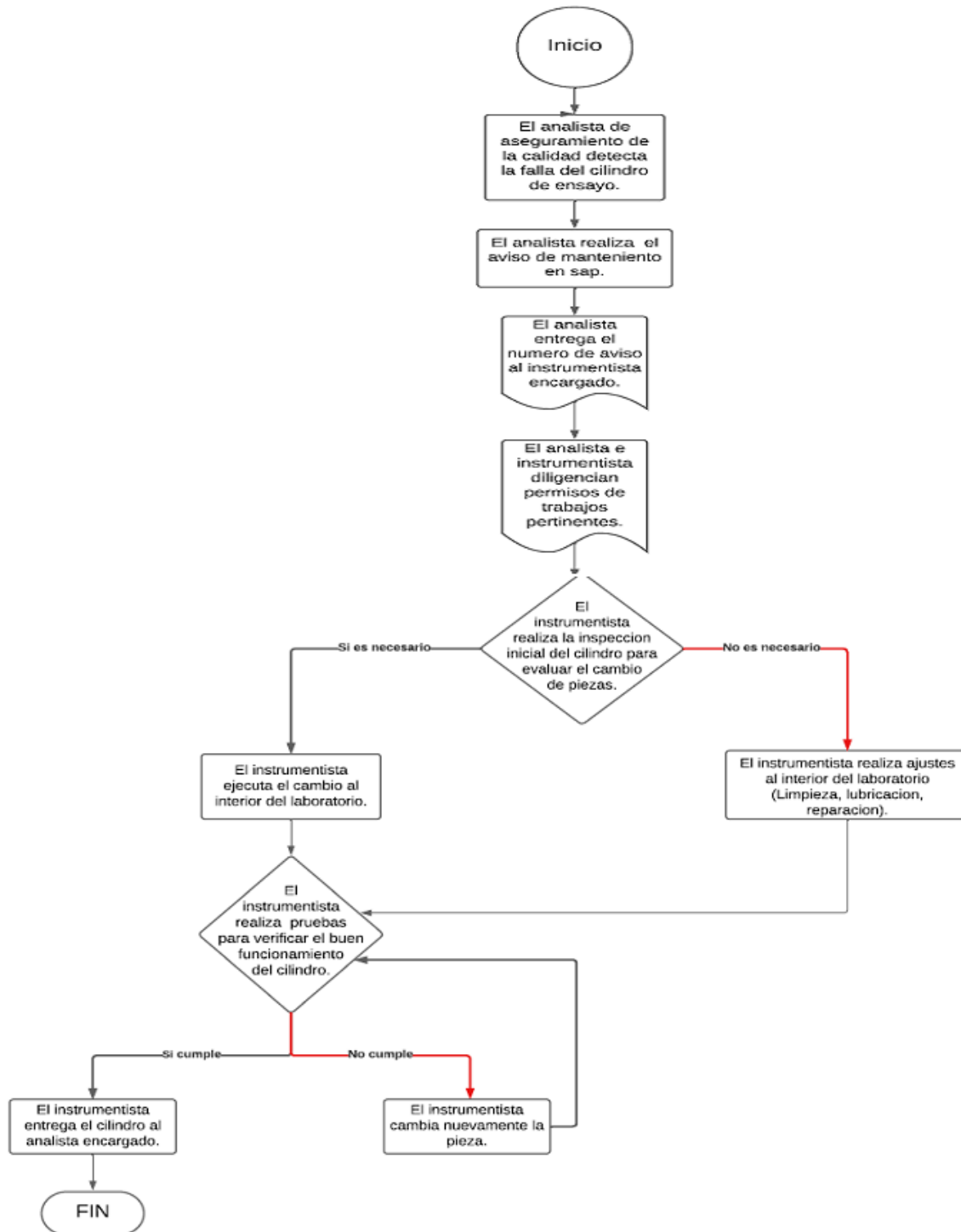
Las respuestas fueron las mismas, solicitar un equipo de mantenimiento preventivo, que ayude a disminuir las cargas laborales por repetir dos veces o más la misma tarea, que permita aumentar la confiabilidad en el trabajo y los resultados, que, a su vez, la empresa garantice un mantenimiento preventivo de calidad enfocado a reducir riesgos, peligros y/o accidentes laborales en el área, a los trabajadores y la infraestructura. A continuación, se describe el diagrama del sistema actual de mantenimiento de cilindros de ensayos.

#### **Diagrama de flujo del sistema actual de mantenimiento para los cilindros de ensayos.**

El diagrama de flujo del sistema actual de mantenimiento para los cilindros de ensayos proporciona una visión detallada y exhaustiva del procedimiento que se sigue desde la identificación de una falla hasta la restauración completa del cilindro a su estado óptimo de operación. Este proceso, que ha sido meticulosamente diseñado para garantizar la eficiencia y la eficacia en cada etapa, se presenta a continuación en una descripción ampliada.

Este diagrama de flujo detallado refleja la importancia de un sistema de mantenimiento bien estructurado y meticuloso para garantizar la confiabilidad y la durabilidad de los cilindros de ensayos, contribuyendo así al rendimiento óptimo de los procesos operativos (**ver ilustración 7**).

**Ilustración 7.** Diagrama de flujo del sistema actual de mantenimiento para los cilindros de ensayos.



**Fuente:** Elaboración propia.



### **Matriz DOFA de viabilidad de aplicación en la empresa Esenttia.**

Esta parte del capítulo se centrará en la importancia de conocer los puntos fuertes y débiles de la empresa Esenttia, frente al equipo móvil que se plantea a lo largo y ancho del documento, analizando así mismo, las oportunidades y amenazas presentes y que se pueden presentar.

Así mismo, se vislumbra un pilar fundamental que ayudará a determinar, aun mejor, la relevancia de construir un equipo móvil de mantenimiento preventivo, a través del cual, se deberá tener en cuenta el TPM o Mantenimiento Productivo Total:

“TPM, “Total Productive Maintenance” en inglés o Mantenimiento Productivo Total, es un método de gestión de mantenimiento que tiene como objetivo eliminar los errores en nuestra cadena de producción, minimizando al máximo los problemas de maquinaria. El principal objetivo del TPM es mantener todas las máquinas en su mejor estado, utilizando el mantenimiento predictivo y minimizando así el uso del mantenimiento correctivo. Esto evita que tengamos que parar nuestra producción por problemas o errores en nuestras máquinas que no hemos sabido prever.” (Iberomatica, 2021)

Con el panorama que presenta la matriz DOFA, se ancla y se sincroniza un Sistema de TPM, que puede ser aplicado conforme se desarrolla el equipo de mantenimiento, para maximizar las oportunidades y fortalezas, mientras que se minimizan las debilidades y amenazas que puedan surgir en el proceso.

