

**Estudio sobre el equipo llamado Rotoclone para garantizar óptimas condiciones en la
operación de manufactura de detergente y su impacto en el medio ambiente**

Juan Carlos González Sierra

Asesor

Ing. Fernando A. Sierra Ávila.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Industrial

2023

Dedicatoria

En este momento de estar finalizando mi carrera quiero primero dar gracias a Dios por la oportunidad que me está regalando de estar cumpliendo un sueño más en mi vida. Este logro se lo quiero dedicar a mi esposa Solangye Mogollón Mendoza, por confiar en mí, por siempre motivarme, por decirme que podría volver a estudiar, que nunca es tarde, por las noches que se trasnochó y por siempre mostrarme la mejor cara de todo, aun estando cansada te tomabas el tiempo de explicarme.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por su amor, por su gracia y por esta oportunidad en mi vida, sé que no fue fácil, pero él siempre fue fiel, a mi universidad UNAD por el apoyo, y por brindar esta oportunidad a mí y a miles de personas que quieren realizar este sueño, pero no pueden por motivos laborales. A mi esposa y su familia por su apoyo incondicional, motivacional.

Resumen

En la actualidad, las organizaciones enfrentan desafíos críticos relacionados con la seguridad, la calidad y los costos asociados a su maquinaria. Estos problemas, si no se abordan de manera efectiva, pueden convertirse en pérdidas significativas que con el tiempo afectan de manera sustancial la eficiencia y la rentabilidad de la empresa. Estas pérdidas a menudo están enraizadas en una o múltiples causas subyacentes, que a veces pueden pasar desapercibidas debido a que afectan a equipos cuya depreciación no es tan evidente como en otros casos. Este proyecto de investigación aborda esta problemática en la empresa Procter and Gamble Industrial Colombia sede Medellín. Se enfocará en cuantificar las pérdidas ocasionadas por el equipo de control de polvos conocido como "Rotoclone", eliminarlas y desarrollar planes sistemáticos para abordar este desafío de manera efectiva y sostenible. Por lo anterior, se vuelve crucial identificar, cuantificar y abordar estas pérdidas, así como llegar a la causa raíz que las origina. El resultado final será una organización más sólida y eficiente, preparada para enfrentar los desafíos de manera efectiva.

Palabras Clave: Seguridad, calidad, causa raíz, mejora, costos

Abstract

Today, organizations face critical challenges related to safety, quality and costs associated with their machinery. These problems, if not effectively addressed, can develop into significant losses that over time substantially affect the company's efficiency and profitability. These losses are often rooted in one or multiple underlying causes, which can sometimes go unnoticed because they affect equipment whose depreciation is not as evident as in other cases. This research project addresses this problem at Procter and Gamble Industrial Colombia, Medellin. It will focus on quantifying the losses caused by the dust control equipment known as "Rotoclone", eliminating them and developing systematic plans to address this challenge in an effective and sustainable manner. Therefore, it becomes crucial to identify, quantify and address these losses and get to the root cause. The end result will be a stronger and more efficient organization, prepared to face the challenges effectively.

Key Words: *Safety, quality, root cause, improvement, costs*

Tabla de Contenido

Introducción	11
Justificación	12
Objetivos.....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos.....	15
Problema de Investigación	16
Planteamiento del Problema	16
Pregunta de la Investigación	17
Marco Referencial.....	18
Estado del arte.....	18
Marco Teórico.....	21
Diagrama de Ishikawa.....	22
Ciclo PHVA	23
Marco Conceptual.....	27
Entendiendo la Situación	27
Aplicación de Diagrama de Ishikawa en el proyecto Rotoclone	35
Marco Legal	37
Estándares de Emisión	38
Marco Metodológico.....	40
Método	40
Muestra	41
Variable.....	42
Hipótesis	42
Instrumentos.....	43
Análisis de Hipótesis por Variable	45
Implementación del Proyecto	50

Crear un Proyecto para la Compra de un Nuevo Equipo.....	50
Definir el Proyecto.....	50
Enviar Requerimientos a las Empresas Fabricantes, para su Cotización.....	50
Escoger la Mejor Cotización.....	50
Comprar Equipo e Instalar.....	51
Crearle Plan de Mantenimiento en SAP Al Equipo Nuevo.....	51
Generar Repuestos y Frecuencia de Compra en el Almacén Vs SAP para el Equipo Nuevo.....	52
Análisis de los Resultados del Ciclo PHVA.....	52
Mejoras y Resultados Ciclo PHVA.....	53
Determinar la Causa Raíz.....	53
Seguridad.....	53
Calidad.....	56
Sobrecostos.....	57
Retrabajo.....	58
Estandarizar/Auditar y Sostener.....	58
Conclusiones.....	60
Recomendaciones.....	61
Referencias Bibliográficas.....	63

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Análisis de costos en USD Rotoclone planta X vs compra</i>	21
Tabla 2 <i>Detecciones de calidad por partos de Rotoclone</i>	30
Tabla 3 <i>Sobreesfuerzos hora hombre</i>	33
Tabla 4 <i>Costos de repuestos</i>	33
Tabla 5 <i>Línea de tiempo</i>	37
Tabla 6 <i>Diagrama causa efecto</i>	44
Tabla 7 <i>Análisis de hipótesis</i>	45
Tabla 8 <i>Metodología PHVA en el proceso de mejora continua</i>	48
Tabla 9 <i>Análisis de costos en USD Rotoclone planta X vs compra</i>	50

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 <i>Objetivos</i>	14
Ilustración 2 <i>Planteamiento del Problema</i>	16
Ilustración 3 <i>Ciclo Ishikawa</i>	23
Ilustración 4 <i>Ciclo PHVA</i>	26
Ilustración 5 <i>Diagrama Ishikawa</i>	44
Ilustración 6 <i>Cronograma ciclo PHVA</i>	49

Lista de Gráficos

Gráfico 1 <i>Área donde ocurre la pérdida</i>	28
Gráfico 2 <i>Casi pérdida</i>	29
Gráfico 3 <i>Detecciones de calidad por paros del Rotoclone</i>	32
Gráfico 4 <i>Costo esperado por mantenimiento vs costo real por averias</i>	35
Gráfico 5 <i>Casi pérdidas</i>	55
Gráfico 6 <i>Emisiones al ambiente último FY</i>	55
Gráfico 7 <i>Detecciones de calidad</i>	57
Gráfico 8 <i>Detecciones sobre costos FY</i>	58

Introducción

La interacción entre la industria y el medio ambiente es un tema de creciente importancia en la actualidad. La producción industrial, aunque es esencial para la economía, a menudo conlleva un alto consumo de recursos naturales y la generación de riesgos ambientales significativos. En este contexto, la responsabilidad ecológica de la industria se vuelve fundamental, ya que debe asegurarse de que los riesgos ambientales generados durante sus procesos de fabricación sean eliminados o mitigados de manera efectiva.

En este proyecto, se explorará una faceta específica de esta relación entre la industria y el medio ambiente, específicamente, los filtros colectores de polvo. Estos dispositivos desempeñan un papel crucial en la eliminación de las emisiones de polvo fino generadas por diversos procesos industriales. Estos polvos, en su mayoría tóxicos o capaces de causar contaminación, representan una seria amenaza tanto para la calidad del aire como para la salud de las personas. Por lo tanto, la elección y el funcionamiento adecuado de los filtros colectores de polvo son de suma importancia.

Además, se abordarán las distintas clases de filtros colectores de polvo, sus aplicaciones en la industria y su evolución a lo largo del tiempo, por medio de un estudio detallado para determinar la mejor opción de reemplazo para un componente crítico, en este contexto: el Rotoclone. Este análisis no solo involucra la selección de un dispositivo más eficiente, también considera los aspectos técnicos, económicos y medioambientales que conlleva su implementación.

Justificación

En la actualidad, la seguridad, la calidad y el cuidado del medio ambiente son pilares fundamentales para el éxito y la sostenibilidad de las empresas. Estos aspectos no solo son esenciales desde una perspectiva ética y social, además, tienen un impacto directo en la viabilidad económica de cualquier organización.

En el contexto de la planta de P&G en Medellín, es evidente que existen pérdidas significativas relacionadas con la seguridad, la calidad y el cuidado del medio ambiente. Estas pérdidas no solo afectan la rentabilidad de la empresa, sino que también pueden dañar su reputación y su capacidad para cumplir con los estándares regulatorios y las expectativas de los clientes.

Uno de los principales problemas identificados es el elevado costo asociado a las averías y la compra no programada de repuestos, que ascienden a la considerable suma de 200.000.000 de pesos. Estas pérdidas no solo afectan la eficiencia de la producción, sino que también comprometen la calidad del producto final, lo que puede tener repercusiones a largo plazo en la satisfacción del cliente y la percepción de la marca.

También, se identificaron costos significativos de calidad y seguridad, que alcanzan los 70.000.000 de pesos debido al rechazo de productos terminados. Estos rechazos no solo resultan en la pérdida de materia prima, así mismo conllevan un desperdicio de recursos esenciales como luz, agua, aire y electricidad. La calidad del producto final es la imagen que proyecta la empresa, y cualquier pérdida en este sentido afecta directamente su reputación y competitividad.

Por otro lado, la seguridad de las personas relacionadas con el equipo actual, en particular el "Rotoclone", es una preocupación crítica. Los paros generados debido a emisiones ambientales no solo impactan la producción, sino que también ponen en riesgo la salud y seguridad de los trabajadores y las comunidades circundantes. Garantizar un entorno seguro para todos los involucrados es una prioridad fundamental para cualquier empresa.

En este contexto, el análisis de costo-beneficio entre la compra de un nuevo equipo en acero inoxidable y la transferencia de un equipo en desuso desde otra planta se convierte en una

solución estratégica. Esto no solo permitirá mejorar la calidad y la eficiencia de la producción, reduciendo así las pérdidas asociadas, sino que también garantizará un ambiente de trabajo seguro y minimizará las emisiones nocivas al medio ambiente.

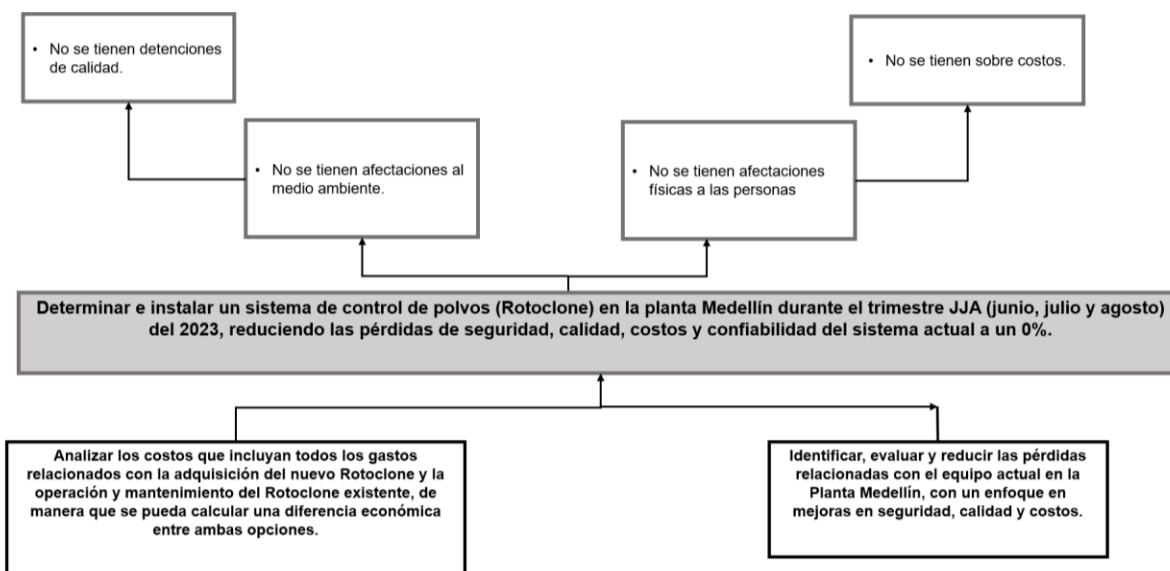
Además, el proyecto se compromete a integrar plenamente la calidad, la salud, la seguridad y el medio ambiente en todas las etapas de construcción y operación. Esto significa que todas las actividades serán revisadas minuciosamente por el equipo de salud, seguridad y medio ambiente antes de su ejecución. De Por otra parte, garantizará que no se produzcan pérdidas de calidad que afecten al producto terminado y eliminará la posibilidad de poner en riesgo a las personas y a la comunidad que rodea la empresa debido a emisiones generadas por un mal funcionamiento del equipo de control de polvos.

