

DISEÑO PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LOCATIVO BASADO EN
ANÁLISIS DE CRITICIDAD, CON EL PROPOSITO DE DISMINUIR EL GASTO
ANUAL EN LAS ESTACIONES DE SERVICIO Y TIENDAS DE CONVENIENCIAS
OPERADAS POR MASSER S.A.S

EDINSON MARQUEZ ESPINOSA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2019

DISEÑO PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LOCATIVO BASADO EN
ANÁLISIS DE CRITICIDAD, CON EL PROPOSITO DE DISMINUIR EL GASTO
ANUAL EN LAS ESTACIONES DE SERVICIO Y TIENDAS DE CONVENIENCIAS
OPERADAS POR MASSER S.A.S

EDINSON MARQUEZ ESPINOSA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR
RAFAEL LASPRILLA FAWCETT
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS Y SISTEMAS DE
INFORMACIÓN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2019

DEDICATORIA,

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por darme la fortaleza a pesar de las adversidades y poner en mi camino a las personas que han sido mi apoyo y compañía durante todo el periodo de estudio y mi vida entera.

A Mi Madre Candelaria Espinosa, por darme la vida, quererme mucho, por siempre inculcarme el estudio como la primera opción para crecer como persona y por todos los sacrificios que ha realizado.

A Mi Esposa Lina Puccini, por quererme y apoyarme, porque siempre estás conmigo, en los buenos y malos momentos, por creer siempre en mí, por ser mi compañera de vida y siempre ayudarme a cumplir mis objetivos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	16
1.1 MARCO CONTEXTUAL	16
1.2 QUIENES SOMOS	16
1.2.1 Historia.....	16
1.2.2 Misión.	17
1.2.3 Visión.	17
1.2.4 Productos y servicios.	18
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.4 OBJETIVOS.....	23
1.4.1 Objetivo General.....	23
1.4.2 Objetivos Específicos.....	23
1.5 JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	24
2. MARCO TEORICO	25
3. MARCO CONCEPTUAL	27
3.1 SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO.....	27
3.1.1 Unidad de Producción.....	28
3.1.2 Unidad de Mantenimiento.	29
3.1.3 Niveles del mantenimiento.....	30
3.2 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO	31

3.2.1	Mantenimiento Preventivo.	32
3.2.2	Pasos para un efectivo mantenimiento preventivo	33
3.2.3	Mantenimiento correctivo.....	33
3.2.4	Análisis de criticidad.	35
3.2.5	Análisis de causa raíz.	35
4.	RECOPILACION Y ANALISIS DE INFORMACION	37
4.1	ACTIVIDADES EDS Y TDC.....	37
4.1.1	Histórico de gastos.	39
4.1.2	Historial de fallas.	41
4.2	ANALISIS DE CRITICIDAD	43
4.2.1	Sistema Hidroneumático.....	43
5.	MODELO PROPUESTO	54
5.1	FALLAS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLA	54
5.1.1	Modos de falla otros componentes sistema hidroneumático	54
5.1.2	Modos de falla Sensores /Fluxómetros.....	55
5.2	RUTINAS DE MANTENIMIENTO LOCATIVO TDC.....	57
5.2.1	Zona baños.....	57
5.2.2	Zona clientes	59
5.2.3	Zona cocina	59
5.2.4	Zona bodega.....	60
5.2.5	Zona terraza	60
5.2.6	Zona fachada y parqueaderos	61

5.2.7	Zona oficina y techo.....	62
5.3	RUTINAS DE MANTENIMIENTO LOCATIVO EDS.....	63
5.3.1	Zona baños.....	63
5.3.2	Zona islas	65
5.3.3	Zona tanques y perimetral	66
5.3.4	Zona oficina	66
5.4	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO 2019	67
CONCLUSIONES		68
BIBLIOGRAFIA.....		69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Histórico de gasto por negocio	39
Tabla 2. Mayor gasto EDS 2018.....	39
Tabla 3. Mayor Gasto TDC 2018	39
Tabla 4. Fallas año vs gasto por componente zona baños EDS	41
Tabla 5. Fallas año vs gasto por componentes zona baños TDC.....	42
Tabla 6.Periodo de evaluación	45
Tabla 7.Fallas año sistema hidroneumático EDS	45
Tabla 8.Fallas año y gasto 2018 sistema hidroflow TDC	45
Tabla 9 .Fallas año y gasto 2018 sistema hidroflow	45
Tabla 10. Factores ponderados.....	46
Tabla 11.Evaluación de criticidad	47
Tabla 12. Matriz de criticidad sistema hidroneumático	48
Tabla 13. Posibles fallas motor-bomba.....	49
Tabla 14. Rutinas preventivas motor-bomba.	53
Tabla 15. Modos de falla sensores Toto	55
Tabla 16.Rutinas de mantenimiento sistema hidroneumático	57
Tabla 17. Rutinas de mantenimiento sensores y accesorios baños	58
Tabla 18.Rutinas de mantenimiento zona clientes	59

Tabla 19.Rutinas de mantenimiento zona cocina	59
Tabla 20.Rutinas de mantenimiento zona bodega.....	60
Tabla 21.Rutinas de mantenimiento zona terraza	60
Tabla 22. Rutinas de mantenimiento zona fachada y parqueaderos	61
Tabla 23.Rutinas de mantenimiento zona oficina y techo.....	62
Tabla 24. Rutinas mantenimiento sistema hidroneumático.	63
Tabla 25. Rutinas de mantenimiento sensores y accesorios baños.	64
Tabla 26.Rutinas de mantenimiento zona de islas	65
Tabla 27.Rutinas de mantenimiento zona de tanques y perimetral	66
Tabla 28. Rutinas de mantenimiento zona oficina	66
Tabla 29. Numero de rutinas de mantenimiento por periodicidad	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Logo Masser	16
Figura 2. Estación de servicio.....	18
Figura 3. Tienda de conveniencia.....	19
Figura 4. Autolavado Ziclos	19
Figura 5. Centro de lubricación.....	20
Figura 6. Kiosco Deuna	21
Figura 7. Carrotanque de CI	21
Figura 8. Componentes del enfoque Kantiano	27
Figura 9. Sistema empresarial o de servicio en la unidad de producción	28
Figura 10. Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico.....	30
Figura 11. Mantenimiento Correctivo.....	35
Figura 12. Actividades mantenimiento EDS	37
Figura 13. Actividades mantenimiento TDC	38
Figura 14. Histograma Pareto Gasto EDS.....	40
Figura 16. Histograma Pareto Gasto TDC.....	40
Figura 17. Histograma Pareto Fallas EDS.....	41
Figura 18. Histograma Pareto Fallas TDC.....	42
Figura 19. Sistema hidroneumático ubicado en la EDS/TDC Montecarmelo.....	43
Figura 20. Despiece motor-bomba	53
Figura 21. Modelos sensores/fluxómetros instalados	55

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS).

Anexo 1. Historial gasto y fallas 2018

Anexo 2. Cronograma de mantenimiento preventivo 2019

Anexo 3. Matriz Amfe motobomba

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LOCATIVO BASADO EN ANÁLISIS DE CRITICIDAD, CON EL PROPÓSITO DE DISMINUIR EL GASTO ANUAL EN LAS ESTACIONES DE SERVICIO Y TIENDAS DE CONVENIENCIAS OPERADAS POR MASSER S.A.S.

AUTOR:

EDINSON MARQUEZ ESPINOSA**

PALABRAS CLAVE:

ANALISIS CRITICIDAD, ESTACION DE SERVICIO, TIENDA DE CONVENIENCIA, MANTENIMIENTO PREVENTIVO, LOCATIVO, GASTO, MASSER.

CONTENIDO:

Esta monografía muestra el diseño de un plan de mantenimiento preventivo locativo basado en análisis de criticidad, con el objetivo de disminuir los gastos anuales en mantenimiento para las estaciones de servicio y tiendas de conveniencia operadas por Masser s.a.s

El diseño de este plan de mantenimiento esta soportado por los históricos de gastos que ha incurrido el área de operaciones de Masser s.a.s en los últimos 3 años que sirven para tener una panorámica de la situación actual del mantenimiento correctivo, identificada la zona que más gasto ha generado en el 2018 se procede a identificar el número de fallas año, con estas 2 variables podemos identificar a qué sistema se le debe aplicar la metodología de análisis de criticidad y cual se deben generar rutinas periódicas al no ser críticos.

Con la implementación de metodología anteriormente mencionada nos permitió dar visibilidad de los componentes más críticos de un sistema y que otro sistema con el tiempo se volverá crítico de ser controlada la situación actual del mantenimiento locativo para estaciones de servicio y tiendas de conveniencia. Una vez listo el anterior análisis nos adentramos en los respectivos modos de fallas del componente más crítico y teniendo en cuenta las consultas realizadas a los fabricantes se establecen las frecuencias correctas de las rutinas de mantenimiento y así prolongar la vida útil del activo.

El resultado del diseño de un buen plan de mantenimiento preventivo está enfocado a disminuir seriamente los costos asociados a mantenimiento, poder implementar en un futuro dichas rutinas de inspección y mantenimiento preventivo con el apoyo de la gerencia y permitir a la empresa Masser s.a.s poder arrancar a medir la disponibilidad de sus equipos y buscar mes a mes mejorar las eficiencias en términos operacionales y financieros.

*Monografía de grado

**Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Rafael Lasprilla Fawcett

ABSTRACT

TITLE:

DESIGN LOCATIVE PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN BASED ON CRITICITY ANALYSIS, WITH THE PURPOSE OF DECREASING THE ANNUAL EXPENDITURE IN THE SERVICE STATIONS AND CONVENIENCE STORES OPERATED BY MASSER S.A.S

AUTHOR:

EDINSON MARQUEZ ESPINOSA**

KEYWORDS:

CRITICAL ANALYSIS, SERVICE STATION, CONVENIENCE STORE, PREVENTIVE MAINTENANCE, LOCATIVE, SPENDING, MASSER.

CONTENTS:

This monograph shows the design of a locative preventive maintenance plan based on critical analysis, with the objective of reducing annual maintenance expenses for service stations and convenience stores operated by Masser s.a.s.

The design of this maintenance plan is supported by the historical expenses incurred by Masser s.a.s in the last 3 years by operations area. That serve to have an overview of the current situation of corrective maintenance, identifying the area that has spent the most in 2018 we proceed to identify the number of failures year, with these 2 variables we can identify which system should be applied critical analysis methodology and the non-critical systems we generate periodic routines.

With the implementation of the aforementioned methodology allowed us to give visibility of the most critical components of a system and that another system over time will become critical to be controlled the current situation of locative maintenance for service stations and convenience stores. Once the previous analysis is ready, we go into the respective failure modes of the most critical component and taking into account the consultations made to the manufacturers, the correct frequencies of the maintenance routines are established and thus prolong the useful life of the asset.

The result of the design of a good preventive maintenance plan is focused on seriously reducing the costs associated with maintenance, being able to implement such inspection and preventive maintenance routines in the future with the support of management and allowing the Masser company to start up measure the availability of their equipment and look month by month to improve the efficiencies in operational and financial terms.

*Monograph

**Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization.
Director Rafael Lasprilla Fawcett

INTRODUCCIÓN

En un mundo moderno y competitivo las empresas buscan año tras año optimización de procesos y disminución de costos operativos, la empresa Masser s.a.s que opera estaciones de servicio y tiendas de conveniencia de Terpel está en este camino de generar eficiencias operacionales año tras año dentro de todas sus áreas.

El área de operaciones alineadas a esta estrategia está comprometida con alcanzar el objetivo de disminución de costos anuales, siempre velando por el cumplimiento de los pilares fundamentales de la estrategia de Terpel: El mejor servicio, la mejor infraestructura y el mejor precio. Teniendo en cuenta lo anterior Mantenimiento se ubica en el segundo pilar “La mejor Infraestructura”.

Masser ejecuta actividades de mantenimiento correctivo locativo esto incrementa sus gastos anuales, basado en esto nace la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento preventivo enfocado a los equipos que afectan la operación de las EDS y TDC, es allí donde la herramienta de análisis de criticidad cubre todas las necesidades del objeto de este trabajo de grado.

