



POSGRADOS

MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ CON MENCIÓN EN NEGOCIOS AUTOMOTRICES

RPC-SO-36-NO.825-2021

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

PROPUESTA DE UN MODELO DE
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO 4.0
APLICADO A ESTACIONES DE SERVICIO

AUTOR:

CHRISTIAN JOSÉ SÁNCHEZ ABAD

DIRECTOR:

CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA

CUENCA – ECUADOR
2024



Autor:**Christian José Sánchez Abad**

Ingeniero Mecánico Automotriz.

Candidato a Magíster en Ingeniería Automotriz con
Mención en Negocios Automotrices por la
Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

christianjsa1996@gmail.com

Dirigido por:**Cristian Leonardo García García**

Ingeniero Mecánico Automotriz.

PhD Ciencias Aplicadas.

cgarciag@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

CHRISTIAN JOSÉ SÁNCHEZ ABAD

Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento 4.0 aplicado a estaciones de servicio

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres, quienes siempre han estado ahí para mí, brindándome su apoyo incondicional y sacrificando tanto para que pudiera llegar hasta aquí. Su constante aliento y confianza en mí han sido fundamentales en este camino académico. Gracias por su amor, paciencia y ejemplo. Este logro es también de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a mi familia por su constante apoyo y comprensión a lo largo de esta etapa. Su aliento y paciencia han sido mi mayor motivación para seguir adelante. También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi tutor de tesis por su orientación, apoyo y paciencia. Su guía y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Tabla de contenido

Resumen.....	11
Abstract	12
1. Introducción al mantenimiento	13
1.1. <i>Fallo o avería.....</i>	13
1.2. <i>Misión del mantenimiento.....</i>	14
1.3. <i>Tipos de mantenimiento:.....</i>	15
1.4. <i>Normativas que regulan las operaciones en las estaciones de servicio.</i>	18
1.5. <i>INEN 2251:2013.....</i>	19
1.6. <i>INEN 1 781:1991.....</i>	23
2. Determinación de la criticidad de los fallos	29
2.1. <i>Obtención de base de datos</i>	29
2.2. <i>Análisis de costos</i>	41
2.3. <i>Cronograma de actividades</i>	47
3. Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento 4.0	53
3.1. <i>Operativo.....</i>	54
3.2. <i>Tácticas</i>	56
3.3. <i>Estrategia</i>	57
3.4. <i>Arquitectura del modelo de gestión para la estación de servicio</i>	60
Resultados y discusión	65
<i>Análisis de criticidad.....</i>	65
<i>Plan de mantenimiento</i>	65
<i>Sistema de gestión 4.0.....</i>	66
Conclusiones	67
Referencias	68

Tabla de contenido de gráficos y tablas

Gráfico 1. Curva de Pareto elementos 2017.....	30
Gráfico 2. Curva de Pareto mantenimiento correctivo 2017.....	31
Gráfico 3. Curva de Pareto mantenimiento preventivo 2017.....	32
Gráfico 4. Gráfico 4. Curva de Pareto elementos 2018	33
Gráfico 5. Curva de Pareto mantenimiento correctivo 2018.....	34
Gráfico 6. Curva de Pareto elementos 2019.....	35
Gráfico 7. Curva de Pareto elementos 2021	37
Gráfico 8. Curva de Pareto mantenimiento correctivo 2021	38
Gráfico 9. Curva de Pareto elementos 2022.....	39
Gráfico 10. Curva de Pareto elementos 2022.....	40
Gráfico 11. Curva de Pareto mantenimiento correctivo 2022.....	40
Gráfico 12. Curva de Pareto mantenimiento preventivo 2022.....	40
Gráfico 13. Costos de mantenimiento	42
Gráfico 14. Costos de mantenimiento corregidos	41
Gráfico 15. Pirámide jerárquica para la implementación de un modelo 4.0	52
Gráfico 16. Arquitectura para el modelo de gestión de mantenimiento.....	58
Gráfico 17. Arquitectura para el sistema de monitoreo de caudal	60
Gráfico 18. Arquitectura para el sistema de detección de fugas	61
Gráfico 19. Arquitectura para el sistema de Big Data	61
Gráfico 20. Arquitectura para el sistema de análisis predictivo.....	61
Gráfico 21. Arquitectura para el sistema de BI	62
Tabla 1. Elementos adquiridos 2017	29
Tabla 2. Costo elementos 2017	29
Tabla 3. Intervenciones 2017.....	31

Tabla 4. Elementos y costos 2018	33
Tabla 5. Intervenciones 2018.....	34
Tabla 6. Elementos y costos 2019	35
Tabla 7. Intervenciones 2019.....	35
Tabla 8. Elementos y costos 2020	36
Tabla 9. Intervenciones 2020.....	36
Tabla 10. Elementos y costos 2021	36
Tabla 11. Intervenciones 2021.....	37
Tabla 12. Elementos y costos 2022	38
Tabla 13. Intervenciones 2022.....	39
Tabla 14. Costos totales por año.....	41
Tabla 15. Comparativo mantenimiento correctivo vs. preventivo	41
Tabla 16. Códigos nivel 1	44
Tabla 17. Códigos nivel 2.....	44
Tabla 18. Códigos nivel 3.....	44
Tabla 19. Códigos nivel 4.....	45
Tabla 20. Códigos de actividades	45
Tabla 21. Actividades 2017	45
Tabla 22. Actividades 2018	46
Tabla 23. Actividades 2019	46
Tabla 24. Actividades 2020	46
Tabla 25. Actividades 2021.....	46
Tabla 26. Actividades 2022.....	47
Tabla 27 Cronograma de actividades para el 2024.....	48
Tabla 28. Cronograma de actividades para el 2025.....	49

Tabla 29. Cronograma de actividades para el 2026.....	50
Tabla 30. Cronograma de actividades para el 2027.....	50
Tabla 31. Cronograma de actividades para el 2028.....	51
Tabla 32. Tiempos medios de buen funcionamiento	52

PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO 4.0 APLICADO A ESTACIONES DE SERVICIO.

AUTOR(ES):

CHRISTIAN JOSÉ SÁNCHEZ ABAD

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento 4.0 para una estación de servicio. Para esto se presenta la recopilación de un histórico de intervenciones de mantenimiento desarrollado en la estación para poder desarrollar un cronograma de actividades principal, pero también desarrollar un sistema automatizado que sea capaz de modificar los cronogramas según los sucesos que se vayan presentando durante el paso del tiempo.

Abstract

The present project aims to propose a maintenance management system 4.0 for a service station. To achieve this, a compilation of a maintenance intervention history developed at the station is presented to be able to develop a main schedule of activities, but also to develop an automated system capable of modifying schedules according to events that occur over time.

1. Introducción al mantenimiento

El mantenimiento dentro de las empresas ha tenido una evolución importante, con máquinas operativas cada vez más complejas, se tuvo que ir desde un mantenimiento que se ejecutaba solamente cuando un equipo fallaba hasta tener todo un plan de gestión que involucra personal capacitado con la intención de aumentar la fiabilidad de las máquinas.

El éxito de cualquier empresa moderna es poder servir a sus clientes constantemente sin detener su productividad. Es decir, que su equipo y máquinas necesarias para operar puedan funcionar el tiempo que la empresa deba producir, pero cuando se corte la secuencia de funcionamiento, se generarán pérdidas durante el tiempo que se tome resolver el inconveniente, y este tiempo puede ser corto si el problema es sencillo o tomar horas o inclusive días para solucionarlo si el problema es más complejo. De aquí nace la necesidad de implementar un plan de mantenimiento que pueda prevenir el daño y la puesta fuera de servicio de una máquina.

Entonces, partiendo por esto se puede definir como concepto de mantenimiento, que no son más que conjuntos y técnicas para conservar los equipos, teniéndolos en servicio el mayor tiempo posible sin paras, hasta que este llegue al final de su vida útil. Y, ¿cómo se logra esto?, pues realizando un estudio de todas las fallas posibles que pueda tener una máquina, esto incluye analizar los elementos más propensos a fallar, el tiempo de duración de cada elemento, el tiempo que toma realizar el servicio al elemento y el costo de la intervención.

1.1. Fallo o avería

La definición de fallo es el deterioro o desperfecto en cualquiera de los órganos de un aparato que impide el funcionamiento normal de este, por lo cual, dentro de la industria,

cualquier desperfecto que impida un nivel de productividad normal de una máquina es un fallo. Una máquina, mientras esté en funcionamiento debe cumplir con su nivel de productividad y dar como resultado la calidad esperada.

También se considera un fallo si el estado de un equipo puede generar un riesgo para los operadores o los miembros de la empresa y además si el equipo presenta algún tipo de riesgo ambiental.

Los fallos tienen diferentes clasificaciones:

- Fallos por defecto de fábrica: el equipo vino con un defecto de fábrica y pueden ser solucionados directamente con la empresa que la fabricó mediante el reclamo de su garantía.
- Fallos por errores de cálculos al elegir el equipo: estos fallos ocurren cuando los encargados de la empresa por ciertas razones eligen una máquina que está al límite o es inferior a las necesidades de producción para la que fue adquirida.
- Fallos por el mal uso del equipo: si el personal que va a utilizar el equipo no está bien capacitado para el uso de este, es muy común que sucedan estos fallos, y pueden ser inmediatos o pueden acortar la vida útil y es el más común.
- Fallos por envejecimiento: Roturas, desgastes, abrasión, corrosión, fatiga, entre otras causas que llevan a la puesta fuera de servicio de una máquina por la acumulación de tiempo de uso.
- Fallos debidos a fenómenos naturales: por fenómenos meteorológicos.

1.2. Misión del mantenimiento

- Conservación de los activos físicos: aumentar la vida útil de todos los activos de la empresa.

- Disponibilidad de los activos fijos: desarrollar procedimientos que promuevan la máxima disponibilidad de los equipos necesarios para la producción.
- Administración eficiente de los recursos: mejorar los procesos y estándares que promuevan el uso eficiente de los recursos tangibles e intangibles de la organización.
- Desarrollo del talento humano: promoviendo la capacitación del personal para todos sean responsables de cumplir con las misiones antes mencionadas.

1.3. Tipos de mantenimiento:

Dentro de los planes de mantenimiento existen 3 clásicos que es el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, aunque existen dos más que son el de cero horas y el de uso.

- Mantenimiento correctivo: son todas las acciones destinadas a corregir una falla una vez que se ha presentado. Cuando ocurre una falla inesperada se debe tomar acción inmediata por lo que no se la puede programar. Esto genera paradas en la máquina lo que se traduce en pérdidas para la empresa y el tamaño de esta pérdida dependerá del tiempo que el equipo esté fuera de servicio.

La ventaja de este tipo de mantenimiento es que es la de menor capacitación y menor planificación es requerida por el personal, por lo que esta es la más utilizada. Esta opción es viable solamente cuando un análisis previo demuestra que utilizar otro tipo de mantenimiento resultaría no viable debido a que la para de la máquina no representaría pérdidas considerables en la empresa.

Lo que se realiza en estos casos es primeramente la inspección para verificar el origen de la falla para posteriormente tomar acciones.

Los recursos necesarios para realizar este mantenimiento son; el talento humano, los equipos, un suministro de repuestos y actividades de control.

El talento humano debe estar capacitado para realizar tareas urgentes en el menor tiempo posible.

Este equipo de personas tiene que estar dotados de las herramientas y equipos específicos necesarios para realizar las tareas específicas.

- Mantenimiento preventivo: dentro de este tipo intervienen todas las actividades que se requieran para mantener el buen estado de las máquinas y se las realizar antes de que se presenten los fallos.

Para esto hace falta de una planificación elaborada que requiere de un análisis de cada máquina que este involucrada en la producción de la empresa, es por eso que implementar un plan de estos puede resultar costoso solo al inicio porque se necesita de capacitación del personal y realizar una primera inspección a las máquinas en donde se reemplace cualquier elemento que este cerca del fallo para poder empezar el plan de mantenimiento preventivo con un equipo funcionando a su plena capacidad. Por esta razón no se recomienda implementar este plan a toda una empresa al mismo tiempo, sino que separarlas por sector e irse ocupando de cada equipo uno por vez.

Las dos actividades básicas de un buen plan de mantenimiento preventivo es la inspección periódica de los equipos y la conservación de una planta para que los equipos no lleguen a dar fallos que causen pérdidas en la empresa.

Con esto, se puede decir que el mantenimiento preventivo tiene como objetivo asegurar la mantenibilidad, confiabilidad, y fiabilidad de los equipos dentro de una planta y se basa en

los documentos históricos de un equipo, como su historial de fallos y mantenimientos correctivos dados y con las condiciones reales actuales del equipo.

Entre las ventajas de este tipo de mantenimiento está principalmente la reducción de paradas de un equipo por fallos, una menor necesidad de reparaciones de gran escala, disminución de pagos por tiempo extra al personal, disminuyen los costos de reparaciones, mayor seguridad en la operación de los equipos entre otros. Todo esto es compensa el costo adicional de realizar los seguimientos a las máquinas. (Boero, 2017)

Por último, existen tres programas de mantenimiento preventivo, que son, mantenimiento preventivo periódico permanente que es el más común y se basa en seguir un plan periódico según lo que recomienda el fabricante siguiendo un orden lógico de acciones; mantenimiento preventivo periódico productivo que se planifica según las necesidades de la organización y uno periódico por Over Haul que se da realizando una parada completa de la planta para realizar las intervenciones a los equipos, y eso se los realiza máximo 2 veces por año.

- **Mantenimiento predictivo:** es un tipo de mantenimiento moderno que viene de la necesidad de tomar acciones para los equipos modernos que, por su alta complejidad tecnológica, se dificulta la intervención para realizar inspecciones y evitar los fallos.

El concepto es muy similar al mantenimiento preventivo, pero en este caso se utilizan otras herramientas tecnológicas mediante pruebas de diagnóstico no destructivas, como son ultrasonido, radiografía, termografía, análisis de lubricantes, análisis de ruidos, análisis de vibraciones entre otras más, siendo el análisis de vibraciones el más utilizado y estudiado, ya que este método es excelente para evaluar las condiciones mecánicas de un equipo.

Las ventajas que tiene este plan de mantenimiento contra el preventivo es que se puede realizar con mayor facilidad la detección prematura de fallas en un sistema sin tener que desarmar un equipo y la eliminación de fallas accidentales causadas por la manipulación de los equipos durante el chequeo.

- **Mantenimiento a cero horas:** es un tipo de mantenimiento que evita a toda costa que la máquina falle, y se la da al equipo cuando su fiabilidad se ve afectada. Este mantenimiento pretende reemplazar todos los elementos que cuenten con cierto grado de desgaste, dejándolo al equipo completamente nuevo como si tuviera “cero horas”.
- **Mantenimiento en uso:** es un mantenimiento sencillo que es realizado por los mismos operadores de la máquina. Se realizan operaciones básicas como inspección, toma de datos, lubricación y reapriete de pernos y tornillos.

1.4. Normativas que regulan las operaciones en las estaciones de servicio.

Dentro del país no existe como tal una normativa específica que regule el mantenimiento a las máquinas dentro de una estación de servicio, no obstante, existen normativas que guían y dan las pautas básicas para operar la estación, los elementos con los que se debe contar y parámetros técnicos que deben mantenerse para ser autorizados para la venta de combustibles derivados del petróleo para el área automotriz.

La norma que da los requisitos para el funcionamiento de una estación de servicio y el transporte de combustibles está dado por el servicio ecuatoriano de normalización, que es la norma INEN 2251:2013, siendo esta la última versión de esta normativa y se titula “MANEJO, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y EXPENDIO EN LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS. REQUISITOS.”

1.5. INEN 2251:2013

Esta norma tiene como objeto establecer los requisitos que deben cumplir los centros de distribución de los combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos que se producen y comercializan en el país.