Objetivos

A continuación, se presentarán los objetivos del estudio, estos se realizaron a través del árbol de objetivos que reúne los medios y alternativas para solucionar el problema principal. Su enfoque de estudio el equipo de control de polvos Rotoclone, el cual es el encargado de eliminar el polvo generado por la adiciones de materias primas y evitar que estas salgan a el medio ambiente.

Ilustración 1

Objetivos del trabajo de investigación



Fuente. Elaboración propia

Objetivo General

Determinar e instalar un sistema de control de polvos (Rotoclone) en la planta Medellín durante el trimestre JJA (junio, julio y agosto) del 2023, reduciendo las pérdidas de seguridad, calidad, costos y confiabilidad del sistema actual a un 0%.

Objetivos Específicos

Analizar los costos que incluyan todos los gastos relacionados con la adquisición del nuevo Rotoclone y la operación y mantenimiento del Rotoclone existente, de manera que se pueda calcular una diferencia económica entre ambas opciones.

Identificar, evaluar y reducir las pérdidas relacionadas con el equipo actual en la Planta Medellín, con un enfoque en mejoras en seguridad, calidad y costos.

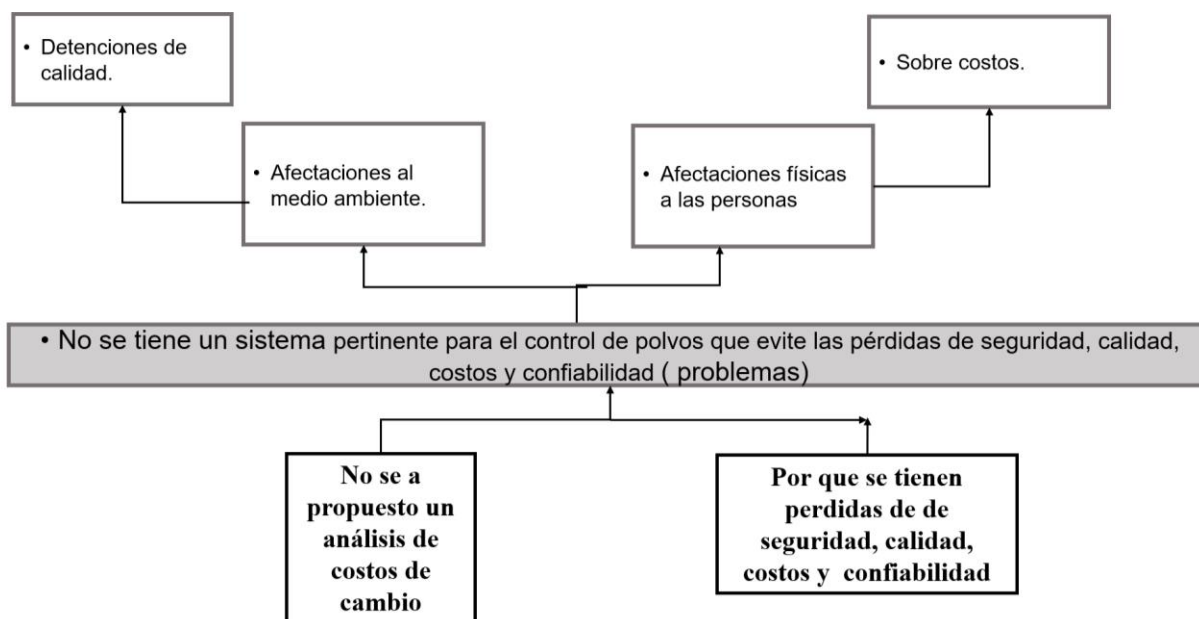
Problema de Investigación

Planteamiento del Problema

Inicialmente, se trabajará bajo el análisis del árbol de problemas. El árbol del problemas se utiliza para identificar la naturaleza y contexto de la problemática que se pretende resolver mediante una estrategia, programa, proyecto, etcétera. En este caso permite identificar claramente el problema central y sus causas dando así un panorama del el objetivo general y los objetivos específicos.

Ilustración 2

Planteamiento del problema



Fuente. Elaboración propia

El equipo de control de polvos (Rotoclone) de la torre de producción de detergente está presentando pérdidas de seguridad, calidad, sobre esfuerzo y costos, debido al desgaste por su tiempo de uso y las condiciones operativas en las que se encuentra. Actualmente, su capacidad operativa está por debajo del rango 1059 cfm (pies cúbicos por minuto) vs 1560 cfm operación estándar.

Pregunta de la Investigación

¿Cómo desarrollar un sistema de control de polvos efectivo y pertinente que minimice las pérdidas en términos de seguridad, calidad, costos y confiabilidad en entornos industriales o de producción?

Sub-pregunta de Investigación

¿Cómo eliminar las pérdidas de calidad, seguridad y sobrecostos generadas por el Rotoclone?

Marco Referencial

En el presente capítulo se desarrollará el marco referencial, en el cual se expondrán los antecedentes, las teorías y conceptos de los temas en estudio para contextualizar de manera concreta el propósito y desarrollo del proyecto.

A continuación, se expondrán antecedentes referentes al estudio que se realizará, por lo tanto, servirán de guía los estudios anteriormente realizados por diferentes autores que lleven a cabo el desarrollo de un tema en específico con afinidad a perfeccionar un proceso metodológico de empresas manufactureras. en el tema de control de polvos o material particulado.

Estado del arte

Los ejemplos citados sirven como estado del arte del tema a desarrollar, contextualizan, actualizan el tema central del proyecto y remite a acciones actuales sobre el mejoramiento del proceso productivo a partir de un tratamiento específico de control de impactos en la emisión de material particulado. A continuación, se trae a colación algunos ejemplos que permiten comprender el objeto de estudio de esta investigación.

El estudio realizado por Heyder Felipe Sosa Múnera, menciona una propuesta de diseño de un sistema de filtración para polvos de madera, y las prácticas de diseño de un equipo de filtración para la retención de partículas de polvo de madera, en la cual, se contemplan los cálculos realizados para retención y captación de 2040 kg/h de material particulado que se produce a raíz del pulido de la madera. El objeto de este diseño es aprovechar la captación de polvo de madera para usarlo posteriormente como combustible, evitando además la deposición de material particulado a la atmósfera cumpliendo con la normativa colombiana que actualmente se encuentra vigente. Con esta propuesta de diseño se busca que la línea de polvos y acabados trabaje de forma permanente y no exista la necesidad de apagar el sistema de ventilación para extraer el polvo que se ha filtrado, obteniendo así, un ahorro en costos y tiempo ya que sólo se apagaría la línea en el caso de que haya una parada general para realizar mantenimiento en tiempos más extendidos.

El siguiente estudio, es sobre el diseño del sistema de captación de polvo centralizada para control del impacto ambiental en la Sociedad Minera Corona.

Chipana Calderón, Alexis Gustavo La Compañía Minera Corona tiene dos plantas: Una planta que concentra mineral polimetálico de cobre, plomo y zinc que viene funcionando en Chumpe, y una nueva planta de óxidos que viene funcionando desde el 2011. Las chancadoras de la planta concentradora de mineral polimetálico producen emisiones de polvo con contenido de sílice que superan, hasta en 35 veces los límites permisibles establecidos en el D.S No 594, afectando la salud de los trabajadores y contamina el ambiente. El objetivo del estudio es la prevención y control del impacto ambiental, evitando enfermedades laborales de trabajadores e inclusive la muerte, por el polvo que se generan en el proceso de chancado y la recuperación de los minerales valiosos como el cobre, plomo y zinc de la planta concentradora Chumpe de la Sociedad Minera Corona. El sistema de captación de polvo consiste en un equipo colector de polvo centralizado, comprendido por: campanas de extracción y selladas, ductos, colector de polvo por vía seca, ventilador centrífugo y válvula rotativa, con lo cual se reduce las concentraciones, en el aire, de polvos polimetálicos. También se justifica económicamente, ya que evitará sanciones y multas a la empresa por no cumplir con los estándares de operaciones.

Por otro lado, los Autoría propiaes Zapata Valencia, Sara Marcela, realizaron una propuesta titulada: Cálculo, diseño y fabricación de colector de polvo Teniendo en cuenta la necesidad que tienen las industrias de generar procesos con menos pérdidas y sin aumentos en los costos de producción, se han venido implementando procesos de colección de material particulado (colectores de polvo) que además de recuperar material valioso, cumple un importante papel en la mitigación de la contaminación ambiental. Dadas estas condiciones se diseñó, calculó y fabricó un colector de polvo del tipo pulse-jet, este proceso consta de las siguientes etapas: Identificación de material a filtrar, cálculo de velocidad del aire a filtrar, selección de dimensiones estructurales del equipo, selección de mangas y canastillas, diseño de ductos de succión, elección y cálculo de sistemas de control de limpieza. La fabricación se llevó a cabo siguiendo los estándares que han ido reglamentando las empresas según sus experiencias y normas ambientales. Se halló también un estudio de viabilidad de una planta de fabricación de piezas con metalurgia de polvos en Colombia.

Los procesos de metalurgia de polvos son en la actualidad importantes generadores económicos para la industria metalmeccánica del mundo y cubren campos tan diversos como la agronomía, la electrónica, maquinaria comercial y el sector de transportes.

Una de las principales cualidades de este proceso es la relación entre producción y rentabilidad, en industrias de gran envergadura como el mercado automotriz se ha demostrado que las piezas producidas por MP reducen el costo final del vehículo. Esta relación se ve principalmente en el alto número de piezas que se producen con la obtención de una buena calidad, además de características únicas que pueden lograrse en términos de materiales y geometrías. Es por esto por lo que esta tecnología se evaluará dentro del ambiente económico e industrial colombiano para descubrir cuales pueden ser las razones por las que a pesar de su importancia y rentabilidad no tiene implementaciones numerosas o a gran escala en nuestro país. Para esto se tomará la producción base de un producto por este método y se analizaran sus costos intentando hacer una aproximación al comportamiento económico de un proyecto de metalurgia de polvos encontrando una relación entre la producción y su viabilidad económica en Colombia.

El desarrollo de esta tecnología en Colombia es casi nulo si se considera que existe solo una empresa sólida en el sector que ofrece sus servicios de forma extendida y sin embargo esta no representa un porcentaje significativo de producción de piezas de manera que se viera reducida la importación de piezas al mercado nacional teniendo en cuenta que este proceso está especialmente diseñado para la producción de alto volumen de cientos de piezas, a costos moderados, además de excelentes cualidades y flexibilidad en la producción. Esta empresa es Sinterizados S. A. que tiene su sede en Manizales y asegura una capacidad instalada para 2 millones de piezas mensuales, esta cifra sin embargo no parece tener repercusión en el comercio a consumidor final en el país.

En el campo de la investigación la primera aproximación se está llevando a cabo en la Universidad de los Andes con varios proyectos de grado dirigidos por el profesor Jairo Escobar, el primero de los cuales pertenece al estudiante de Ingeniería Mecánica Juan Pablo Acero en el tema de caracterización de polvos metálicos.