Con la herramienta de análisis de criticidad se podrán establecer las rutinas adecuadas a los equipos para mejorar los indicadores de fallas y así generar las eficiencias operacionales esperadas.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 MARCO CONTEXTUAL

1.2 QUIENES SOMOS

Figura 1. Logo Masser



Fuente: www.masser.com.co febrero de 2019

Pertenecemos al grupo de empresas de la Organización Terpel y nos encargamos de la gestión integral de Estaciones de Servicio (EDS) y Tiendas de Conveniencia (TDC) de la marca Altoque bajo el modelo de franquicia.

Somos el mejor aliado de Terpel en los negocios que gestionamos para conquistar a los colombianos a través de nuestra pasión por el servicio.

1.2.1 Historia. Operaciones y Servicios de Combustibles S.A.S. fue creado en 2012 con el gran reto de implementar la estrategia de Terpel en las estaciones de servicio (EDS), bajo un concepto de eficiencia e innovación en la forma de operar los negocios.

En 2013 las ventas de Operaciones y Servicios de Combustibles S.A.S. superaron los 200 millones de galones de combustibles, que representaron ingresos operacionales cercano Operaciones y Servicios de Combustibles S.A.S. se capitaliza para fortalecerse patrimonialmente en el desarrollo de la comercialización y distribución minorista de combustibles, a través de estaciones propias y afiliadas a la red Terpel a \$1,3 billones de pesos colombianos.

En 2014 Operaciones y Servicios de Combustibles S.A.S. se capitaliza para fortalecerse patrimonialmente en el desarrollo de la comercialización y distribución

minorista de combustibles, a través de estaciones propias y afiliadas a la red Terpel.

En 2015 Se asume la gestión integral de las tiendas de conveniencia (TDC) de la marca Altoque, para darle una dinámica más acelerada al crecimiento de sus ventas, bajo un concepto de eficacia en la operación.

En 2016 Operaciones y Servicios de Combustibles S.A.S. acoge como siglas MASSER S.A.S. que denota más servicio y cercanía con el cliente.

En 2017 se capitalizó MASSER S.A.S. para fortalecerse patrimonialmente de cara al crecimiento y expansión de las tiendas de conveniencia (TDC) de la marca Altoque, que finalizaron el año con 40 tiendas a nivel nacional.

1.2.2 Misión. Somos el aliado estratégico de Terpel que genera valor a sus marcas, a través de una operación eficiente y un servicio memorable; cuyas premisas para alcanzar este propósito son: el control de los recursos, la agilidad en la toma de decisiones y la cercanía con el cliente.

1.2.3 Visión. En el 2020, con un equipo altamente comprometido y efectivo, seremos líderes en la operación de Estaciones de Servicio de la marca Terpel y Tiendas de Conveniencia de la marca Altoque en Colombia; reconocidos por implementar de manera impecable la estrategia, generando experiencias memorables a través del servicio a nuestros clientes

1.2.4 Productos y servicios.

Estaciones de servicio:

Figura 2. Estación de servicio



Fuente: www.massar.com.co febrero de 2019

En nuestras estaciones de servicio además de tanquear ofrecemos experiencias memorables a nuestros consumidores, teniendo presente que el cliente es el centro de nuestra estrategia. Contamos con baños impecables, renovados e iluminados para hombres y mujeres. Así mismo, en nuestras estaciones de carretera tenemos duchas para adultos y baños para niños con tinas y cambiadores.

Tenemos una infraestructura moderna y bien iluminada que genera confianza, amplias zonas verdes y jardines bien mantenidos, procurando el cuidado del medio ambiente. Nuestras áreas se encuentran señalizadas y aseadas. Nuestro producto cumple con los más altos estándares de calidad para cuidar los vehículos de la mejor manera y brindarles a los clientes la confianza que necesitan. Así mismo, nuestro personal está capacitado para aplicar fielmente el protocolo de servicio.

Nuestras estaciones de gas están perfectamente acondicionadas para ser un proveedor seguro y confiable.

Tiendas de conveniencia:

Figura 3. Tienda de conveniencia



Fuente: www.massser.com.co febrero de 2019

Están ubicadas en estaciones de servicio Terpel. Son más de 40 puntos de venta, distribuidos en formatos de carretera y ciudad. Abierto todos los días, las 24 horas. Ofrecen un amplio portafolio de productos y servicios, entre ellos: comidas preparadas, snacks, bebidas, servicio de wi-fi, cajero automático y cómodos parqueaderos. Nuestras tiendas ofrecen un espacio moderno, fresco, bien iluminado y climatizado para brindar confort a los clientes.

Autolavado Ziclos:

Figura 4. Autolavado Ziclos



Fuente: www.massser.com.co febrero de 2019

Es el servicio innovador que permite a nuestro cliente lavar su carro en tan solo tres minutos y medio, mientras disfruta de su música preferida. La tecnología, innovación, calidad y rapidez, son las variables que nos permiten ofrecer el mejor autolavado del país. Contamos con un moderno sistema de lavado a presión con agua desmineralizada, que no deja residuos ni manchas y ayuda ahorrar tiempo.

Actualmente operamos 7 Ziclos distribuidos en las ciudades de Cali, Duitama, Barranquilla, Bogotá y el municipio de Yopal, seguro que te estamos esperando para que dejes impecables tu vehículo.

Centros de lubricación:

Figura 5. Centro de lubricación



Fuente: www.masser.com.co

febrero de 2019

Son puntos especializados de venta en el cambio de aceite, filtros y revisión de niveles. Ofrecemos lubricantes fabricados con la más alta tecnología para las condiciones colombianas. Nuestros centros de lubricación cuentan con personal calificado que le aconseja al cliente el lubricante que se ajusta a las necesidades de su vehículo, según: tipo de usuario, motor, kilómetros del motor y grado de viscosidad del lubricante.

Actualmente operamos 15 CDL ubicados en todo el territorio nacional, en los formatos Masterlub, Lubriplus y Standar, con un alto nivel de calidad y servicio.

Kioscos Deuna:

Figura 6. Kiosco Deuna



Fuente: www.masser.com.co

febrero de 2019

Los kioscos Deuna son espacios en las Estaciones de Servicio Terpel, diseñados para que nuestros clientes accedan a una amplia variedad de bebidas y snacks mientras tanquean sus vehículos, servicio que hace que su visita a una estación se convierta en toda una experiencia.

Comercializador industrial:

Figura 7. Carro tanque de CI



Fuente: www.masser.com.co

febrero de 2019

En Masser S.A.S. estamos certificados y autorizados por el Ministerio de Minas y Energía para ser comercializadores industriales a Nivel Nacional. Esto nos permite atender el segmento comercial, industrial y agrícola que consuman hasta veinte mil galones al mes por instalación. Nuestra organización maneja altos estándares de control de calidad y cantidad del combustible, lo cual genera toda la confianza como proveedor de combustibles en la instalación fija que el cliente requiera abastecer.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los altos costos de los mantenimientos correctivos locativos en estaciones de servicio y tiendas de conveniencia operadas por Masser s.a.s afectan el PYG de los puntos de venta conllevando a una sobre ejecución de gastos y aumentando el costo de mantenimiento anual.

Masser s.a.s es una empresa que nace de Terpel y su función principal es operar las estaciones de servicio y tiendas de conveniencia a nivel nacional. La infraestructura entregada por Terpel debe ser mantenida periódicamente por el operador de la estación de servicio o tienda de conveniencia, logrando así conservarla en las mejores condiciones de imagen; Masser al no poseer un plan de mantenimiento preventivo implementado se encuentra ejecutando solo mantenimientos correctivos lo cuales aumentan los costos de mantenimiento anual.

Masser realiza las siguientes actividades correctivas en las estaciones de servicio y tiendas de conveniencia:

- Reparación sistemas de iluminación.
- Reparación instalaciones hidrosanitarias.
- Reparación sistemas hidroneumáticos.
- Reparación instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Reparación mobiliario.
- Reparación cielo rasos y techos.
- Reparación puertas de vidrio, metálicas y de madera.
- Reparación cerrajería y carpintería.
- Reparación aires acondicionados administrativos.
- Pintura de superficies.
- Reparación compresores de aire.
- Reparación aspiradora.

Los ítems anteriormente mencionados no afectan directamente la operación de las estaciones de servicio, sin embargo, en el negocio de tiendas de conveniencia existen actividades locativas que impactan directamente la operación, adicional a esto afectan la imagen de Terpel y la marca Altoque. Al no tener rutinas de mantenimiento programado, no se realizan inspecciones periódicas programadas y por la cantidad de emergencias presentadas diariamente no es posible realizar análisis causa raíz de las fallas y detectar cuáles son los equipos críticos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General. Diseñar el plan de mantenimiento preventivo locativo basado en análisis de criticidad, con el propósito de disminuir el gasto anual en las estaciones de servicio y tiendas de conveniencia operadas por Masser s.a.s.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las actividades de mayor costo al año en mantenimiento correctivo.
- Diseñar las rutinas de mantenimiento preventivo locativo basado en análisis de criticidad para estaciones de servicio y tiendas de conveniencia operadas por Masser.
- Proponer el cronograma de mantenimiento preventivo locativo del 2019.

1.5 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La venta en las estaciones de servicio y tiendas de conveniencia de la Organización Terpel está pautaada bajo un negocio que funciona las 24 Horas los 7 días de la semana, por tal motivo una compañía como Masser quien opera 37 tiendas de conveniencia y 148 estaciones de servicio a nivel nacional debe generar estrategias que aseguren el cumplimiento de los tres pilares fundamentales de Terpel: el mejor precio, el mejor servicio y la mejor infraestructura.

Hoy día no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo definido, por lo tanto, la mayoría de las actividades ejecutadas son correctivas aumentando así los costos de mantenimiento. Se deben definir cuáles son los equipos críticos, cuáles son las fallas comunes y las rutinas de mantenimiento de todas las áreas en las que interviene Masser, para así garantizar que los activos entregados por Terpel perduren en el tiempo, cumpliendo los estándares de imagen y funcionamiento de los equipos.

El presente trabajo pretende diseñar un plan de mantenimiento preventivo locativo basado en el análisis de criticidad que apunte a reducir seriamente los costos que hoy se generan por mantenimientos correctivos asociados a la operación y así lograr disminuir el gasto de mantenimiento anual, sin afectar la imagen de la marca Terpel/Altoque.

2. MARCO TEORICO

¿Qué es mantenimiento?

“Conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (Buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”.¹

Las empresas generadoras de bienes y/o servicios que utilizan instalaciones, edificios, máquinas, equipos, herramientas, utensilios, dispositivos, etc. para lograr su objetivo social necesitan que estos activos se mantengan en un estado de funcionamiento, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad adecuados a sus necesidades, al procurar que su vida útil sea la máxima posible al mínimo costo; lo que se logra a través del mantenimiento, el cual actúa como una entidad de servicio a la producción. La forma de maximizar la eficacia, la eficiencia, la efectividad y la productividad de los activos, es mediante el conocimiento y aplicación de las leyes que gobiernan la relación entre producción y mantenimiento.²

En el diseño de un plan de mantenimiento se debe tener claridad en que aspectos se está fallando, para esto es necesario buscar herramientas que evidencien debilidades y permitan enfocar las posibles soluciones. Casallas³ muestra cómo se puede iniciar desde cero un plan de mantenimiento con un plan de auditoria en este se identifica el número de equipos de la empresa, su criticidad, su número de fallas mes, su eficiencia y construcción de las hojas de vidas de los equipos.

Al poner en evidencia la deficiencia de indicadores de mantenimiento, trazabilidad de la efectividad del mantenimiento, el evolutivo de los costos de mantenimiento indica la necesidad de contar con un software de mantenimiento para poder darle el buen uso a esta información y poder contar con la base para iniciar mediciones en todos los campos de mantenimiento.

Es importante al realizar cualquier análisis de falla, la evaluación de los distintos patrones de falla, estos patrones de falla son las razones por las que falla un componente, es decir desgaste, golpes, falta de lubricación y/o mala operación. El termino falla debe ser tenido en cuenta de manera general en el ámbito de

¹ GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento, Madrid Diaz de santos S.A 2003.

² MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales o de servicios. Medellín: AMG. 2005.

³ CASALLAS CASTELLANOS, Alexander, Modelo gerencial de mantenimiento para edificios, UIS, Trabajo de grado, 2004.

mantenimiento, como se menciona en el trabajo de grado de Fuentes y Mieles⁴ no solo nos indica paradas sino ineficiencias, inseguridad, aumento de costos operativos, niveles de rechazo e incluso mala imagen.