Tabla 2. Matriz DOFA

<b>MATRIZ DOFA</b>		
Análisis DOFA de la viabilidad e importancia de implementar un sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayo del área de cromatografía de la empresa Esenttia S.A. de la ciudad de Cartagena de Indias.		
<b>ASPECTOS INTERNAS</b> (Hace referencia al objeto de análisis)	<b>ASPECTOS POSITIVOS</b>	<b>ASPECTOS NEGATIVOS</b>
	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
	1- Existe una necesidad urgente que puede suplir el equipo de forma oportuna y rápida.	1- Cambio continuo de equipos de trabajo.
	2- Cuenta con un técnico instrumentista que acopla, implementa y evalúa el funcionamiento del equipo.	2- Asignación de un solo técnico instrumentista al área de cromatografía.
	3- Mejoramiento en la eficiencia operativa, al reducir el tiempo de inactividad no planificado.	3- Existencia de repuestos.
4- Existe un respaldo por parte de la empresa, para implementar el equipo.	4- Poca experiencia en el uso del equipo, dado que es novedoso.	
<b>ASPECTOS EXTERNOS</b> (Hace referencia al ambiente que lo rodea)	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
	1- Asignar personal de mantenimiento para relevar en caso de ausencia.	1- Posible aumento de costos de los repuestos.
	2- Existencia de un proveedor que permita obtener los repuestos de forma más eficiente.	2- Resistencia al cambio.
	3- Capacitación del personal de mantenimiento.	3- Culminación de garantía de los equipos.
	4- Delegar a un líder que realice seguimiento al estado de los cilindros de ensayos y área de cromatografía.	4- Errores al momento de manipular el equipo de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

### *Estrategias de mejora que ofrece la Matriz DOFA*

- Desarrollar un programa de capacitación para preparar a todo el personal en operación y mantenimiento de los equipos, así como su buen uso.
- Actualizar base de datos de equipos y sus fallas presentadas anteriormente para así ser más eficaces a la hora del mantenimiento.
- Realizar convenios con otras instituciones.
- Asegurar los equipos de mantenimiento.
- Obtener descuentos en la comprar de repuestos.

Con base en lo planteado anteriormente, la matriz anterior, muestra las oportunidades y ventajas que implica para la empresa tener un sistema de mantenimiento móvil preventivo, que permita hacer los tiempos de reparación y análisis mucho más cortos, así como también, se hace una revisión constante de los equipos para evitar riesgos.

Esto beneficia a la empresa, dado que tiene las relaciones con los proveedores de las herramientas, equipos y piezas que serían necesarias para arreglar los equipos; en ese sentido, sería una oportunidad de alianza y expansión de la empresa.

Así como existen aspectos positivos, también hay otras circunstancias negativas, que en la puesta marcha del equipo, puede truncar su desarrollo, como un uso no adecuado del equipo o una aplicación incorrecta a alguna máquina, los precios que incrementan cada vez para las piezas que harían falta en los cilindros o los cilindros mismos.

Aunque los aspectos negativos, terminan siendo aspectos que no controla la empresa, se puede afirmar, que los beneficios son mayores, dado que salvaguarda a sus trabajadores y fomenta la eficiencia laboral.

No obstante, todo lo anterior cobra relevancia y cumple su función mediante la práctica y el aterrizaje de las practicas correctas del Mantenimiento Productivo Total (TPM), a través del cual, se puede realizar una gestión de activos materiales y/o físicos para el mantenimiento de las máquinas y en este caso, de los cilindros de gas que se utilizan en el área de cromatografía de la empresa Esenttia.

Ahora, el TPM “basa en la idea de que todos los empleados deben participar en el mantenimiento de su propio entorno de trabajo. Esto significa que los miembros de los equipos individuales de todos los niveles de gestión deben participar en las inspecciones periódicas, el mantenimiento preventivo y los sistemas de revisión de cualquier máquina o equipo utilizado en el trabajo.” (Fracttal Tech S.L., s.f.)

Por tanto, el trabajo mancomunado que busca alianzas estrategias, equipos de trabajo compacto y un adecuado flujo de información entre las distintas dependencias que conforman la zona o se ven implicadas, para este caso, en el mejoramiento del Sistema de Mantenimiento, a través de un equipo móvil, se encuentren sintonizadas y organizadas para desarrollar las actividades conforme se planean y se llevan a campo.

De acuerdo con Fracttal Tech S.L. (s.f.), existen 8 pilares de constituyen el Mantenimiento Productivo Total para las empresas, en tanto, se deberán tener en cuenta los siguientes ítems en la implementación de este:

- 1- Mejoras especificas
- 2- Pilar Mantenimiento autónomo
- 3- Pilar de Mantenimiento planificado
- 4- Pilar de Mantenimiento de calidad

- 5- Pilar de Mantenimiento del desarrollo
- 6- Pilar de Educación y formación
- 7- Pilar de Office TPM
- 8- Pilar de seguridad, salud y medio ambiente

Las mejores específicas, “hace hincapié en la introducción de mejoras graduales en los procesos existentes, con el fin de maximizar la eficacia y reducir los costes. Estas mejoras concretas se aplican utilizando un enfoque científico como el ciclo: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA, por sus siglas en inglés), que permite identificar pequeños problemas, crear soluciones para ellos y evaluar posteriormente su eficacia antes de aplicar cualquier cambio.” (Fractal Tech S.L.,s.f.)

El mantenimiento autónomo, es la opción de educar y capacitar a los empleados en materia de sus maquinaria u operaciones que realizan en su rutina diaria; es decir, que estos puedan ocuparse en la inspección y comprobación de sus herramientas de trabajo, aludiendo a que ellos puedan notificar en caso de defecto u alguna novedad que puede poner en riesgo el proceso productivo.

El mantenimiento planificado, que es uno de los pilares que con mayor trato se ha desarrollado a lo largo del documento y sobre el cual este se asienta, y es el estar atentos y anticiparse a los imprevistos y salvaguardar la integridad de los trabajadores. En este punto, jugará un papel fundamental, la revisión semanal o periódica de los equipos, actividades de mantenimiento predictivo (materializarlo y colocarlo en un sistema de alerta que recuerde el posible daño o caducidad del elemento).

Mantenimiento de calidad, todos los procesos de mantenimiento y ligados a este, se deberán realizar en el marco de la normatividad de calidad que dispone la empresa y el tipo de la misma.

El mantenimiento del desarrollo, con base en las operaciones que se realicen dentro de Esentia S.A., sus procesos productivos y patrones de uso de las herramientas, se determine los equipos que son necesario o en su defecto, si existe la necesidad de actualizar los equipos.

Educación y formación, en la actualidad, una de las mayores inversiones de las empresas está en la educación y formación que imparte a sus empleados, para que sus actividades diarias se cumplan de forma eficiente y efectiva

“Formar a los empleados en el uso adecuado de los equipos, para reducir el desgaste con el paso del tiempo. Esto incluye impartir cursos de actualización sobre procedimientos de seguridad, así como ofrecer oportunidades de formación adicionales a los empleados que deseen adquirir conocimientos relacionados con sus funciones laborales.” (Fractal Tech S.L., s.f.)

Office TPM o TPM de oficina, se caracteriza por tener los mismo principios regentes del mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, gestión de calidad; esto incluiría mantener o crear sistemas de almacenamiento de documentación o archivos, sistemas de notificación o planeadores de mantenimiento.

Seguridad, salud y medio ambiente, garantizar la seguridad de los empleados en todo momento, mediante la aplicación de protocolos de seguridad, como el uso de equipos de protección individual adecuados. Esto también incluye la supervisión de las condiciones ambientales en torno a la maquinaria, para garantizar que cumplen determinadas normativas”

(Fractal, s.f.), así como también la indumentaria, contar con un manual de uso a la mano, con el equipamiento correcto en caso de peligros y/o accidentes.

Los pilares se fomentan en conjunto, como un gran anclaje que ayuda a la permanencia del equipo de mantenimiento móvil, dado que son todos estos factores, el conjunto que apalanca todo sistema de mantenimiento empresarial; inculcando la comunicación, el trabajo en equipo, la capacidad de autogestión y autocuidado del personal y las herramientas, procurando así, que todas las esferas de la empresa se inmiscuyan en el sistema más relevante que puede poseer una empresa.