Marco Teórico

El marco teórico permite la acomodación de las teorías y estudios existentes relacionados al tema que se está abordando, lo que permite tener conocimiento sobre la ejecución, evitando que durante todo el desarrollo del proyecto se cometa ciertos errores que pueden cambiar el rumbo del proyecto (Rico, 2019).

En los últimos 7 años la planta de producción se ha visto involucrada en la activación de paros de planta debido a emisiones por daños o mal funcionamiento en el equipo de control de polvos (Rotoclone), un aproximado de 17 paros por año, incurriendo en costos operativos considerables.

El equipo es un sistema de control de polvos anti- incendios, funciona por medio de succión por una turbina la cual extrae el polvo generado por la adición de materia prima y el vapor generado en el proceso, el polvo y vapor pasa por un sistema de aspersion por medio de boquillas decantando los sólidos en una tolva de lodos donde estos se vuelve a integrar el proceso y dejan salir solo el aire limpio.

Este equipo es demasiado importante para la planta ya que garantiza que las personas no serán afectadas por emisiones y también por que ayuda al cuidado de los equipos al extraer el exceso de vapor que puede causar paros y pegues en los equipos por la humedad.

En la tabla 1 se observa el comparativo de costos entre emplear un Rotoclone fuera de uso de igual referencia desde otra planta vs la compra de un nuevo equipo. Los 3 ítems críticos para la toma de decisión fueron: compra, restauración e instalación del equipo.

Tabla 1

Análisis de costos en USD Rotoclone planta X vs compra

Rotoclone		
Costos	Bq Musd	Nuw Musd
Purchased	\$ 77	\$ 64
Overhaul	\$ 10	\$ -

Intallation	\$ 43	\$ 46
Total, ETC	\$ 130	\$ 110

Nota. Comparativo de costos entre emplear un Rotoclone fuera de uso de igual referencia desde otra planta vs la compra de un nuevo equipo.

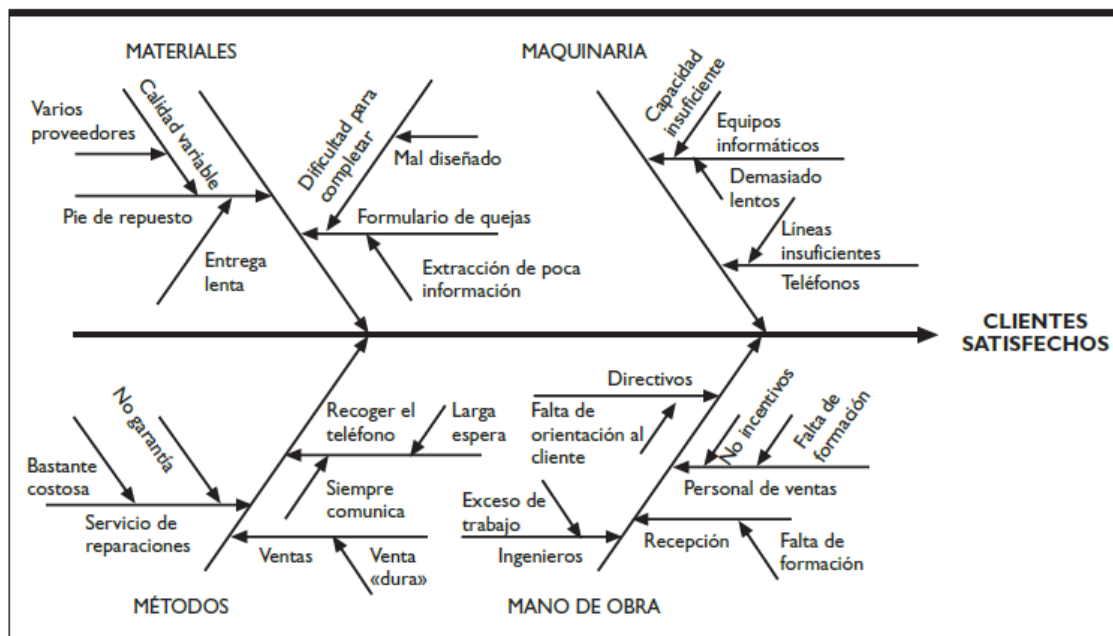
Diagrama de Ishikawa

El diagrama de espina de pescado es un diagrama de causa-efecto que se puede utilizar para identificar la/las causa/s potenciales (o reales) de un problema de rendimiento. Los diagramas de espina de pescado pueden servir de estructura para debates de grupo sobre las posibles causas de un problema.

Los diagramas de espina de pescado a menudo se utilizan en la evaluación de las necesidades para ayudar a ilustrar y/o reflejar las relaciones existentes entre varias causas potenciales (o reales) de un problema de rendimiento. Igualmente, los gráficos de relaciones entre las necesidades (o sea las diferencias entre resultados esperados y reales) representan una herramienta pragmática para construir un sistema de intervenciones para la mejora de los rendimientos (combinando por ejemplo tutoría, listas de verificación, formación, motivación, nuevas expectativas) basada en las relaciones a menudo complejas identificadas entre las causas potenciales (o reales).

Ilustración 3

Ciclo Ishikawa



Fuente. Por ISG Integradora, 2023, *diagrama de espina de pescado*.
<https://isgintegradora.mx/el-diagrama-de-espina-de-pescado/>

Ciclo PHVA

El ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) es una estrategia interactiva de resolución de problemas para mejorar procesos e implementar cambios. El ciclo PHVA es un método de mejora continua. No es un proceso que se ejecuta una sola vez, sino un espiral continuo que busca mejorar los procesos e iteraciones. Al seguir el ciclo PHVA, los equipos desarrollan hipótesis, ponen a prueba las ideas y las mejoran.

El ciclo PHVA es una técnica muy útil para abordar, analizar y resolver problemas en empresas. Dado que se basa en el proceso de mejora continua, ofrece un alto nivel de flexibilidad y mejora iterativa.

El Origen del Ciclo PHVA

El ciclo PHVA fue introducido por primera vez por Walter Shewhart, el padre del control estadístico de la calidad. En su libro, Control económico de la calidad de productos manufacturados, Shewhart aplicó el método científico al control económico de la calidad.

La tesis de Shewhart fue posteriormente desarrollada por W. Edwards Deming, quien defendía el trabajo de Shewhart. Deming amplió la idea de Shewhart y utilizó el método científico no solo para el control de la calidad sino también para la mejora de los procesos.

Deming se dedicó a enseñar el método, al que llamó el ciclo Shewhart, a ingenieros japoneses. Es ahí cuando el ciclo Shewhart se mezcló con el método Kaizen (principio japonés de mejora continua, desarrollado por Kaoru Ishikawa), el sistema de producción de Toyota y el modelo Lean de manufactura o producción ajustada, para convertirse en lo que hoy llamamos el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA o PDCA, por sus siglas en inglés).

Hoy en día, el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar se usa frecuentemente como parte de la gestión de proyectos Lean.

Esta metodología recibe muchos nombres, entre ellos:

- Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar o PHVA (o PDCA, por sus siglas en inglés)
- Ciclo Deming o rueda de Deming
- Ciclo Shewhart
- Ciclo de control
- Ciclo Planificar-Hacer-Estudiar-Actuar o ciclo PHEA (o PDSA, por sus siglas en inglés)

¿Cuándo Usar el Ciclo PHVA?

El ciclo PHVA es un marco que sirve para abordar y resolver problemas en la gestión de proyectos y procesos. Dada esta naturaleza, se puede implementar en una gran variedad de proyectos. Los equipos que utilizan el ciclo PHVA adoptan eficazmente la mejora continua ya

que les permite garantizar no solo este tipo de mejora, sino también implementar el proceso iterativo.

- El ciclo PHVA es útil especialmente cuando se quiere:
- Simplificar y mejorar un proceso de trabajo repetitivo
- Desarrollar un proceso de negocios nuevo
- Comenzar a implementar mejoras continuas
- Iterar cambios rápidamente y ver resultados inmediatos
- Minimizar errores y maximizar resultados
- Probar soluciones múltiples rápidamente

Primera Fase: Planificar. El primer paso para cualquier mejora de procesos o planificación de proyectos es determinar qué necesita hacer. Como en cualquier plan de proyecto, esto incluye distintos tipos de información, como:

- Objetivos del proyecto
- Métricas de éxito
- Entregables o resultado final del proyecto
- Participantes del proyecto
- Cronograma del proyecto
- Todos los riesgos o restricciones del proyecto que sean relevantes

Se puede utilizar el ciclo PHVA en una gran variedad de proyectos. Ya sea un proyecto nuevo desde cero o como parte de un proyecto de mejora de la calidad, invertir en una fase sólida durante la planificación es esencial para encaminar el proyecto hacia el rumbo correcto.

Segunda Fase: Hacer. Una vez que hayas afinado los detalles de tu plan de proyecto, el próximo paso es ponerlo a prueba. Al igual que muchos tipos de gestión de proyectos Lean, el PHVA adopta cambios pequeños y graduales. En la fase de ‘Hacer’ del ciclo PHVA, implementa el plan de proyecto en una escala pequeña para asegurarse de que funcione correctamente.

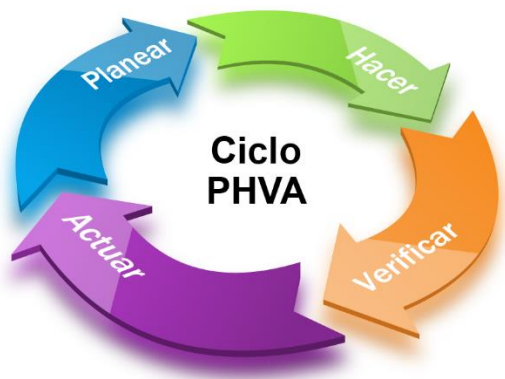
Tercera fase: Verificar. Verifica que en la prueba que se realiza durante la fase de ‘Hacer’ del ciclo PHVA todo haya ido acorde al plan. Es muy probable que se identifiquen cuestiones que se deben mejorar en la fase de ‘Hacer’. Después de todo, no se llama mejora continua en vano. La fase ‘Verificar’ es clave para detectar pequeños problemas antes de que se vuelvan demasiado grandes.

De ser necesario, se vuelve a revisar el plan de proyecto para asegurarse de que el proyecto siga avanzando en la consecución de sus objetivos.

Cuarta fase: Actuar. Después de ‘Verificar’, sigue con la fase de ‘Actuar’, que consiste en implementar todas las mejoras del proyecto y los procesos. El PHVA es un ciclo y, si se requiere nuevamente, se puede volver a la etapa de ‘Planificar’ para mejorar constantemente el proyecto o proceso.

Ilustración 4

Ciclo PHVA



Fuente. Edgar G. Correa Perea. Ing. MBA – MDP. 2022. Cómo Aplicar una Estrategia PHVA Exitosa. LinkedIn.com

Marco Conceptual

El marco teórico se enfoca en la teoría existente sobre el tema de la investigación, mientras que el marco conceptual define los conceptos y las relaciones entre ellos.

A partir del Marco conceptual se buscará darle a lector una explicación y brindarles conocimientos de los términos que se van a llevar a cabo en el desarrollo del proyecto. De acuerdo con esto, se deben incluir en el marco conceptual conceptos propios del proceso que permitan tener más claridad del desarrollo de este.

Entendiendo la Situación

Para empezar a darle solución a la problemática primero se abordará la definición del ROTOCLONE: Equipo para el manejo de polvos, el Rotoclone es un colector de polvo húmedo que combina la flexibilidad de una solución de filtración de aire altamente personalizable con el rendimiento superior que solo los equipos robustos pueden ofrecer cuando operan en entornos e industrias difíciles. El proyecto Rotoclone nuevo, surge debido a las pérdidas significativas que ha presentado el equipo actual, cuantificar las pérdidas ocasionadas, eliminarlas y crear planes sistemáticos, con el fin de dar solución a esta problemática en la compañía, las perdidas están enfocadas en:

- 1.Seguridad.
- 2.Calidad.
- 3.Retraabajo.
4. Sobre costos.