Aquí se encuentran los requisitos de todos los puntos que debe cumplir una gasolinera desde su infraestructura hasta el transporte del combustible, desde la terminal de carga hacia el centro de distribución, incluyendo los exigencias que debe cumplir el tanquero, pero para el estudio que se está realizando solo se tomará en cuenta los siguientes puntos que son, lo que como comercializadora, se debe monitorear constantemente para ofrecer productos de calidad y estar siempre cumpliendo con los requerimientos solicitados por la entidad de control:

5.3: Para el control de contaminación de los tanques de almacenamiento, la autoridad competente, la comercializadora y el distribuidor deben llevar registros del nivel del agua y sedimentos. Para esto se cuenta con varillas y pastas especiales que dan un indicador de la existencia de sedimentos y agua que se alojan en el fondo del tanque.

Conjunto con el punto 7.4.2.2, que indica que el nivel de sedimentos no puede superar los 50mm de altura, caso contrario se debe clausurar el surtidor conectado a ese tanque.

5.4: Los sitios de almacenamiento de combustibles serán ubicados en áreas no inundables. La instalación de tanques de almacenamiento de combustibles se realizará en las condiciones de seguridad industrial establecidas reglamentariamente en cuanto a capacidad y distancias mínimas de centros poblados, escuelas, centros de salud y demás lugares comunitarios o públicos.

En este punto sobre todo se controla la parte de áreas inundaciones, teniendo que verificar constantemente la limpieza de las cunetas hacia el alcantarillado.

5.5: Cada terminal de abastecimiento, depósito y centro de distribución, debe adoptar las disposiciones de seguridad establecidas en los instrumentos legales relacionados con la prevención, mitigación y protección contra incendios y demás requisitos establecidos por las autoridades competentes.

En este punto se tienen como responsabilidad de la estación verificar que los extintores estén en buen estado, con la presión requerida dentro del cilindro y que no se haya excedido el tiempo que indica su fecha de caducidad.

5.7: Los sitios de almacenamiento de combustibles de un volumen mayor a 700 galones deberán tener cunetas con trampas de aceite

De igual forma que en el punto 5.4, se debe estar en contante monitoreo de estas cunetas.

7.2.1.4: Los tanques de almacenamiento deben ser probados in situ hidrostáticamente con agua limpia para verificar su hermeticidad previamente a su utilización. Las pruebas de estanqueidad se realizarán a una presión de 2 kg/cm² durante 2 horas, sin que se produzcan pérdidas.

Estas pruebas las tiene que realizar una institución certificada, pero es responsabilidad de la estación programar estas revisiones.

7.2.1.7: Con el fin de prevenir y controlar fugas del producto para evitar la contaminación del subsuelo se deberá realizar inspección visual periódica a los tanques de almacenamiento, estructuras de contención secundaria y tuberías.

Este punto es de suma importancia porque una fuga de combustible genera grandes consecuencias medioambientales y tiene fuertes sanciones legales contra la estación.

7.3.1.6: Para el trasiego de combustibles líquidos inflamables, desde los autotanques a los depósitos subterráneos en estaciones de servicio o depósitos industriales, se verificará lo siguiente:

a) Disponibilidad de mangueras provistas de ajuste hermético, fabricadas de material que no se deteriore por los productos que circulen por ellas, ni que produzcan chispa por roce o golpe.

b) Identificación de bocas de los tubos de llenado de los tanques de almacenamiento en función del tipo de combustible.

En la zona de descarga de la estación se cuenta con una manguera y las boquillas de descarga, las cuales deben ser supervisadas que no existan roturas en los empaques y que los acoples se cierren herméticamente, caso contrario se deben reemplazar.

Los puntos mencionados hasta ahora son puntos que como estación de servicio son responsables de llevar un control y monitoreo con el fin de evitar el incumplimiento de cualquiera de esos requisitos, pero hay elemento que no se pueden monitorear ya que se necesitan equipos de medición homologados. Para esto, la comercializadoras trabajan juntamente con una empresa de control técnico y se envían a las estaciones un equipo todos los meses a que se realicen estas inspecciones que en esta norma se definen como se india a continuación:

7.4.4.1: El funcionario autorizado por el organismo competente debe efectuar inspecciones y controles periódicos de los volúmenes de entrega en los sitios de expendio, con la finalidad de que:

a) El combustible cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la NTE INEN correspondiente.

b) Evitar la venta del producto al consumidor en aquellos casos en que se compruebe que el combustible esté adulterado o contaminado y proceder a sellar la pistola del surtidor y/o dispensador correspondiente.

c) El distribuidor coloque un aviso suministrado y sellado por el organismo competente, el cual debe estar visible al público, indicando la causa de la medida tomada.

d) El distribuidor comunique de inmediato a la comercializadora de la medida tomada por el organismo competente.

e) El producto adulterado no pueda ser expandido al consumidor, como un combustible de inferior calidad.

f) El producto contaminado no pueda ser expandido al consumidor.

Si un parámetro está fuera de lo establecido por el reglamento y el surtidor es clausurado, es responsabilidad de la estación realizar los trámites respectivos para que un miembro de la ARC sea enviado para realizar las correcciones y poder así volver a las operaciones normales.

La normativa previamente explicada dirige a otra norma encargada de dar los requisitos para los surtidores de combustible, siendo la INEN 1 781:1991 titulado “SURTIDORES PARA DERIVADOS LÍQUIDOS DE PETRÓLEO. REQUISITOS.”

De igual forma solo se tomarán en cuenta los puntos de esta norma necesarios para el estudio de este trabajo.

1.6. INEN 1 781:1991

Esta norma establece los requisitos mínimos que deben cumplir los surtidores para derivados líquidos de petróleo.

De este reglamento solo se tomarán en cuenta los elementos más susceptibles a deteriorarse y están establecidos en los siguientes puntos:

5.4.2: Mangueras; Deberá ser del tipo reforzado, resistente a la deformación permanente y capaz de soportar la presión de trabajo.

5.5: Válvula de descarga.

5.5.2: Debe tener un dispositivo automático que corte el flujo, cuando el nivel del líquido entregado alcance la boca de descarga de la válvula.

Es difícil poder anticiparse a que este elemento falle, pero mediante un histórico de fallos se puede tener en bodega repuestos, siendo este un elemento sencillo de cambiar.

5.6: fugas o goteo. No deberá existir fugas o goteo en todo el sistema del surtidor hasta la válvula de descarga (pistola).

Este es un parámetro que debe ser revisado constantemente, fugas en los equipos generan un gran peligro para el personal y los clientes.

5.10: Instalaciones eléctricas.

5.10.2: Todas las instalaciones eléctricas deben tener conexión a tierra.

Como se mencionó anteriormente, para crear un plan de mantenimiento dedicado hacia las estaciones de servicio, no existe una norma, reglamento o manual a nivel nacional que guíe este proceso, por esta razón, para el desarrollo de este proyecto, se basará en la normativa internacional ISO 55000, que en pocas palabras esta norma quiere mejorar la confiabilidad, trazabilidad, seguridad, producción y como resultado la utilidad que genera un equipo o máquina, (esta norma atiende todos los activos de una empresa, activos financieros, operacionales, de mantenimiento, de riesgos entre otros, pero por motivo de estudio este documento se centrará en los activos físicos.)

A nivel nacional, el Servicio Ecuatoriano de Normalización implementa la norma ISO 55000 con el título “GESTIÓN DE ACTIVOS – ASPECTOS GENERALES, PRINCIPIOS Y TERMINOLOGÍA (ISO 55000:2014, IDT)” en donde explica lo que pretende esa norma y se menciona las normativas derivadas de esta y una de ellas está enfocada directamente hacia los activos físicos y es la que se implementará en el presente proyecto, para el manejo de los activos físicos de una gasolinera, los cuales se especificaron en las normas INEN previamente detalladas.

La ventaja más grande que tiene el aplicar la norma ISO 55000 en la empresa es que se pueden alinear los objetivos de producción que tiene la empresa hacia los de confiabilidad de las máquinas y para esto se debe establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de

gestión de activos y diseñar, implementar y revisar las actividades de gestión de activos, junto con los proveedores de servicios.

Los beneficios esperados con el deseo de implementar una norma que controle la gestión de los activos dentro de la estación son principalmente, como toda compañía, en mejorar el desempeño financiero. Se quiere que toda inversión que se realice alcance una mejora del retorno de inversión. No se puede tener pérdidas por el daño o la parada de una máquina inesperadamente y en la que no haya un plan de acción que solucionen los problemas. Por eso esta norma también tiene como objetivo que la empresa tenga una mejor toma de decisiones para cualquier evento que se presente.

Otra razón por la que nace esta norma es mejorar la seguridad, y hablando de una compañía que trabaje con combustibles que son altamente inflamables, esta es una de las prioridades fundamentales.

Otro factor muy beneficioso es que, al tener los activos gestionados, mejorando la confiabilidad de las máquinas, evitando cierres o paradas al servicio, en un negocio que depende del servicio al cliente, este se mejora al superar las expectativas de los clientes cada vez que son atendidos sin ningún problema ni contratiempo, mejorando la reputación de la empresa, lo cual es importante para un negocio que tiene mucha competencia similar.

Para la gestión de los activos se necesita una gran cantidad de datos para poder empezar a diseñar los planes como inventarios, histórico de compras, ventas, intervenciones de mantenimiento, etc. En el caso de la gasolinera, se tienen archivadas todas las facturas de mantenimientos que se han realizado, todos los elementos que se han reemplazado, las fechas y los costos. Además, con las normas INEN que se explicaron, se sabe a qué áreas se deben enfocar para cumplir con todas las exigencias requeridas por las entidades de regulación.

Entonces, de estos datos históricos que se tienen por mantenimientos correctivos netamente, se genera una nueva perspectiva sobre lo que está ocurriendo en el negocio, generando nuevas ideas y perspectivas, aunque no basta solo con tener los datos sino darles sentido mediante la ejecución de análisis como el de criticidad.

¿Quiénes son los que se benefician para este caso?, principalmente los altos directivos. En la situación actual en la que se encuentra la estación, los directivos se enteran de los problemas cuando ya ocurrieron mediante los empleados de pista. Pero con un plan de gestión, también mejora la comunicación. Los administradores están al tanto de todas las actividades que están ocurriendo y que han ocurrido, facilitando la toma de decisión para lo que se va a realizar, anticipándose a cualquier escenario.

Para establecer esta norma se necesitan algunos requisitos que se planean en la variación de esta norma que es la ISO 55001 que se tiene que abarcar los siguientes puntos:

- Contexto de la organización.

Se debe analizar el contexto externo e interno de la organización, en externo se tiene lo social, cultural, económico y todo el tema de reglamentaciones necesarias para su funcionamiento.

En la parte interna se debe tener bien definida la misión y visión de la empresa, así como también sus valores.

- Liderazgo:

Los líderes de la organización son los encargados de establecer todos los objetivos de la gestión de los activos, planificar e implementar las nuevas políticas y además ser los encargados de poder transmitir todos los objetivos a cada miembro de la empresa además de

proveer con todo el apoyo necesario para que los nuevos planes puedan ser implementados como es el financiamiento, apoyo de tecnología y generación de información.

- Planificación:

Se debe crear un plan estratégico de la gestión de activos PEGA, para poder cumplir con todos los objetivos planteados. Aquí entran las estructuras, roles y responsabilidades que se necesitan para establecer y operar es sistema de gestión de activos.

- Apoyo:

Por la complejidad que puede tomar un sistema de gestión de activos, se necesita la colaboración de todas las partes de la organización.

- Operación:

El sistema de gestión de activos mejora varios ámbitos de la empresa, pero la operación de este puede implicar cambios en procesos o procedimientos de la empresa, esto genera nuevos riesgos.

- Evaluación de desempeño:

Todos los activos de la empresa deben están en constante evaluación, para así poder determinar si se están cumpliendo los objetivos planteados, y si es que no se alcanzan, se debe determinar la causa.

- Mejora:

El sistema de gestión de una organización es un trabajo complejo por lo que siempre se tiene que estar en constante evolución, mejorando los puntos débiles que van apareciendo durante el proceso.

- Enfoque de los sistemas de gestión integrados:

El sistema de gestión de activos debe construirse con los elementos de todos los sistemas de gestión independientes como la gestión de la calidad, ambiental, seguridad, etc.

2. Determinación de la criticidad de los fallos

Para determinar los fallos críticos de la empresa se debe hacer una recopilación de todos los fallos que han ocurrido en los años anteriores para así obtener una base de datos que pueda mostrar parámetros a analizar y así determinar su criticidad.

Con una base de datos realizada se pueden utilizar dos técnicas de análisis, el de la curva de Pareto y uno de criticidad mediante regresión logarítmica.

2.1. Obtención de base de datos

Para este proyecto se realiza una base de datos según las facturas de las intervenciones de mantenimiento realizadas y las compras de repuestos emitidas desde el año 2017 y los resultados fueron los siguientes.

Tabla de elementos adquiridos en el año 2017

Elemento	Fecha
Manguera sin conectores Ultraflex	4/19/2017
Caja de filtros 3/4	4/19/2017
Manguera completa Ultraflex	4/19/2017
Kit 250W	4/19/2017
Pararrayos Parres	4/19/2017
Contactores 30kW de transferencia automática	12/28/2017

Tabla 1. Elementos adquiridos 2017

El costo de cada elemento se detalla en la tabla a continuación.

Elemento	Costo	IVA	Total	Cantidad	Precio Unitario	Σcosto Total	Σcosto Total %
Contactores 30kW de transferencia automática	500.0	60.0	560.0	1	560.0	560.0	37%
Pararrayos Parres	400.0	56.0	456.0	1	456.0	1016.0	68%
Manguera completa Ultraflex	130.0	18.2	148.2	1	148.2	1164.2	78%
Caja de filtros 3/4	120.0	16.8	136.8	1	136.8	1301.0	87%
Manguera sin conectores Ultraflex	90.0	12.6	102.6	1	102.6	1403.6	94%
Kit 250W	80.0	11.2	91.2	1	91.2	1494.8	100%
TOTAL			1494.8				

Tabla 2. Costo elementos 2017

El gasto total en elementos para el año 2017 fue de \$1494.80, siendo los contactores de transferencia automática representando un 37% del gasto total, después viene el pararrayos con un 31%, mangueras completas ultra Flex con un 10%, cajas de filtros 9%, mangueras sin conectores con un 7% y por último el kit electrónico que representó un 6% del gasto total anual.

Mediante la curva de Pareto se puede obtener de manera más visual los resultados antes expuestos.

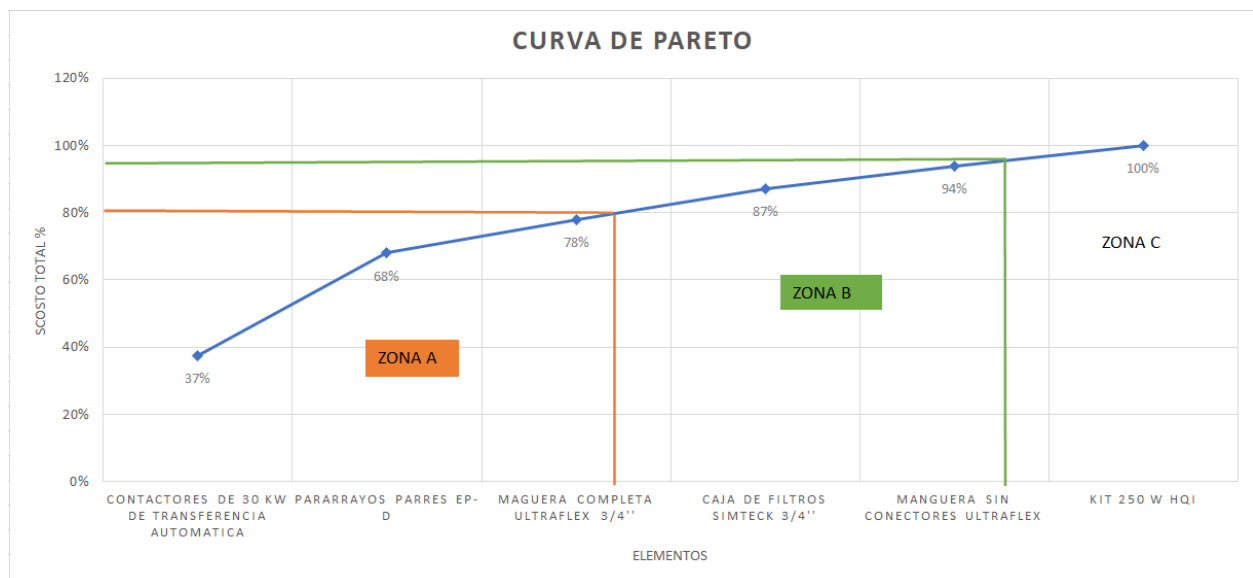


Gráfico 1. Curva de Pareto elementos 2017

Considerando lo expuesto se recalca que en el año 2017 los elementos que se encuentran en la zona A son los que han representado en mayor gasto y a los que se les tiene que tomar especial consideración, pero en este año, según los elementos adquiridos se puede interpretar que ocurrió una eventualidad, al ver que se instaló un pararrayos y se cambiaron los conectores se puede deducir que una tormenta eléctrica causó daños en la estación, pero es muy poco probable que esto se repita en un futuro cercano.