Otra estrategia de mantenimiento es el análisis de criticidad, este busca una jerarquización entre sistemas, equipos, instalaciones y elementos de un equipo; analizando los impactos a la empresa y sus consecuencias. En este análisis se obtiene una lista la cual va clasificada y ordenada según su prioridad, con esta prioridad se pueden generar las estrategias para realizar el análisis efectivo de costos, su resultado final una gran confiabilidad operacional al menor costo posible.

En nuestro plan de trabajo iniciaremos enfocaremos a reducir las fallas imprevistas que ocasionan que la mayor recurrencia en mantenimientos correctivos para estaciones de servicio y tiendas de conveniencia marca Terpel/Altoque, para esto es necesario desarrollar acciones de predicción y prevención de fallas, utilizando técnicas y metodologías de las acciones establecidas en programas de mantenimiento, se deberá establecer un análisis de los registros de fallas existentes para diferenciar las actividades antes y después de la falla.

El diseño del plan de mantenimiento mostrara como resultado las técnicas y tecnologías que se deberán implementar tales como; rutinas de inspecciones, planes preventivos, mediciones técnicas, valoración de condición de estados de los equipos, ensayos no destructivos, registro de datos técnicos, monitoreo de equipos, reposición de equipos antes que entren en modo de falla, control de vida útil de los elementos, esto con el fin de realizar un control operacional en el servicio y mantener puesta a punto e imagen de nuestra red de estaciones de servicio y tiendas de conveniencia Terpel/Altoque.

⁴ FUENTES FIGUEROA, Franklin Alfredo, RAMIREZ MIELES, Gerardo: Diseño de un programa de mantenimiento para los sistemas de automatización, seguridad y componentes sostenibles del edificio E3T de la UIS, UIS, Trabajo de grado, 2015.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO

El enfoque sistémico kantiano plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que cualquier sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno.

La participación de las personas en cualquier sistema es fundamental, dado que son éstas las que hacen que el sistema exista y son las que le dan el valor contextual de realidad entendida en forma mental. Indudablemente el mantenimiento es un sistema mental construido intelectualmente por el ser humano que se basa en el estudio de los equipos y su comportamiento industrial en el tiempo.

El segundo elemento de un sistema kantiano son los artefactos, en el caso particular del mantenimiento, constituyen el conjunto de máquinas, componentes, sistemas de producción, herramientas, utensilios, líneas de fabricación, documentos como órdenes de trabajo o historia de los equipos, aparatos, materias primas, insumos, repuestos, sistemas de información, entre otros; los cuales son los elementos reales requeridos para hacer el mantenimiento.

El tercer componente de un sistema kantiano es el entorno, es de carácter mental o intelectual y son todos aquellos sitios en que se desenvuelve la naturaleza del sistema, es donde se encuentran las máquinas que hacen posible la producción de bienes reales o de servicio.

Figura 8. Componentes del enfoque Kantiano



Fuente: MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales o de servicios. Medellín: AMG. 2005.

El enfoque kantiano permite visualizar y probar la existencia de relaciones entre diferentes elementos de un sistema real o mental, para el caso del mantenimiento se reconoce la existencia de diferentes elementos que se entrelazan; entre ellos se pueden describir las personas: en forma directa los usuarios o explotadores de los equipos de fabricación, los productores y los que preservan el activo o máquina denominados mantenedores; en cuanto a los artefactos se incluyen todos los equipos o elementos productivos.

El modelo de la teoría de sistemas define a los departamentos de las empresas como módulos administrativos independientes (mantenimiento, producción, etc.), a los cuales los denomina unidades, y estos a su vez conforman un sistema, con metas propias individuales y comunes al sistema (empresa). Un sistema es un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas. Las unidades a su vez se pueden considerar como elementos de un sistema cuando se encuentran relacionados entre sí por alguna forma de interacción o interdependencia.

Los objetivos específicos para una unidad buscan generalmente los mayores beneficios, al maximizar las utilidades y minimizar los posibles desperdicios, mediante la utilización adecuada de los recursos disponibles. Al aplicar el concepto al departamento de mantenimiento se resume en: la prestación de un buen servicio para las instalaciones y el equipo y así reducir al mínimo las paradas imprevistas de máquinas por fallas; al hacer más eficaz el empleo de dichos elementos y de los recursos humanos, con el menor costo posible.

3.1.1 Unidad de Producción. Al aplicar el enfoque kantiano a un sistema básico de producción, se podrían reconocer tres elementos: productores (Personas), fábricas (Entorno) y máquinas (Artefactos); los cuales interactúan y permiten la elaboración industrial de bienes y/o servicios. La función propia de un sistema de producción es lograr la agregación de valor, a partir de tres acciones básicas: transformación, transporte o almacenamiento; ellas pueden estar presentes en forma combinada, es difícil encontrarlas puras en los procesos industriales; por ejemplo en la generación hidráulica de energía eléctrica se puede pensar que la acción fundamental es transformar, más sin embargo es necesario almacenar y transportar la energía como parte de la acción de producción energética; en el caso de una fábrica textil se entiende que la acción más relevante es transformar pero, igual que la anterior requiere de almacenamiento y transporte para ser completada la elaboración de textiles o derivados; en una notarí básicamente se almacena información pero exige la transformación y el transporte de esta para ser utilizada por los ciudadanos; en un sistema de transporte de mercancías en forma simultánea al transportar se desarrolla la acción de almacenamiento.

Figura 9. Sistema empresarial o de servicio en la unidad de producción



Fuente: MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales o de servicios. Medellín: AMG. 2005

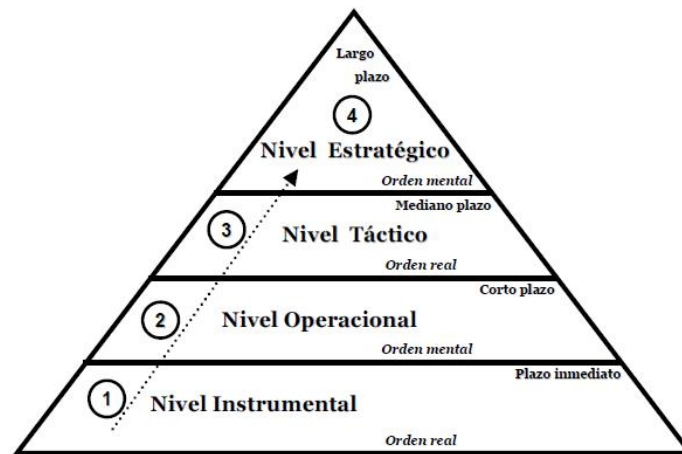
3.1.2 Unidad de Mantenimiento. El enfoque sistémico puro de mantenimiento admite el reconocimiento de tres elementos fundamentales: mantenedores (Personas), máquinas o equipos industriales o de operación (Artefactos) y sitios físicos donde se prestan los servicios de mantenimiento (Entorno). Para poder hallar la función básica de un sistema de mantenimiento es posible utilizar la definición de ingeniería que se describe en la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones de la Oficina Internacional del Trabajo, donde enuncia que algunas de las funciones de los arquitectos, ingenieros y afines son: construcción, reparación y mantenimiento de edificios, obras públicas, etc. y en especial de aplicaciones industriales como máquinas y equipos, entre otras; entendiéndose de este postulado que el mantenimiento es una ciencia que se aplica en elementos, máquinas o sistemas productivos generados por el ser humano, donde su fin es preservar los equipos industriales mediante su construcción, reparación o mantenimiento.

El mantenimiento y la reparación son partes esenciales del objeto de estudio en ingeniería de fábricas, entendiéndose la función de mantenimiento dependiente del ciclo de vida de las máquinas en sus tres etapas (mantenimiento, reparación o sustitución) y la función de reparación como una especie de mantenimiento especializado en un estado de uso (o abuso) más avanzado del equipo, es decir con una mantenibilidad más reducida.

Ahora, si se encuentran los elementos comunes entre las unidades de producción y mantenimiento, se enfoca un sistema más macro, más integral perteneciente a ingeniería de fábricas que contiene ambas divisiones de ingeniería: la de operación y la de sostenimiento.

3.1.3 Niveles del mantenimiento. En el libro Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios plantea 4 niveles o categorías al jerarquizar las diferentes temáticas del mantenimiento

Figura 10. Niveles y categorías del mantenimiento bajo enfoque sistémico



Fuente: MORA GUTIERRÉZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales o de servicios. Medellín: AMG. 2005

- Instrumental (Funciones y Acciones)

El nivel instrumental abarca todos los elementos reales requeridos para que exista mantenimiento en las empresas, procura el manejo sistémico de toda la información construida, requerida en un sistema de mantenimiento en lo referente a las relaciones entre Personas, Recursos Productivos y Máquinas; pertenecen a este grupo todos los registros, documentos, historia, información, codificación, entre otros; en general todo lo que identifica a los equipos, a los recursos de Aprovisionamiento Operación Distribución y de mantenimiento; la administración de la información y su tratamiento estadístico; la estructura organizacional de los tres elementos descritos de un sistema de mantenimiento.

El nivel instrumental comprende todos los elementos necesarios para que exista un sistema de gestión y operación de mantenimiento, incluye: la información, las máquinas, las herramientas, los repuestos, los utensilios, las materias primas e insumos propios de mantenimiento, las técnicas, los registros históricos de fallas y reparaciones, las inversiones, los inventarios, las refacciones, las modificaciones, los trabajadores, las personas, el entrenamiento y la capacitación de los funcionarios, entre otros. Se pueden encontrar diferentes niveles dentro de esta categoría en cuanto a instrumentos: básicos, avanzados genéricos y específicos, como también específicos de orden técnico. En general abarca todos los

elementos físicos y mentales que requieren las Personas para poder realizar las acciones concretas de mantenimiento sobre los elementos o máquinas.

- Operacional (Acciones mentales)

El nivel operacional comprende todas las posibles acciones a realizar en el mantenimiento de equipos por parte del oferente, a partir de las necesidades y deseos de los demandantes. Acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas.

- Táctico (Conjunto de Acciones Reales)

El nivel táctico contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico (un equipo o conjunto de ellos), es el grupo de tareas de mantenimiento que realizan con el objetivo de alcanzar un fin; al seguir las normas y reglas para ello establecido. Aparecen en este nivel el TPM, RCM, TPM & RCM combinadas, reactiva, proactiva, clase mundial, RCM Scorecard, entre otros ⁵.

- Estratégico (Conjunto de Funciones y Acciones mentales)

El campo estratégico está compuesto por las metodologías que se desarrollan con el fin de evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas; esto implica el establecimiento de índices, rendimientos e indicadores que permitan medir el caso particular con otros de diferentes industrias Locales, nacionales o internacionales. Es la guía que permite alcanzar el grado de éxito propuesto.

3.2 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizar a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. Como los equipos e instalaciones no se pueden mantener en buen funcionamiento por sí mismos, debe organizarse un grupo de personas para que se encargue de estos y se constituya así una organización de mantenimiento:

El mantenimiento debe tener en cuenta los siguientes factores:

⁵ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales o de servicios. Medellín: AMG. 2005.

- Minimizar los costos de parada del equipo por daños y reparaciones
- Maximizar la utilización del capital invertido en instalaciones y equipos aumentando su vida útil.
- Minimizar los costos de operación y mantenimiento, para aumentar los beneficios de la actividad industrial
- Garantizar la seguridad industrial.⁶

3.2.1 Mantenimiento Preventivo. El mantenimiento preventivo es una técnica científica del trabajo industrial, que en especial está dirigida al soporte de las actividades de producción y en general a todas las instalaciones empresarias. El mantenimiento preventivo es, además, aquel que incluye las siguientes actividades:

1. Inspección periódica de activos y del equipo de la planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción, o depreciación perjudicial.
2. Conservar la planta para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos, cuando se encuentren aun en una etapa incipiente.⁷

El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por; usuarios, operadores, y mantenimiento. Para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos. Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

El mantenimiento preventivo puede variar de simples rutas de lubricación o inspección hasta el más complejo sistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación de los equipos. Se necesita obtener información real del estado de las máquinas, equipos e instalaciones y en algunos casos se requerirá de inversiones para llevarles a condiciones básicas de funcionamiento.

⁶ CASALLAS CASTELLANOS, Alexander, Modelo gerencial de mantenimiento para edificios, UIS, Trabajo de grado, 2004.