Estas pérdidas están cuantificadas de la siguiente manera:

Seguridad

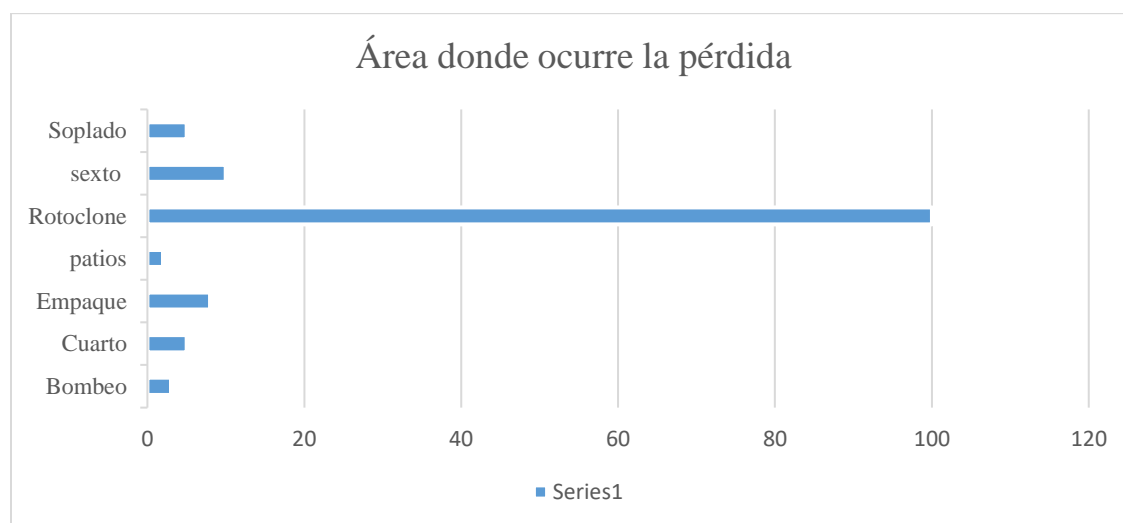
Se tienen 100 casi pérdidas de seguridad por derrames y fugas del equipo y emisiones en el medio ambiente. (casi perdida: sucesos que podrían haber provocado daños corporales y/o pérdidas materiales, pero que no lo hicieron, se cuantifican por medio del reporte diario que realizan los operarios en campo a través de una power APP la cual se revisa diario y guarda historial de los reportes).

Esta es una de las pérdidas más significativas por las cual se decide realizar el cambio de equipo, ya que la seguridad es un valor no negociable de la empresa.

En las siguientes gráficas generadas por la data recopilada en la aplicación power APP, podremos observar que en el área de rotoclón se reportan la mayor parte de casi perdidas causando emisión al ambiente.

Gráfico 1

Área donde ocurre la pérdida

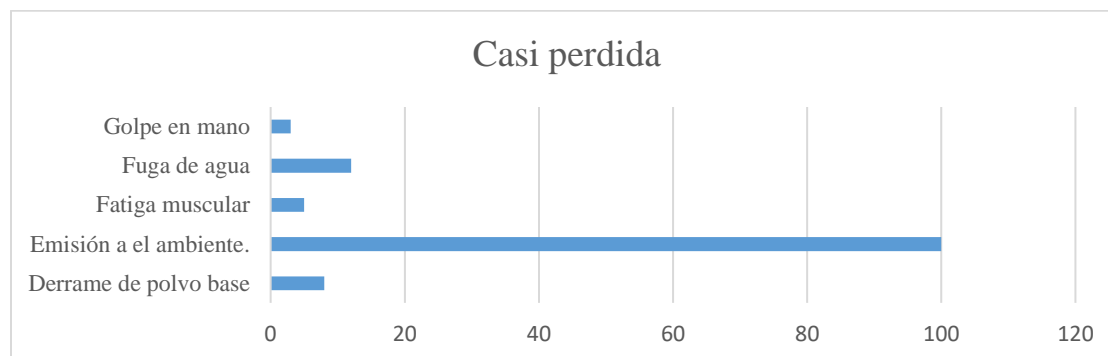


Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con el gráfico anterior, se evidencia la consecuencia derivada de la cantidad de casi pérdidas generadas en el Rotoclón, lo cual generara emisiones al ambiente.

Gráfico 2

Casi pérdida



Fuente. Elaboración propia

Calidad

Se tienen 35 detenciones de calidad por que el equipo se apaga y detiene el proceso, ya que genera un sobre adición de material o sub-adición del material. (detención de calidad: se entiende por cajas de producto terminado que se deben de rechazar porque no cumplen con el 100% de los criterios de calidad, estas detenciones se cuantifican a través de un software llamado BFM donde se da el estatus de liberado o rechazado a cada caja fabricada, cuando se rechaza una caja se coloca un comentario y un equipo asociado y así se identifican las detenciones que son causadas por el Rotoclone)

Al igual que la seguridad, la calidad es otro valor no negociable en la compañía pues si se incumple con este, se incumple en la promesa de siempre dar lo mejor al cliente.

A continuación, en la siguiente tabla y grafica veremos la data de las detenciones generadas por el rotoclone, veremos el por qué, de las detenciones, también el límite máximo permitido, límite mínimo, target y resultado que causa la detención de calidad que en este caso es el peso de la detención de calidad.

Tabla 2*Detenciones de calidad por partos de Rotoclone*

Detenciones de calidad por paros de Rotoclone						
# de detenciones	Motivo	Peso de la detención	Sobre peso mínimo permitido	Sobre peso TG permitido	Sobre peso máximo permitido	
1	Cajas con alta densidad	620	500	560	600	
2	Cajas con alta densidad	613	500	560	600	
3	Cajas con baja densidad	498	500	560	600	
4	Cajas con alta densidad	493	500	560	600	
5	Cajas con alta densidad	489	500	560	600	
6	Cajas con baja densidad	489	500	560	600	
7	Cajas con alta densidad	489	500	560	600	
8	Cajas con alta densidad	611	500	560	600	
9	Cajas con baja densidad	493	500	560	600	
10	Cajas con alta densidad	489	500	560	600	
11	Cajas con baja densidad	499	500	560	600	
12	Cajas con baja densidad	495	500	560	600	
13	Cajas con alta densidad	632	500	560	600	

14	Cajas con alta densidad	620	500	560	600
15	Cajas con baja densidad	489	500	560	600
16	Cajas con alta densidad	620	500	560	600
17	Cajas con baja densidad	493	500	560	600
18	Cajas con baja densidad	489	500	560	600
19	Cajas con alta densidad	493	500	560	600
20	Cajas con baja densidad	489	500	560	600
21	Cajas con baja densidad	489	500	560	600
22	Cajas con baja densidad	611	500	560	600
23	Cajas con alta densidad	620	500	560	600
24	Cajas con baja densidad	498	500	560	600
25	Cajas con alta densidad	612	500	560	600
26	Cajas con baja densidad	489	500	560	600
27	Cajas con baja densidad	499	500	560	600
28	Cajas con alta densidad	610	500	560	600
29	Cajas con baja densidad	483	500	560	600

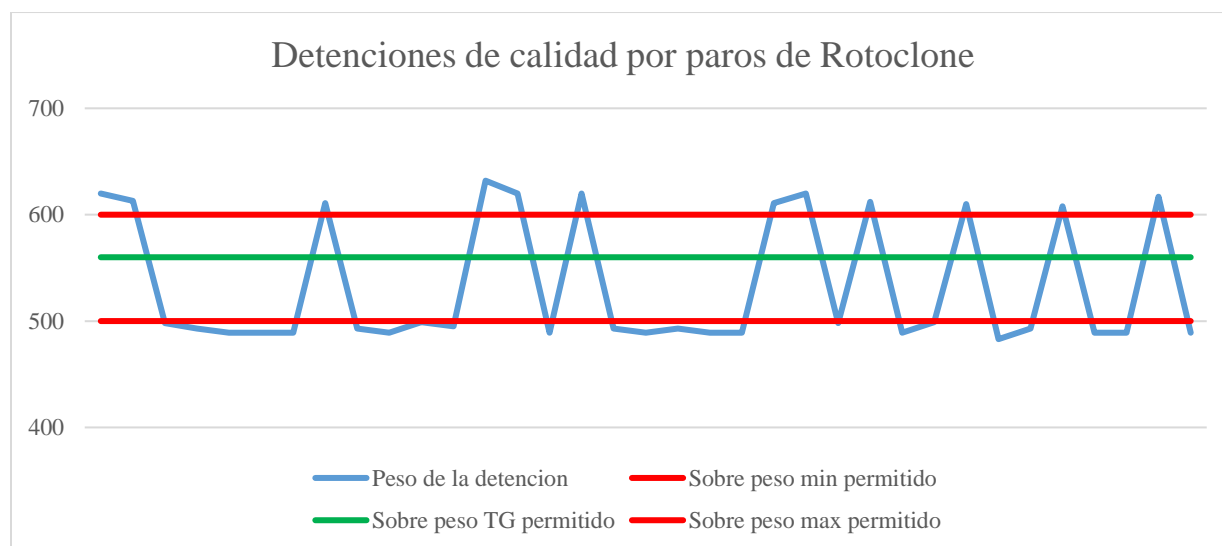
30	Cajas con baja densidad	493	500	560	600
31	Cajas con alta densidad	608	500	560	600
32	Cajas con baja densidad	489	500	560	600
33	Cajas con baja densidad	489	500	560	600
34	Cajas con alta densidad	617	500	560	600
35	Cajas con baja densidad	489	500	560	600

Nota. Data de las detenciones generadas por el rotoclón

De acuerdo con la información en la tabla anterior, se refleja los siguientes resultados:

Gráfico 3

Detenciones de calidad por paros del Rotoclone



Fuente. Elaboración propia

Retrabajo

Se tienen más de 400 horas hombre de retrabajo para volver los equipos a estándar después de un paro del Rotoclone, esto conlleva a que la planta pierda su estándar y las personas no puedan ser utilizadas en labores que agreguen valor en el proceso. (el retrabajo se cuantifica de acuerdo con las actividades planeadas en el día en cierto tiempo, si estas actividades no se realizan en el tiempo establecido si no que se requiere más tiempo cada minuto suma en el retrabajo que es evaluado por horas hombre).

Tabla 3

Sobreesfuerzos hora hombre

Sobre esfuerzo						
Valor	hora	Horas	hombre	invertidas	Total	dinero
hombre		en el retrabajo			perdido	
5.000\$ HH		400 H			2.000.000\$	

Nota. Relación de sobre esfuerzo, valor horas hombre, valor horas hombre reinvertidas en el trabajo

Sobre Costos en Repuestos

Se tiene una pérdida significativa por compra de repuestos para el equipo que no duran el tiempo establecido por desgastes en sus piezas, el cual genera un impacto significativo en costos.