Para un TPM efectivo, se encuentran los cinco principios rectores:

#### **Ilustración 8.5 principios del TPM**



**Fuente:** Fractal Tech S.L. s.f., online

Estos sin pilares buscan un gran colectivo, un rendimiento operativo global, eficiente y capacitado para afrontar los retos del sistema de mantenimiento productivo; Esentia buscará ser consecuente o deberá, en tanto le sea posible, enfocar sus esfuerzos en la construcción de su TPM,

por medio de los 5 principios, que terminan siendo una guía metodológica para su consecución y alcance.

Finalmente, la implementación se deberá pensar en términos de:

**a-** Creación y desarrollo de estrategias de mantenimiento preventivo

“Formulación de actividades regulares de mantenimiento preventivo como lubricación, limpieza, inspecciones y calibración, así como medidas más agresivas como el mantenimiento predictivo a través de herramientas de análisis de datos, o sistemas de monitoreo basados en la condición.” (Fractal Tech S.L.

**b-** Procedimientos de mantenimiento autogestionado y/o autónomo

Debido a que para Esenttia, la realización de servicios de mantenimiento autónomo o realizado por sus propios empleados en el área de cromatografía se convierte en un verdadero obstáculo, lo ideal, será formar a los empleados para que estos identifiquen fallas o patrones que antecedan a un accidente.

**c-** Establecer objetivos y variables medibles

Las metas se relacionan con objetivos, que deben ser medibles, contables y en capacidad de ser tabulados; objetivos que se transformen en cifras puesta a una evaluación de rendimiento, seguimiento o productividad. Todo lo que se mide y se crea a través de objetivos organizados, le da a la empresa el camino para percibir la utilidad de sus procesos, permitiendo cambios y/o ajustes en los sistemas.



## **Capítulo 2. Diseño de un prototipo para mejora de los mantenimientos de los cilindros de ensayos.**

De acuerdo con el diagnóstico inicial realizado en el área de cromatografía se plantea un equipo móvil de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayo de la empresa Esenttia S.A., de la ciudad de Cartagena.

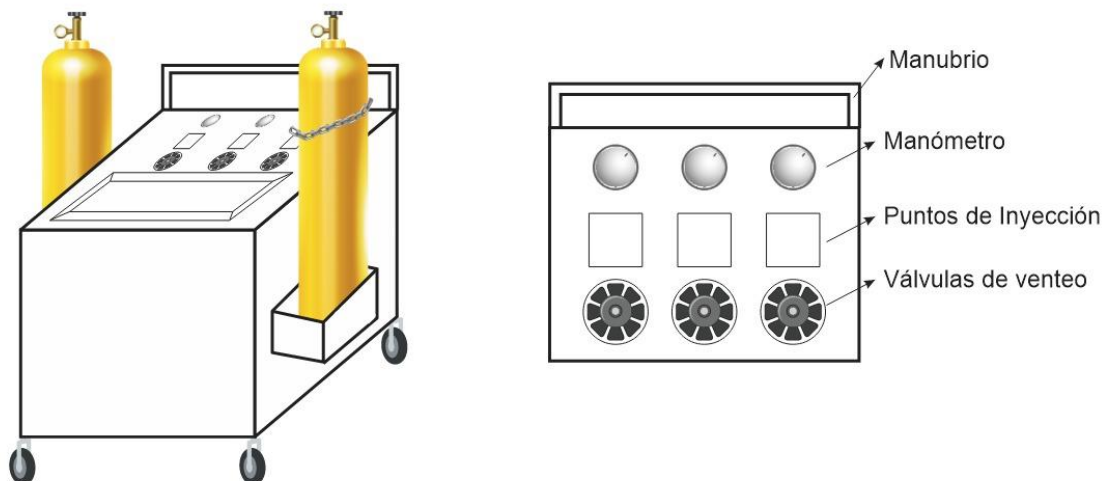
Por lo tanto, el equipo móvil de mantenimiento preventivo se establece de la siguiente forma:

- Base metálica de 80 cm de alto X 50 cm de ancho.
- 4 ruedas de 4" con freno
- 3 puntos de inyección con conexión rápida
- 1 bandeja de acero inoxidable para sumergir los cilindros
- 3 válvulas de aguja de  $\frac{1}{4}$  para el venteo
- 2 válvulas de aguja de  $\frac{1}{4}$  para el paso de gas de los cilindros
- Soporte para asegurar cilindros de suministro de gas inerte
- 2 manómetros de 2000 psi
- Conexión de tubing de  $\frac{1}{4}$

El equipo se sugiere que sea móvil para que se pueda desplazar dentro del área de cromatografía o hacia el área de mantenimiento, logrando con esto, disponibilidad de espacio para el desarrollo de las tareas de los analistas de aseguramiento de calidad, ya que actualmente cuando se realiza un mantenimiento correctivo se ocupa el área de trabajo de los analistas, evitando que estos puedan seguir realizando los ensayos.

De igual modo, se recomienda que la estructura del equipo sea de la siguiente manera: se ubicará al lado del equipo móvil un cilindro con capacidad de almacenamiento de 6 m<sup>3</sup> de gas inerte (helio o nitrógeno, con su respectivo regulador de presión), y este se acoplará a la entrada del sistema de presurización por medio de un conector rápido hembra de ¼. Para las pruebas trataremos de utilizar nitrógeno por tema de ahorro económico. (ver ilustración 9).

**Ilustración 9.** Prototipo del sistema móvil de mantenimiento preventivo de los cilindros de ensayos.



**Fuente:** Elaboración propia.

También se instalarán los cilindros que van a ser inspeccionados en el punto de conexión rápida disponible en la bandeja, verificará que las válvulas de venteo estén cerradas, a su vez, abrirá despacio la válvula del cilindro de nitrógeno hasta lograr la presión deseada y así se verificará la presión con el manómetro auxiliar.

Una vez se establezca la presión se procederá a abrir las válvulas de ¼ para alimentar los cilindros en inspección, se procede a esperar un minuto, luego se cierran las válvulas que

alimentan a los cilindros, se toman las respectivas muestras y después la válvula del cilindro de nitrógeno.

Para retirar los cilindros de su punto de alimentación de nitrógeno, primero se abren las válvulas de venteo para despresurizar el sistema y evitar un accidente; si al presurizar el cilindro la válvula de seguridad, el acople rápido, entre otras piezas, este presenta fallas, inmediatamente el instrumentista debe reemplazarlas.

Con esta parte concluida, se procederá a sumergir los cilindros toma muestras a una bandeja llena de agua y se verificará si presenta fugas al observar burbujeos. No obstante, si los cilindros presentan fugas se debe realizar la limpieza de las válvulas de  $\frac{1}{4}$  o de lo contrario realizar el cambio de las mismas.

De igual importancia, con este equipo móvil de mantenimiento preventivo lo que queremos lograr es la disminución de los costos en el cual se permita diagnosticar de manera temprana, evitando así, la obsolescencia de las piezas, trabajos no programados por mantenimiento y repetición de ensayos de laboratorio.

De la misma forma, se logra optimizar la producción reduciendo el tiempo que los equipos pueden estar sin funcionar, además de disminuir la espera que acarrea realizar la reparación de los mismos.

Retomando que es muy importante, porque aumenta la seguridad en el entorno laboral ya que se realizaran revisiones periódicas cada 2 meses para detectar desgastes, mal funcionamiento y fallas, que al ser detectadas a tiempo se logra tener los equipos en condiciones óptimas para su uso sin causar accidentes, así mismo, aumentando la seguridad de los analistas que realizan las tareas diarias.