⁷ Mantenimiento preventivo, Disponible en internet http://www.bdigital.unal.edu.co/794/3/163_-2_Capi_1.pdf

3.2.2 Pasos para un efectivo mantenimiento preventivo

- Los equipos que incluya en el programa de mantenimiento preventivo deben de estar en el listado de equipos.
- Se requiere de una tabla de criterios (frecuencias de mantenimiento preventivo). Esta tabla le indicara al sistema con qué frecuencia debe de generar las órdenes de trabajo, así como el establecimiento de otros parámetros para su programa.
- La planeación y el uso de materiales y refacciones en los registros del mantenimiento preventivo por máquina, requiere para ello ingresar con anticipación los artículos de inventario.
- Debe tener procedimientos detallados o listados de rutinas, listos en el sistema o en algún procesador que facilite su control.
- Tabla de frecuencias de mantenimiento preventivo. Una vez que ha seleccionado la maquinaria y equipo que será incluido en su plan de mantenimiento preventivo, necesitará determinar qué frecuencia va a utilizar en cada orden de trabajo que se ha de emitir.⁸

3.2.3 Mantenimiento correctivo. Es la metodología de atender el equipo cuando la falla ha ocurrido y afecte la regularidad de los procesos de la empresa, es indispensable corregir todos los componentes fallidos en el proceso. Esta clase de mantenimiento es justificada por encima de otras cuando los costos de mantenimientos son bajos y su reparación se realiza en un tiempo corto, adicionalmente como se ha mencionado es aplicable a equipos que no llegan a ser imprescindibles en la línea de producción.

El mantenimiento correctivo presenta la ventaja de la rapidez con la que se atiende pues se trata de una situación de emergencia; pero presenta dificultad en determinar el tiempo en el que el equipo estará averiado, lo cual genera riesgos financieros por que se incumple con las tareas asignadas al proceso del equipo y no se tendrá certeza sobre la calidad de los productos después de que ocurra el fallo.⁹

⁸ Mantenimiento preventivo, Disponible en internet: <http://www.ingelsur.com/servicios-ingelsur/mantenimiento-preventivo.html>

⁹ ESTUPIÑAN CEPEDA, Félix, VILLAMIL SANCHEZ, Joaquín; Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa americana de suelos, UIS, Trabajo de grado, 2016

El mantenimiento correctivo muchas veces es inevitable, así se haya implantado un programa de mantenimiento preventivo, ya que en cualquier momento se pueden presentar fallas que no fueron previstas.

El correctivo está encaminado a corregir fallas que se presenten en determinado momento; en este tipo de mantenimiento el equipo es quien determina las paradas, su función primordial es poner en marcha la maquinaria lo más rápido y con el mínimo costo posible. Las etapas a seguir cuando se presenta un problema de mantenimiento correctivo son:

- Identificar el problema y sus causas.
- Estudiar diferentes alternativas para su reparación.
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la optima
- Planear la separación de acuerdo con personal y equipos disponibles.
- Supervisar las actividades a desarrollar.
- Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personal y repuesta de la labor realizada, así como las diferentes observaciones al respecto.

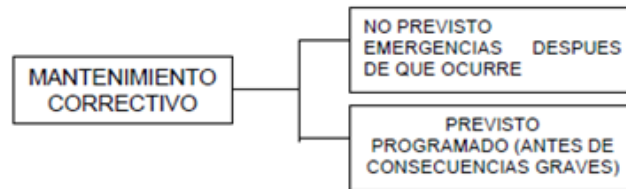
Las desventajas que tiene el mantenimiento correctivo son:

- Mayor requerimiento de personal en las reparaciones.
- Costos de reparación son mayores.
- Existen paros intempestivos.
- Mayor tiempo de reparación.
- Disminuye la calidad del servicio.
- Los equipos pueden sufrir daños irreparables.
- Causa problemas ambientales o de seguridad.
- Desperdicia energía.
- Requiere reparaciones frecuentes.
- Ocasiona malestar en el personal.
- Es difícil hablar de gestión de mantenimiento.

Sin embargo, el mantenimiento correctivo no es solo esperar a que un equipo tenga una falla para iniciar la reparación, ya que siempre el mantenimiento termina en correctivo (Figura 12)¹⁰.

¹⁰ CASALLAS CASTELLANOS, Alexander, Modelo gerencial de mantenimiento para edificios,

Figura 11. Mantenimiento Correctivo



Fuente: MORA GUTIERRÉZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales o de servicios. Medellín: AMG. 2005

3.2.4 Análisis de criticidad. Es una metodología para mejorar la confiabilidad permitiendo establecer la jerarquía o prioridades de:

- Instalaciones
- Sistemas
- Equipos
- Dispositivos

Usando una figura de mérito llamada "Criticidad"; que es proporcional al "Riesgo" creando una estructura que facilita la toma de decisiones y el direccionamiento del esfuerzo y los recursos hacia las áreas, de acuerdo a su impacto en el negocio.

Métodos de jerarquización:

- Cualitativo
- Semi-cuantitativo
- Cuantitativo

3.2.5 Análisis de causa raíz. Cuando ocurre una falla, ésta se percibe a través de ciertas manifestaciones o síntomas, no así la causa de falla. Esto lleva en muchas oportunidades a actuar sobre las consecuencias y no sobre la raíz del problema, de modo que la falla vuelve a repetirse una y otra vez.

A mayor complejidad del sistema, habrá mayor dificultad en localizar el origen o raíz de la falla. Identificar la causa raíz es fundamental, pero sólo de por sí, no resuelve el problema, para ello habrá que estudiar distintas acciones correctivas.

El Análisis de Causa Raíz es una herramienta utilizada para identificar causa de falla, de manera de evitar sus consecuencias. Un análisis más profundo es mejor para ayudar a comprender los eventos y mecanismos que actuaron como raíz del problema, los cuales se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Análisis de falla de componentes (CFA), la cual implica el estudio de las piezas dañadas.
- Investigación de Causa de Raíz (RCI), ésta herramienta incluye a la anterior, e investiga las causas físicas.
- Análisis de Causa Raíz (RCA), ésta herramienta incluye a los dos anteriores, y estudia además el error humano.

Para realizar el Análisis de Causa Raíz a fondo, se debe ir más allá de los componentes físicos de la falla o raíces físicas y analizar las acciones humanas o raíces humanas que desataron la cadena causa –efecto que llevó a la causa física, lo cual implica analizar por qué hicieron eso, si debido a procedimientos incorrectos, a especificaciones equivocadas o a falta de capacitación, lo cual puede sacar a la luz raíces latentes, es decir deficiencias en el gerenciamiento, que de no corregirse, pueden hacer que la falla se repita nuevamente.¹¹

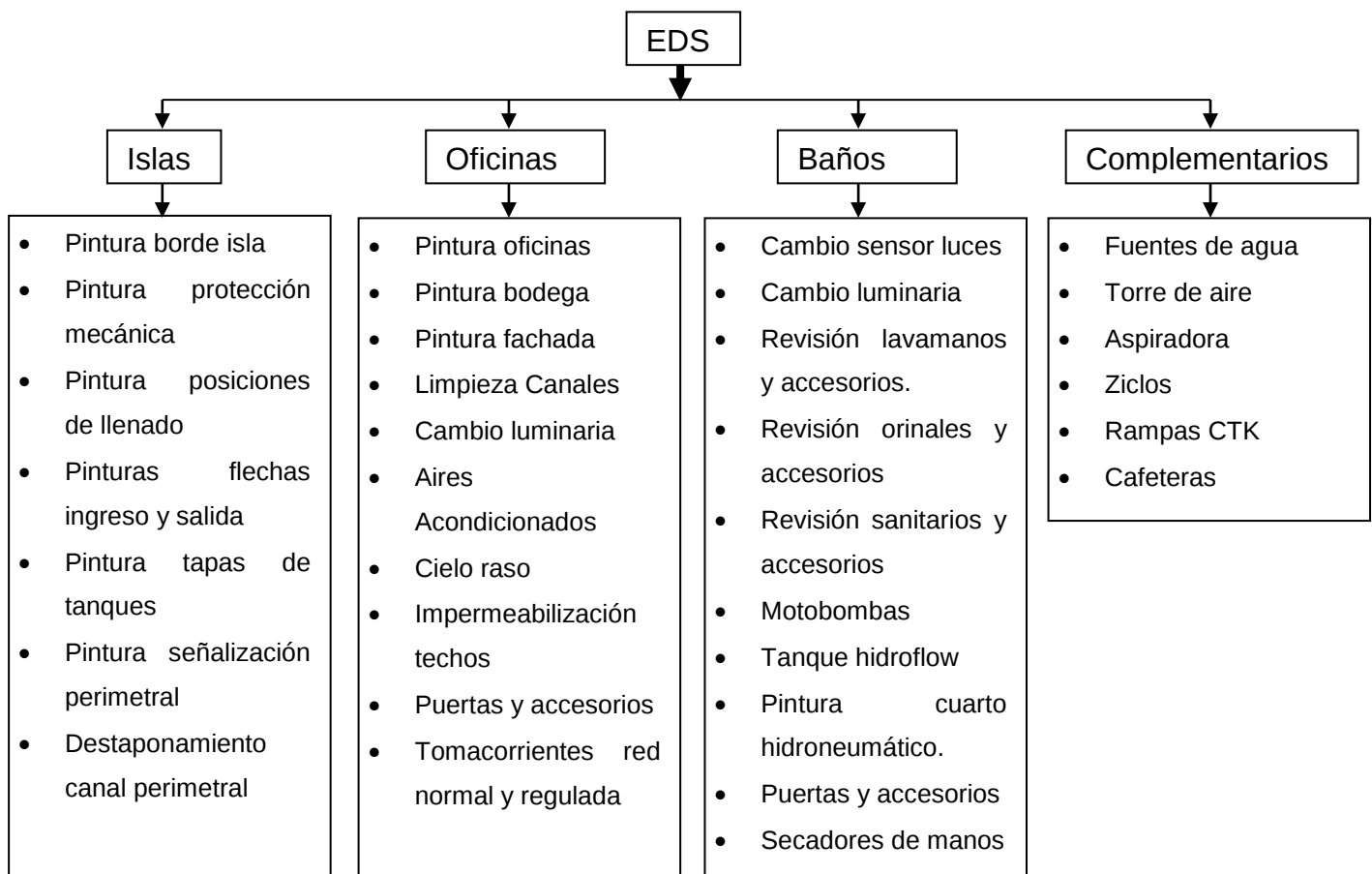
¹¹ ALTMAN, Carolina, El análisis de causa raíz como herramienta en la mejora de la confiabilidad, Disponible en internet: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/causaraizaltmann.pdf>

4. RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION

4.1 ACTIVIDADES EDS Y TDC

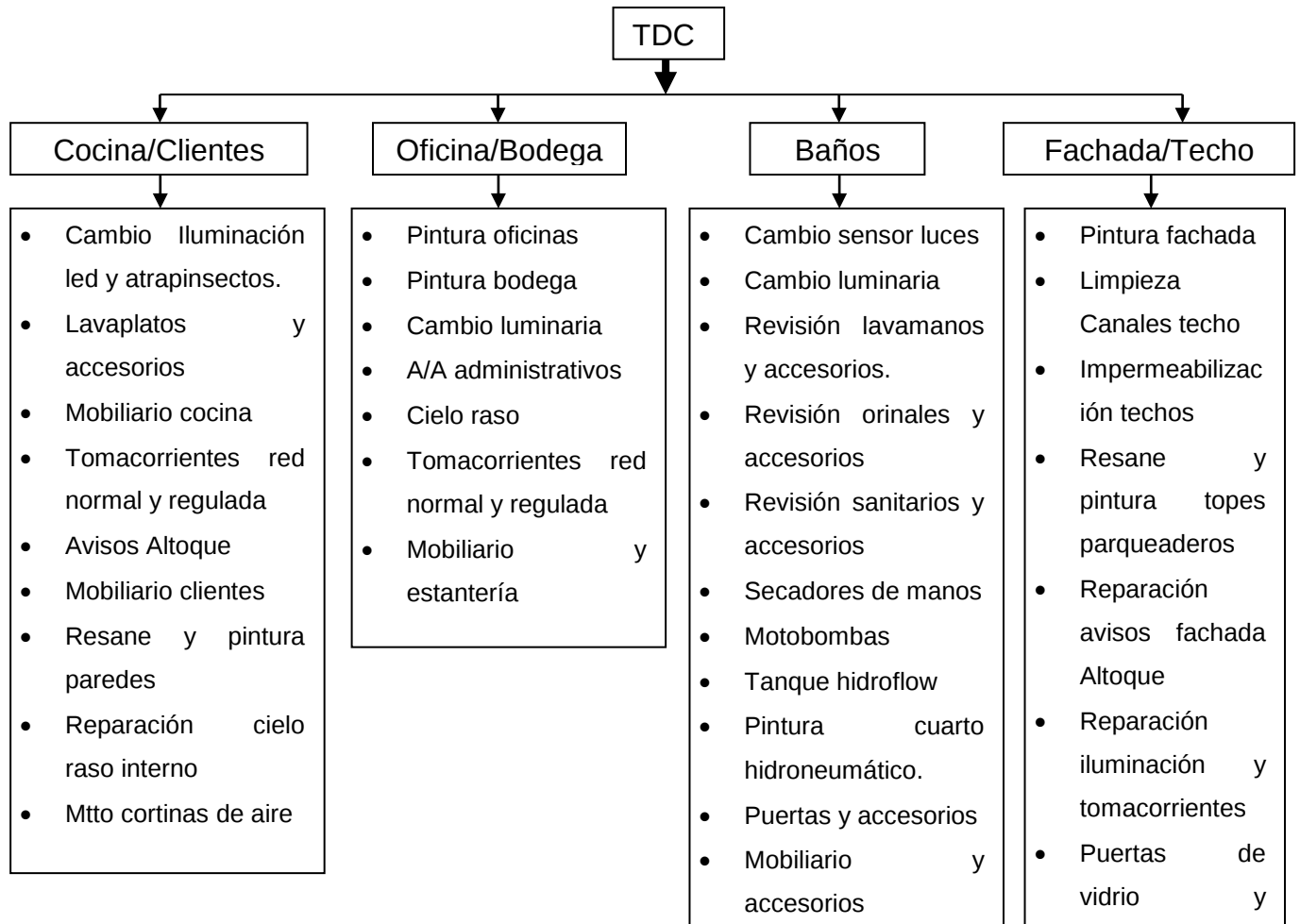
A continuación, se mencionan las actividades que se ejecutan tanto en las EDS como en las TDC para conocimiento de la distribución de actividades en las diferentes áreas de los negocios operados por Masser y hacia donde está enfocado el trabajo de grado.

Figura 12. Actividades mantenimiento EDS



Fuente: El autor

Figura 13. Actividades mantenimiento TDC



Fuente: El autor

4.1.1 Histórico de gastos. Para poder determinar cuáles son los equipos críticos para mantenimiento, primero debemos investigar cómo ha sido el evolutivo del gasto en esta área para la empresa Masser en los últimos años e identificar para el año 2018 cuales zonas o rubros han generado mayor gasto y así determinar cuáles equipos o actividades lideran el gasto.

A continuación, se presenta en la tabla 1 el histórico de gasto en mantenimiento locativo de los últimos 3 años distribuidos por negocio (EDS o TDC).

Tabla 1. Histórico de gasto por negocio

Año	EDS	TDC
2016	\$526MM	\$82MM
2017	\$711MM	\$842MM
2018	\$387MM	\$286MM

Fuente: El autor

Tabla 2. Mayor gasto EDS 2018

Baños	157.326.501
Oficina	112.165.130
Zona de Circulación	63.658.985
Zona de Islas	21.777.641

Fuente: El autor

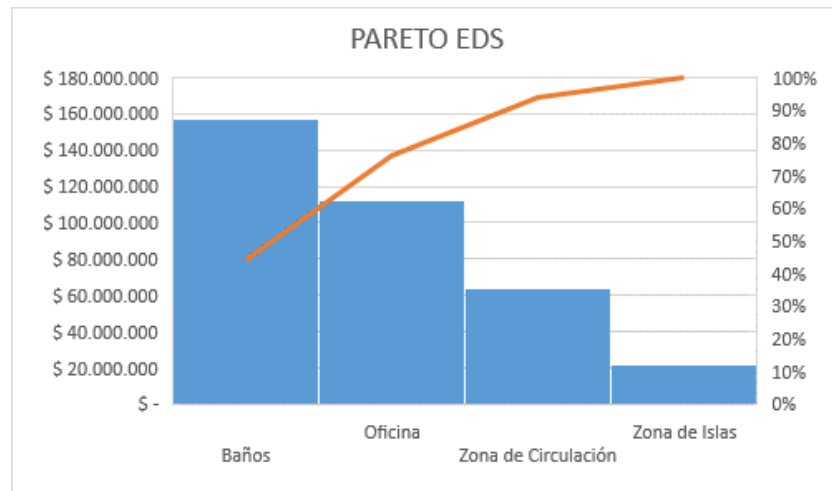
Tabla 3. Mayor Gasto TDC 2018

Baños	125.380.124
Zona de Comedor	97.977.994
Cocina	36.792.901
Oficina	34.949.822
Cámaras	34.205.620
Avisos	27.544.753

Fuente: El autor

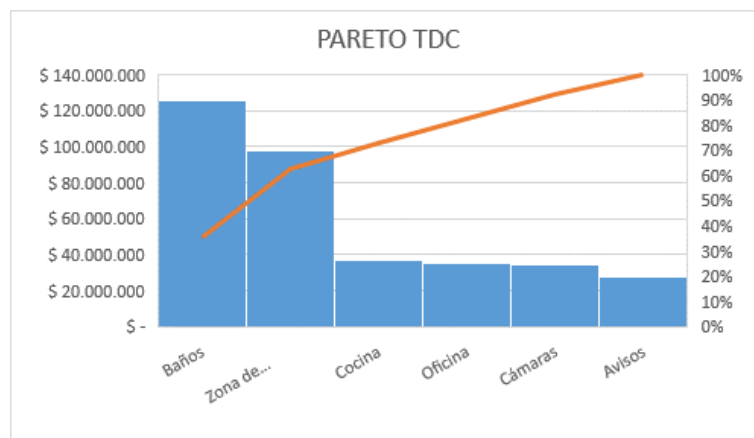
Se puede evidenciar en las tablas 2 y 3 que para los 2 negocios (EDS Y TDC) los baños son el rubro de mayor gasto en 2018, esto se evidencia realizando el análisis del histograma de Pareto (EDS Y TDC) Figuras 14 y 15.

Figura 14. Histograma Pareto Gasto EDS



Fuente: El Autor

Figura 15. Histograma Pareto Gasto TDC



Fuente: El Autor

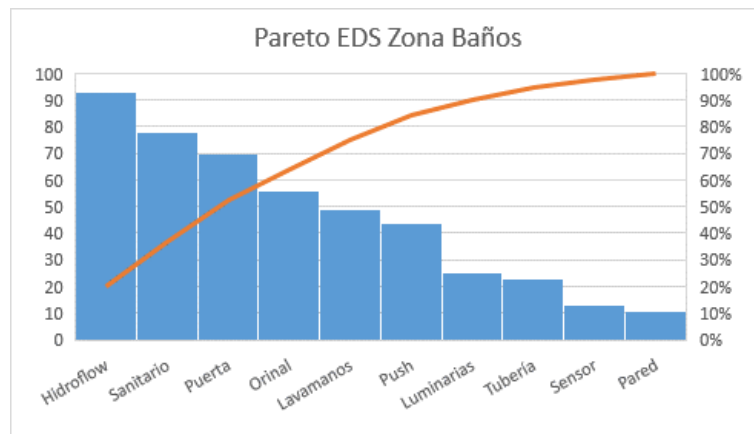
4.1.2 Historial de fallas. Teniendo identificado que el mayor rubro de gastos se encuentra en el área de baños, vamos a detallar el historial de fallas por los componentes que hacen parte del baño. En la tabla 4 y tabla 5 se mostrará el top de los gastos de los componentes del baño.

Tabla 4. Fallas año vs gasto por componente zona baños EDS

EDS		
Ítem	Fallas/año	Costo Anual \$MM
Hidroflow	93	59,2
Sanitario	78	14,7
Puerta	70	13,3
Orinal	56	16,6
Lavamanos	49	9,6
Push	44	12,7
Luminarias	25	4,2
Tubería	23	3,6
Sensor	13	2,6
Pared	11	3,4
Total	462	140

Fuente: El Autor

Figura 16. Histograma Pareto Fallas EDS



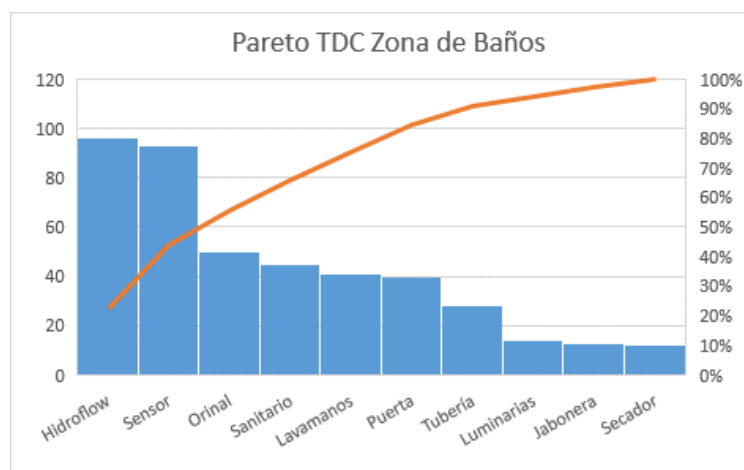
Fuente: El Autor.

Tabla 5. Fallas año vs gasto por componentes zona baños TDC

TDC		
Ítem	Fallas/año	Costo Anual \$MM
Hidroflow	96	30,3
Sensor	93	26,8
Orinal	50	14,0
Sanitario	45	9,5
Lavamanos	41	6,1
Puerta	40	9,3
Tubería	28	6,7
Luminarias	14	2,9
Jabonera	13	2,6
Secador	12	3,7
Total	432	112

Fuente: El Autor.

Figura 17. Histograma Pareto Fallas TDC



Fuente: El Autor

Realizando el análisis del histograma de Pareto fallas EDS y TDC de las figuras 16 y 17 se puede deducir que el sistema Hidroflow es el sistema con mayor número de fallas año (pocos vitales); Por lo cual, a dicho sistema se le debe aplicar el análisis de criticidad y en base a esto generar las estrategias de mantenimiento que permitan reducir el número de fallas y los costos generados anualmente.

4.2 ANALISIS DE CRITICIDAD

Teniendo en cuenta que este trabajo de grado está enfocado a reducir los costos de mantenimiento, Nos enfocaremos en realizar el análisis de criticidad al sistema hidroneumático ya que evidencio ser el sistema que más fallas presenta al año y concentra el mayor gasto de mantenimiento correctivo.

4.2.1 Sistema Hidroneumático. Los sistemas hidroneumáticos han demostrado ser una opción eficiente y versátil, con grandes ventajas frente a otros sistemas; este sistema evita construir tanques elevados, colocando un sistema de tanques parcialmente llenos con aire a presión. Esto hace que la red hidráulica mantenga una presión excelente, mejorando el funcionamiento de lavadoras, filtros, regaderas, llenado rápido de depósitos en excusado, operaciones de fluxómetros, riego por aspersión, entre otros; demostrando así la importancia de estos sistemas en diferentes áreas de aplicación. Así mismo evita la acumulación de sarro en tuberías por flujo a bajas velocidades.

Este sistema no requiere tanques ni red hidráulica de distribución en las azoteas de los edificios (evitando problemas de humedades por fugas en la red) que dan tan mal aspecto a las fachadas y quedando este espacio libre para diferentes usos.

Figura 18. Sistema hidroneumático ubicado en la EDS/TDC Montecarmelo



Fuente: El Autor

Las piezas o equipos principales dentro del sistema hidroneumático son los siguientes:

- Contactores
- Tuberías
- Motor-Bomba
- Acumulador (Hidroflow)
- Presostato

La función principal del sistema hidroneumático es mantener la presión de agua en todos los sectores de la EDS y TDC, para las EDS cuando no se cuenta con TDC la zona crítica es en los baños donde los clientes constantemente hacen uso de esta.