En la siguiente tabla y gráfica podemos observar cuanto fue el sobre costo por averías por cada componente:

Tabla 4

Costos de repuestos

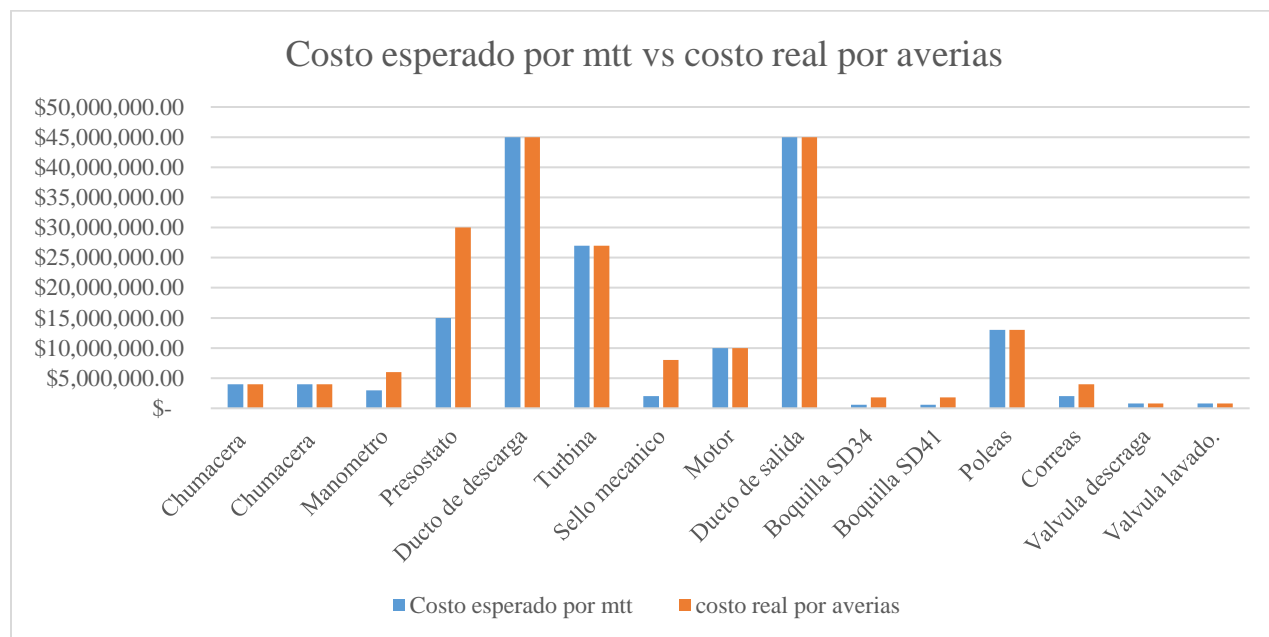
Costos en repuestos								
Piez	C	Costo	C	C	%	costo real	M	
a	ódigo del repuesto	esperado por mtt	antidad de	ambios esperados	De impacto	por averías	es	

cambios								
Realizado								
s								
Chu	10	\$	1	0	2	\$		E
macera	090484	4,000,000.00		%		4,000,000.00	nero	
Chu	90	\$	1	0	2	\$		E
macera	644085	4,000,000.00		%		4,000,000.00	nero	
Ma	91	\$	2	1	4	\$		E
nómetro	527090	3,000,000.00		%		6,000,000.00	nero	
Pres	91	\$	2	0	4	\$		F
ostato	687241	15,000,000.00		%		30,000,000.00	ebrero	
Duc	91	\$	1	0	2	\$		M
to de	423320	45,000,000.00		%		45,000,000.00	arzo	
descarga								
Tur	10	\$	1	0	2	\$		M
bina	092692	27,000,000.00		%		27,000,000.00	arzo	
Sell	97	\$	4	1	8	\$		A
o mecánico	045806	2,000,000.00		%		8,000,000.00	bril	
Mot	10	\$	1	0	2	\$		A
or	090649	10,000,000.00		%		10,000,000.00	bril	
Duc	90	\$	1	0	2	\$		M
to de salida	151974	45,000,000.00		%		45,000,000.00	ayo	
Boq	90	\$	3	1	3	\$		J
uilla SD34	151974	600,000.00		%		1,800,000.00	unio	
Boq	10	\$	3	1	6	\$		J
uilla SD41	092450	600,000.00		%		1,800,000.00	ulio	
Pole	91	\$	1	0	2	\$		A
as	268164	13,000,000.00		%		13,000,000.00	gosto	
Cor	91	\$	2	1	4	\$		S
reas	735726	2,000,000.00		%		4,000,000.00	eptiembre	
válv	36	\$	1	0	2	\$		O
ula descarga	9300175	800,000.00		%		800,000.00	ctubre	
válv	36	\$	1	0	2	\$		O
ula lavado.	9301087	800,000.00		%		800,000.00	ctubre	
Tot								
al		\$172,800,000.00				\$201,200,000.00		

Nota: se extrae la información sobre los costos de repuestos desde el sistema manejo de costos SAP

Gráfico 4

Costo esperado por mantenimiento vs costo real por averías



Nota. Sistema manejo de costos SAP

Aplicación de Diagrama de Ishikawa en el proyecto Rotoclone

Para entender el significado de Diagrama de Ishikawa primero se debe entender cuáles son las causas y los efectos que vamos a intervenir basados en las maquinarias, el método humano, material, metodología o estándares:

Maquinaria

En esta causa se encuentra todo lo relacionado con las condiciones básicas del filtro Rotoclone y su efecto en la transformación para filtrar el aire, también veremos los defectos que tiene el equipo actualmente, como nos afecta estos defectos en el funcionamiento actual del equipo.

Humano

Aborda el efecto humano y cómo impacta en las pérdidas relacionadas en el Rotoclone, como lo son la seguridad, calidad, sobre costos y retrabajos.

Material

Si la materia prima actual está afectando el funcionamiento del equipo, si influye en el desgaste y las pérdidas relacionadas a este proyecto.

Metodología

En esta causa, se evidencia el efecto que tienen los estándares de mantenimiento de limpieza de inspección en el equipo actual, si son suficientes y cubren las necesidades actuales.

Marco Legal

A continuación, se presentan las normas a través de una línea de tiempo asociado al tema de investigación:

Tabla 5

Línea del tiempo

línea del tiempo Ley 99 del año 1993 y su evolución		
Ley, norma o Decreto	Fecha	Explicación
Ley 99	Año 1993	Ley por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076	Año 2015	El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.
Resolución 619	7 de julio de 1997	Que corresponde al Ministerio del Medio Ambiente, de acuerdo con por los [num. 2, num. 10 y num. 11 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993], regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de mitigar o eliminar el impacto de actividades contaminantes del entorno, determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las

			actividades que puedan generar directa o indirectamente daños ambientales.
Resolución	Año		La presente resolución establece las normas y los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas, adopta los procedimientos de medición de emisiones para fuentes fijas y reglamenta los convenios de reconversión a tecnologías limpias.
909	2008		
Resoluciones	Año		La resolución en comento dispuso que el mismo Ministerio adoptaría a nivel nacional el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas. Que el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas fue adoptado a través de la Resolución 760 del 20 de abril de 2010. De igual forma, este documento fue objeto de divulgación entre las Autoría propiedades ambientales y a través de Internet en la página del mismo Ministerio, de manera que pudiera ser consultada por parte de las mencionadas Autoría propiedades y del sector regulado.
2153 y 2154	2010		

Nota. Se consolidan las normas asociadas al tema de investigación.

Para esta investigación es importante tener en cuenta la norma expedida por el Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Resolución Número (909) considerando que la Constitución Política adoptó como modelo de desarrollo, el desarrollo sostenible, entendido éste como aquel que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar económico, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades (2008).

Estándares de Emisión

El estándar de emisión que aplica para el proceso evaluado se describe en el artículo 4, tabla 1 de la resolución 909 de 2008, el cual establece un estándar de emisión admisible de 150 mg/m³ para Material Particulado, el cual no incluye corrección por oxígeno de referencia.

Para los compuestos orgánicos volátiles (VOC's) hasta la fecha no se encuentran establecidos los estándares de emisión admisible por la legislación Colombiana, por lo tanto se debe realizar evaluaciones anuales de seguimiento y vigilancia de las emisiones de los contaminantes como lo establece el protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, hasta que se establezca cuáles son los límites permisibles y poder determinar el cumplimiento, según la resolución 909 del 2008.

Objeto de la medición

Determinar la concentración de los contaminantes atmosféricos generados por la fuente de la empresa, mediante los métodos de medición directa aprobados en “El protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas”. Comparar la emisión obtenida con el valor estándar de emisión establecido en la resolución 909 de 2008 por la cual se establecen las normas y estándares de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.

Determinar la frecuencia de medición para los diferentes contaminantes evaluados a partir del cálculo de Unidad de Contaminación Atmosféricas (UCA), establecido en “El protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas”.

Determinar la frecuencia de medición para los diferentes contaminantes evaluados según lo establecido en “El protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas”.

Marco Metodológico

El marco metodológico permite ilustrar la forma en que se va a realizar el proceso de estudio del proyecto aplicado. Así mismo Arias (2016) señala que “el marco metodológico es el conjunto de pasos y técnicas que se emplean para resolver un problema o varios problemas en concreto”.

La observación se convierte en el método a seguir en este trabajo ya que se trata de visualizar los hechos o acciones que se presentan en el equipo de control de polvos Rotoclone y luego ser consignados por escrito para su debido análisis.

Como complemento al método de investigación, se va a utilizar el método de análisis y solución de problemas, con las herramientas y técnicas pertinentes para encontrar los problemas relacionados con implementación de las mejores prácticas en este equipo para la garantizar óptimas condiciones durante la operación. Además de eliminar perdidas en calidad, seguridad, sobre esfuerzos y sobre costos, para esto se tendrá en cuenta la creación y mejora de los estándares de Mantenimiento y de mejora continua teniendo en cuenta que se tiene una perdida la cual será solucionada, pero debe de quedar en los sistemas de la compañía para que la mejora perdure en el tiempo y no se repita.

Método

El estudio será de enfoque cuantitativo, con el cual trabajaremos en el análisis de datos y estadística que ha arrojado por años los sistemas de la compañía donde se reportan las pérdidas de: seguridad, calidad y costos, durante el último año fiscal 22/23.

Este será complementado con el diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de Causa y Efecto, este se complementa con la investigación cuantitativa, especialmente cuando se busca identificar y comprender las posibles causas de un fenómeno o resultado cuantitativo, agregando valor en los siguientes conceptos:

Identificación de variables influyentes: En la investigación cuantitativa, a menudo se analiza la relación entre diferentes variables. El Diagrama de Ishikawa puede ayudar a

identificar las posibles variables o factores que podrían influir en los resultados cuantitativos que se están estudiando. Esto es especialmente útil en la etapa de diseño de la investigación.

Análisis de la variabilidad: En algunos casos, los resultados cuantitativos pueden ser inconsistentes o variar significativamente. El Diagrama de Ishikawa puede ayudar a identificar las posibles causas de esta variabilidad, lo que puede llevar a una comprensión más profunda de los factores que afectan los resultados.

Identificación de hipótesis: Al usar el Diagrama de Ishikawa, los investigadores pueden generar hipótesis sobre las posibles causas de un fenómeno cuantitativo. Estas hipótesis pueden luego someterse a pruebas empíricas a través de métodos cuantitativos, como análisis de regresión u otros análisis estadísticos.

Mejora de la validez interna: En la metodología de investigación cuantitativa, es esencial garantizar la validez interna de un estudio, es decir, que las variables independientes realmente están causando los cambios en la variable dependiente. El Diagrama de Ishikawa puede ayudar a identificar las posibles variables de confusión que podrían amenazar la validez interna y, por lo tanto, orientar el diseño de la investigación y la selección de variables de control.

Exploración de relaciones causales complejas: En algunos estudios cuantitativos, las relaciones causales pueden ser complejas y multifacéticas. El Diagrama de Ishikawa puede ayudar a visualizar y comprender mejor estas relaciones al identificar y organizar las múltiples causas potenciales que podrían estar en juego.

Muestra

El objetivo de este estudio del equipo Rotoclone, es entender los efectos que llevaron a el equipo a generar estas pérdidas significativas. En nuestro caso, la población que conforma el “conjunto total de la unidad de análisis, son los datos históricos reportados en los sistemas de seguimiento y control de la compañía sobre el Rotoclone, en este caso son: 100 casi pérdidas de seguridad, 35 detenciones de calidad, 400 horas hombre de retrabajo y sobre costos de 200.000.000 millones.