Lo que se pretende con este sistema es mejorar y alargar la vida útil de los equipos realizando el mantenimiento preventivo programado, evitando así, que las posibles futuras averías sean más graves.

Por lo tanto, se recomienda que el mantenimiento preventivo de los cilindros de ensayos se efectúe cada 2 meses, en el cual se realizará una lista de las tareas a ejecutar en donde se acudiría al lugar de cromatografía para desarrollar la inspección, lubricación y calibración total de todas las partes del cilindro de ensayo.

En general, los cilindros de ensayos se utilizan diariamente en cada turno de trabajo establecido por Esenttia, (06:00 – 14:00, 14:00 – 23:00, 23:00 – 06:00), es decir, el uso de estos es frecuente. Por tal motivo, semanalmente, las piezas de los cilindros presentan fallas, como mínimo en dos ocasiones. Por lo tanto, la propuesta de realizar la tarea de mantenimiento preventivo a los componentes claves del cilindro, es vital, para lograr el buen funcionamiento de estos y mitigar el riesgo de accidentalidad a los analistas.

### Costos de equipamiento

**Tabla 3.** *Costos totales de materiales.*

MATERIALES A UTILIZAR PARA EQUIPO MOVIL DE MANTENIMIENTO	PRECIOS
Base metálica de 80 cm de alto X 50 cm de ancho.	\$ 1.500.000
4 ruedas de 4" con freno	\$ 300.000
3 puntos de inyección con conexión rápida	\$ 6.000.000
1 bandeja de acero inoxidable para sumergir los cilindros	\$ 250.000
3 válvulas de aguja de ¼ para el venteo	\$ 550.000
2 válvulas de aguja de ¼ para el paso de gas de los cilindros	\$ 300.000
Soporte para asegurar cilindros de suministro de gas inerte	\$ 500.000
2 manómetros de 2000 psi	\$ 1.000.000
Conexión de tubing de ¼	\$ 900.000
total costo de los materiales	\$ 11.300.000

**Fuente:** tomado de la empresa Esenttia

Con la tabla 3, se puede establecer el costo total de los materiales para la construcción del equipo móvil de mantenimiento preventivo, es bajo y razonable, comparado con los posibles riesgos y accidentes que puede causar un cilindro de ensayo en mal estado a la vida de un trabajador o a los daños materiales que este puede causar al interior del laboratorio en el área de cromatografía y en el área de Splitter.

Por otro lado, su construcción y puesta en marcha, no implica gastos exuberantes e inmanejables, por el contrario, es un equipo que, desde su construcción y aplicabilidad, es una herramienta encargada de ahorrar tiempo, dinero, aumentando la productividad y desarrollo económico de la empresa.

Se debe tener en cuenta que la inspección, detección y corrección precoz de fallas incipientes son procedimientos preventivos indispensables en el proceso de mantenimiento de equipos e instalaciones, que le garantiza a las empresas operaciones satisfactorias e indispensable ya que por encima de todo está la salud y seguridad de los analistas de Esenttia.

### **Riesgos físicos que se estarían evitando al implementar el sistema de mantenimiento preventivo:**

El entorno laboral debe tener un ambiente agradable y seguro para que así los trabajadores puedan realizar una labor impecable. Bajo esta premisa, con la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayos en la empresa Esenttia, los riesgos físicos más importantes asociados a su manipulación disminuyen, logrando con esto, un ambiente optimo y seguro para los trabajadores.

A continuación, en la tabla 4, ilustramos los riesgos físicos asociados con los diferentes sistemas de mantenimiento.

**Tabla 4.** Comparación de riesgos físicos al implementar el sistema de mantenimiento preventivo en la empresa Esentia para los cilindros de ensayos.

Riesgos	Sistema móvil de mantenimiento preventivo	Sistema de mantenimiento actual
- Inhalación de gases	Disminuye	Aumenta
- Golpes en las manos	Disminuye	Aumenta
- Quemaduras por mal ensamble al tener mala la rosca	Disminuye	Aumenta
- Daños a la propiedad	Disminuye	Aumenta
- Lesiones personales	Disminuye	Aumenta
- Muerte	Disminuye	Aumenta

**Fuente:** Elaboración propia

#### Prevención de Accidentes Relacionados con el Manejo de Equipos:

El equipo móvil de mantenimiento preventivo garantizará que los equipos estén en óptimas condiciones, reduciendo los riesgos asociados con su manipulación y funcionamiento.

La prevención proactiva de fallas en los cilindros de ensayo y otros componentes críticos disminuirá la probabilidad de accidentes derivados de equipos defectuosos.

La implementación de un sistema de mantenimiento preventivo puede ayudar a evitar situaciones peligrosas, como fugas o mal funcionamiento de equipos, que podrían resultar en lesiones para los empleados o daños a la propiedad.

Aumento de la Seguridad en el Manejo de Equipos:

La correcta implementación del equipo móvil contribuirá a un manejo más seguro de los equipos al garantizar que cumplan con los estándares de seguridad establecidos.

Se reducirá la probabilidad de accidentes causados por el desgaste no detectado o problemas técnicos en los cilindros de ensayo y otros componentes críticos.

La empresa experimentará una mejora general en la cultura de seguridad, ya que se fomenta la prevención y la gestión proactiva de los riesgos laborales asociados con la operación de equipos.

### **Capítulo 3. Análisis de la situación financiera y viabilidad económica del sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayo de la empresa Esenttia S.A.**

Esenttia S.A., una empresa de renombre en Cartagena y la región Caribe, destaca por su impacto significativo en el mercado laboral, así como por su dedicación al desarrollo de tecnologías sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Además, ha establecido una colaboración estrecha con Ecopetrol, fortaleciendo su posición en el sector.

En este contexto, la empresa reconoce la importancia de mantener una consciencia financiera sólida al introducir nuevas herramientas o mejorar sus equipos de trabajo. En particular, la implementación de un equipo móvil de mantenimiento preventivo requiere una cuidadosa evaluación del flujo de caja de la organización. Por consiguiente, resulta esencial realizar un análisis exhaustivo de la propuesta presentada en este documento. Dicho análisis debe fundamentarse en la revisión detallada de los datos financieros de los años 2020, 2021 y 2022. Estos años revelan patrones y tendencias clave en el flujo de efectivo, abarcando áreas críticas como la inversión en mano de obra, adquisición de nuevos implementos y la gestión de riesgos asociados.

La consideración minuciosa de estos aspectos permitirá a Esenttia S.A. tomar decisiones informadas sobre la viabilidad y beneficios potenciales de la propuesta de implementar un equipo móvil de mantenimiento preventivo. Asimismo, facilitará la alineación de las estrategias financieras con los objetivos a largo plazo de la empresa, garantizando un desarrollo sostenible y una gestión responsable de los recursos. Con base en ello, se presenta en la ilustración 10., se presenta una descripción detallada de la empresa ante sus necesidades anuales.