Ciclo de operación tanque hidroflow:

1. Tanque hidroflow vacío: El aire ocupa el área lateral de la membrana.
2. El agua comienza a entrar al tanque: El aire se comprime en la medida que la membrana se va llenando.
3. El sistema de red no exige más: ésta llena cada vez más la membrana hasta que el nivel de presión interno del tanque llega al límite de apagado del interruptor de presión. Se apaga la motobomba.
4. el sistema o red exige líquido: El agua es expulsada del tanque del tanque por el aire comprimido, hasta vaciarse.
5. Tanque vacío: La presión del aire comprimido baja hasta el límite inferior del interruptor de presión. Se enciende la motobomba y se inicia un nuevo ciclo.

En las TDC existen dos zonas críticas adicional a los baños que si afectan la producción y pueden generar parada en la venta (preparación de alimentos y bebidas). Se cuentan con equipos que dependen directamente de un flujo de agua determinado a una presión determinada (Hornos rational y máquinas de café expreso).

*Eds: estación de servicio

*Tdc: Tienda de conveniencia

El periodo evaluado es Dic-2017 a Dic 2018 obteniendo el siguiente número de fallas año.

Tabla 6.Periodo de evaluación

Días Evaluados	365
Semanas Evaluadas	52,14

Fuente: El Autor

Tabla 7.Fallas año sistema hidroneumático EDS

EDS		
<u>Parte</u>	<u>Eventos año</u>	<u>Gasto anual \$MM</u>
Tuberías	33	19,69
Motobomba	29	25,10
Contactor	13	9,49
Acumulador	9	2,64
Presostato	9	2,23
Total	93	59,16

Fuente: El autor

Tabla 8.Fallas año y gasto 2018 sistema hidroflow TDC

TDC		
<u>Parte</u>	<u>Eventos año</u>	<u>Gasto anual \$MM</u>
Tuberías	39	9,02
Motobomba	34	13,12
Contactor	14	5,86
Acumulador	5	1,47
Presostato	4	0,87
Total	96	30,34

Fuente: El Autor

Tabla 9 .Fallas año y gasto 2018 sistema hidroflow

<u>Parte</u>	<u>Eventos año</u>	<u>Gasto anual \$MM</u>
Tuberías	72	28,70
Motobomba	63	38,22
Contactor	27	15,35
Acumulador	14	4,12
Presostato	13	3,11
Total	189	89,50

Fuente: El Autor

Para poder establecer la matriz de criticidad se establecen los valores de los ítems Frecuencias falla, Impacto Operacional, Flexibilidad Operacional, Costo de Mantenimiento e impacto ambiental (Valor 0 ya que el fluido manejado es agua).

Tabla 10. Factores ponderados.

Valor	Frecuencia de fallas año
4	Alta (Mayor a 30)
3	Promedio (16 a 30)
2	Baja (6 a 15)
1	Excelente (Menos de 5)

Valor	Impacto Operacional
10	Parada inmediata total
6	Parada inmediata un sector
4	Impacta los niveles de producción
2	Repercute en costos operacionales
1	No genera ningún efecto

Valor	Flexibilidad operacional
4	No existe función de respaldo
2	Existe opción de respaldo compartido
1	Existe opción de respaldo disponible

Valor	Costo de mantenimiento
1	0-3.5\$MM
5	3.5\$MM-6\$MM
10	6\$MM-20\$MM
20	>20\$MM

Fuente: El Autor

Según los valores base mencionados en la Tabla 10, se establecen los valores de criticidad para los componentes principales del sistema hidroneumático:

Tabla 11.Evaluación de criticidad

Equipo	Valor Frecuencia de fallas año
Presostato	2
Acumulador	2
Contactador	3
Motobomba	4
Tuberías	4

Equipo	Valor Impacto Operacional
Presostato	10
Acumulador	10
Contactador	10
Motobomba	10
Tuberías	6

Equipo	Valor Flexibilidad Operacional
Presostato	4
Acumulador	4
Contactador	4
Motobomba	4
Tuberías	2

Equipo	Valor Costos de mantenimiento
Presostato	1
Acumulador	5
Contactador	10
Motobomba	20
Tuberías	20

Equipo	Valor Ambiente
Contactador	0
Acumulador	0
Presostato	0
Tubería	0
Motor Bomba	0

Fuente: El Autor

Para establecer la criticidad total por riesgo de nuestro sistema hidroneumático es necesaria determinarla cuantitativamente, multiplicando frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma.

A continuación, se presentan de forma detallada, las expresiones utilizadas para jerarquizar los sistemas a partir del modelo CTR:

$$CTR = FF \times C$$

Dónde:

CTR: Criticidad total por Riesgo

FF: Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado (fallos/año))

C: Consecuencias de los eventos de fallos.

Donde se supone además que el valor de las consecuencias (C), se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$C = IO + FO + CM + SHA$$

Siendo:

IO = Factor de impacto en la producción

FO = Factor de flexibilidad operacional

CM = Factor de costes de mantenimiento

SHA = Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

Encontramos que la criticidad para los equipos se encuentra en la siguiente tabla:

Dónde:

NC: Nada Crítico.

SC: Semi crítico.

C: Crítico.

MC: Muy Crítico.

Tabla 12. Matriz de criticidad sistema hidroneumático

Equipo	CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO	Estado
Presostato	30	NC
Acumulador	38	NC
Contactor	72	SC
Tuberías	112	C
Motor-Bomba	136	MC

Fuente: El Autor

En el anterior estudio de criticidad se estableció que el elemento de mayor **CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO** es el motor-bomba, cuando se selecciona el tipo o tamaño de bomba, se debe tener en cuenta que la bomba por si sola debe ser capaz de abastecer la demanda máxima dentro de los rangos de presiones y caudales, existiendo siempre una bomba adicional para alternancia con la otra y cubrir entre todas, por lo menos el 140% de la demanda máxima probable. Además, debe trabajar por lo menos contra una carga igual a la presión máxima del tanque.

De esto se establece las posibles fallas que podemos encontrar en el motor-bomba:

Tabla 13. Matriz AMFE Motobomba

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (AMFE)

Nombre del Sistema (Título):		Motor bomba						Fecha AMFE:	10/05/2019
Responsable (Dpto. / Área):		Operaciones/Mantenimiento							
Responsable de AMFE (persona):		Edinson Marquez Espinosa							

Función o Componente del Servicio	Modo de Fallo	Efecto	Causas	G gravedad	O ocurrencia	D detección	NPR inicial	Acciones recomendadas.	Responsable
Mantener la presión de agua de 30-60 psi para todos los puntos de la EDS y TDC	Motobomba no apaga	Se baja el nivel de agua del tanque hasta que se active el flotador eléctrico detecte el bajo nivel, se abre el circuito y se desenergiza la motobomba, quedando sin servicio de agua.	Válvula de descarga by-pass abierta	6	2	1	12	Hacer inspección visual y realizar pruebas periódicas a las válvulas	Operador
		Se mantienen las líneas presurizadas de tal forma que el agua no evacua, lo cual genera un aumento de la temperatura de la carcasa hasta que se dispara el térmico del motor eléctrico desenergizando el equipo, quedando	Presostato dañado	7	5	2	70	Verificar presiones de arranque y parada según lo estipulado por el fabricante	Contratista

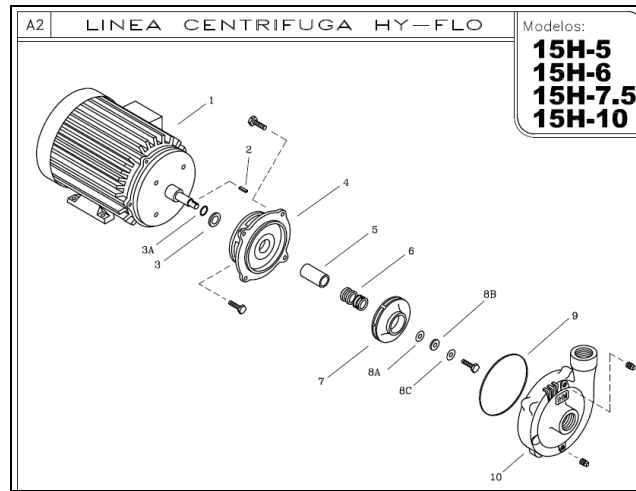
		sin servicio de agua.							
		El flotador eléctrico está dañado y no envía la señal de apagado al motor eléctrico, el cual queda funcionando en vacío generando así un recalentamiento de la carcasa quemando los sellos mecánicos de la bomba y generando una falla en el motor eléctrico, quedando sin servicio de agua.	Bomba descebada	10	6	8	480	Verificación del cebado de la bomba periódicamente	Operador
		El tablero eléctrico no recibe la señal automática de apagar la motobomba, por lo tanto el equipo queda presurizando líneas y recalentando la carcasa de la bomba, dañando sellos mecánicos y generando que se dispare el térmico del motor, quedando sin servicio de agua.	Contactador dañado	9	5	4	180	Limpieza de tablero y ajuste de conexiones	Contratista
Mantener la presión de agua de 30-60 psi para todos los puntos de la EDS y TDC	Motobomba no enciende	No se envía la señal eléctrica de baja presión (inferior a 30 psi) al contactor para el accionamiento del motor bomba, quedando sin servicio de agua.	Presostato descalibrado	4	3	1	12	Calibrar equipo a la presión correcta	Contratista
		Cuando la presión caiga por debajo de los 30 psi en la línea no se envía la señal eléctrica de encendido a las motobombas, quedando sin servicio de agua.	Selector del tablero en posición off	3	8	1	24	Pruebas de selectores tablero en manual y automático	Operador

		Cuando baje el nivel de agua del tanque llegando a niveles inferiores el interruptor flotador no enviada la señal de apagado al motobomba por lo cual el equipo quedara trabajando en vacío, se recalienta la carcasa, se dañan los sellos mecánicos y se dispara el térmico del motor eléctrico, quedando sin servicio de agua.	Interruptor flotador dañado	7	4	6	168	Verificación funcionamiento switch interruptor flotador	Operador
		No envía la señal eléctrica de encendido del motobomba por lo cual queda sin servicio de agua.	Interruptor flotador dañado	3	8	3	72	Verificación funcionamiento switch interruptor flotador	Operador
		No hay fluido por parte de la red de acueducto por lo tanto no se envía la señal de activar las motobombas por parte del flotador eléctrico, quedando sin servicio de agua.	Tanque de alimentación sin agua	2	5	5	50	Inspeccionar niveles de tanque y prueba apertura y cierre válvula tanque	Operador
		No se envía la señal eléctrica para encendido de la motobomba, quedando sin servicio de agua.	Térmico del tablero disparado	4	3	3	36	Verificación de voltajes en llegada y salida, pruebas de selectores en manual y automático	Contratista
		No hay presión de agua en los baños	Falla de energía	1	7	1	7	Verificación de voltajes en llegadas y salidas	Contratista
Mantener la presión de agua de 30-60 psi para todos los puntos de la EDS y TDC	Motobomba enciende y apaga constantemente	La motobomba carga el sistema hasta los 60 psi de seteo, se apaga la motobomba pero inmediatamente empieza a bajar la presión hasta los 30 psi enviando la señal de encendido nuevamente, esto genera un desgaste prematuro del equipo llevando a la falla algún	Tubería con fuga, pierde presión	7	4	2	56	Revisión de ausencia de fugas y ajuste de conexiones	Operador

		componente, contactor, térmico, presostato.							
		La motobomba carga el sistema hasta los 60 psi de seteo, se apaga la motobomba pero inmediatamente empieza a bajar la presión hasta los 30 psi enviando la señal de encendido nuevamente, esto genera un desgaste prematuro del equipo llevando a la falla algún componente, contactor, térmico, presostato.	Acumulador con baja precarga	6	4	10	240	Precarga del tanque según fabricante	Contratista
		La motobomba carga el sistema hasta los 60 psi de seteo, se apaga la motobomba pero inmediatamente empieza a bajar la presión hasta los 30 psi enviando la señal de encendido nuevamente, esto genera un desgaste prematuro del equipo llevando a la falla algún componente, contactor, térmico, presostato.	Acumulador con membrana rota	8	6	8	384	Inspección membrana (desarmado del tanque)	Contratista

Fuente: El autor

Figura 19. Despiece motor-bomba



Fuente: <http://www.igihm.com/despiece/975860PL-1.pdf>.