Variable

El estudio se llevar a cabo por medio de la variable cuantitativa continua, la cual permite medir datos estadísticos de cualquier valor, estas variables representan el enfoque principal del estudio, para comprender y analizar los factores o razones detrás de las pérdidas significativas en el equipo Rotoclone. Las variables cuantitativas en esta muestra son:

- Número de casi pérdidas de seguridad (100).
- Número de detenciones de calidad (35).
- Horas hombre de retrabajo (400).

Hipótesis

Durante el análisis de los datos del último año fiscal en relación con la seguridad, calidad, costos y sobre esfuerzos, se ha identificado una serie de problemas que afectan la eficiencia operativa de la empresa y del equipo Rotoclone:

Seguridad

Se ha observado la ocurrencia de aproximadamente 100 incidentes relacionados con la seguridad, como derrames, fugas y emisiones del equipo, lo que sugiere un riesgo significativo para la integridad de los trabajadores y el entorno operativo.

Calidad

Se han registrado alrededor de 35 interrupciones en el proceso debido al apagado del equipo, lo que indica una disminución en la calidad del producto final y afecta la continuidad de la producción.

Costos en Repuestos

La empresa ha incurrido en pérdidas considerables debido a la adquisición de repuestos que no cumplen con la duración prevista, lo que resulta en costos adicionales debido al desgaste prematuro de las piezas.

Esfuerzos de Retrabajo

Se ha dedicado un total de 400 horas hombre en tareas de retrabajo debido a las emisiones causadas por el Rotoclone, lo que implica una asignación ineficiente de recursos y una posible sobrecarga laboral.

La presente investigación tiene como objetivo identificar las causas subyacentes de estos problemas y proponer soluciones efectivas que contribuyan a mejorar la seguridad, calidad y eficiencia de los procesos, así como a reducir los costos asociados con los repuestos y el retrabajo.

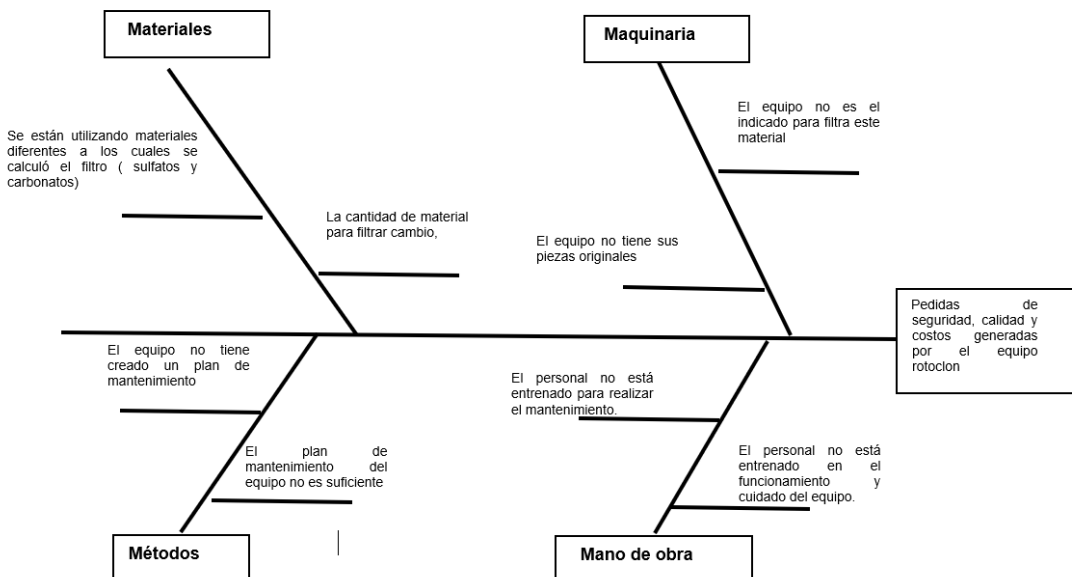
Instrumentos

El instrumento principal de recolección de datos será la observación estructurada, la cual es utilizada para probar hipótesis y para la descripción sistemática del algún fenómeno en específico, en este caso se quiere observar el funcionamiento del equipo Rotoclone.

También tendremos otros métodos de recolección de datos los cuales nos darán estadísticas del equipo, son software de la compañía. Quality Window y Maple V for Release 5, en estos software guarda la data del equipo desde que llego a planta.

Ilustración 5

Diagrama Ishikawa



Fuente. Elaboración propia

Derivado del diagrama anterior, se realiza el siguiente análisis:

Tabla 6

Diagrama causa efecto

Causa	Variable	Efecto
	Materiales	1. Se están utilizando materiales diferentes a los cuales se calculó el filtro (sulfatos y carbonatos)
Pérdidas de seguridad, calidad y costos generadas		2. La cantidad de material para filtrar cambió.
		1. El equipo no es el indicado para filtrar este material.

por el equipo Rotoclone.	Maquina	2. El equipo no tiene sus piezas originales.
		1. El equipo no tiene creado un plan de mantenimiento
	Método	2. El plan de mantenimiento del equipo no es suficiente
		1. El personal no está entrenado para realizar el mantenimiento
	Mano de obra	2. El personal no está entrenado en el funcionamiento y cuidado del equipo.

Nota. Se reflejan las causas, las variables y los posibles efectos.

Análisis de Hipótesis por Variable

Materiales

La hipótesis # 1 de materiales es falsa, los materiales que se están adicionando actualmente son los mismos con los que se calculó el equipo.

Tabla 7

Análisis de hipótesis

Especificación de material inicial	Especificación de material Actual
<u>Sulfatos</u>	<u>Sulfatos</u>

Apariencia: Sólido cristalino blanco.	Apariencia: Sólido cristalino blanco.
Densidad: 2.664 g/cm ³ (anhidro) kg/m ³ ; 1.464 g/cm ³ (decahidrato) g/cm ³	Densidad: 2.664 g/cm ³ (anhidro) kg/m ³ ; 1.464 g/cm ³ (decahidrato) g/cm ³
Masa molar: 142.04 g/mol (anhidro) 322.20 g/mol (decahidro) g/mol.	Masa molar: 142.04 g/mol (anhidro) 322.20 g/mol (decahidro) g/mol.
Punto de fusión: 1157,15 K (884 °C)	Punto de fusión: 1157,15 K (884 °C)
<u>Carbonatos.</u>	<u>Carbonatos.</u>
Apariencia: Sólido blanco.	Apariencia: Sólido blanco.
Densidad: 2540 kg/m ³ ; 2,54 g/cm ³ .	Densidad: 2540 kg/m ³ ; 2,54 g/cm ³ .
Masa molar: 105.9885 g/mol	Masa molar: 105.9885 g/mol
Punto de fusión: 1124 K (851 °C)	Punto de fusión: 1124 K (851 °C)

Fuente. Elaboración propia

La hipótesis # 2 es falsa, la calidad de los materiales es la misma, ya que en todas las entradas se analiza su apariencia, densidad, masa molar y punto de fusión, las cuales no han cambiado en el tiempo, y si algún factor no cumple, el laboratorio está en la potestad de rechazar este material y no recibirlo ni usarlo.

Maquina

La hipótesis # 1 es falsa el equipo es el indicado para filtrar este tipo de material, debido a que: es un colector de polvo muy versátil disponible en diferentes disposiciones con múltiples

opciones de tamaño. Este conjunto de opciones personalizadas satisface las necesidades específicas de la aplicación, sea cual sea el caudal, algunos tamaños pueden manejar hasta 81.600 m³/h. El Roto Clon ha sido especialmente diseñado para manejar polvo pegajoso en industrias con procesos de alta humedad, lo cual es este caso, garantiza al mismo tiempo un funcionamiento continuo.

La hipótesis # 2 es **verdadera**, se revisa en SAP y en la hoja de vida del equipo y se encuentra que el equipo no tenía repuesto ni planos originales cargados en su hoja de vida ni en SAP esto debido a que el equipo es muy viejo y esta información solo se manejaba física y nunca migró virtual ni fue anclada a algún estándar o sistema por lo cual los repuestos que se usaban para los mantenimientos no eran los correctos ni los originales, causando que las piezas del equipo se deterioraran con mayor frecuencia y estos afectaran continuamente el funcionamiento del equipo, generando que fueran reemplazados con más frecuencia.

Método

La hipótesis # 1 es falsa, el equipo si tiene un plan de mantenimiento creado, pero este plan de mantenimiento no es suficiente ya que en el plan solo exige cambiar las correas de transmisión y nada más, por lo cual los otros elementos quedarían expuestos o solamente se cambiarían si se genera una avería, que es lo que está pasando en estos momentos, por lo cual la hipótesis es falsa. Pero se encuentra un gran hallazgo, es que el plan de mantenimiento no es suficiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, la hipótesis # 2 es **verdadera**, el plan de mantenimiento actual solo contempla el cambio de las correas de transmisión, las otras partes del equipo no tienen un plan de cambio y no están creadas en el almacén de repuestos, por lo cual siempre que se presenta un avería de estas, se utiliza el repuesto que se tenga a la mano y el que más se asemeje, y no el original.

Mano de Obra

La hipótesis # 1 es falsa, el personal si esta entrenado y capacitado para el mantenimiento del equipo, pero el equipo tenía piezas que no eran las correctas por desconocimiento, esto

causaba que siempre se realizara las intervenciones de esta manera creando un círculo continuo de averías.

La hipótesis # 2 es **verdadera**, el personal solo sabe cómo prender y apagar el equipo, pero no entiende su principio de funcionamiento ni tampoco para que fue creado.

Una vez implementada la metodología diagrama de Ishikawa en el entendimiento de la pérdidas generadas por el Rotoclone, se hará uso del ciclo PHVA para, planear como vamos a eliminar los hallazgos encontrados en el diagrama de Ishikawa, luego retroalimentar y crear los estándares necesarios para cubrir y eliminar las hipótesis verdaderas, verificaremos que estas cubran el total de hallazgos y finalmente dejarlo funcionando en un sistema de la compañía para que esto perdure en el tiempo.

Tabla 8

Metodología PHVA en el proceso de mejora continua

Fase del ciclo PHVA	Acción
Planear	Realizar un cronograma donde estén incluidas todas las hipótesis que dieron verdaderas en el diagrama de Ishikawa. El cronograma debe de tener fecha, responsable y entregable del plan.
Hacer	
Verificar	Verificar que los tiempos y entregables se cumplan.
Actuar	Garantizar que las mejoras queden en un sistema de la compañía para que las mejoras perduren en el tiempo.

Nota. Contenido del ciclo de mejora continua

A continuación, se muestra el cronograma de aplicación del ciclo PHVA:

Ilustración 6

Cronograma ciclo PHVA

Variable	Actividades	Julio				Responsable	Estatus
		W1	W2	W3	W4		
Maquina Hipótesis #2 2.El equipo no tiene sus piezas originales.	1. contactar a el proveedor para que les dé un plano original del equipo, y mandar a comprar las piezas originales.	■				lider de Mantenimiento	Done
Metodo Hipótesis # 1y 2. 1.El equipo no tiene creado un plan de mantenimiento. 2.El plan de mantenimiento del equipo no es suficiente	1. Crear un plan de mantenimiento en SAP con frecuencia y repuestos originales en el almacén, garantizando que se abarquen todos los componentes del equipo.		■			lider de SAP y lider del almacén de repuestos.	Done
Mano de obra Hipótesis # 1y 2. 1.El personal no está entrenado para realizar el mantenimiento. 2.El personal no está entrenado en el funcionamiento y cuidado del equipo.	1. crear entrenamiento para el personal el cual involucre el cambio y mantenimiento y cambio de los nuevos repuestos para el equipo y LUP del funcionamiento y cuidado del mismo			■		Lider de mantenimiento e ingeniero de proceso.	Done

Fuente. Elaboración propia

Estas actividades se deben realizar antes de la compra del nuevo equipo Rotoclone, con el fin de garantizar que las pérdidas actuales no pasen a el equipo nuevo.