### Ilustración 10. Estado de la situación financiero

Notas	Al 31 de diciembre de	
	2021	2020
	(En miles de pesos)	
<b>Activo</b>		
Efectivo y equivalentes al efectivo	6 \$ 70,994,931	\$ 361,496,605
Cuentas comerciales por cobrar y otras cuentas por cobrar	7 874,445,572	496,608,589
Inventarios	8 548,805,967	254,239,882
Activos por impuestos	9 207,150,690	71,901,651
Otros activos	10 4,237,452	3,511,535
<b>Total activo corriente</b>	<b>1,706,634,612</b>	<b>1,187,758,262</b>
Propiedades, planta y equipo	11 1,103,290,559	901,551,139
Intangibles	12 40,828,629	24,487,554
Inversiones en subsidiarias y asociadas	13 441,384,091	327,832,792
Cuentas comerciales por cobrar y otras cuentas por cobrar	7 2,283,452	1,824,276
Otros activos	10 100,000	210,894
<b>Total activo no corriente</b>	<b>1,587,886,731</b>	<b>1,255,906,655</b>
<b>Total activo</b>	<b>\$ 3,293,521,343</b>	<b>\$ 2,443,664,917</b>
<b>Pasivo</b>		
Cuentas por pagar comerciales y otras cuentas por pagar	14 \$ 718,198,090	\$ 404,845,922
Provisiones por beneficios a empleados	15 17,034,029	15,614,249
Obligaciones Financieras	16 23,914,932	—
Pasivos por impuestos	9 2,509,168	14,355,385
<b>Total pasivo corriente</b>	<b>761,656,219</b>	<b>434,815,556</b>
Pasivo por impuestos diferidos	9 68,025,827	52,023,927
Provisiones y contingencias	17 448,704	560,207
<b>Total pasivo no corriente</b>	<b>68,474,531</b>	<b>52,584,134</b>
<b>Total Pasivo</b>	<b>830,130,750</b>	<b>487,399,690</b>
<b>Patrimonio</b>		
Capital social	18 419,647,087	419,647,087
Ganancias acumuladas	1,068,895,205	833,997,237
Otros resultados integrales	817,373,068	563,384,886
Reservas	157,475,233	139,236,017
<b>Total patrimonio</b>	<b>2,463,390,593</b>	<b>1,956,265,227</b>
<b>Total pasivo y patrimonio</b>	<b>\$ 3,293,521,343</b>	<b>\$ 2,443,664,917</b>

Las notas 1 a 26 hacen parte integral de los Estados Financieros.

**Fuente:** tomado de la empresa Esenttia S.A.

En el año 2020, Esenttia canalizó una inversión considerable de \$901.551.139 millones en propiedades, planta y equipo. Este compromiso financiero evidenció la visión estratégica de la



empresa hacia la mejora continua de sus procesos y la optimización de su eficiencia operativa. No obstante, en el año 2021, esta cifra experimentó un incremento significativo, alcanzando los \$1.103.290.559 millones. Este aumento refleja claramente la apertura de la compañía a la innovación y su firme intención de mantenerse a la vanguardia en términos tecnológicos y de infraestructura.

Cabe destacar la gestión proactiva de contingencias por parte de Esenttia, evidenciada a través de inversiones específicas. En el año 2020, la empresa asignó \$560.207 mil pesos para hacer frente a posibles situaciones imprevistas. Esta inversión se incrementó en el año 2021, llegando a \$448.704 mil pesos. Estos números revelan un enfoque constante en la mitigación de riesgos laborales y la anticipación a cualquier peligro potencial que pueda surgir en las áreas de trabajo. Este compromiso demuestra la prioridad que la empresa otorga a la seguridad y el bienestar de sus colaboradores, fortaleciendo así su posición como un referente en la gestión responsable y sostenible.

**Ilustración 11. Estado financiero 2022**

	Notas	Al 31 de diciembre de	
		2022	2021
<i>(En miles de pesos)</i>			
<b>Activo</b>			
Efectivo y equivalentes al efectivo.	6	\$ 214,178,097	\$ 70,994,931
Cuentas comerciales por cobrar y otras cuentas por cobrar.	7	682,203,363	874,445,572
Inventarios	8	504,835,867	548,805,967
Activos por impuestos	9	356,305,624	207,150,690
Otros activos	10	12,461,018	4,237,452
<b>Total activo corriente</b>		<b>1,769,983,969</b>	<b>1,705,634,612</b>
Propiedades, planta y equipo.	11	1,385,212,520	1,103,290,559
Intangibles	12	52,425,530	40,828,629
Inversiones en subsidiarias y asociadas.	13	461,715,097	441,384,091
Cuentas comerciales por cobrar y otras cuentas por cobrar.	7	4,818,812	2,283,452
Otros activos	10	100,000	100,000
<b>Total activo no corriente</b>		<b>1,904,271,959</b>	<b>1,587,886,731</b>
<b>Total activo</b>		<b>\$ 3,674,255,928</b>	<b>\$ 3,293,521,343</b>
<b>Pasivo</b>			
Cuentas por pagar comerciales y otras cuentas por pagar.	14	\$ 541,747,445	\$ 718,198,090
Provisiones por beneficios a empleados	15	20,089,944	17,034,029
Obligaciones Financieras	16	—	23,914,932
Pasivos por impuestos	9	2,161,581	2,509,168
<b>Total pasivo corriente</b>		<b>563,998,970</b>	<b>761,656,219</b>
Pasivo por impuestos diferidos.	9	66,848,489	68,025,827
Provisiones y contingencias	17	628,531	448,704
<b>Total pasivo no corriente</b>		<b>67,477,020</b>	<b>68,474,531</b>
<b>Total Pasivo</b>		<b>631,475,990</b>	<b>830,130,750</b>
<b>Patrimonio</b>	18		
Capital social.		419,647,087	419,647,087
Ganancias acumuladas		1,188,698,363	1,068,895,205
Otros resultados integrales		1,242,787,274	817,373,068
Reservas		191,647,214	157,475,233
<b>Total patrimonio</b>		<b>3,042,779,938</b>	<b>2,463,390,593</b>
<b>Total pasivo y patrimonio</b>		<b>\$ 3,674,255,928</b>	<b>\$ 3,293,521,343</b>

Las notas 1 a 26 hacen parte integral de los Estados Financieros.

**Fuente:** Esenttia S.A.

Según la ilustración 8, en el transcurso del año 2022, la industria experimentó un notable resurgimiento en la consideración de inversiones destinadas a propiedades, plantas y equipos, evidenciando un incremento significativo del 20% en comparación con el año anterior, 2021. La inversión total ascendió a \$1.769.983.969 millones de pesos en 2022, en marcado contraste con los \$1.103.290.559 millones de pesos registrados en 2021.

Este aumento sustancial en la inversión subraya una clara tendencia hacia la tecnificación y la adaptación a las nuevas corrientes productivas por parte de las empresas. En un contexto en el que la tecnología y la innovación avanzan a pasos agigantados, se observa que las empresas están conscientemente orientadas hacia la adopción de normas internacionales de contabilidad (IAS) y tecnologías de vanguardia. Estas últimas, como protagonistas destacadas, están desempeñando un papel fundamental al sustituir progresivamente la mano de obra humana.

Esta evolución en la estrategia de inversión señala no solo una respuesta a las demandas cambiantes del mercado, sino también un compromiso firme con la modernización y la eficiencia, reconociendo la necesidad de mantenerse a la vanguardia en un entorno industrial dinámico y en constante evolución.

Así mismo, las contingencias se siguen dando e incrementando, sin embargo, esto se debe ver en términos de: que herramientas se presentan, entre más tecnificado son los equipos, más riesgoso es su adecuación o manejo, si las contingencias fueron en áreas operativas o por menores.

Dependiendo, de los factores, empresarialmente, las contingencias en números, es dinero que se debe ahorrar y evitar al máximo gastos innecesarios, que pueden ser controlados o previstos, evitando percances o situaciones que pongan en riesgo la vida de los empleados.

Por lo anterior, la idea de un equipo móvil de mantenimiento preventivo, si bien será de aplicabilidad en el área de Cromatografía y áreas que conecten con este, Esentia podrá plantearse, replicar el modelo en demás espacios, a fin de que la meta o métrica, sea la disminución presupuestal de accidentes y/o riesgos.