Según el anterior análisis de criticidad y la matriz AMFE se establecen las rutinas de inspección y mantenimiento enfocado a disminuir el número de correctivos año asociados al motor-bomba, estas serán integradas a la propuesta del plan de mantenimiento 2019.

Tabla 14. Rutinas preventivas motor-bomba.

Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Hidroneumático	Motor-Bomba	Prueba de funcionamiento de bombas	Mensual
Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación de ausencia de ruidos extraños y vibraciones excesivas	Mensual
Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación del cebado de la bomba	Mensual
Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación consumos de corriente	Mensual
Hidroneumático	Motor-Bomba	Limpieza y ajuste de conexiones eléctricas	Trimestral
Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación ausencia de fugas cuerpo bomba	Mensual
Hidroneumático	Motor-Bomba	Pintura Motor-Bomba	Anual
Hidroneumático	Motor-Bomba	Reemplazo de sellos mecánicos	Anual
Hidroneumático	Motor-Bomba	Cambio de rodamientos motor	Condición

Fuente: El autor

5. MODELO PROPUESTO

La instalación de los sistemas hidroneumáticos permite dependen directamente del uso frecuente de baños, encontramos EDS que no cuentan con sistemas hidroneumáticos o con sistemas muy pequeños (motobombas de 0,5 hp con tanques acumuladores de 15 Lt) porque el punto de venta es pequeño y/o la presión de la red de acueducto es suficiente para la demanda del negocio. Por otro lado, tenemos EDS/TDC donde tenemos 2 moto-bombas de 5 Hp y tanques acumuladores de 500 litros ya que el lote donde está ubicado el punto de venta es de gran extensión y el uso de agua en los diferentes procesos (Baños, jardinería, preparación de alimentos y bebidas) es alto y la disponibilidad del fluido por parte de la empresa de acueducto es muy poca por lo cual nos toca abastecernos y comprar carrotanques de agua semanales para poder cumplir con la demanda del negocio.

En el anterior análisis de criticidad se mostraron las fallas más comunes del elemento más crítico del sistema hidroneumático (motor-bomba), a continuación, procederemos a identificar las fallas comunes de los demás elementos del sistema hidroneumático y agregaremos las fallas comunes de los sensores de los baños los cuales quedaron de segundo en el listado de gasto para las TDC y a los cuales se les debe prestar mucha atención, esto se realiza para poder establecer más adelante las respectivas rutinas de mantenimiento acorde a lo estipulado con el fabricante y acorde a nuestra operación.

5.1 FALLAS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLA

5.1.1 Modos de falla otros componentes sistema hidroneumático

<u>AVERIA</u>	<u>CAUSA</u>	<u>SOLUCIÓN</u>
Contactador en manual y motor-bomba no enciende	Falta de energía en la red/Breaker disparado	Resetear breaker motor-bomba
	Térmico disparado	Resetear térmico y revisar voltaje y amperaje/Cambio de térmico
	Selector dañado	Cambio de selector
	Cableado dañado	Cambio de cableado
Acumulador sin precarga	Daño en membrana	Cambio de membrana
	Fuga mínima válvula de precarga	Corregir fuga y precargar el tanque 2 psi por encima de la

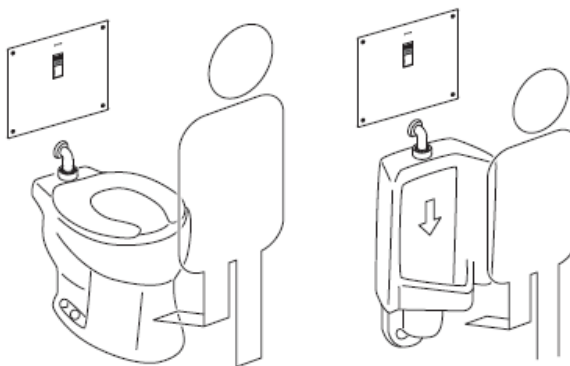
		presión de suministro
Manómetro sin presión	Válvula cerrada	Revise el recorrido de las tuberías y abra la válvula

Fuente: El autor

5.1.2 Modos de falla Sensores /Fluxómetros. Los sensores/fluxómetros están ubicados en sanitarios, orinales y lavamanos, estos elementos permiten por medio de una presión garantizada de agua a través del sistema hidroneumático poder realizar descargas de agua con un flujo de agua potente y preciso generando la fuerza suficiente para evacuar los sólidos y ahorrar agua. Este proceso efectivo es posible gracias a los siguientes componentes que hacen parte del sensor:

- Sensor Infrarrojo
- Válvula Solenoide
- Pistón
- Batería
- Filtro
- Diafragma

Figura 20. Modelos sensores/fluxómetros instalados



Fuente: https://www.totousa.com/filemanager_uploads/product_assets/0GU3063.%20Flush%20Valve,%20EcoPower,%20Concealed.pdf.

Tabla 15. Modos de falla sensores Toto

No sale agua de la fluxómetro	La válvula principal en la línea de suministro de agua o la freno del control está cerrada	Abra la válvula principal o la llave de paso
	Uno o más cables no están conectados	Revise todas las conexiones de cable
	La superficie del vidrio en frente del sensor infrarrojo está sucia	Limpie la superficie del vidrio
	El vidrio está roto	Contacte a su distribuidor para obtener repuestos
	Hay una superficie reflectante en frente del sensor	Retire la superficie reflectante frente al sensor
	El sensor infrarrojo o el solenoide está malogrado	Contacte a su distribuidor para obtener repuestos
	Los pequeños agujeros en el diafragma del solenoide están atascados	Limpie el agujero pequeño en el diafragma y en el filtro
	El generador de energía hidráulica está atascado	Mantenimiento del generador de energía hidráulica
El agua no deja de fluir	El pequeño agujero en el pistón está atascado. (no para TEU*UA(R)(X))	Limpie el agujero pequeño en el pistón
	El área de sellado del pistón está sucia. (no para TEU*UA(R)(X))	Limpie el área de sellado del pistón
	El área de sellado del diafragma del solenoide está sucia.	Limpie el área de sellado del diafragma y del filtro
	El empaque U del pistón está dañado. (no para TEU*UA(R)(X))	Inspeccione y reemplace si es necesario
Volumen es demasiado pequeño	El tornillo de la llave de paso no está ajustado correctamente	Ajuste la cantidad con el tornillo de la freno del control
Volumen es demasiado		
La velocidad del flujo es demasiado baja	La presión de agua es demasiado baja	Consulte a un contratista de plomería
	La llave de paso no está abierta lo suficiente	Ajuste la llave de paso correctamente
La velocidad del flujo es demasiado alto	La llave de paso no está abierta lo suficiente	Ajuste la llave de paso correctamente
Una luz roja parpadea en la ventana del sensor	La batería tiene poca carga	Compruebe el voltaje con un multímetro, si es inferior a 2.6 V, llame a TOTO para una batería de reemplazo.

Fuente: https://www.totousa.com/filemanager_uploads/product_assets/0GU3063_20Flush20Valve,20EcoPower,20Concealed.pdf.

5.2 RUTINAS DE MANTENIMIENTO LOCATIVO TDC

A continuación, se muestran las rutinas de mantenimiento locativo propuestas para las TDC a nivel nacional según evaluaciones técnicas realizadas por el autor, revisión con los proveedores de locativos y fabricantes de los elementos instalados.

5.2.1 Zona baños

Sistema hidroneumático

Tabla 16. Rutinas de mantenimiento sistema hidroneumático

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Baños	Hidroneumático	Contactores	Limpieza tablero y componentes	Mensual
Baños	Hidroneumático	Contactores	Ajuste de conexiones y revisión corrosión tablero	Mensual
Baños	Hidroneumático	Contactores	Prueba selectores tablero manual y automático	Mensual
Baños	Hidroneumático	Contactores	Verificación de voltajes en llegadas y salidas	Mensual
Baños	Hidroneumático	Contactores	Pintura tablero eléctrico	Anual
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Revisión de ausencia de fugas	Mensual
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Pruebas de cierre de válvulas	Trimestral
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Verificación funcionamiento de manómetros	Mensual
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Verificación switch flotador tanque subterráneo eléctrico y mecánico	Mensual
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Ajuste de conexiones y tapones	Trimestral
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Cambio de cheques	Anual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Prueba de funcionamiento de bombas	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación de ausencia de ruidos extraños y vibraciones excesivas	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación del cebado de la bomba	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación consumos de corriente	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Limpieza y ajuste de conexiones eléctricas	Trimestral
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación ausencia de fugas cuerpo bomba	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Pintura Motor-Bomba	Anual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Reemplazo de sellos mecánicos	Anual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Cambio de rodamientos motor	Condición
Baños	Hidroneumático	Acumulador	Inspección membrana (Desarmado del tanque)	Anual

Baños	Hidroneumático	Acumulador	Limpieza del tanque	Mensual
Baños	Hidroneumático	Acumulador	Prueba de presión tanque según fabricante	Mensual
Baños	Hidroneumático	Acumulador	Precarga del tanque según fabricante	Anual
Baños	Hidroneumático	Acumulador	Pintura tanque	Anual
Baños	Hidroneumático	Presostato	Verificación presiones de arranque y parada según fabricante	Mensual
Baños	Hidroneumático	Presostato	Limpieza de presostato	Mensual
Baños	Hidroneumático	Presostato	Verificación integridad cableado eléctrico	Trimestral
Baños	Hidroneumático	Pintura	Resane y pintura caseta sistema hidroneumático	Semestral

Fuente: El autor.

Sensores y accesorios baños

Tabla 17. Rutinas de mantenimiento sensores y accesorios baños

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Baños	Sensores	Lavamanos	Inspección ausencia de fugas	Mensual
Baños	Sensores	Lavamanos	Apriete de conexiones hidráulicas	Mensual
Baños	Sensores	Lavamanos	Pruebas básicas de funcionamiento	Mensual
Baños	Sensores	Lavamanos	Limpieza de filtro y boquilla	Trimestral
Baños	Sensores	Sanitario /Orinal	Revisión de ausencia de fugas	Mensual
Baños	Sensores	Sanitario /Orinal	Limpieza de filtro y pistón	Mensual
Baños	Sensores	Sanitario /Orinal	Limpieza del diafragma del filtro	Mensual
Baños	Sensores	Sanitario /Orinal	Revisión del solenoide	Mensual
Baños	Sensores	Sanitario /Orinal	Cambio de baterías	Condición
Baños	Sensores	Iluminación	Revisión, limpieza y pruebas de funcionamiento	Mensual
Baños	Sensores	Secador de manos	Pruebas básicas de funcionamiento	Mensual
Baños	Sensores	Secador de manos	Limpieza de componentes	Trimestral
Baños	Eléctrico	Tomas	Verificación voltaje en zona de baños	Mensual
Baños	Puertas	Gatos hidráulicos	Verificación funcionamiento bisagra hidráulica	Mensual
Baños	Puertas	Gatos hidráulicos	Ajuste de los parámetros de cierre bisagra hidráulica	Semestral
Baños	Puertas	Gatos hidráulicos	Ajuste y lubricación pivote superior e inferior	Trimestral
Baños	Puertas	Gatos hidráulicos	Aplicación grasa en base zócalo para evitar ingreso de agua	Trimestral
Baños	Puertas	Cerraduras	Lubricación, ajuste y pruebas de funcionamiento	Mensual
Baños	Cielo raso	Rejillas de aire	Desmante y limpieza de rejillas	Mensual
Baños	Cielo raso	Pintura	Limpieza del cielo raso y pintura	Semestral

Baños	Mobiliario	Mesón	Verificación ajuste mesón y aplicación de silicona	Semestral
Baños	Mobiliario	Accesorios	Verificación ajuste accesorios baños en acero inoxidable	Mensual

Fuente: El autor

5.2.2 Zona clientes

Tabla 18. Rutinas de mantenimiento zona clientes

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Cientes	Paredes	Pintura	Limpieza de paredes y pintura colores corporativos	Semestral
Cientes	Paredes	Avisos	Verificación del ajuste de los avisos de publicidad y normativos	Mensual
Cientes	Cielo raso	Pintura	Limpieza cielo raso y pintura	Semestral
Cientes	Eléctrico	Avisos	Verificación iluminación de avisos corporativos y ajuste	Mensual
Cientes	Eléctrico	Luminaria	Verificación iluminación lámparas led y ajuste	Mensual
Cientes	Eléctrico	Tomas	Verificación funcionamiento y ajuste tomas barra clientes	Mensual
Cientes	Mobiliario	Sillas	Verificación estado sillas y ajuste de piezas	Mensual
Cientes	Mobiliario	Mesas	Verificación estado mesas y ajuste de piezas	Mensual
Cientes	Mobiliario	Canecas	Verificación estado bisagras caneca de basura y ajuste de piezas	Mensual
Cientes	Mobiliario	Counter	Verificación estado bisagras counter y ajuste de piezas	Mensual
Cientes	Eléctrico	Counter	Verificación funcionamiento y ajuste de tomas mueble counter	Mensual
Cientes	Eléctrico	Counter	Verificación funcionamiento y ajuste de tomas mueble counter	Mensual

Fuente: El autor

5.2.3 Zona cocina

Tabla 19. Rutinas de mantenimiento zona cocina

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Cocina	Eléctrico	Tomas	Verificación funcionamiento y ajuste tomas cocina	Mensual
Cocina	Eléctrico	Luminaria	Verificación iluminación lámparas led y ajuste	Mensual
Cocina	Cielo raso	Pintura	Limpieza cielo raso y pintura	Semestral
Cocina	Mobiliario	Lavaplatos	Verificación funcionamiento y ausencia de fugas	Mensual

Cocina Paredes Pintura Limpieza de paredes y pintura colores corporativos Semestral
Fuente: El autor

5.2.4 Zona bodega

Tabla 20. Rutinas de mantenimiento zona bodega.