Ya que se definió el método para el desarrollo del proyecto aplicado implementando la metodología del ciclo PHVA para eliminar las pérdidas de seguridad, calidad, costos y retrabajos, se procede a validar y dar a conocer los resultados encontrados en el estudio de este.

Implementación del Proyecto

A continuación, se presentan los pasos seguidos para la implementación del proyecto:

Crear un Proyecto para la Compra de un Nuevo Equipo

Para esto se diligencia el formato plan de trabajo, alineado con todo el equipo para identificar cuáles son los riesgos las oportunidades, y estrategia.

Definir el Proyecto

Nombre del proyecto, participantes, líder del proyecto, líder de ejecución, alcance y comentarios.

Enviar Requerimientos a las Empresas Fabricantes, para su Cotización

En esta etapa se debe buscar 3 empresas que fabriquen el equipo, y solicitar cotizaciones.

Escoger la Mejor Cotización

Analizamos costo de un Rotoclone nuevo vs costo de traer un Rotoclone de otra planta usado, con esta data se realiza la siguiente tabla comparativa.

Tabla 9

Análisis de costos en USD Rotoclone planta X vs compra

Rotoclone		
Costos	Planta X MUSD	NUW MUSD
Purchased	\$ 77	\$ 64
Overhaul	\$ 10	\$ -
Intallation	\$ 43	\$ 46
Total, ETC	\$ 130	\$ 110

Nota. Se consolidan los costos asociados al Rotoclone en una planta X.

Se toma la decisión de comprar un Rotoclone nuevo y se utiliza la cotización de menor costo.

Comprar Equipo e Instalar

Para este proceso se genera un plan de ejecución hora a hora respecto a todas las actividades necesarias para comprar e instalar el equipo.

En el plan de define en específico las acciones a tomar, para evitar inconvenientes y novedades no previstas:

Envío del equipo nuevo.

Retiro del equipo actual.

Disposición del equipo actual.

Instalación del nuevo equipo.

Conexión del equipo eléctrica mecánica.

Programación del equipo.

Pruebas del equipo

Entrega del equipo.

Se realiza una revisión de todas las pruebas realizadas, a su vez que se identifican las mejoras a realizar e intervenirlas lo antes posible. Se genera un acta del seguimiento y se entrega a los equipos involucrados.

Crearle Plan de Mantenimiento en SAP Al Equipo Nuevo

Se crea plan de mantenimiento con el fin de darle a el equipo un tiempo definido en el cual el equipo será limpiado ajustado y lubricado, donde también se le cambiaran las partes necesarias según recomendación del fabricante.

Generar Repuestos y Frecuencia de Compra en el Almacén Vs SAP para el Equipo Nuevo

Se compran los repuestos del equipo, para garantizar que se tendrá los repuesto que salen en la orden de mantenimiento de SAP en el taller y estos estarán disponibles para la fecha del mantenimiento programado.

Análisis de los Resultados del Ciclo PHVA

Los resultados se divulgarán de acuerdo con los objetivos específicos del proyecto, lo que facilitará una ejecución eficiente del proceso de mejora de la problemática relacionada con el Rotoclone.

Mejoras y Resultados Ciclo PHVA

Determinar la Causa Raíz

Se ha llevado a cabo un análisis de causa raíz con el propósito de comprender por qué el equipo ha llegado a esta situación de pérdidas considerables sin que la organización lo detectara a tiempo.

El Rotoclone es un equipo que ha estado en funcionamiento en nuestra compañía durante muchos años. A lo largo de estos años, el equipo ha experimentado un deterioro progresivo. Al revisar los registros de mantenimiento del equipo, hemos identificado las siguientes problemáticas:

El equipo carecía de un plan de mantenimiento establecido.

No se contaba con repuestos ni planos originales archivados en su historial.

Se encontraron piezas que no eran las apropiadas debido a la falta de conocimiento en su selección.

Después de implementar las mejoras necesarias para abordar estas causas fundamentales, se ha logrado obtener los siguientes resultados:

Seguridad

Es innegable la marcada tendencia hacia la reducción drástica de pérdidas de seguridad que se ha experimentado tras la implementación de mejoras significativas y la incorporación de un nuevo equipo en el proceso operativo. Antes de estas mejoras, la organización se enfrentaba a un alarmante número cercano a 100 incidentes de seguridad, lo cual constituía un desafío significativo para la organización.

Sin embargo, gracias a un enfoque proactivo en la seguridad y la inversión en tecnologías de vanguardia, se ha logrado un cambio asombroso. Hoy en día, la organización se enorgullece informar que ha reducido las pérdidas de seguridad a un impresionante 0. Este logro no solo

refleja el compromiso inquebrantable con la seguridad, sino que también resalta la eficacia de las estrategias de mitigación de riesgos y la colaboración de todo nuestro equipo.

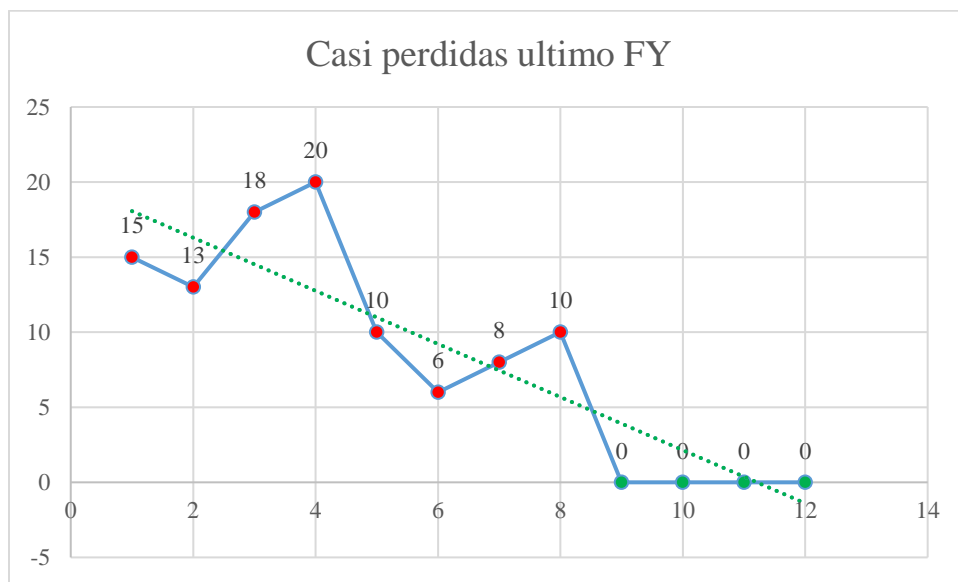
Pero las mejoras no se limitan únicamente a la seguridad. También se han abordado con determinación otro aspecto crítico de la operación: las emisiones al ambiente. Antes de los esfuerzos de mitigación, se estaban generando alrededor de 40 emisiones dañinas al entorno. Conscientes de la importancia de la sostenibilidad y la protección del medio ambiente, hemos aplicado medidas ecológicas y tecnológicas que han tenido un impacto sustancial.

Como resultado de los esfuerzos, ahora podemos afirmar con orgullo que se ha logrado reducir las emisiones al ambiente a un impactante 0. Este logro no solo contribuye positivamente al bienestar del planeta, sino que también refleja el compromiso con la responsabilidad ambiental y la adopción de prácticas más sostenibles en la operación.

Estos notables resultados son testimonio del enfoque continuo en la mejora y la excelencia en todas las áreas de trabajo. La organización está comprometida en seguir identificando oportunidades para optimizar los procesos, mejorar la seguridad y reducir aún más el impacto ambiental. (Ver gráfico 1 y 2)

Gráfico 5

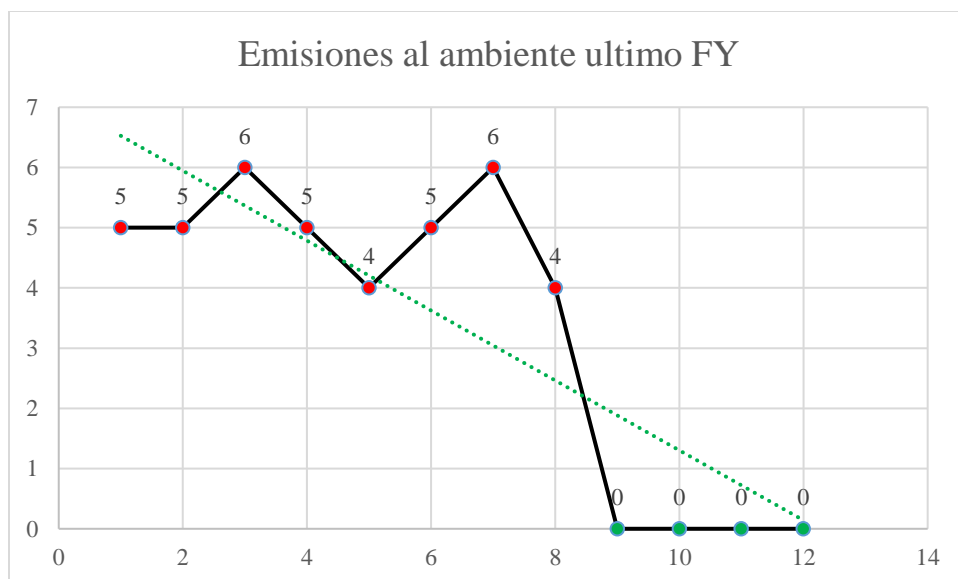
Casi pérdidas



Fuente. Elaboración propia

Gráfico 6

Emisiones al ambiente último FY



Fuente. Elaboración propia

Calidad

Es notable observar cómo hemos logrado llevar nuestros estándares de calidad a un nivel excepcionalmente alto. En un lapso de solo cuatro meses, se ha experimentado una transformación notable en el proceso de producción. Anteriormente, la organización se enfrentaba al desafío de 35 detenciones de calidad, pero hoy en día, con orgullo, se puede afirmar que se ha alcanzado la meta de cero detenciones.

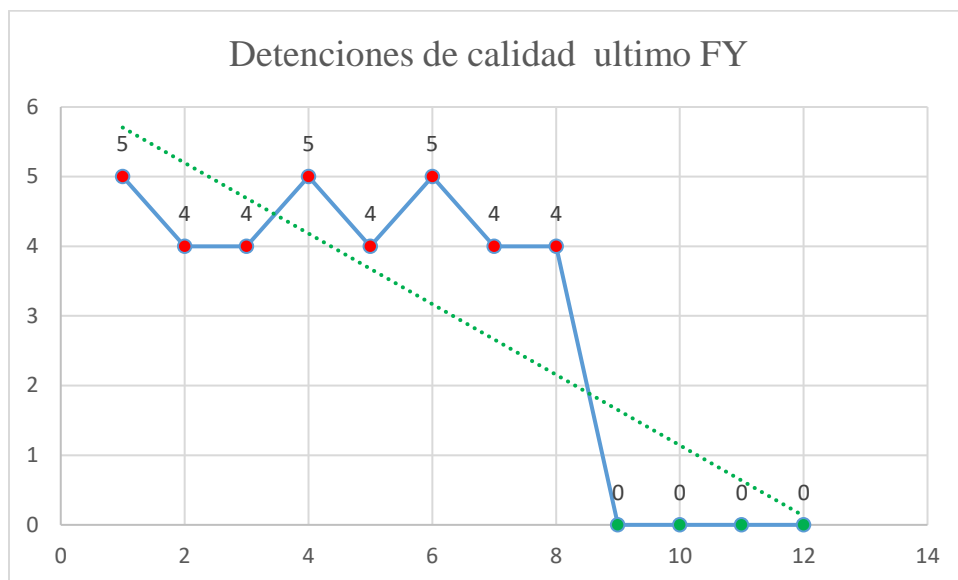
Este logro es el resultado de un esfuerzo conjunto de todo el equipo, que ha trabajado incansablemente para identificar y abordar las áreas de mejora en el proceso de producción, con el cambio del Rotoclone. La dedicación a la excelencia y el compromiso con la mejora continua nos han llevado a esta destacada cifra.