Por otro lado, se tiene que incluir en los rubros a analizar el costo de la mano de obra de los trabajos, estos también obtenidos de las facturas de las intervenciones dentro de la estación. Entonces, para el año 2017 esto fue lo obtenido.

Mantenimiento correctivo	Costo	IVA	Total	Cantidad	Precio unitario	Σcosto Total	Σcosto Total %
Pararrayos Parres	2292.0	320.9	2612.9	2	1306.4	2612.9	74%
Cambio de empaques - valvulas - limpieza general (compresor atlas-copco)	360.0	50.4	410.4	2	205.2	3023.3	86%
Instalación de antena pararrayos	200.0	28.0	228.0	1	228.0	3251.3	93%
Instalación de by-pass ups	100.0	12.0	112.0	1	112.0	3363.3	96%
Instalación de breaker	100.0	12.0	112.0	1	112.0	3475.3	99%
Instalación de conectores	30.0	4.2	34.2	3	11.4	3509.5	100%
Mantenimiento preventivo	Costo	IVA	Total	Cantidad	Precio unitario	Σcosto Total	Σcosto Total %
Mantenimiento de generador 50 kw	360.0	50.4	410.4	2	205.2	410.4	72%
Cambio de mangueras	60.0	8.4	68.4	2	34.2	478.8	84%
Mantenimiento de piso	50.0	7.0	57.0	2	28.5	535.8	94%
Mantenimiento de luminarias	30.0	4.2	34.2	1	34.2	570.0	100%
Total			4079.5				

Tabla 3. Intervenciones 2017

Se dividieron por los dos tipos de mantenimientos, correctivos y preventivos. Dentro de los mantenimientos correctivos, el que más ha representado es el reemplazo del pararrayos, con un 74% del costo total, le sigue el cambio de empaques (tarea fuera de la eventualidad) representando el 12% del costo total y las intervenciones que le siguen que representan el 7%, 3% y el 1% respectivamente.

Mediante la curva de Pareto se puede visualizar de una manera más clara.

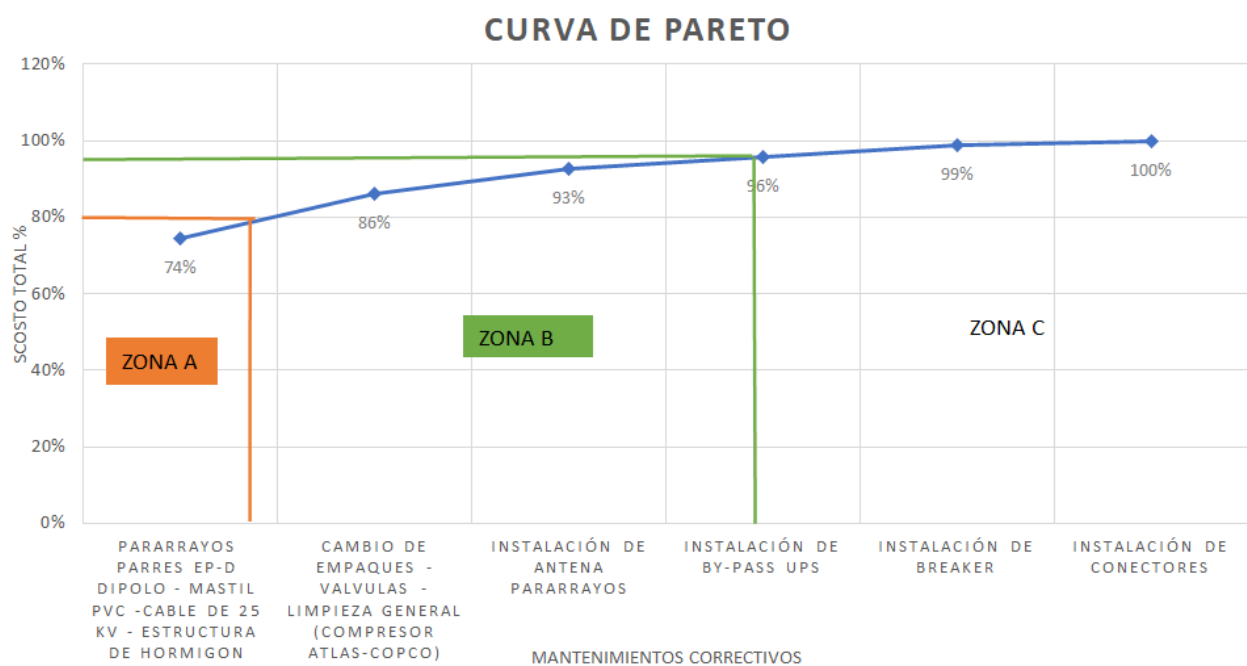


Gráfico 2. Curva de Pareto mantenimiento correctivo 2017

Esta vez se obtiene que el único elemento en la zona A es el reemplazo del pararrayos, y se tienen muchos elementos en la zona B, entonces, al haber sido por una eventualidad, los elementos que deben considerarse críticos por su costo sería los elementos de la zona B.

De igual forma se obtiene la curva de Pareto para los mantenimientos preventivos.

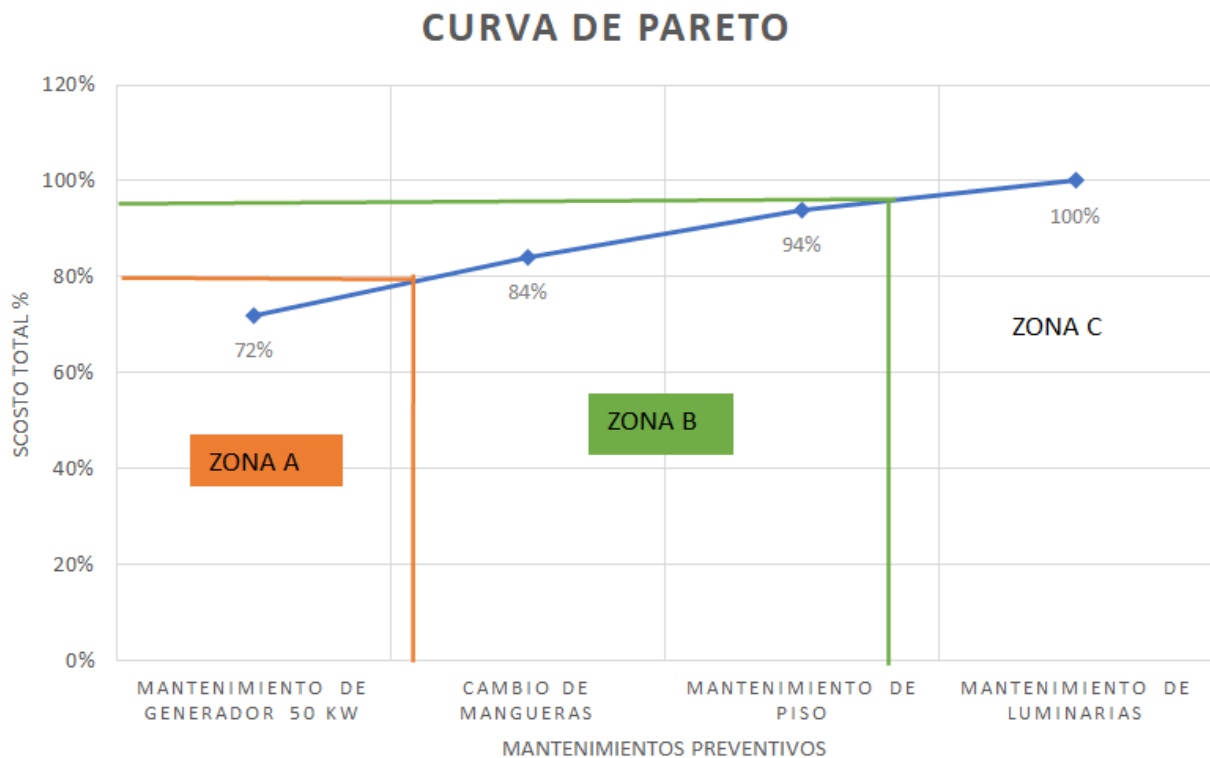


Gráfico 3. Curva de Pareto mantenimiento preventivo 2017

En el caso de los preventivos, el que más representó fue el mantenimiento del generador, con un 72% del costo total, después viene el cambio de mangueras con un 12% y con un 10% y 6%.

Para el año 2018 se encuentran con fallos más típicos de una gasolinera como son pistolas, mangueras y partes del surtidor de combustible.

A continuación, se presenta la tabla de elementos que se tuvieron que comprar para reemplazar los que llegaron al fin de su vida útil con su respectivo costo.

Elemento	Costo	IVA	Total	Cantidad	Precio Unitario	Σcosto Total	Σcosto Total %
Válvula Solenoide Wayne 3/6	380.00	45.6	425.60	1	380.00	425.60	31.83
Pistola 1" Husky ultra-caudal	190.00	22.8	212.80	1	190.00	638.40	47.74
Pistola 1" OPW Amarilla	180.00	21.6	201.60	1	180.00	840.00	62.81
Pistola 3/4" OPW Azul	75.00	18	168.00	2	150.00	1008.00	75.38
Pistola 3/4" OPW Blanca	75.00	18	168.00	2	150.00	1176.00	87.94
Terminal de manguera 1"	38.00	9.12	85.12	2	76.00	1261.12	94.30
Filtro Spartan 30 Um	48.00	5.76	53.76	1	48.00	1314.88	98.32
Membra Wayne 1 vista (ALT)	20.00	2.4	22.40	1	20.00	1337.28	100.00
TOTAL						1337.28	

Tabla 4. Elementos y costos 2018

El elemento más crítico en esta lista llega a ser por su costo la válvula, representando el 32% del costo total. El elemento que le sigue viene a ser una pistola con el 16%.

A continuación, la curva de Pareto sobre los elementos adquiridos durante el año 2018.

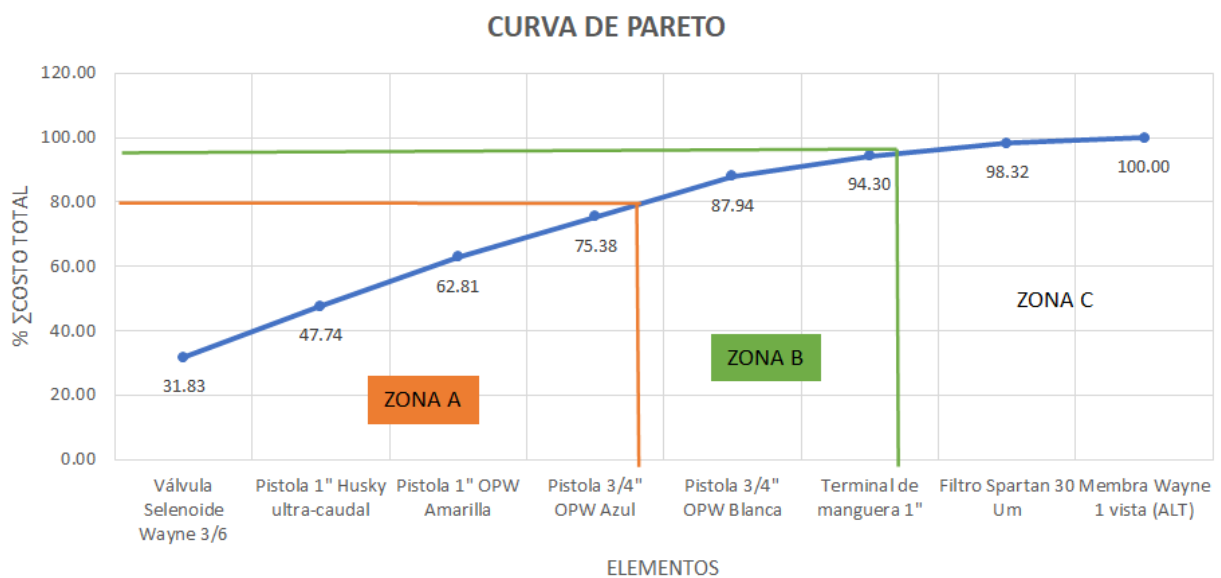


Gráfico 4. Curva de Pareto elementos 2018

Para este año se puede observar que los elementos más críticos son elementos comunes y propensos a fallar en un surtidor de combustible.

De igual forma se exponen las intervenciones, tanto preventivas como correctivas para este año.

Mantenimiento correctivo	Costo	IVA	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
Extracción de lodos de tanque Diesel 4000 galones	160.00	19.2	179.20	179.20	22.22
Extracción de lodo de Tanque Eco-País 8000 galones	160.00	19.2	179.20	358.40	44.44
Extracción de lodo de Tanque Súper de 4000 galones	160.00	19.2	179.20	537.60	66.67
Cambio de válvula de solenoide 3/6 y reparación de válvula solenoide Waine 1 vista	120.00	14.4	134.40	672.00	83.33
Cambio y limpieza de filtro Spartan inc. Elemento de 30 Um	120.00	14.4	134.40	806.40	100.00
TOTAL				806.40	
Mantenimiento preventivo	Costo	IVA	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
Mantenimiento preventivo anual de generador FG-Wilson P-30E	240.00	28.8	268.80	268.80	50.00
Mantenimiento preventivo anual de generador SDMO de 50 KVA	240.00	28.8	268.80	537.60	100.00
TOTAL				537.60	

Tabla 5. Intervenciones 2018

Algo que llama la atención de esta tabla es que la mayoría de mantenimientos fueron correctivos, y predominan la limpieza de los tanques. Esto significa que se dejó acumular los sedimentos en los tanques hasta el punto que ciertos elementos empezaron a fallar. Por esta razón, dentro de la curva de Pareto, estas son las tareas que se ubican en la zona A

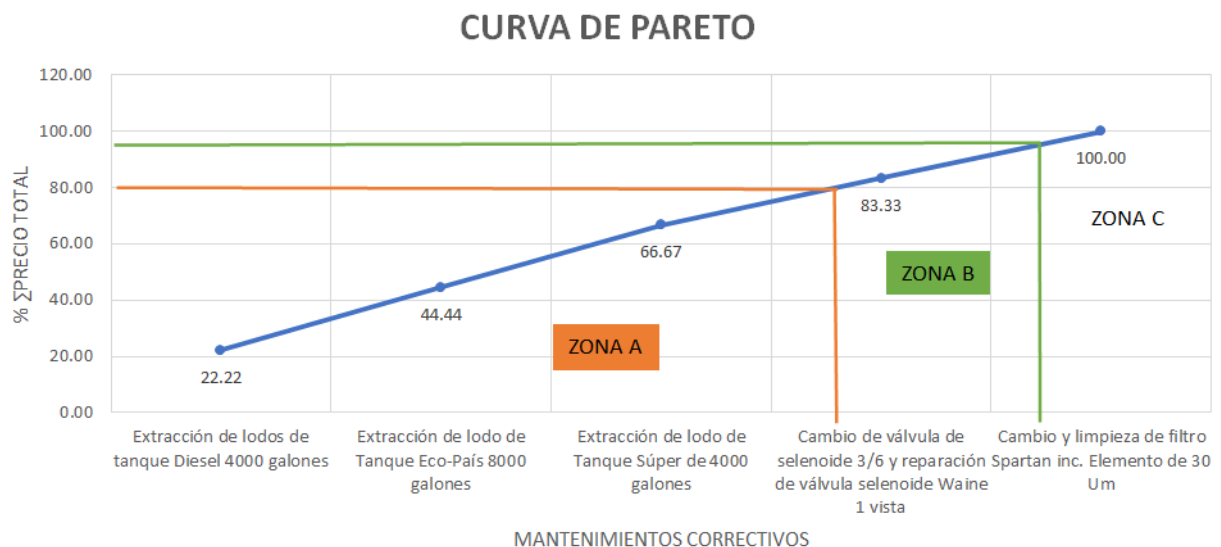


Gráfico 5. Curva de Pareto mantenimiento correctivo 2018

A continuación, se muestran los elementos que tuvieron que ser adquiridos para el año 2019.