Todo lo anterior, se recoge en la necesidad de invertir en un equipo físico que vaya reemplazando herramientas de trabajo que no cumplan con los requisitos de eficiencia productiva

o que maximice la productividad dentro de las distintas áreas. Al tiempo, este, ayuda a la disminución de riesgos laborales o daños materiales; es decir, que esa disminución se equipare al menor número de contingencias.

Con ese panorama, se evidencia que la empresa está buscando, primero, obtener equipo tecnológico eficiente y que cumpla con labores determinadas de manera rápida y eficaz, así como también, busca disminuir los costos agregados que exigen los imprevistos y reemplazo, en este caso, de cilindros de ensayo.

Por lo que se puede decir, que hay una oportunidad de implementación de un equipo móvil de mantenimiento preventivo, capaz de subsanar las fallas y riesgos presentados en el sistema de mantenimiento correctivo, evitándole a la empresa inversión en contingencias.

Ahora bien, implementar el equipo móvil de mantenimiento preventivo, contando su construcción y desarrollo, sería de la siguiente forma:

**Tabla 5.** *Plan de inversión inicial*

PLAN DE INVERSION INICIAL PROPUESTA DE EQUIPO MOVIL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA ESENTIA				
INVERSIONES	RUBROS DE INVERSION	INVERSION DESAGREGADA	INVERSIONES PARCIALES	TOTAL DE INVERSIONES
	INVERSION TANGIBLE	Maquinaria y equipamiento	\$ 10.000.000	\$ 17.200.000
		Muebles en general	\$ 2.200.000	
		Infraestructura (construccion)	\$ 5.000.000	
INVERSION FIJA	INVERSION INTANGIBLE	Gastos de organización	\$ 1.800.000	\$ 9.200.000
		Gastos de constitucion permisos de notaria	\$ 1.400.000	
		Gastos de capacitacion	\$ 5.000.000	
		Gastos en promocion y publicidad	\$ 1.000.000	
		Gastos en materiales e insumos basicos	\$ 11.300.000	
CAPITAL DE TRABAJO	CAPITAL DE TRABAJO	Pago de sueldos y salarios	\$ 4.000.000	\$ 15.800.000
		Gastos de operación	\$ 500.000	
<b>INVERSION TOTAL</b>				<b>\$ 42.200.000</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Estimamos que la puesta en marcha del proyecto tiene una inversión total de \$42.200.000 considerando que es una cantidad mínima y a la empresa le complace invertir en proyectos de innovación para su crecimiento por lo tanto se analiza que es viable acoger y darle paso a la

implementación de la propuesta del equipo móvil de mantenimiento preventivo; el proyecto está enfocado en minimizar los riesgos ocupacionales de la empresa y que esta pueda obtener un alto rendimiento y rentabilidad económica dentro de las instalaciones del laboratorio en el área de cromatografía de la empresa Esenttia.

En cuanto a la situación financiera con la relación de costos- beneficios se muestra con claridad que la empresa tiene y cuenta con capacidad económica para desarrollar nuestro proyecto, siendo este, una inversión coherente y mínima, donde se notará la eficiencia de la gestión de los recursos disponibles para llevar a cabo nuestra propuesta planteada.

Por lo anterior, podemos concluir que la empresa realizará una excelente inversión en nuestro proyecto ya que se genera un gran beneficio productivo y rentable dejando mayor utilidad. También podemos decir que con este sistema se pueden prevenir las fallas que se puedan presentar en los cilindros de ensayo de Esenttia, generando un gran aporte con el cuidado de la salud de los empleados, brindando mayor seguridad al personal operativo y a la propiedad.

En este mismo sentido, la implementación del mantenimiento preventivo tiene un impacto significativo en la reducción de las horas de paradas de producción, lo que se traduce en una mejora considerable en la eficiencia operativa y la productividad global de la empresa. A continuación, se relaciona la información proporcionada por Esenttia que presenta un estimado anual de ahorro de acuerdo a los siguientes apartes:

*En cuanto a la reducción de interrupciones no planificadas;* el mantenimiento preventivo tiene como objetivo minimizar las interrupciones no planificadas en la producción causadas por fallos en los cilindros de ensayo y otros equipos críticos, así mismo, permite anticiparse a posibles problemas mediante inspecciones y reparaciones programadas y genera una reducción en la

necesidad de detener la producción de manera inesperada, debido a que contribuye a disminuir el tiempo de inactividad.

Es de mucha importancia que el *ahorro estimado por reducción de tiempo de inactividad*; se considere que, en caso de fallo en el cilindro de ensayo, el tiempo de ajuste por parte del instrumentista puede variar entre 2 a 8 horas promedio, y la eficiencia operativa aumentará al disminuir este tiempo de inactividad. Sin embargo, las *implicaciones en la calidad del producto (PGP)*, puede traducirse en afectaciones si el cilindro de ensayo no se encuentra en óptimas condiciones y que la fabricación de este producto (PGP) se procese en promedio a 25 Tn x hora, y una tonelada tiene un costo alrededor de 1000 USD, y es almacenado en una esfera con capacidad de 1000 Tn.

Por lo anterior, *el costo de la calidad del producto fuera de rango*; es determinado por el costo generado por la calidad del producto fuera de especificación que depende de dos factores: la tasa de producción y el inventario en almacenamiento. A demás, se establece que el costo por hora de producción de PGP fuera de rango puede estar alrededor de 25,000 USD. Por lo tanto, para el *costo por contaminación de la esfera de almacenamiento*, si la calidad del producto contamina toda la esfera de almacenamiento (con capacidad de 1000 tn), el costo se estima en 1,000,000 USD.

En este sentido, para un ahorro anual, es importante deducir que si la implementación del mantenimiento preventivo contribuirá a reducir el costo anual asociado a la calidad del producto fuera de rango y generaría un ahorro aproximado al calcular la reducción esperada en las horas de paradas de producción y el costo por hora de producción. A continuación, se describen las tablas 6 y 7.

**Tabla 6.** Costo de producción por calidad fuera de especificación

Costo de producción por calidad fuera de rango	
Factor	Costo en USD
Por hora de producción	\$ 25.000
Contaminación de la esfera	\$ 1.000.000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.** Estimado anual de horas de paradas de producción y ahorro esperado

Ahorro anual de horas de paradas de producción				
Valores	Horas de paradas al año (Aprox)	Reducción esperada	Costo por hora de producción en USD.	Ahorro anual (aprox).
Valor actual	96	0%	\$ 25.000	\$ 2.400.000
Valor esperado con mantenimiento preventivo	48	50%	\$ 25.000	\$ 1.200.000

Fuente: propia

### Prevención de Accidentes Relacionados con el Manejo de Equipos

El equipo móvil de mantenimiento preventivo garantizará que los equipos estén en óptimas condiciones, reduciendo los riesgos asociados con su manipulación y funcionamiento.

La prevención proactiva de fallas en los cilindros de ensayo y otros componentes críticos disminuirá la probabilidad de accidentes derivados de equipos defectuosos.