Esta tendencia positiva no solo es un indicador de la capacidad para cumplir con los estándares más rigurosos de calidad, sino que también refleja el compromiso de ofrecer productos y servicios excepcionales a los clientes. Se sabe que la calidad es fundamental para la satisfacción de los clientes y para mantener una ventaja competitiva en el mercado.

En resumen, estos últimos cuatro meses han sido testigos de un cambio significativo en la búsqueda de la excelencia en calidad. Pasar de 35 detenciones de calidad a cero es un logro destacable que refleja el compromiso inquebrantable con la calidad y la satisfacción del cliente. Seguiremos esforzándonos por mantener y superar estos estándares en el futuro, ver gráfico 3.

Gráfico 7

Detenciones de calidad



Fuente. Elaboración propia

Sobrecostos

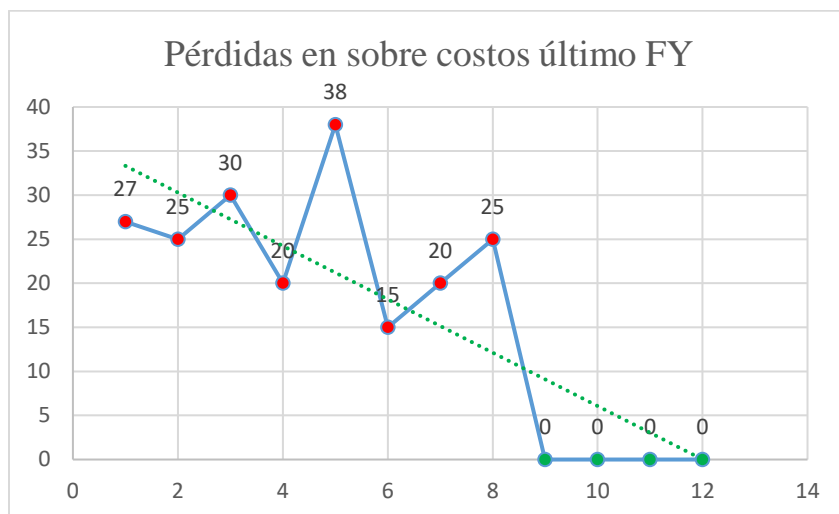
Es innegable la notable diferencia en los gastos después de implementar este cambio estratégico. En retrospectiva, es importante tener en cuenta que, durante el último año, la inversión en repuestos y mantenimiento ascendió a una suma significativa de 200.000.000 de pesos. Sin embargo, desde la implementación de la nueva política, se ha experimentado un drástico descenso en los costos operativos.

En los últimos 4 meses, los gastos se han estabilizado en alrededor de 3.000.000 de pesos, una cifra que ahora representa los gastos normales por repuestos y mantenimientos esperados. Este cambio no solo ha permitido una gestión más eficiente de los recursos financieros, sino que también ha liberado un capital sustancial que podemos dirigir hacia otros aspectos clave de nuestro negocio, como la expansión, la mejora de nuestros servicios o el desarrollo de nuevas iniciativas.

Además, esta reducción en los costos operativos ha brindado una mayor flexibilidad financiera a la organización, lo que ha permitido tomar decisiones estratégicas con mayor confianza y agilidad.

Gráfico 8

Pérdidas en sobre costos FY



Fuente. Elaboración propia

Retrabajo

Anteriormente, se requerían más de 400 horas-hombre en retrabajos para restaurar los equipos a su estado estándar después de un paro en el Rotoclone. Esto ocasionaba que la planta no cumpliera con sus estándares y que las personas no pudieran ser asignadas a tareas que aportaran valor al proceso. En la actualidad, el retrabajo se ha reducido a cero horas-hombre.

Estandarizar/Auditar y Sostener

Para dar por finalizadas las mejoras y asegurarse de que los problemas han sido abordados de manera efectiva, es fundamental seguir un proceso de seguimiento y auditoría regular. Esto implica:

- Verificar el Funcionamiento del Plan de Mantenimiento en SAP: Después de dos meses de haber implementado las mejoras, se debe realizar una revisión exhaustiva para asegurarse de que el plan de mantenimiento se encuentra en pleno funcionamiento en el sistema SAP. Esto implica no solo verificar que esté activo, sino también que se estén siguiendo las pautas y que los trabajadores estén cumpliendo con los procedimientos establecidos.

- **Controlar el Inventario de Repuestos:** Luego de tres meses desde la implementación de las mejoras, es crucial confirmar que el inventario de repuestos esté en su lugar en el almacén. Esto incluye no solo la disponibilidad de los repuestos, sino también su organización y la correcta etiquetación de estos para facilitar su localización y uso en caso de mantenimiento.
- **Realizar Auditorías Periódicas:** Para mantener un control continuo sobre la eficacia de las mejoras implementadas, se recomienda llevar a cabo auditorías regulares. Una vez al año, es una frecuencia adecuada para realizar una auditoría completa que abarque todos los aspectos del proceso de mantenimiento y control de repuestos. Esto ayudará a detectar cualquier desviación o problema emergente y tomar medidas correctivas de manera oportuna.
- **Sistematizar los Resultados:** Todas las auditorías y evaluaciones deben ser documentadas de manera sistemática. Esto incluye el registro de hallazgos, la identificación de áreas de mejora continua y la implementación de medidas correctivas. Estos registros deben ser una referencia para futuras auditorías y deben estar disponibles para el equipo de gestión.

Al seguir este proceso de seguimiento y auditoría, se asegura de que las mejoras implementadas se mantengan a lo largo del tiempo y que las pérdidas asociadas al problema original se eliminen de manera efectiva. La sistematización de estos procesos garantiza que las mejoras se vuelvan parte integral de la operación y ayudan a prevenir la recurrencia de los problemas en el futuro.

Conclusiones

Luego de la realización del estudio y de la aplicación de las herramientas pertinentes se han determinado las siguientes conclusiones:

Una correcta instalación del sistema de control de polvos en la planta Medellín, garantiza a la empresa ventajas competitivas al tener un mínimo de pérdidas tanto de seguridad, calidad, costos y confiabilidad, la implementación del Rotoclone ha llevado a una drástica mejora en todos los aspectos mencionados, eliminando las pérdidas asociadas al sistema anterior y asegurando una operación más segura, eficiente y rentable para la planta Medellín.

Se han implementado mejoras específicas en los procesos y procedimientos, lo que ha llevado a una disminución notable de las pérdidas en seguridad y calidad. Además, se ha logrado un mejor control de los costos operativos. Aunque siempre existe margen para mejoras continuas, los resultados obtenidos indican un progreso positivo hacia la reducción de pérdidas en la planta Medellín.

De acuerdo con este estudio se logró identificar los costos asociados de la adquisición del nuevo Rotoclone, hemos calculado detalladamente todas las implicaciones financieras de ambas opciones y hemos identificado una diferencia económica clara entre ellas. Esta información ha sido esencial para tomar una decisión sobre la inversión y ha permitido a la planta Medellín tomar medidas para optimizar su presupuesto y recursos.

Recomendaciones

En el ámbito de la gestión y la optimización de procesos, se sugiere encarecidamente la identificación proactiva de equipos que puedan estar experimentando pérdidas similares o que ya estén enfrentando problemas similares. Esta práctica no solo contribuye a la eficiencia operativa, sino que también es esencial para mantener un alto nivel de calidad y rendimiento en cualquier organización.

La identificación temprana de equipos o sistemas que están experimentando pérdidas o disfunciones permite llevar a cabo un análisis exhaustivo de la causa raíz. Este análisis se convierte en una herramienta valiosa para la mejora continua, ya que no solo ayuda a solucionar el problema actual, sino que también establece las bases para evitar que ocurran problemas similares en el futuro.

Cuando se implementa esta estrategia de identificación proactiva, se establece un ciclo de mejora continua que nutre la capacidad de la organización para mantener y mejorar su rendimiento a lo largo del tiempo. A continuación, se presentan algunos pasos clave para implementar con éxito esta práctica:

Identificación de Equipos Problemáticos: El primer paso consiste en identificar aquellos equipos, procesos o sistemas que están experimentando pérdidas o disfunciones. Esto puede llevarse a cabo mediante el seguimiento constante de métricas clave de rendimiento y la atención a las alertas de rendimiento.

Análisis de Causa Raíz: Una vez que se han identificado los equipos con problemas, se debe realizar un análisis de causa raíz exhaustivo. Esto implica examinar detenidamente todos los factores que podrían estar contribuyendo a las pérdidas o disfunciones. Este análisis puede requerir la colaboración de expertos en el área y la recopilación de datos detallados.

Implementación de Soluciones: Una vez que se ha identificado la causa raíz del problema, se pueden implementar soluciones específicas. Estas soluciones pueden variar desde ajustes en la configuración de los equipos hasta la implementación de nuevos procedimientos o la capacitación del personal.

Monitoreo Continuo: Después de implementar las soluciones, es fundamental llevar a cabo un seguimiento continuo para asegurarse de que las mejoras sean efectivas y sostenibles a lo largo del tiempo. Esto implica el uso de métricas de rendimiento para evaluar el impacto de las soluciones implementadas.

Aplicación a Futuros Escenarios: Finalmente, la experiencia adquirida al identificar y resolver problemas en equipos problemáticos puede aplicarse a situaciones futuras. Esto significa que la organización estará mejor preparada para evitar que problemas similares ocurran en otros equipos o sistemas.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, A. (2019). Automation of Air Pollution Equipment Selection. Durham University.
- Harnaldo. (2023). *Filtro de Polvos Serie SKY para Silos*. MyP Equipos Spa Chile; MyP Equipos Chile. <http://www.mypequipos.com/filtro-de-polvo/>
- Moraga, P., Rivera, L., Soto., M. (2010). Evaluar y proponer la disminución de material particulado en La planta de chancado secundario-terciario en división el Teniente de Codelco Chile [Tesis para optar a título de Ingeniero en Ejecución de Gestión Ambiental]. Universidad Academia de Humanismo Cristiano.
- Pham, H., Luu, T.-V., Kim, S.-Y., & Vien, D.-T. (2020). Assessing the impact of cost overrun causes in transmission lines construction projects. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24(4), 1029–1036. <https://doi.org/10.1007/s12205-020-1391-5>
- Presión diferencial: Qué Es y Por Qué Debe Tenerlo en Cuenta. (s/f). Donaldson Filtration Solutions.
- ¿Qué significa CFM, PSI y HP en compresores de aire? (s/f). Chicago Pneumatic. <https://compressors.cp.com/es-latinamerica/expert-corner/blog/que-significa-cfm-en-compresores-de-aire>
- RotoClone - W - dust collection equipment - wet dust collectors - Wet Dust Collector by American Air Filter Company, Inc. (s/f). Environmental-expert.com. <https://www.environmental-expert.com/products/Rotoclonee-model-w-wet-dust-collector-626350>
- Rotoclonee® W series - Desempolvador con filtro by AAF International. (s/f). Directindustry.es. <https://www.directindustry.es/prod/aaf-international/product-16566-1548989.html>
- Rotoclonee W. (2022). AAF USA. <https://www.aafintl.com/en/industry/industrial-product/Rotoclonee-w-dust-collector/>

Rotoclonee - W - dust collection equipment - wet dust collectors - Wet Dust Collector by
American Air Filter Company, Inc. (s/f).

Rotoclonee® N. Un colector húmedo personalizable para altas concentraciones de polvo. (s/f).
AAF International. [https://www.aafintl.com/es-es/industry/industrial-product/Rotoclonee-
n/](https://www.aafintl.com/es-es/industry/industrial-product/Rotoclonee-n/)