Elemento	Costo	IVA	Total	Cantidad	Precio Unitario	Σcosto Total	Σcosto Total %
Motor sumergible 1,5 hp - 60 hz - 220 v	980.0	117.6	1097.6	1.0	1097.6	1097.6	72.1
Arrancador capacitivo 1,5 hp - 25 uf	180.0	21.6	201.6	1.0	201.6	1299.2	85.3
Manguera ultraflex punta cromada giratoria	180.0	21.6	201.6	1.0	201.6	1500.8	98.5
Terminal de manguera cromado 1"	20.0	2.4	22.4	1.0	22.4	1523.2	100.0
Total			1523.2				

Tabla 6. Elementos y costos 2019

Se puede observar que el elemento que mayor representa monetariamente es el motor sumergible, esto pudo ser consecuencia de los tanques con sedimentos que no fueron intervenidos a tiempo. Este motor representa el 72% del costo total de elementos adquiridos.

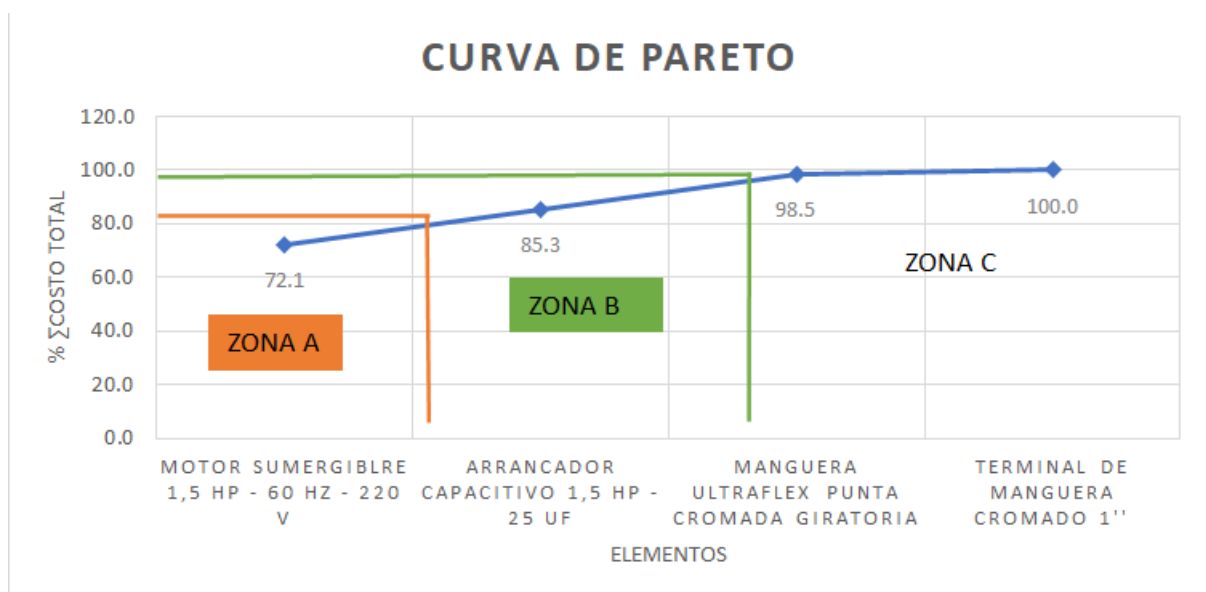


Gráfico 6. Curva de Pareto elementos 2019

Si se observa la curva de Pareto, el elemento crítico en este caso es el motor sumergible, siendo este el daño que más representó este año.

Se muestra a continuación la tabla de intervenciones realizadas.

Mantenimiento correctivo	Costo	IVA	Cantidad	Precio unitario	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
CAMBIO - INSTALACIÓN DE MOTOR SUMERGIBLE	180	21.6	1	201.6	201.6	201.6	100
Mantenimiento preventivo	Costo	IVA	Cantidad	Precio unitario	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
EXTRACCIÓN DE LODO DE TANQUE CON BOMBA DE SUCCIÓN	600	72	4	168	672	672	100
TOTAL					873.6		

Tabla 7. Intervenciones 2019

No se ven muchas tareas realizadas durante el año. Se tiene el reemplazo de la bomba de combustible y otra intervención para extraer sedimentos de los tanques, ya de una forma preventivas para evitar futuros problemas en los motores sumergibles.

Para el año 2020 se tiene un año sin muchos problemas, en donde se han adquirido dos elementos, que se presentan a continuación.

Elemento	Costo	IVA	Total	Cantidad	Precio Unitario	Σcosto Total	Σcosto Total %
UPS1500 M2-APC 120 VAC Interactivo	261.8	31.4	293.3	1	293.3	293.3	52.4
UPS 1100 M2-APC 120 VAC Interactivo	184.0	22.1	206.1	1	206.1	560.0	100.0
Total			499.3				

Tabla 8. Elementos y costos 2020

Estos elementos son las baterías de respaldo para todos los dispositivos electrónicos para que, en caso de bajones de energía, las máquinas y computadoras estén seguras.

Un poco cambia si se revisan los mantenimientos dados, que se presentan a continuación.

Mantenimiento correctivo	Costo	IVA	Cantidad	Precio unitario	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
Reparación de pistola	100.0	14.0	1	114.0	114.0	114.0	55.6
Instalación de ups	80.0	11.2	1	91.2	91.2	205.2	100.0
Total					205.2		
Mantenimiento preventivo	Costo	IVA	Cantidad	Precio unitario	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
Inspección y limpieza de tanque de diesel 4000 gal	400.0	48.0	1	448.0	448.0	410.4	40.4
Mantenimiento generador sdmo de 50kw	270.0	32.4	1	302.4	302.4	712.8	70.2
Mantenimiento generador fg wilson de 32 kva	270.0	32.4	2	151.2	302.4	1015.2	100.0
Total					1052.8		

Tabla 9. Intervenciones 2020

En donde se tiene como correctivo la reparación de una pistola de combustible y en preventivos nuevamente se tiene que realizar una limpieza a uno de los tanques y el mantenimiento normal de los generadores.

Para el año 2021 se ven nuevamente varios elementos de los equipos de despacho que tuvieron que ser reemplazados.

Elemento	Costo	IVA	Total	Cantidad	Precio Unitario	Σcosto Total	Σcosto Total %
Manguera franklin 1"x16" punta giratoria	220.0	26.4	246.4	1	246.4	246.4	22.8
Teclado wayne dl1	180.0	21.6	201.6	1	201.6	448.0	41.5
Swivel 3/4" OPW	168.0	20.2	188.2	4	47.0	636.2	59.0
Break-away OPW 3/4"	98.0	11.8	109.8	2	54.9	745.9	69.2
Swivel 1" OPW	84.0	10.1	94.1	1	94.1	840.0	77.9
Swivel 1"	80.0	9.6	89.6	2	44.8	929.6	86.2
Pico 1" OPW	70.0	8.4	78.4	1	78.4	1008.0	93.5
Cobertor azul OPW 3/4"	45.0	5.4	50.4	3	16.8	1058.4	98.1
Terminal de manguera 1"	18.0	2.2	20.2	1	20.2	1078.6	100.0
Total			1078.6				

Tabla 10. Elementos y costos 2021

El elemento más representativo es la manguera Franklin con punta giratoria para este año, seguido de un teclado para el surtidor y el swivel de 3/4, que se tuvieron que adquirir 4, uno para cada lado de despacho.

Observando la curva de Pareto, se tienen varios elementos en la zona crítica como se muestra a continuación.

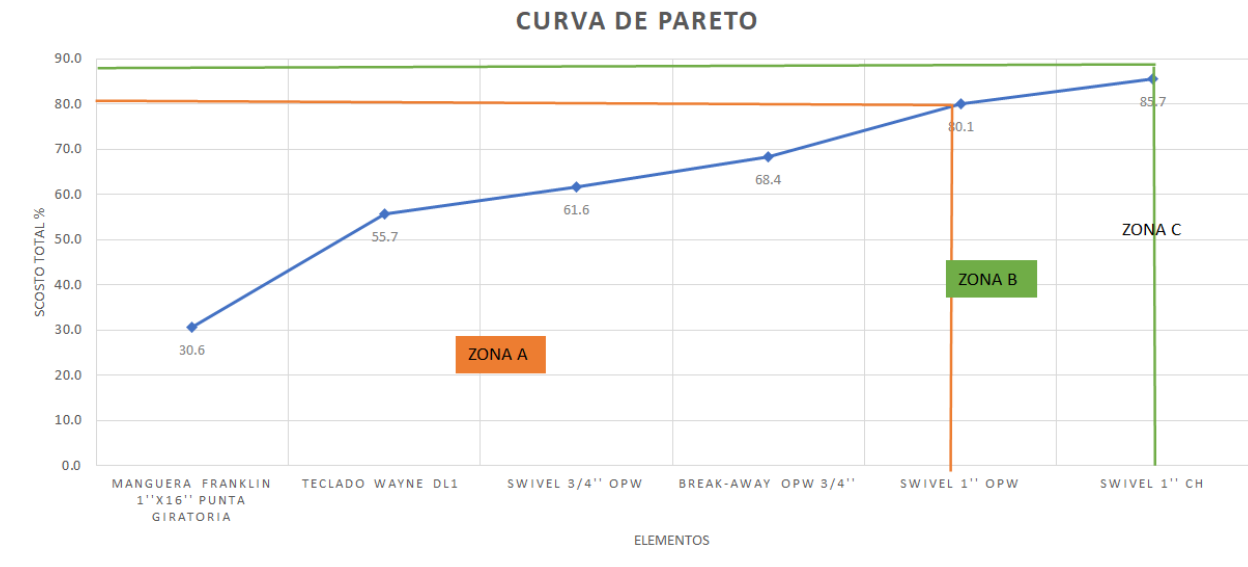


Gráfico 7. Curva de Pareto elementos 2021

Pasando a las labores de mantenimiento ejecutados en este año se tienen nuevamente más intervenciones correctivas que preventivas, como se muestra a continuación.

Mantenimiento correctivo	Costo	IVA	Cantidad	Precio unitario	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
Cambio de luminarias led de marquecina 50w	150.0	18.0	6	28.0	168.0	168.0	46.9
Hermetización de copa wayne	90.0	10.8	1	100.8	100.8	268.8	75.0
Instalación de manguera franklin 1	40.0	4.8	1	44.8	44.8	313.6	87.5
Cambio terminal de manguera	40.0	4.8	1	44.8	44.8	358.4	100.0
Total					358.4		
Mantenimiento preventivo	Costo	IVA	Cantidad	Precio unitario	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
Mantenimiento de valvulas dispensador dl1	80.0	9.6	2	44.8	89.6	89.6	61.5
Visita tecnica fallo de compresor	25.0	3.0	1	28.0	28.0	117.6	80.8
Visita tecnica	25.0	3.0	1	28.0	28.0	145.6	100.0
Total					145.6		

Tabla 11. Intervenciones 2021

Aquí es interesante observar la curva de Pareto, porque el elemento principal aquí son las iluminarias led, pero esta es otra tarea que no representó una parada en el servicio de venta de combustible.

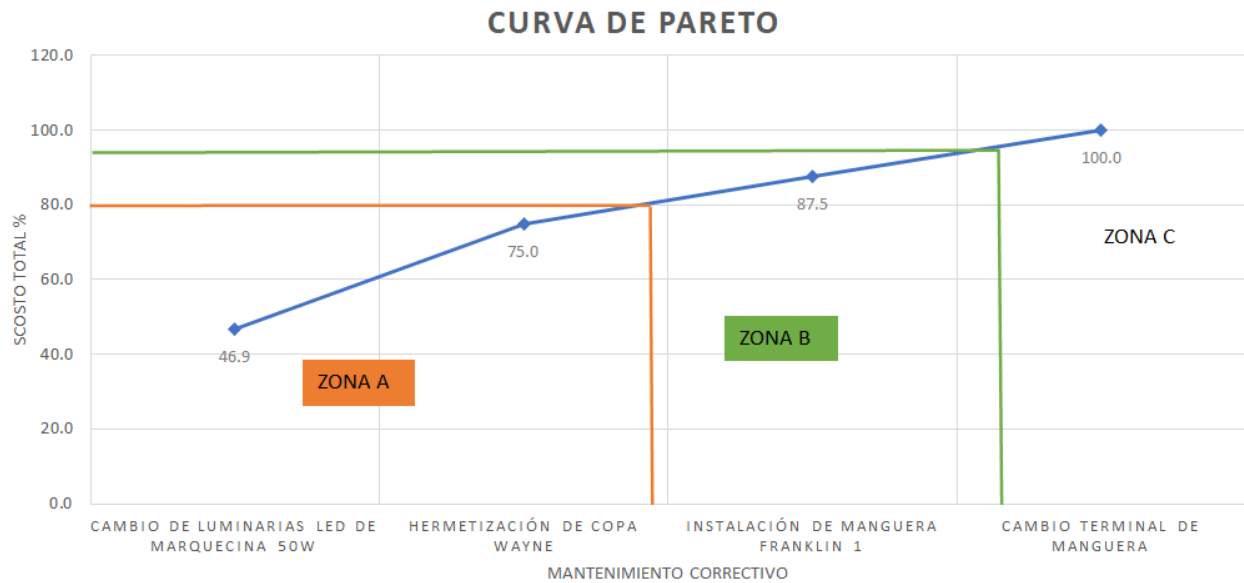


Gráfico 8. Curva de Pareto mantenimiento correctivo 2021

Este año el rubro más representativo fue el cambio de luminarias de la estación, representando el 49% del costo total de correctivos y en el caso de preventivos con el 62% del total es el mantenimiento de las válvulas de uno de los surtidores.

El último en realizar el análisis fue el año 2022, en donde se observan el reemplazo de los engranes de los surtidores, del de diésel más específicamente, como se muestra a continuación.

Elemento	Costo	IVA	Total	Cantidad	Precio Unitario	Σcosto Total	Σcosto Total %
Tren de engranes Wayne dl1	360.0	43.2	403.2	1	403.2	403.2	52.1
Swivel 1x45	160.0	19.2	179.2	2	89.6	582.4	75.2
Piñon de seguridad Wayne	86.5	10.4	96.9	1	96.9	679.3	87.7
Tarjeta de comunicación	85.0	10.2	95.2	1	95.2	774.5	100.0
Total			774.5				

Tabla 12. Elementos y costos 2022

Y como se observa a continuación en la curva de Pareto, son los engranes los elementos que más han representado del costo total, con el casi 60% del gasto.