La implementación de un sistema de mantenimiento preventivo puede ayudar a evitar situaciones peligrosas, como fugas o mal funcionamiento de equipos, que podrían resultar en lesiones para los empleados o daños a la propiedad. A continuación, en la tabla 8., se describe la relación entre la inversión de Esenttia en propiedades, planta y equipo, y los beneficios cuantificables asociados con la seguridad laboral y la preservación de la propiedad

**Tabla 8.** Beneficios asociados con la seguridad laboral y la preservación de la propiedad

Beneficio	Descripción	Cuantificación	Impacto Financiero Estimado
<b>Equipo móvil de mantenimiento preventivo</b>	Garantiza que los equipos estén en óptimas condiciones, reduciendo riesgos.	Reducción estadística de accidentes laborales.	Ahorro en costos asociados a indemnizaciones y pérdida de productividad.
<b>Prevención proactiva de fallas en cilindros de ensayo y componentes críticos</b>	Disminuye la probabilidad de accidentes derivados de equipos defectuosos.	Reducción porcentual de incidentes relacionados con fallas de equipos.	Ahorros en costos de reparación, pérdida de producción y gastos asociados a eventos no planificados.
<b>Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo</b>	Ayuda a evitar situaciones peligrosas como fugas o mal funcionamiento de equipos.	Reducción en la probabilidad de eventos peligrosos.	Ahorro en costos por daños a la propiedad, lesiones laborales y posibles sanciones regulatorias.

**Fuente:** Elaboración propia.

Es importante destacar que los valores específicos para la cuantificación de cada beneficio pueden variar según la naturaleza y la escala de las operaciones de Esenttia, así como la eficacia de las medidas implementadas.

### **El beneficio del aumento de la seguridad en el manejo de equipos**

La correcta implementación del equipo móvil contribuirá a un manejo más seguro de los equipos al garantizar que cumplan con los estándares de seguridad establecidos. Así mismo, se reducirá la probabilidad de accidentes causados por el desgaste no detectado o problemas técnicos en los cilindros de ensayo y otros componentes críticos. La empresa experimentará una mejora general en la cultura de seguridad, ya que se fomenta la prevención y la gestión proactiva de los riesgos laborales asociados con la operación de equipos.



## Conclusiones

El desarrollo del proyecto de investigación, en torno a la propuesta de un equipo móvil de mantenimiento preventivo para la empresa Esenttia S.A., de la ciudad de Cartagena, se concluye que:

Primeramente, la empresa tiene consolidado un sistema de mantenimiento correctivo, el cual genera sobrecostos en la subsanación de las herramientas, reemplazo o reparación de las mismas, así como también, pone en riesgo la salud e integridad de los trabajadores del área de Cromatografía, por la manipulación de gases de petróleo al interior de los cilindros de ensayos.

De igual forma, dicho sistema, no consolida una vía rápida para la reparación de los equipos, dado que la solicitud es engorrosa y el sistema no es amigable con el receptor, así como también, la reparación de los cilindros puede tomar un día entero, causando que las muestras se pierdan o no sean 100% confiables.

Por otro lado, se identificó que un sistema de mantenimiento móvil preventivo, es una herramienta que se compagina adecuadamente con las necesidades de la empresa, dado que es de fácil traslado, busca mitigar pérdidas de tiempo en reparaciones, llegando este equipo a estar revisando constantemente los cilindros, con el fin de irles corrigiendo errores o reemplazarlos cuando su tiempo de uso este por claudicar.

En el análisis DOFA, se halló que son más las oportunidades de implementación que las amenazas o debilidades que pueda tener el equipo, siendo la mayor amenaza factores externos como el aumento de precios de materiales fundamentales para revisar y arreglar los cilindros. En los demás aspectos, se evidencia, que Esenttia cuenta con todas las herramientas, relaciones y documentación que abren una gran oportunidad de implementación.

Finalmente, a nivel económico, la empresa posee un alto flujo de caja, dado a su inversión en equipos y materiales que sumen al crecimiento de la empresa, y al mismo tiempo, ha buscado en el tiempo, disminuir los costos que generan las contingencias y accidentes al interior de sus áreas; razones por las que, una propuesta de equipo móvil de mantenimiento preventivo, se alinearía con la agenda de progreso empresarial de Esenttia.

Por lo tanto, la implementación de esta idea de investigación, se acerca en términos de construcción y aplicabilidad en un alto porcentaje, debido a que toma en cuenta los aspectos dinero, tiempo y efectividad, que son considerados intrínsecos e inherentes al crecimiento económico hacia el cual se visiona Esenttia S.A.

### **Recomendaciones**

El desarrollo investigativo de la propuesta de un equipo móvil de mantenimiento preventivo expone la necesidad de tener en cuenta los siguientes parámetros, para su posible y correcta aplicación:

- Implementar el equipo móvil de mantenimiento preventivo en la empresa, y promover la eficiencia en los laboratorios, evitando así, retrasos y pérdidas de tiempo.
- Mejorar el sistema de tickets o avisos de mantenimiento, para instalar un sistema que haga obligatorio la revisión de los cilindros regularmente, organizando un cronograma de revisión.
- Capacitar a los empleados alrededor del nuevo equipo, su funcionamiento y utilidad para el desarrollo de sus tareas diarias.
- Implementar una norma que obligue el uso del manual al momento de utilizar el equipo móvil para realizar revisiones, mantenimientos o correctivos, de tal manera, evitar manipulaciones erradas o en caso de nuevos procesos, tener claridad en el procedimiento.
- Diseñar un manual de uso del equipo del mismo y una sección en caso de avería del mismo.
- Realizar una evaluación y seguimiento de funcionamiento del equipo móvil de mantenimiento preventivo.
- Destinar recursos de mantenimiento para el equipo y evitar demoras en la prestación del servicio.
- Realizar evaluaciones semestrales de su funcionamiento y rendimiento frente a los sistemas anteriores.

### Lista de referencias

- Bălan E., Berculescu L., Răcheru R.G., Vasile Pițigoi D., y Adăscălița L. (2021). Preventive maintenance features specific to offset printing machines. MATEC Web Conf. Volume 343.10th International Conference on Manufacturing Science and Education – MSE 2021
- BBVA México. (s.f.) ¿Qué es la productividad en una empresa? Disponible en: <https://www.bbva.mx/educacion-financiera/blog/que-es-la-productividad-en-una-empresa.html>
- Boera C. (2012). Mantenimiento Industrial. Córdoba, Argentina: Editorial Científica Universitaria.
- Cámara de Comercio de España. (s.f.). Innovación, digitalización y competitividad: la competitividad. Disponible en: <https://www.camara.es/innovacion-y-competitividad/como-ser-competitivo>
- CTACTIVA Solutions. (2020). Claves para implementar un mantenimiento industrial. Disponible en: <https://ctactiva.es/blog/las-claves-para-implementar-un-sistema-de-mantenimiento-industrial/>
- Esenttia S.A. (2020). Instructivo: corrosión a lámina de cobre en corrientes del Splitter.
- Esenttia S.A. (s.f.). Quienes somos. Disponible en: <https://www.esenttia.co/quienes-somos/>
- Espinosa Fuentes, F. (2015). Facultad de Ingeniería. Universidad de TALCA. Obtenido de <http://campuscurico.otalca.cl/>: [http://campuscurico.otalca.cl/~fepinos/13-APUNTES\\_%20SOBRE\\_%20COSTOS\\_MANTENIMIENTO.pdf](http://campuscurico.otalca.cl/~fepinos/13-APUNTES_%20SOBRE_%20COSTOS_MANTENIMIENTO.pdf)
- Fractal Tech S.L. (s.f.). Guía definitiva del Mantenimiento Total Productivo (TPM). Disponible en: <https://www.fractal.com/es/que-es-el-tpm-mantenimiento-productivo-total-y-como-implementarlo>