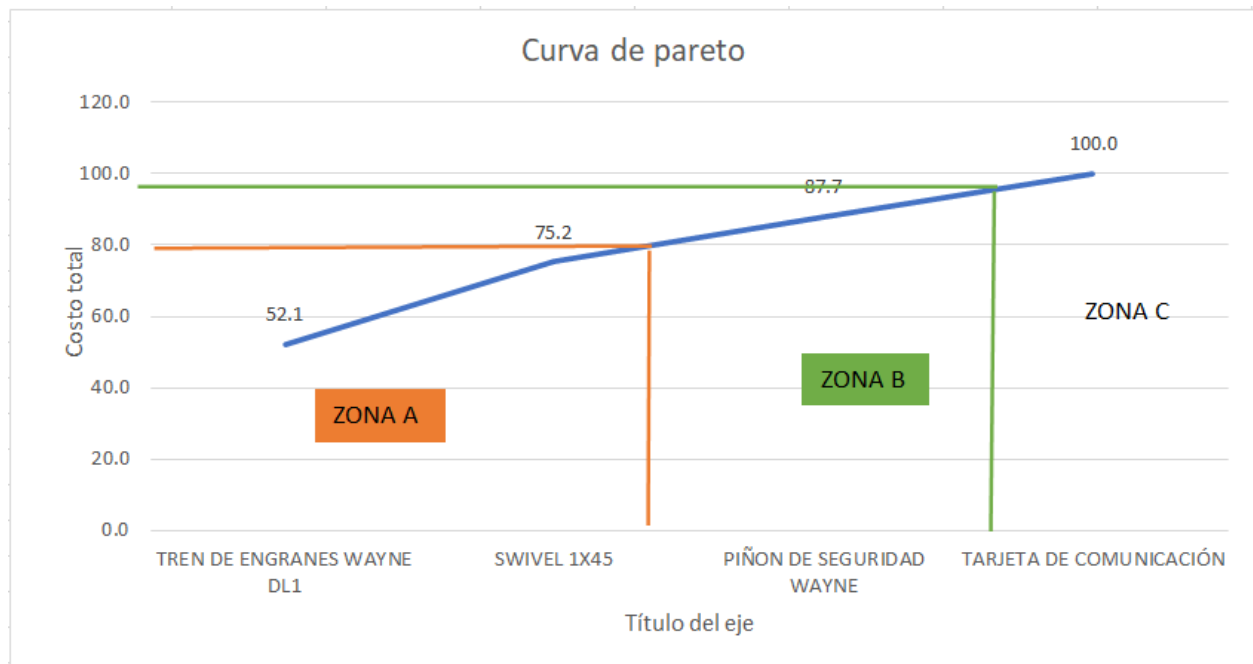


Gráfico 9. Curva de Pareto elementos 2022

Y para terminar con la obtención de la base de datos y análisis según su costo se tienen las tareas de mantenimiento realizadas en este año en la siguiente tabla.

Mantenimiento correctivo	Costo	IVA	Cantidad	Precio unitario	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
Cambio de contactores	180.0	21.6	1	201.6	201.6	201.6	24.4
Cambio de lámparas de marquesina	180.0	21.6	4	50.4	201.6	403.2	48.7
Cambio de engranes	174.0	20.9	3	65.0	194.9	598.1	72.3
Cambio de tarjeta de comunicación	80.0	9.6	1	89.6	89.6	687.7	83.1
Cambio de swivel	65.0	7.8	2	36.4	72.8	760.5	91.9
Cambio de reflector	60.0	7.2	1	67.2	67.2	827.7	100.0
TOTAL					827.7		
Mantenimiento preventivo	Costo	IVA	Cantidad	Precio unitario	Total	ΣCosto total	% ΣCosto total
Mantenimiento bomba sumergible super	400.0	48.0	1	448.0	448.0	448.0	42.3
Extracción de lodos tanque 8000Gal	200.0	24.0	1	224.0	224.0	672.0	63.5
Mantenimiento válvulas del dispensador	100.0	12.0	1	112.0	112.0	784.0	74.1
Prueba de hermeticidad de tanques	100.0	12.0	5	22.4	112.0	896.0	84.7
Limpieza superficial de tanques	100.0	12.0	5	22.4	112.0	1008.0	95.2
Prueba de hemeticidad en líneas	45.0	5.4	4	12.6	50.4	1058.4	100.0
TOTAL					1058.4		

Tabla 13. Intervenciones 2022

Y a continuación se muestran las curvas de Pareto para este año

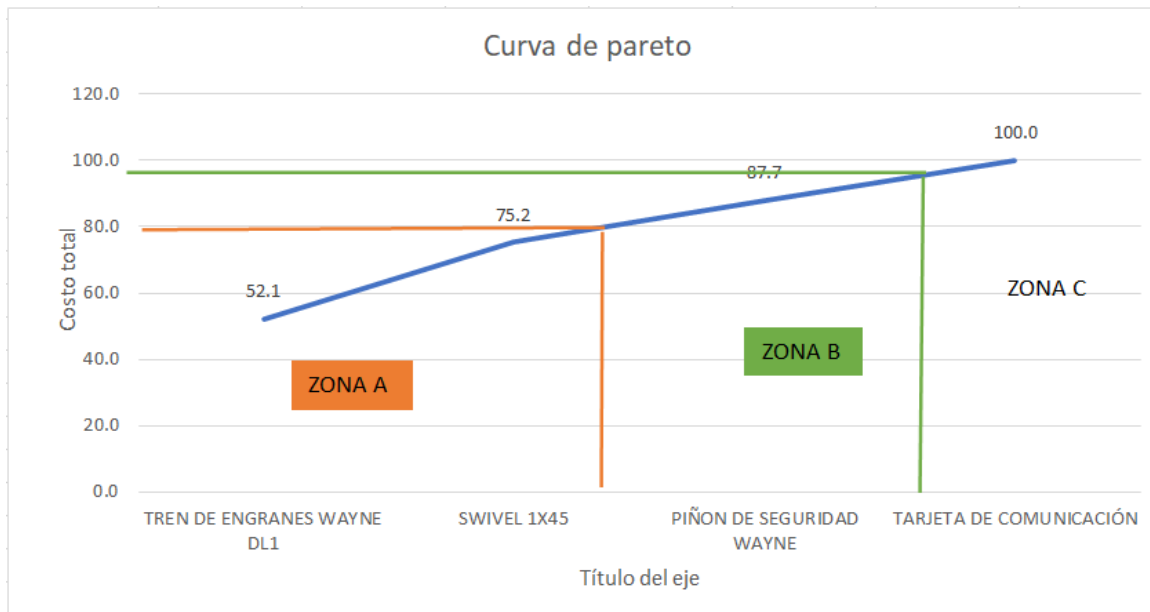


Gráfico 10. Curva de Pareto elementos 2022

La curva para intervenciones correctivas es la siguiente

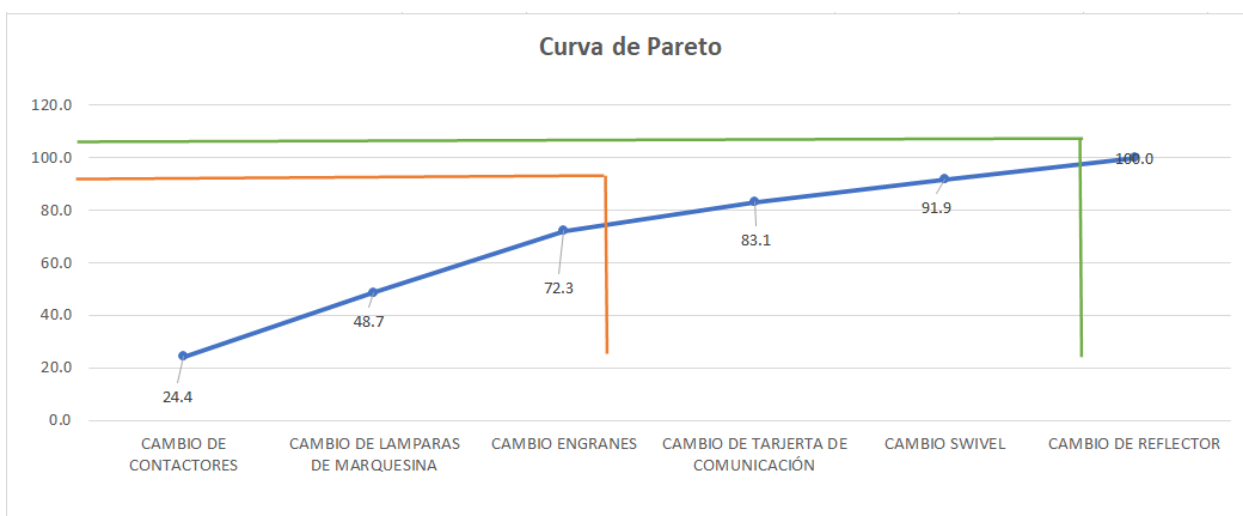


Gráfico 11. Curva de Pareto mantenimiento correctivo 2022

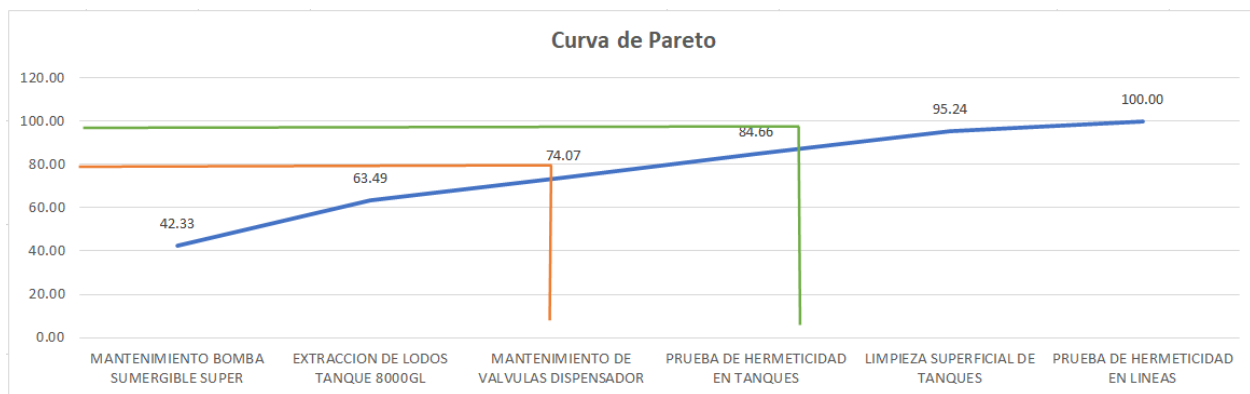


Gráfico 12. Curva de Pareto mantenimiento preventivo 2022

2.2. Análisis de costos

Una vez obtenida la base de datos de elementos adquiridos y mantenimientos realizados entre los años 2017 y 2022 se puede obtener una tabla con los valores gastados por año y dividirlos en el tipo de mantenimiento y los elementos comprados, la cual se muestra a continuación.

TOTAL GASTADO AÑO 2017				TOTAL GASTADO AÑO 2018			
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	\$ 3,509.48	COMPRAS	\$ 1,107.20	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	\$ 806.40	COMPRAS	\$ 1,337.28
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	\$ 570.00	COMPRAS	\$ 387.60	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	\$ 537.60	COMPRAS	
TOTAL	\$ 4,079.48		\$ 1,494.80	TOTAL	\$ 1,344.00		\$ 1,337.28
TOTAL GASTADO AÑO 2019				TOTAL GASTADO AÑO 2020			
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	\$ 201.60	COMPRAS	\$ 1,523.20	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	\$ 205.20	COMPRAS	\$ 499.34
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	\$ 672.00	COMPRAS		MANTENIMIENTO PREVENTIVO	\$ 1,052.80	COMPRAS	
TOTAL	\$ 873.60		\$ 1,523.20	TOTAL	\$ 1,258.00		\$ 499.34
TOTAL GASTADO AÑO 2021				TOTAL GASTADO AÑO 2022			
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	\$ 358.40	COMPRAS	\$ 1,078.56	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	\$ 827.68	COMPRAS	\$ 774.48
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	\$ 145.60	COMPRAS		MANTENIMIENTO PREVENTIVO	\$ 1,058.40	COMPRAS	
TOTAL	\$ 504.00		\$ 1,078.56	TOTAL	\$ 1,886.08		\$ 774.48

Tabla 14. Costos totales por año

De esta tabla se puede obtener la equivalencia de cuanto representa cada tipo de mantenimiento con respecto al total gastado en los seis años que se analizaron y se exponen a continuación.

TOTAL GASTADO EN INTERVENCIONES	\$ 9,945.16	TOTAL GASTADO EN INSUMOS	\$ 6,707.66
% MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS	59%	% INSUMOS PARA M. CORRECTIVOS	94%
% MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS	41%	% INSUMOS PARA M. PREVENTIVOS	6%

Tabla 15. Comparativo mantenimiento correctivo vs. preventivo

Claramente se observa que el tipo de mantenimiento que sobresale es el correctivo, habiendo representado el 59% de los gastos versus el 41% que representa el preventivo.

De igual forma, las compras de insumos se las han solamente cuando se realiza un mantenimiento correctivo a excepción de un año, en el 2017 en donde se adquieren repuestos para dar un mantenimiento preventivo, con el 94% versus tan solo el 6% que se ha necesitado comprar para los mantenimientos preventivos.

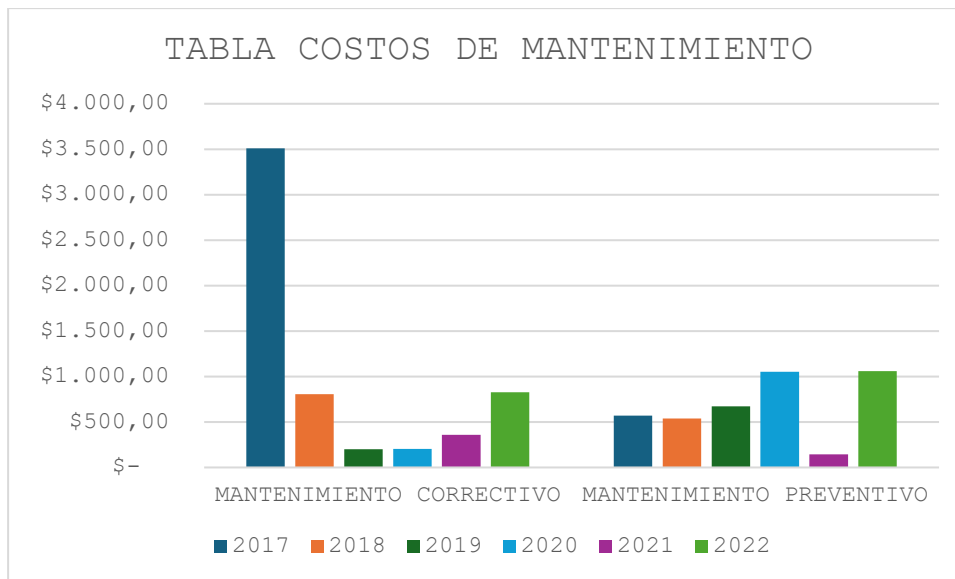


Gráfico 13. Costos de mantenimiento

En la gráfica presentada anteriormente se notan varios aspectos importantes. El más relevante es que en efecto, se ha gastado más dinero en mantenimientos correctivos pero la razón de esto es porque en el año 2017 hubo una eventualidad que ocasionó un daño al sistema eléctrico de la estación, por lo que se tuvo que realizar una inversión grande para reparar todas las averías. Entonces, si no se toma en consideración los rubros relacionados al problema eléctrico, que en total suman \$3098.20, se tiene que en el año 2017 se gastaron \$411.28 en intervenciones correctivas.

Considerando estos nuevos valores, el total gastado en mantenimiento en los 6 años el valor baja de \$9945.16 a \$6846.96, entonces los nuevos valores se muestran a continuación.

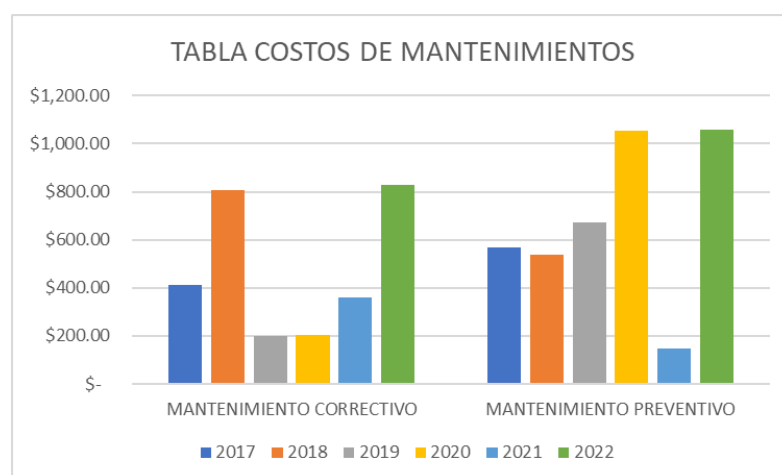


Gráfico 144. Costos de mantenimiento corregidos

En donde ahora los mantenimientos preventivos representan una mayor cantidad, siendo estos el 59% versus el 41% de correctivos

La última actividad necesaria previa al análisis para la generación del plan de mantenimiento es codificar los elementos y actividades que han sido intervenidas en los 6 años. Para esto se basará en la norma ISO 14224 para el inventario de activos.

Esta norma parte de una jerarquía por niveles, en cada nivel se genera un código y la unión de los códigos de cada nivel ayudará a identificar con precisión el activo a revisar. Estos son 6 niveles, pero se utilizaron solo 4 al no ser una empresa que representa un riesgo alto y se agrega un código al final que representa la actividad, siendo los siguientes los siguientes:

- Nivel 1: Localizaciones
- Nivel 2: Área
- Nivel 3: Sistema
- Nivel 4: Equipo/Elemento
- Actividad
- Codificación de elementos

A continuación, se muestran por niveles los códigos obtenidos de la base de datos.

En el nivel uno se detallan las diferentes áreas, como son las del sistema eléctrico, el lugar en donde trabajan las máquinas como generadores y compresores, el área de tanques subterráneos y las islas de despacho, en donde están ubicados los surtidores y se los identifica con un código formado por una letra y un número.

NIVEL	1			
CÓDIGO	E1	E2	E3	M1
DESCRIPCIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD PARA EQUIPOS ELÉCTRICOS	SISTEMA DE GENERADOR ELÉCTRICO	SISTEMA DE ILUMINACIÓN	CUARTO DE MÁQUINAS
CÓDIGO	C1	I1	I2	
DESCRIPCIÓN	EQUIPO CIVIL (TANQUES SUBTERRÁNEOS)	ISLA DE DESPACHO 1	ISLA DE DESPACHO 2	

Tabla 16. Códigos nivel 1

EL segundo nivel representa el área de mantenimiento, para este caso se tienen solamente correctivos y preventivos y se los codifica con dos letras.

NIVEL	2	
CÓDIGO	MC	MP
DESCRIPCIÓN	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Tabla 17. Códigos nivel 2

En el nivel 3, que son los sistemas, se codifica la máquina o la unidad a trabajar, como se presentan a continuación y estos se representan mediante dos letras y dos números.

NIVEL	3				
CÓDIGO	BP01	CA01	EX01	GE01	GE02
DESCRIPCIÓN	BY-PASS ELÉCTRICO	COMPRESOR DE AIRE	ILUMINACIÓN EXTERIOR	GENERADOR 50KW	GENERADOR 30KW
CÓDIGO	MQ01	PR01	SG01	SG02	SD01
DESCRIPCIÓN	MARQUESINA	PARARRAYOS	SURTIDOR GASOLINA 1	SURTIDOR GASOLINA 2	SURTIDOR DIESEL
CÓDIGO	TS01	TS02	TS03	TS04	UP01
DESCRIPCIÓN	TANQUE SUBTERRÁNEO ECO 4000GL	TANQUE SUBTERRÁNEO ECO 8000GL	TANQUE SUBTERRÁNEO SUPER 4000GL	TANQUE SUBTERRÁN EO DIESEL 8000GL	UNIDAD UPS

Tabla 18. Códigos nivel 3

Por último, en el nivel 4, se presentan los elementos específicos. Se codifica con una letra que representa la familia que pertenece el elemento, seguido por dos letras que representan el tipo y nos números.

NIVEL	4				
CÓDIGO	CVA01	CEM01	DEG01	LLM01	SMF01
DESCRIPCIÓN	VÁLVULA DE COMPRESOR	EMPAQUE DE COMPRESOR	CONJUNTO DE ENGRANES	LUMINARIAS	MANGUERA COMPLETA
CÓDIGO	SMM01	SFS01	SVS01	SVS02	SPD02
DESCRIPCIÓN	MANGUERA SIN CONECTORES	FILTRO SPARTAN	VALVULA SOLENOIDE ECO1	VALVULA SOLENOIDE ECO 2	PISTOLA ECO 2
CÓDIGO	SCW02	STM02	SCT01	STC01	SSW01
DESCRIPCIÓN	COPA WAYNE SURTIDOR 2	TERMINAL DE MANGUERA ECO 2	CONTACTORES ECO1	TARJETA DE COMUNICACIÓN SURTIDOR 1	SWIVEL ECO1
CÓDIGO	IRE01	TMS03			
DESCRIPCIÓN	REFLECTOR PARQUEO	MOTOR SUMERGIBLE TANQUE SUPER			

Tabla 19. Códigos nivel 4

Se añade al final el código de actividad. Se presentan los códigos en la siguiente tabla.

CODIGO	ACTIVIDAD
001	Reemplazo
002	Mantenimiento general
003	Instalación
004	Limpieza
005	Inspección

Tabla 20. Código de actividades

Una vez codificado cada nivel se pueden obtener los códigos específicos para cada elemento que se ha intervenido en los 6 años de análisis, siendo los códigos los siguientes.

2017	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	ACTIVIDAD
	E1	MC	PR01		003
	M1	MC	CA01	CVA01	001
	M1	MC	CA01	CEM01	001
	E1	MC	BP01		003
	E2	MP	GE01		002
	I1	MP	SG01	SMF01	001
	I2	MP	SG02	SMM01	001
	E3	MP	MQ01	LLM01	001

Tabla 21. Actividades 2017

La siguiente tabla muestra las actividades codificadas del año 2018.

2018	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	ACTIVIDAD
	C1	MC	TS01		004
	C1	MC	TS02		004
	C1	MC	TS03		004
	I1	MC	SG01	SVS02	001
	I1	MC	SG01	SVS01	001
	I2	MC	SD01	SFS01	001
	E2	MP	GE01		002
	E2	MP	GE02		002

Tabla 22. Actividades 2018

A continuación, la tabla con las actividades codificadas para el año 2019

2019	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	ACTIVIDAD
	C1	MC	TS01	TMS01	001
	C1	MP	TS03		004

Tabla 23. Actividades 2019

A continuación, la tabla con las actividades codificadas para el año 2020

2020	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	ACTIVIDAD
	I2	MC	SG02	SPD02	001
	E1	MC	UP01		001
	C1	MP	TS04		004
	E2	MP	GE01		002
	E2	MP	GE02		002

Tabla 24. Actividades 2020

A continuación, la tabla con las actividades codificadas para el año 2021

2021	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	ACTIVIDAD
	E3	MC	MQ01	LLM01	001
	I2	MC	SG02	SCW02	002
	I2	MC	SG02	STM02	001
	I2	MC	SG02	SMF01	001

Tabla 25. Actividades 2021

Y, por último, las actividades codificadas para el año 2022.

2022	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	ACTIVIDAD
	I1	MC	SG01	SCT01	001
	E3	MC	MQ01	LLM01	001
	I2	MC	SD01	DEG01	001
	I2	MC	SG02	STC01	002
	I1	MC	SG01	SSW01	001
	E3	MC	EX01	IRE01	001
	C1	MP	TS03	TMS03	001
	C1	MP	TS02		004

Tabla 26. Actividades 2022

2.3. Cronograma de actividades

A partir de todas las actividades realizadas en los 5 años de análisis, se puede ya crear un cronograma de acciones para los siguientes años.

Al haber separado por actividades se obtiene la vida útil de cada elemento, lo que lo que permite anticiparse y generar un plan de mantenimiento preventivo para ciertos elementos propensos a fallar e interferir con la operatividad de la estación.

También permite anticiparse a elementos que puedan fallar luego de cierto tiempo de uso, lo que hace que se pueda tener un stock de repuestos disponibles para que el tiempo de reparación sea el menor posible, e incluso planificarlo en un horario en donde el flujo vehicular dentro de la estación sea bajo.

La idea de realizar el cronograma es evitar que se detenga una máquina por un daño, sino que la para de la máquina sea planificada y cause las menores pérdidas posibles en el negocio.

Así pues, se presentan a continuación las actividades a realizar cada año, estas actividades están distribuidas en los diferentes meses del año para los siguientes 5 años.

2024

Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
I1-MC-SG01-SVS01-001	■								
I1-MP-SG01-SMF01-005		■							
I1-MC-SG01-SPD01-005			■						
M1-MP-GE01-002				■					
I1-MP-SG01-SSW01-005					■				
I1-MP-SG01-SCT01-005					■				
E3-MC-MQ01-LLM01-001						■			
C1-MP-TS01-004							■		
I2-MP-SD01-DEG01-005								■	
I2-MC-SD01-SFS01-001									■
I1-MC-SG01-SMF01-001									
I1-MC-SG01-SPD01-001									
M1-MC-CA01-CVA01-001									
M1-MC-CEM01-001									
I1-MC-SG01-SCT01-001									
I1-MC-SG01-SSW01-001									
I1-MP-SG01-SVS01-005									
I1-MP-SG01-SMF01-005									

Tabla 27. Cronograma de actividades para el 2024

Para este año se realizan varias inspecciones de los elementos que están más cercanos a tener un fallo según lo que muestra la base de datos, como las pistolas, mangueras, engranes, contactores y swivels. Se planifica el reemplazo de las válvulas solenoide ya que han pasado 6 años de su ultimo reemplazo y son elementos que duran alrededor de 5. Se planifica también una limpieza de los tanques subterráneos, misma actividad que se la realizará cada dos años después de este.

Como se sabe, en la estación existen 3 surtidores incluido el de diésel. Entre ellos suman varios elementos iguales, como son las mangueras, pistolas, válvulas, etc. Es por esto que en la tabla, cuando se va a intervenir un elemento común que tienen todos están indicados con diferentes códigos numéricos, pero esto no quiere decir que cuando se hable de una actividad de reemplazo signifique se van a reemplazar de tolas las máquinas, sino del que tenga mayor deterioro.

2025

Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
I1-MC-SG01-SVS01-001						
I1-MP-SG01-SMF01-005						
I1-MC-SG01-SPD01-005						
M1-MP-GE01-002					■	
I1-MP-SG01-SSW01-005						
I1-MP-SG01-SCT01-005						
E3-MC-MQ01-LLM01-001						■
C1-MP-TS01-004						
I2-MP-SD01-DEG01-005						
I2-MC-SD01-SFS01-001						
I1-MC-SG01-SMF01-001	■					
I1-MC-SG01-SPD01-001		■				
M1-MC-CA01-CVA01-001			■			
M1-MC-CEM01-001			■			
I1-MC-SG01-SCT01-001				■		
I1-MC-SG01-SSW01-001				■		
I1-MP-SG01-SVS01-005						
I1-MP-SG01-SMF01-005						

Tabla 28. Cronograma de actividades para el 2025

Para este año, se tienen menos actividades, pero casi en su totalidad son actividades correctivas, es decir de reemplazo de elementos.

Como se explicó, no significa que se reemplacen todos los elementos que tengan en común los equipos, pero se sabe que se deberán sustituir al menos en uno de ellos. Revisando la tabla se concluye que en el 2015 se deberá cambiar al menos una manguera, al menos una pistola de despacho, al menos un swivel y un contactor, y del compresor al ser solo uno se sabe que se deberán reemplazar sus válvulas y empaques.

Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
I1-MC-SG01-SVS01-001									
I1-MP-SG01-SMF01-005									
I1-MC-SG01-SPD01-005									
M1-MP-GE01-002									
I1-MP-SG01-SSW01-005									
I1-MP-SG01-SCT01-005									
E3-MC-MQ01-LLM01-001									
C1-MP-TS01-004									
I2-MP-SD01-DEG01-005									
I2-MC-SD01-SFS01-001									
I1-MC-SG01-SMF01-001									
I1-MC-SG01-SPD01-001									
M1-MC-CA01-CVA01-001									
M1-MC-CEM01-001									
I1-MC-SG01-SCT01-001									
I1-MC-SG01-SSW01-001									
I1-MP-SG01-SVS01-005									
I1-MP-SG01-SMF01-005									

Tabla 29. Cronograma de actividades para el 2026

Este año es otro año que predominan las inspecciones de los elementos, claro está que, luego de una inspección se puede decidir si reemplazar el elemento o no, por lo que se debe tener preparados los repuestos en bodega en caso de necesitar una intervención correctiva.

Para la inspección de las tarjetas de comunicación se necesita del ingeniero de sistemas que realice una prueba para así tomar una decisión.

2027

Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
I1-MC-SG01-SVS01-001									
I1-MP-SG01-SMF01-005									
I1-MC-SG01-SPD01-005									
M1-MP-GE01-002									
I1-MP-SG01-SSW01-005									
I1-MP-SG01-SCT01-005									
E3-MC-MQ01-LLM01-001									
C1-MP-TS01-004									
I2-MP-SD01-DEG01-005									
I2-MC-SD01-SFS01-001									
I1-MC-SG01-SMF01-001									
I1-MC-SG01-SPD01-001									
M1-MC-CA01-CVA01-001									
M1-MC-CEM01-001									
I1-MC-SG01-SCT01-001									
I1-MC-SG01-SSW01-001									
I1-MP-SG01-SVS01-005									
I1-MP-SG01-SMF01-005									

Tabla 30. Cronograma de actividades para el 2027

Se ven actividades de inspección en las islas de despacho y limpiezas de los tanques subterráneos. El tiempo de vida útil de varios elementos va llegando a su fin, por lo que este

año es crucial una inspección previa al 2028, en donde se repite el ciclo de inspección y reemplazos generales de las partes de las máquinas de la estación.

En el mes de mayo se realiza una inspección de las pistolas de despacho y de las mangueras, puesto que ha transcurrido casi todo el tiempo de su vida útil.

2028

Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept
I1-MC-SG01-SVS01-001	■								
I1-MP-SG01-SMF01-005									
I1-MC-SG01-SPD01-005									
M1-MP-GE01-002			■						
I1-MP-SG01-SSW01-005				■					
I1-MP-SG01-SCT01-005					■				
E3-MC-MQ01-LLM01-001						■			
C1-MP-TS01-004							■		
I2-MP-SD01-DEG01-005								■	
I2-MC-SD01-SFS01-001									■
I1-MC-SG01-SMF01-001	■								
I1-MC-SG01-SPD01-001		■							
M1-MC-CA01-CVA01-001									
M1-MC-CEM01-001									
I1-MC-SG01-SCT01-001				■					
I1-MC-SG01-SSW01-001									
I1-MP-SG01-SVS01-005									
I1-MP-SG01-SMF01-005									

Tabla 31. Cronograma de actividades para el 2028

Para el quinto año del plan de mantenimiento se ven muchas similitudes con el año 2024, salvo dos elementos que deben ser reemplazados como las mangueras y las pistolas de despacho.

A partir de este año se empieza a crear un ciclo de mantenimiento de 5 años, que es la duración de vida útil de la mayor parte de los elementos que conforman los equipos de una estación de servicio.