- Fuentes Zavala S.M. (2015). Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de overall equipment efficiency para la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa hilados richard´s S.A.C. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Facultad de Ingeniería Industrial.
- García Guerrero, S. (2003). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Giraldo Satizabal, J. E. (2022). PLAN PERMANENTE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y REPOSICION DE VALVULAS DE SISTEMA Y CONTROL. Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué-Espinal.
- Iberomatica. (2021). ¿Qué es TPM? ¿Por qué es importante para mejorar el rendimiento de mi fábrica? Disponible en: <https://ibermaticaindustria.com/blog/que-es-tpm-por-que-es-importante-para-mejorar-el-rendimiento-de-mi-fabrica/>
- Jimenez-Cortadi A., Irigoien I., Boto F., Sierra B. y Rodriguez G. (2020). Predictive Maintenance on the Machining Process and Machine Tool. Appl. Sci., Volumen 10-1, 224; <https://doi.org/10.3390/app10010224>
- L. Martins, F.J.G. Silva, C. Pimentel, R.B. Casais, R.D.S.G. Campilho. (2020). Improving Preventive Maintenance Management in an-Energy Solutions Company. Procedia Manufacturing, Volume 51, Pages 1551-1558. ISSN 2351-9789,
- Mago-Ramos M.G., Perea-Lozano B. Y. y López-Suárez H. N. (2020). Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo a los equipos del proceso de producción en la empresa EQUIACEROS SAS. Revistas Unilibre, Vol. 8 Núm 18. <https://doi.org/10.18041/2322-8415/ingelibre.2020.v8n18.7012>

- Milanés-Salas J.A. y Flores Herrera W.A. (2020). DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE LA EMPRESA AGUAS DE CARTAGENA E.S.P. Universidad Antonio Nariño, Facultad de Ingeniería. Cartagena de Indias.
- Oliverio García, P. (2012). Gestión de Mantenimiento Moderna del Mantenimiento Industrial. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Perilla Plazas N. Y. (2022). Mantenimiento de máquinas y herramientas industriales en la empresa. (INDUCOLVI) Industria Colombiana de Vidrio de la ciudad de Bogotá. Universidad de Pamplona, Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Pamplona.  
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/4486>
- Ribiero da Silva L.R. et al. (2019). COSTS ANALYSIS BETWEEN PREDICTIVE AND CORRECTIVE MAINTENANCE FOR AN AGRIBUSINESS MACHINE. 25 th ABCM International Congress of Mechanical Engineering, Brazil
- Rico L.; Maldonado A.; Escobedo M.T. y, De la Riva J. (2005). Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos: un Análisis Comparativo. Revista CULCyT.
- Rozo-Pérez, L. (2021). Mejoramiento del proceso de mantenimientos preventivos, correctivos y montajes de sistemas de aire acondicionado realizado por la empresa Tecesai Ingeniería SAS. Universidad Católica de Colombia.
- Salazar Lopez. (2019). Estudio de tiempos. Blog Ingeniería Industrial Online. Disponible en: [ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el-estudio-de-tiempos/](http://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el-estudio-de-tiempos/)
- Sepúlveda Ángel H.A. (2019). Estudio de Prefactibilidad para la Implementación del Programa Mejorado de Mantenimiento Preventivo de las Estaciones Reguladoras en la Empresa Gas

Natural Fenosa en Bogotá. Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Especialización en Gestión de Proyectos de Ingeniería, Facultad de Ingeniería.

Silva Urbina, I., Rodríguez Pineda , M. ., Acosta Rozo, R. ., & Gómez Monsalve, P. . (2021).

DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS TALLERES DEL CENTRO CIES SENA REGIONAL NORTE DE SANTANDER UTILIZANDO METODOLOGÍA AMEF. REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA), 3(Especial). Recuperado a partir de

<https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/rcta/article/view/880>

Swagelok. (s.f). Cilindros para toma de muestras, accesorios y tubos de derrame. Disponible en:

<https://www.swagelok.com.mx/downloads/WebCatalogs/ES/MS-01-177.pdf>

Tejas S. Kolte y Uday A. (2017). Machine Operational Availability Improvement by

Implementing Effective Preventive Maintenance Strategies - A Review and Case Study.

Dabade. International Journal of Engineering Research and Technology. ISSN 0974-3154

Volume 10, Number 1.

## Anexos

### Anexo 1. *Formato de encuesta*

#### FORMATO DE ENTREVISTA

##### “Propuesta de un sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayo de la empresa Esenttia de la ciudad de Cartagena de Indias”

La presente entrevista a realizar se establece dentro del marco de acción de un proyecto de grado para acceder al título de Ingeniero Industrial de la Universidad Antonio Nariño. Por tanto, está usted de acuerdo con el tratamiento de sus datos personales SÍ\_\_ o NO\_\_ a partir del día \_\_ del mes\_\_ y del año \_\_\_\_\_.

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Edad:** \_\_\_\_ **Sexo:** F\_\_ | M\_\_

**Dirección:** \_\_\_\_\_ **Correo:** \_\_\_\_\_

**NOTA:** Al interior del laboratorio de Esenttia en el área de cromatografía se utilizan diferentes referencias de cilindros para toma de muestras de GLP (Gases Licuados de Petróleo), para esta entrevista el cilindro a tratar es de la referencia **Swagelot 304L – HDF4 -300**.

#### PREGUNTAS:

1. **¿Conoce usted el sistema de mantenimiento que se realiza a los cilindros de ensayo?**

A. SI

B. NO

2. **¿Sabe cuál es el funcionamiento de los cilindros de ensayo? Explique su respuesta.**

A. SI

B. NO

---

---

3. **Cree usted, ¿qué el actual funcionamiento de los cilindros de ensayo pone en riesgo y/o peligro la integridad de los trabajadores? Explique su respuesta.**

A. SI

B. NO



---

---

4. Cree usted, ¿qué la operación del cilindro de ensayo sin una inspección previa de mantenimiento puede ser riesgosa para los empleados? Explique su respuesta.

- A. SI
  - B. NO
- 
- 

5. Considera usted, ¿qué se puede consolidar un sistema más seguro y eficiente que garantice el buen funcionamiento de los cilindros de ensayo?

- A. SI
  - B. NO
- 
- 

6. ¿Considera usted que el sistema de mantenimiento correctivo es la mejor opción para el uso adecuado de los cilindros de ensayo? Explique su respuesta.

- A. SI
  - B. NO
- 
- 

7. Cree usted, ¿qué el mantenimiento correctivo de los cilindros de ensayo es la mejor alternativa para el buen desempeño del área de cromatografía?

- A. SI
  - B. NO
- 
-

8. **¿Cuánto es el tiempo aproximado para realizar mantenimiento correctivo a los cilindros de ensayo? Explique su respuesta.**

A. 10 min. a 20 min.

B. 20 min. a 30 min.

C. 30 min. a 40 min.

---

---

9. **¿De qué forma impacta el tiempo utilizado para el mantenimiento preventivo en su desempeño laboral? Explique su respuesta.**

A. Positivo \_\_\_\_\_

B. Negativo \_\_\_\_\_

---

---

10. **Considera usted imprescindible, ¿tener un sistema de mantenimiento preventivo para los cilindros de ensayo?**

A. SI

B. NO

11. **¿Cree usted que invertir en un sistema de mantenimiento preventivo de los cilindros de ensayo ayudaría a reducir costos de operación y pérdida de tiempo en la entrega de resultados?**

A. SI

B. NO

**0. ¿Qué solución considera usted para lograr que los cilindros de ensayos estén en óptimas condiciones para el desarrollo de su función? Explique su respuesta.**

---

---

---