El cronograma de mantenimiento se basa también en los tiempos de buen funcionamiento de las máquinas y elementos que conforman la estación de servicio, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Elemento	MTBF [Años]
Válvula Solenoide	5
Manguera	3
Luces marquesina	1
Filtro Spartan	2
Pistola de despacho	3
Empaques de compresor	2
Contactores	3
Swivel	2

Tabla 32. Tiempos medios de buen funcionamiento

En la tabla no se muestran intervenciones de limpieza como los tanques subterráneos, pero estos se los deben realizar cada dos años a profundidad como se ve en el cronograma de mantenimiento.

2.4. Justificación del método de análisis

Al inicio del proyecto se planteó realizar en análisis de criticidad por medio del método de inversión logarítmica. Este método se lo utiliza cuando se tienen bases de datos tanto de elementos a intervenir como de intervenciones de mantenimiento extensos, pero al obtener la base de datos de la estación de servicio se presenta un problema, y es que el número de equipos y elementos propensos a fallar no son muchos, es decir, se tiene a la final una base de datos reducida, por lo que es mucho más conveniente realizar el análisis de criticidad por otros métodos como la curva de Pareto, y al obtener tablas resumidas de las intervenciones y compras mediante un análisis visual se pueden definir los tiempos de buen funcionamiento de las máquinas para desarrollar un cronograma de actividades, lo cual fuera muy complicado si es que el número de tareas fuera mayor.

3. Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento 4.0

La principal razón para tener una herramienta que nos permita tener la información de las máquinas e intervenciones siempre a la mano y actualizadas en tiempo real, para que permita a la gerencia tomar decisiones, ahorrar tiempo y sobre todo ahorrar dinero, además de poder automatizar la planeación de las actividades de mantenimiento de la estación.

Como se vio en el capítulo anterior, muchos de los elementos eran intervenidos cuando presentaban fallas, como fue el caso de las limpiezas de los tanques subterráneos, que por no haber sido intervenidos a tiempo, se tuvo que invertir más del doble en un año y a futuro trajo con ello problemas de las bombas de combustible, y esto se traducía en pérdidas económicas no solo por el elemento deteriorado, sino porque este elemento producía la parada total de la máquina, limitando las ventas y el flujo de clientes dentro de la estación y el tiempo de parada no solo es el que toma arreglar la avería, sino que incluye el tiempo en contactar el técnico, tiempo que tome conseguir el repuesto, el tiempo en el que el técnico pueda llegar a la estación y recién en este punto el tiempo de reparación.

Entonces, lo que se plantea reducir es justamente el tiempo que una máquina esté fuera de funcionamiento por una avería y mejor aún, que se evite llegar a la avería de la máquina con constantes inspecciones y mantenimiento preventivo, pero esto solo se logra teniendo la información de los elementos en un solo lugar, además de que se notifique al encargado cuando sea tiempo de una inspección o intervención y que cuando se realice una intervención esta quede registrada en un servidor común que permita a los encargados revisar en cualquier momento.

Por último, se deben encontrar nuevas formas de recopilación de datos sobre el estado de las máquinas, herramientas o elemento que permitan obtener información sobre su funcionamiento en tiempo real o muy cercano al tiempo real, esto para alimentar de información al software y

tener la información a mano e incluso que este programe automáticamente las intervenciones según los tiempos de buen funcionamiento de las máquinas.

En resumen, se buscan crear nuevas estrategias que eviten los problemas antes mencionados mediante la implementación de tecnologías 4.0 dentro de la estación de servicio, para esto, se plantea una pirámide de tres etapas que se usan para elaborar una arquitectura de un sistema de mantenimiento 4.0, en donde el pico de la pirámide será la estrategia buscada para optimizar recursos y tiempo.

La misma se presenta a continuación.



Gráfica 15. Pirámide jerárquica para la implementación de un modelo 4.0

3.1. Operativo

En la base de la pirámide se encuentra la parte operativa, todas las partes encargadas de recopilar la información de los diferentes elemento y máquinas de la estación.

Dentro de la base se encuentra el internet de las cosas, toda la información que se obtenga de las máquinas se quedará almacenada en la parte operativa. La estación tiene un servidor conectado a todas las computadoras que se encuentran en el área externa (islas de despacho) y

la parte interna (administrativo) y al momento este servidor funciona como recopilador de información de compras, ventas, clientes, vehículos y se está actualizando en tiempo real cada vez que se realiza una venta o compra de productos. Este servidor se lo maneja mediante un software en donde se pueden obtener resúmenes de ventas en fechas específicas, búsqueda de clientes en particular, bases de datos, estados financieros de la empresa entre otras muchas otras cosas necesarias para la parte administrativa y de contabilidad. Teniendo esto en cuenta y que este software se lo puede modificar según el criterio y necesidad de la empresa, se tiene ya un lugar en donde se guardará la información al agregar un apartado exclusivamente para mantenimiento, lo que se compararía con un GMAO (sistema de gestión de mantenimiento)

El tener el software da la libertad de monitorear los elementos que se crean convenientes.

El éxito de esta zona fuera si se pudieran monitorear todos los elementos en tiempo real y que se esté enviando información al servidor constantemente, pero existe un problema en las estaciones de servicio que no permite manipular los equipos para instalar aparatos externos, puesto que están reguladas por la ARC y están sometidas a inspecciones anuales, la mayoría de equipos están sellados para evitar manipulaciones externas con el fin de garantizar el control de calidad.

Esto obliga a que se tome otra decisión para adquirir los datos y es realizar la muestra de ciertos parámetros manualmente y que los datos obtenidos ingresen al servidor y este pueda tomar las decisiones.

Entonces, información a obtener en la base de la pirámide serán las siguientes:

- Caudal combustible a la salida de la pistola de despacho
- Cierre de válvulas al detenerse el despacho
- Existencia de fugas o deterioro de mangueras
- Movimiento del codo de terminal
- Funcionamiento del teclado

- Diferencia entre el valor solicitado de combustible versus el valor obtenido en la factura.
- Número de veces que se activa el “auto stop” de la pistola de despacho

3.2. Tácticas

En la mitad de la pirámide se tiene el área de tácticas, en donde estarán los indicadores de buen funcionamiento o de fallo de los equipos. Esta directamente ligado al área de operaciones ya que la información generada en la parte operativa será interpretada en esta parte.

Aquí se tienen que buscar estrategias de análisis ya que como se mencionó, no se puede utilizar sensores que estén conectados a las máquinas de la estación por tema de control e incluso por temas de seguridad, por lo que la estrategia que se utilizarán para en análisis de los fallos serán los siguientes.

1. El caudal nominal de salida que debe tener el despacho es de 1 l/s, por lo que:
 - a. Caudal es >0.8 l/s y <1 l/s
 - b. Caudal es >0.6 l/s y <0.8 l/s
 - c. Caudal baja en menos de tres meses y más de 2 meses de reemplazar el filtro
 - d. Caudal baja en menos de dos meses de haber reemplazado el filtro.
2. El personal nota que al detener el despacho todavía existe salida de combustible por la pistola.
3. En el estado de las mangueras se realizan inspecciones visuales para que se tomen decisiones.
 - a. Personal nota que existen rajaduras leves
 - b. Personal nota que existen fugas de combustible.
 - i. Fugas en manguera.
 - ii. Fugas en terminales.
4. Se verifica la rotación del codo de terminal.

- a. Movimiento libre
 - b. No existe fluidez en el movimiento.
5. Aquí existen dos tipos de fallas:
- a. El teclado presenta desgaste, pero las teclas son funcionales.
 - b. Las teclas dejan de funcionar
6. Cuando un cliente llegue él solicita una cantidad de combustible específica, en este punto se compara el error que tiene entre el calor solicitado (que se ingresa a la máquina) y al final el valor que se imprime en la factura.
- a. Diferencia entre valor solicitado y valor de factura es de \$0.01
 - b. Diferencia es de \$0.02
 - c. Diferencia es $> \$0.03$
7. Según el número de veces que se activa el sistema de auto-stop de la pistola de despacho sin que el tanque del vehículo este lleno
- a. Una vez
 - b. Dos veces
 - c. Tres veces o más.

3.3. Estrategia

Una vez recopilada la información e interpretada se pueden crear estrategias de intervención a los elementos. Estas pueden ser planificación tareas de mantenimiento correctivo o preventivo, además que ayudará a ajustar el cronograma realizado en el anterior capítulo.

Entonces tomando las tácticas revisadas se tienen las siguientes estrategias:

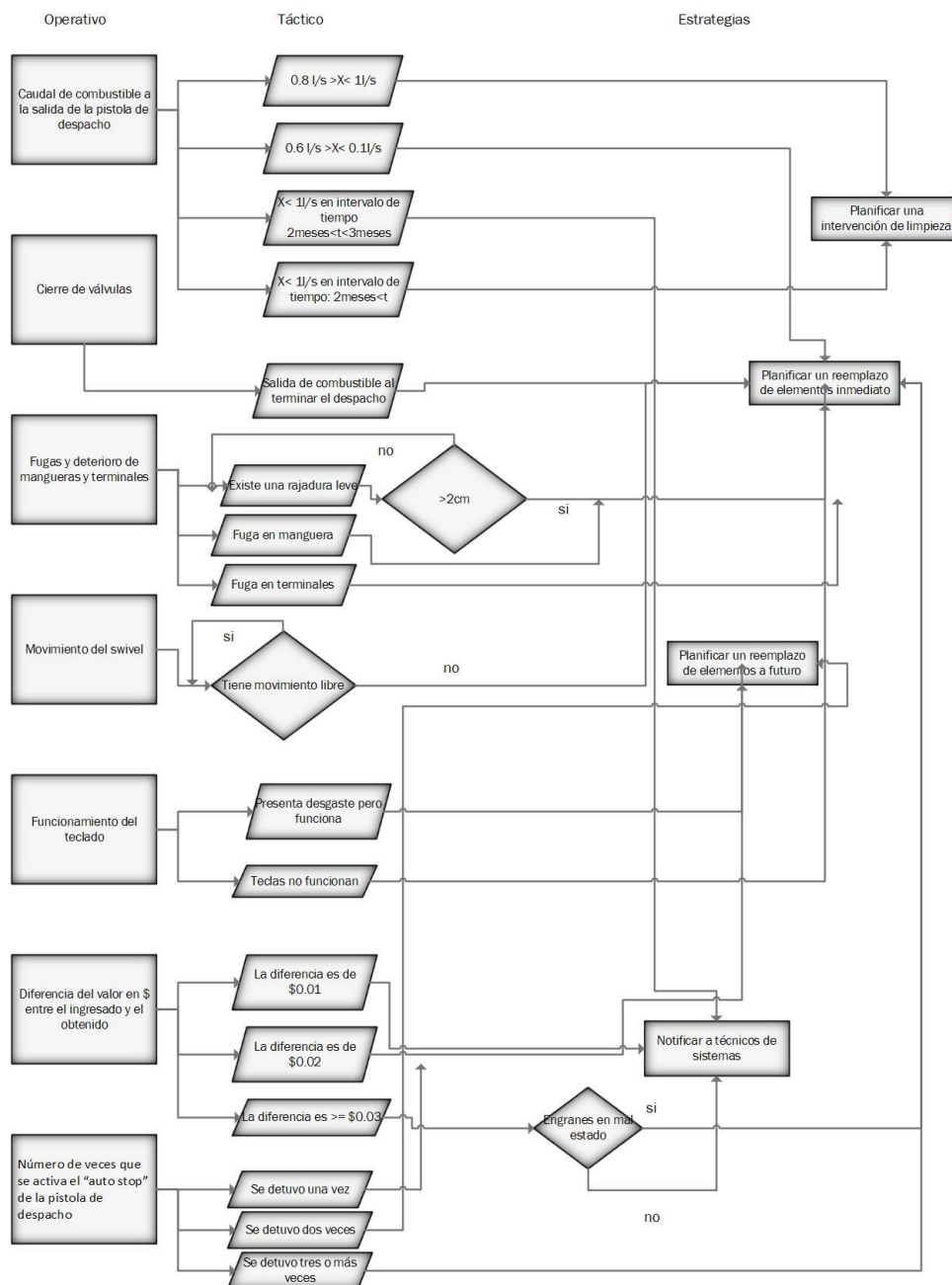
1. El caudal nominal de salida que debe tener el despacho es de 1 l/s, por lo que:
 - a. Caudal es > 0.8 l/s y < 1 l/s limpieza de filtro
 - b. Caudal es > 0.6 l/s y < 0.8 l/s reemplazo de filtro

- c. Caudal baja en menos de tres meses y más de 2 meses de reemplazar el filtro solicitar inspección de tanques
 - d. Caudal baja en menos de dos meses de haber reemplazado el filtro, realizar limpieza interna de tanques subterráneos.
2. El personal nota que al detener el despacho todavía existe salida de combustible por la pistola entonces reemplazar válvulas.
3. En el estado de las mangueras se realizan inspecciones visuales para que se tomen decisiones.
 - a. Personal nota que existen rajaduras leves, planificar otra inspección cada mes hasta que la rajadura tenga un largo mayor a 2cm
 - b. Personal nota que existen fugas de combustible.
 - i. Fugas en manguera: reemplazar
 - ii. Fugas en terminales: hermetizar, si la fuga se repite, reemplazar.
4. Se verifica la rotación del codo de terminal.
 - a. Movimiento libre: No tomar acción
 - b. No existe fluidez en el movimiento: Reemplazar.
5. Aquí existen dos tipos de fallas:
 - a. El teclado presenta desgaste, pero las teclas son funcionales: Planificar reemplazo en 3 meses.
 - b. Las teclas dejan de funcionar: reemplazar teclado
6. Cuando un cliente llegue él solicita una cantidad de combustible específica, en este punto se compara el error que tiene entre el calor solicitado (que se ingresa a la máquina) y al final el valor que se imprime en la factura.
 - a. Diferencia entre valor solicitado y valor de factura es de \$0.01: volver a verificar en 1 mes

- b. Diferencia es de \$0.02, notificar a personal técnico
 - c. Diferencia es >\$0.03 verificar los engranes
7. Según el número de veces que se activa el sistema de auto-stop de la pistola de despacho sin que el tanque del vehículo este lleno
- a. 1 vez: no tomar acción
 - b. Dos veces: Planificar reemplazo en 2 meses
 - c. Tres veces o más: Reemplazar la pistola.

3.4. Arquitectura del modelo de gestión para la estación de servicio

Con los parámetros dados anteriormente se procede a diseñar una arquitectura para el modelo de gestión 4.0



Gráfica 16. Arquitectura para el modelo de gestión de mantenimiento

3.5. Implementación de tecnologías 4.0

Como se mencionó en este capítulo, se dificulta la toma total de parámetros completamente automáticos. No obstante, si existen dos sistemas que se puede realizar mediante un monitoreo con todos los parámetros que indica un sistema 4.0, y estos son: el caudal y las fugas de las mangueras.

Para el nivel operativo, se utilizarán sensores que estén conectados a internet y puedan dar datos en tiempo real sobre el funcionamiento de las máquinas utilizando el Internet de las Cosas (IoT), lo que permitirá el intercambio de información con cualquier dispositivo conectado al servidor de la gasolinera.

El sensor de caudal inteligente es un sensor que miden el flujo de un líquido mediante ciertas tecnologías, como ultrasonido, mecánicas, por diferencia de presión, etc. Al pasar el fluido por el sensor, esta toma varios datos, los cuales son procesados por la máquina y transformados a un dato de caudal. Este sensor está conectado al servidor central mediante un cable Ethernet, o mediante Wifi.

Por otro lado, se tiene el sensor o detector de fugas para combustible, el cual detecta concentraciones de gas en el aire o cambios de presión en el sistema, el cual envía una señal de advertencia cuando detecta una anomalía.

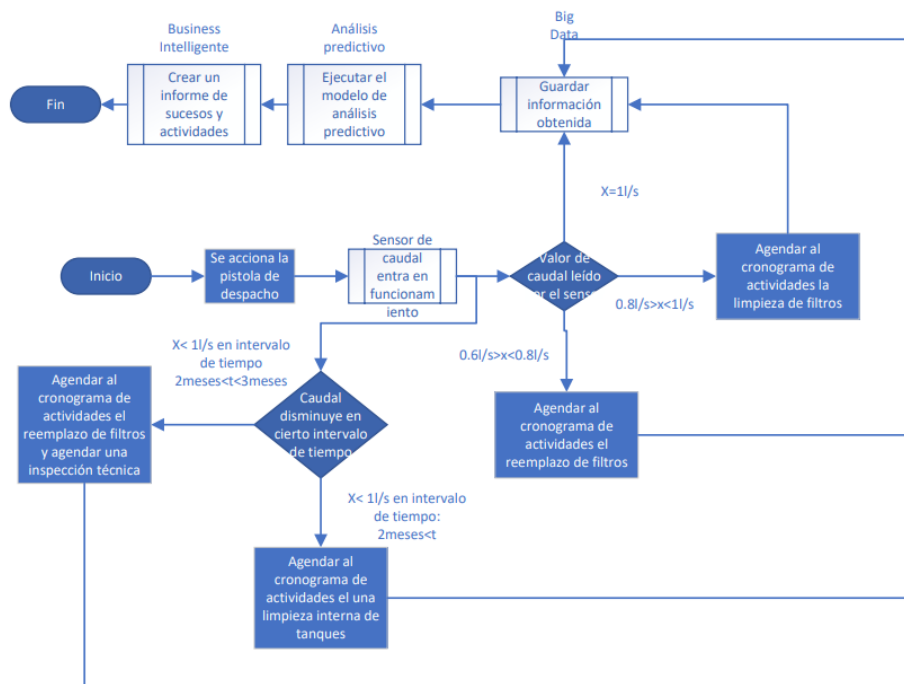
Para la interpretación de los datos para el área táctica se debe elegir la tecnología 4.0 a utilizar. Lo que se pretende es que el plan de mantenimiento se modifique automáticamente según los eventos que suceden en la estación. Por esto es que la tecnología que se debería implementar es un análisis predictivo a partir de los datos obtenidos.

El análisis predictivo es una herramienta que mediante datos nuevos e históricos puede realizar predicciones sobre eventos que pueden suceder a futuro, por lo tanto, puede predecir en qué momento se debe intervenir cualquier máquina según los datos obtenidos tanto automáticamente como manualmente.

Se debe implementar también la obtención de datos mediante Big Data, porque a pesar que no son muchas las variables, los datos que se van a obtener si lo son, porque se lo realiza en una estación con doce mangueras de descarga que están trabajando las 24 horas del día, por lo que al final de un periodo estos datos van a representar volúmenes grandes de información.

Por último, debido a que la información estratégica es información que deberá ser presentada frente a la directiva de la empresa, se necesita que toda la data sea lo más clara posible, visualmente amigable con los usuarios y de fácil acceso para todos, por lo que utilizar un software de Business Intelligence sería la mejor opción ya que este proporciona un resumen con todos los datos organizados en tablas y gráficas, siendo una herramienta útil para prever resultados.

A continuación, se muestra la arquitectura de los sistemas 4.0, primero para el sistema de análisis de caudal.

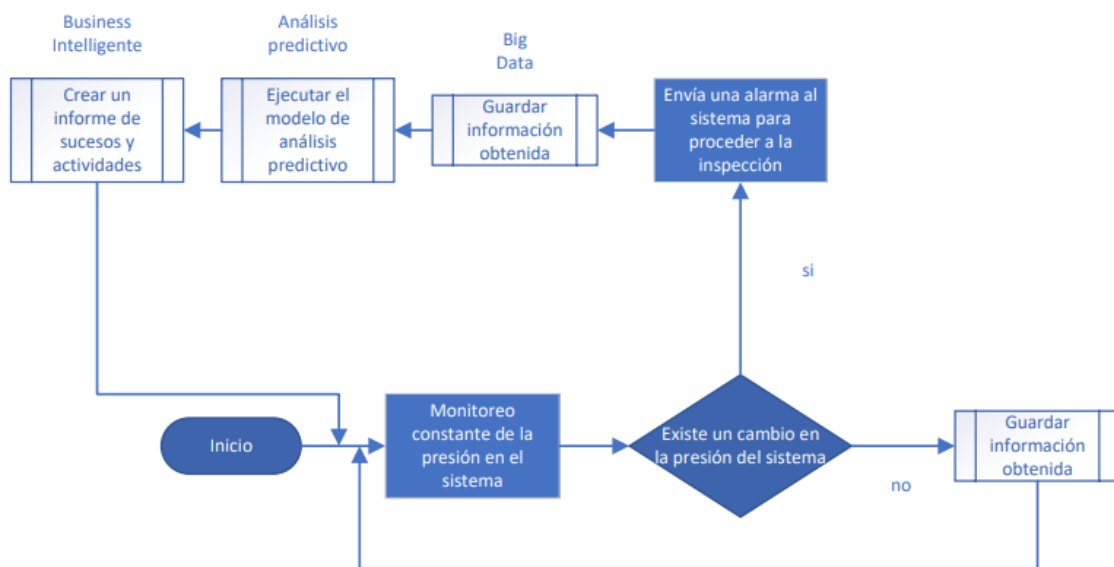


Gráfica 17. Arquitectura para el sistema de monitoreo de caudal

Este sistema inicia cuando el combustible empieza a ser despachado a través de la pistola de despacho. Aquí hay parámetros a analizar que es el valor del caudal de salida. Primero el sistema verifica que esté dentro de los valores correctos que se programaron, en caso de estarlo

guarda la información y termina el proceso, en caso de no estarlo programa automáticamente actividades para realizar. Paralelamente a esto el sistema mide el tiempo que existe entre la última vez que el valor estuvo dentro de los parámetros correctos para de igual forma tomar una decisión sobre planificar una actividad de mantenimiento.

También se tiene a continuación el diagrama de funcionamiento del sistema de detección de fugas, el cual es mucho más sencillo.



Gráfica 18. Arquitectura para el sistema de detección de fugas

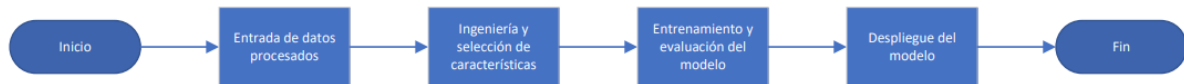
Este es un sistema que va a estar en constante monitoreo y solo se accionará cuando detecte una anomalía.

Como se puede observar en las gráficas anteriores hay tres sub procesos que recopilan y procesan la información. Estos son los que se definieron anteriormente como Big Data, Análisis predictivo y un sistema de Business Inteligente. A continuación, los diagramas de cada uno.



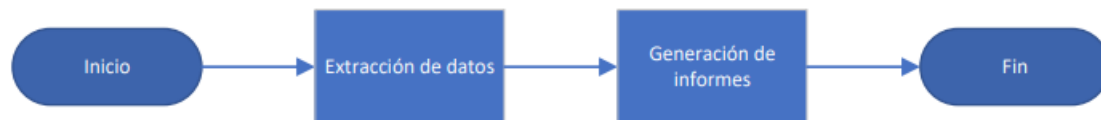
Gráfica 19. Arquitectura para el sistema de Big Data

Para el sistema de Big Data, el cual será el encargado de procesar y filtrar la mayor parte de la información, se tiene un funcionamiento que consta de la entrada de todos los datos, para almacenarlos y gestionarlos, teniendo así un primer filtro. Por ejemplo, en el sistema de fugas, no se necesitan todos los datos de buen funcionamiento, sino que se necesita el lapso que existe entre el buen funcionamiento y el momento de una falla. Con esto se genera un primer informe.



Gráfica 20. Arquitectura para el sistema de análisis predictivo

Aquí directamente ingresan datos ya previamente procesados por el análisis mediante Big Data, así directamente en la parte de ingeniería y selección de características el programa selecciona las características más importantes para realizar un análisis, con lo cual procede a generar modelos y probarlos.



Gráfica 21. Arquitectura para el sistema de BI

Por último, se utiliza un programa de BI solamente para la creación de informes a partir de los datos procesados.

4. Resultados y discusión

4.1 Análisis de criticidad

El primer paso para el desarrollo de este proyecto fue obtener un resumen de todas las actividades de mantenimiento que se realizaron, esto con el fin de tener una visión clara del panorama de la empresa y proceder a la toma de decisiones, además de tener a disposición de

una base de datos de todos los elementos que conforman las máquinas de la estación.

Al inicio se tuvo el plan de realizar un análisis de criticidad mediante el método de regresión logarítmica, pero esta técnica funciona cuando se tiene un número grande de elementos. Para nuestro caso se obtienen alrededor de 20 elementos que han fallado en los años analizados, por lo que realizar un análisis por este método se vuelve poco necesario. Por eso se realizó un análisis de criticidad por medio de curvas de Pareto. A continuación, se muestra una tabla con los elementos más críticos por año ordenados de más crítico a menos crítico.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Correctivo	Pararrayos	Extracción de lodos del tanque	Cambio motor sumergible	Cambio de pistola de despacho	Cambio luminarias	Cambio contactores
	Mantenimiento compresor	Cambio válvulas solenoides		Instalación de UPS	Hermetización	Cambio luminaria
	Instalación By-Pass	Limpieza filtro diesel			Cambio de manguera	Cambio de engranes
	Instalación Braker				Cambio de terminales	Cambio tarjeta de comunicación
Preventivo	Mantenimiento generador	Mantenimiento generador	Extracción de lodos	Inspección tanque	Mantenimiento válvulas	Mantenimiento bomba sumergible
	Cambio de mangueras			Mantenimiento generador	Mantenimiento Compresor	Extracción lodos de tanques
	Mantenimiento Luminarias					Mantenimiento válvulas

Se obtuvo también el costo total de mantenimiento por año, el costo más elevado se presentó el año 2017 por una eventualidad, si no se toma en cuenta esta eventualidad, el costo más elevado se dio el año 2018. De igual forma, sin tomar en cuenta la eventualidad, se obtuvo que los mantenimientos preventivos fueron los que más representaron en el costo total, con el 59% del costo.

4.2 Plan de mantenimiento

Para el desarrollo del plan de mantenimiento se parte de toda la base de datos obtenida, pero para facilitar la organización de este se implementa un sistema de codificación de cada elemento para poderlo identificar con mayor facilidad.

Con los elementos codificados y la información del histórico de intervenciones se pudo crear un plan de mantenimiento ya que se pueden obtener los tiempos de buen funcionamiento de cada elemento con la base de datos. Hasta este punto se obtuvo un plan de mantenimiento general básico, que será permanente hasta que se realice el reemplazo de alguna máquina de la estación o se necesite realizar algún ajuste manualmente, pero el objetivo de este proyecto fue desarrollar un gestor de mantenimiento 4.0, por lo que, para esto, se debe desarrollar una estrategia para implementarlo.

4.3 Sistema de gestión 4.0

Un problema que se encontró al crear la estrategia para el sistema 4.0, fue la incapacidad que se tiene para poder monitorear de forma automática todos los elementos analizados. Como se habló en el capítulo 3, los elemento que confirman las máquinas de la estación no pueden ser manipulados por el riesgo que esto implica, por eso, para este gestor de decidió utilizar sistemas automáticos en ciertos elementos en los que sí es posible y un ingreso de datos al sistema de forma manual para que el gestor realice automáticamente los cambios necesarios.

Una vez planteada la estrategia se eligieron los métodos de recolección e interpretación de la información y se muestran en la siguiente tabla.

Operativo		Táctico		Estratégico	
Sensor de caudal inteligente	Estos sensores darán información util del estado general de los equipos. Un cambio en el caudal puede se rel resultado de varios problemas y una detección de fugas indica el deterioro de los elementos.	Big Data	Herramienta para ingresar y procesar la información	Business Intelligence	Presenta toda la información resumida en una interfaz amigable con todos los usuarios que necesiten revisarla
Sensor de fugas inteligente		Análisis predictivo	Herramienta para predecir eventos que pueden suceder a futuro mediante los datos presentes y pasados		

5. Conclusiones

- La mayoría de estaciones de servicio no cuentan con un plan de mantenimiento anual programado. La estrategia mas usual es una vez al año realizar una revisión general de todos los requisitos dados por la agencia de regulación que se necesitan para aprobar los controles anuales. Cuando se termina la temporada de inspecciones, se opta por solucionar los problemas que se vayan dando en el transcurso del tiempo. El problema de esta estrategia es se pierde la fiabilidad y no se puede anticipar sucesos, es decir, puede llegar la temporada de inspecciones y resulta que existe un problema por deterioro que no sea sencillo de solucionar, corriendo el riesgo de no tener lista la estación para la visita técnica, lo cual puede concluir en la suspensión de la gasolinera por cierto tiempo o recibir multas económicas.
- El encontrar la criticidad de los fallos en las estaciones de servicio es una tarea sencilla por el reducido número de componentes que existen y por la larga vida útil de la mayoría de ellos. Aquí lo importante es tener un resumen de los históricos de mantenimiento para poder llevar un control de las intervenciones, tiempos de reparaciones, costos y tiempos de buen funcionamiento de las máquinas y elementos. Este es el pilar para la creación de planes de mantenimientos para una estación de servicio.
- La implementación de sistemas 4.0 de mantenimiento se vuelve un poco más complejo, ya que muchos de los elementos no pueden ser monitoreables por lo que conlleva la instalación de sensores en los equipos, lo cual está restringido por normativas nacionales a manejar líquidos inflamables. Pero como se trató en el capítulo 4, si hay elementos que pueden ser monitoreables. No obstante, se puede

utilizar la base de la gestión 4.0 que es la recopilación de datos en un solo lugar y que este esté al alcance de todos en la empresa y sobre todo, entrenar al programa para que pueda tomar decisiones según los datos que están ingresando mediante algoritmos. En el capítulo 3 se puede ver el funcionamiento de esto, y es que mediante indicadores ingresados al sistema, manualmente o automáticamente, sean analizados y procesados para que así se puedan tomar decisiones automáticamente sobre la modificación del cronograma de actividades o solicitar una actividad urgente de ser necesario.

6. Referencias

- Introducción al análisis predictivo. (2024). MATLAB & Simulink.
<https://es.mathworks.com/discovery/predictive-analytics.html>
- INEN. (2013). Manejo, almacenamiento, transporte y expendio en los centros de distribución de combustibles líquidos. Requisitos (norma núm. 2251).
- INEN. (1991). Surtidores para derivados líquidos de petróleo. Requisitos. (norma núm. 1781)
- ISO. (2014). Gestión de activos – aspectos generales, principios y terminología. (norma núm. 55000)
- Boero, C. (2020). Mantenimiento industrial. Ed. Córdoba: Jorge Sarmiento Editor Universitas. 112 p. Recuperado de
<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecauups/172523>
- Mantenimiento | SafetyCulture. (2024, 12 febrero). SafetyCulture.
<https://safetyculture.com/es/temas/tipos-de-mantenimiento/>
- W. Olarte C., M. Botero A., and B. Cañón A., “Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria,” Sci. Tech. ISSN 0122-1701, Vol. 2, No . 45, 2010, págs. 223-226, vol. 2, no. 45, pp. 223–226, 2010, [Online]. Available:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4546591&info=resumen&idioma=SPA%0A>

- A. Alobuela and M. Santiago, “Industria 4.0 y Economía Circular: revisión de la literatura y recomendaciones para una industria sustentable en Ecuador,” Inst. Investig. y Posgrados, vol. 1, p. 22, 2022, [Online]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26592/1/UCE-FING-CPO-ANDRANGO MIGUEL.pdf>
- Alteryx. (2023, 3 julio). What is Business intelligence (BI) ? - Alteryx. <https://www.alteryx.com/es/glossary/business-intelligence#:~:text=Funcionamiento%20de%20business%20intelligence&text=Establece%20qu%C3%A9%20problemas%20comerciales%20se,fin%20de%20solucionar%20el%20problema.>