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Bodega	Eléctrico	Luminaria	Verificación iluminación lámparas led y ajuste	Mensual
Bodega	Eléctrico	Tomas	Verificación funcionamiento y ajuste tomas	Mensual
Bodega	Paredes	Pintura	Limpieza de paredes y pintura colores corporativos	Semestral
Bodega	Cielo raso	Pintura	Limpieza cielo raso y pintura	Semestral
Bodega	Eléctrico	Tablero	Medición distribución de cargas tablero	Trimestral
Bodega	Eléctrico	Tablero	Limpieza y ajuste de conexiones eléctricas	Trimestral
Bodega	Eléctrico	Tablero	Verificación estado rotulado del tablero eléctrico y/o rotular	Trimestral

Fuente: El autor

5.2.5 Zona terraza

Tabla 21. Rutinas de mantenimiento zona terraza

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Terraza	Eléctrico	Tomas	Verificación funcionamiento y ajuste tomas	Mensual
Terraza	Eléctrico	Luminaria	Verificación iluminación lámparas led y ajuste	Mensual
Terraza	Eléctrico	Avisos	Verificación ajuste y funcionamiento avisos corporativos	Mensual
Terraza	Mobiliario	Sillas	Verificación estado sillas y ajuste de piezas	Mensual
Terraza	Mobiliario	Mesas	Verificación estado mesas y ajuste de piezas	Mensual
Terraza	Mobiliario	Materas	Verificación estado materas y ajuste o cambio de ruedas	Trimestral
Terraza	Mobiliario	Carpa	Verificación estado estructura y ajuste de la carpa	Mensual
Terraza	Puertas	Gatos hidráulicos	Verificación funcionamiento bisagra hidráulica	Mensual
Terraza	Puertas	Gatos hidráulicos	Ajuste de los parámetros de cierre bisagra	Mensual

Terraza	Puertas	Gatos hidráulicos	hidráulica Ajuste y lubricación pivote superior e inferior	Trimestral
Terraza	Puertas	Gatos hidráulicos	Aplicación grasa en base zócalo para evitar ingreso de agua	Trimestral

Fuente: El autor

5.2.6 Zona fachada y parqueaderos

Tabla 22. Rutinas de mantenimiento zona fachada y parqueaderos

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Fachada	Eléctrico	Luminaria	Verificación iluminación lámparas led y ajuste	Mensual
Fachada	Eléctrico	Avisos	Verificación ajuste y funcionamiento avisos corporativos	Mensual
Fachada	Puertas	Gatos hidráulicos	Verificación funcionamiento bisagra hidráulica	Mensual
Fachada	Puertas	Gatos hidráulicos	Ajuste de los parámetros de cierre bisagra hidráulica	Mensual
Fachada	Puertas	Gatos hidráulicos	Ajuste y lubricación pivote superior e inferior	Trimestral
Fachada	Puertas	Gatos hidráulicos	Aplicación grasa en base zócalo para evitar ingreso de agua	Trimestral
Fachada	Vidrios	Vidrios	Revisión estado de silicona y reposición	Semestral
Fachada	Paredes	Pintura	Pintura fachada posterior TDC	Semestral
Fachada	Paredes	Pizarra negra	Embetunar pizarra negra	Trimestral
Fachada	Aerobrise	Limpieza	Limpieza y lavado Aerobrise	Trimestral
Parqueadero	Señalización	Pintura	Pintura señalización parqueaderos amarillo trafico	Trimestral
Parqueadero	Señalización	Pintura	Pintura señalización parqueaderos personas discapacitadas	Trimestral
Parqueadero	Topes	Pintura	Pintura tope llantas parqueaderos amarillo trafico	Trimestral
Parqueadero	Topes	Reparación	Reparación tope llantas parqueaderos	Trimestral
Parqueadero	Señalización	Pintura	Pintura rampa para discapacitados	Trimestral

Fuente: El autor

5.2.7 Zona oficina y techo

Tabla 23. Rutinas de mantenimiento zona oficina y techo

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Oficina	Aire acondicionado	Condensador/Evaporador	Mantenimiento preventivo A/C	Trimestral
Oficina	Aire acondicionado	Evaporador	Limpieza filtros A/C	Mensual
Techo	Laminas	Impermeabilización	Revisión estado impermeabilización laminas	Anual
Techo	Laminas	Bajantes	Revisión y limpieza bajantes de agua	Trimestral
Oficina	Puertas	Cerraduras	Lubricación, ajuste y pruebas de funcionamiento	Mensual

Fuente: El autor

5.3 RUTINAS DE MANTENIMIENTO LOCATIVO EDS

A continuación, se muestran las rutinas de mantenimiento locativo propuestas para las EDS a nivel nacional según evaluaciones técnicas realizadas por el autor, revisión con los proveedores de locativos y fabricantes de los elementos instalados.

5.3.1 Zona baños

Sistema hidroneumático

Tabla 24. Rutinas mantenimiento sistema hidroneumático.

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Baños	Hidroneumático	Contactores	Limpieza tablero y componentes	Mensual
Baños	Hidroneumático	Contactores	Ajuste de conexiones y revisión corrosión tablero	Mensual
Baños	Hidroneumático	Contactores	Prueba selectores tablero manual y automático	Mensual
Baños	Hidroneumático	Contactores	Verificación de voltajes en llegadas y salidas	Mensual
Baños	Hidroneumático	Contactores	Pintura tablero eléctrico	Anual
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Revisión de ausencia de fugas	Mensual
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Pruebas de cierre de válvulas	Trimestral
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Verificación funcionamiento de manómetros	Mensual
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Verificación switch flotador tanque subterráneo eléctrico y mecánico	Mensual
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Ajuste de conexiones y tapones	Trimestral
Baños	Hidroneumático	Tuberías	Cambio de cheques	Anual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Prueba de funcionamiento de bombas	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación de ausencia de ruidos extraños y vibraciones excesivas	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación del cebado de la bomba	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación consumos de corriente	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Limpieza y ajuste de conexiones eléctricas	Trimestral

Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Verificación ausencia de fugas cuerpo bomba	Mensual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Pintura Motor-Bomba	Anual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Reemplazo de sellos mecánicos	Anual
Baños	Hidroneumático	Motor-Bomba	Cambio de rodamientos motor	Condición
Baños	Hidroneumático	Acumulador	Inspección membrana (Desarmado del tanque)	Anual
Baños	Hidroneumático	Acumulador	Limpieza del tanque	Mensual
Baños	Hidroneumático	Acumulador	Prueba de presión tanque según fabricante	Mensual
Baños	Hidroneumático	Acumulador	Precarga del tanque según fabricante	Anual
Baños	Hidroneumático	Acumulador	Pintura tanque	Anual
Baños	Hidroneumático	Presostato	Verificación presiones de arranque y parada según fabricante	Mensual
Baños	Hidroneumático	Presostato	Limpieza de presostato	Mensual
Baños	Hidroneumático	Presostato	Verificación integridad cableado eléctrico	Trimestral

Fuente: El autor

Sensores y accesorios baños

Tabla 25. Rutinas de mantenimiento sensores y accesorios baños.

Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Sensores	Lavamanos	Inspección ausencia de fugas	Mensual
Sensores	Lavamanos	Apriete de conexiones hidráulicas	Mensual
Sensores	Lavamanos	Pruebas básicas de funcionamiento	Mensual
Sensores	Lavamanos	Limpieza de filtro y boquilla	Trimestral
Sensores	Sanitario /Orinal	Revisión de ausencia de fugas	Mensual
Sensores	Sanitario /Orinal	Limpieza de filtro y pistón	Mensual
Sensores	Sanitario /Orinal	Limpieza del diafragma del filtro	Mensual
Sensores	Sanitario /Orinal	Revisión del solenoide	Mensual
Sensores	Sanitario /Orinal	Cambio de baterías	Condición
Sensores	Iluminación	Revisión, limpieza y pruebas de funcionamiento	Mensual
Sensores	Secador de manos	Pruebas básicas de funcionamiento	Mensual
Sensores	Secador de manos	Limpieza de componentes	Trimestral
Eléctrico	Tomas	Verificación voltaje en zona de baños	Mensual
Puertas	Gatos hidráulicos	Verificación funcionamiento bisagra hidráulica	Mensual

Puertas	Gatos hidráulicos	Ajuste de los parámetros de cierre bisagra hidráulica	Semestral
Puertas	Gatos hidráulicos	Ajuste y lubricación pivote superior e inferior	Trimestral
Puertas	Gatos hidráulicos	Aplicación grasa en base zócalo para evitar ingreso de agua	Trimestral
Puertas	Cerraduras	Lubricación, ajuste y pruebas de funcionamiento	Mensual
Cielo raso	Rejillas de aire	Desmonte y limpieza de rejillas	Mensual
Cielo raso	Pintura	Limpieza del cielo raso y pintura	Semestral
Mobiliario	Mesón	Verificación ajuste mesón y aplicación de silicona	Semestral
Mobiliario	Accesorios	Verificación ajuste accesorios baños en acero inoxidable	Mensual

Fuente: El autor

5.3.2 Zona islas

Tabla 26. Rutinas de mantenimiento zona de islas

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Islas	Posiciones de llenado	Pintura	Pintura posiciones de llenado de isla	Trimestral
Islas	Protecciones mecánicas	Pintura	Resane y pintura protecciones mecánicas	Trimestral
Islas	Borde de isla	Pintura	Resane y pintura borde de isla	Semestral
Islas	Flechas	Pintura	Pintura flechas de ingreso y salida de isla	Trimestral
Islas	Canal perimetral	Sondeo	Limpieza y sondeo canal perimetral islas	Trimestral
Islas	Canopy	Lavado	Lavado de canopy con hidrolavadora y extensión a nivel de piso	Trimestral

Fuente: El autor

5.3.3 Zona tanques y perimetral

Tabla 27. Rutinas de mantenimiento zona de tanques y perimetral

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
Tanques	Canal perimetral	Sondeo	Limpieza y sondeo canal perimetral tanques	Trimestral
Tanques	Tapas de tanques	Pintura	Pinturas tapas de tanques colores corporativos	Trimestral
Perimetral	Señalización	Pintura	Pintura señalización perimetral	Anual
	Flechas		Revisión anclaje flechas y verificación	
Perimetral	ingreso/salida	Electromecánico	funcionamiento luminaria	Trimestral
			Pintura estructura metálica, verificación estado	
Perimetral	Caseta de lodos	Pintura	lamina y anclaje	Trimestral
	Fuente: El autor			

5.3.4 Zona oficina

Tabla 28. Rutinas de mantenimiento zona oficina

Zona	Sistema	Componente	Rutina	Frecuencia
	Aire			
Oficina	acondicionado	Condensador/Evaporador	Mantenimiento preventivo A/C	Trimestral
	Aire			
Oficina	acondicionado	Evaporador	Limpieza filtros A/C	Mensual
	Paredes y Cielo			
Oficina	Raso	Pintura	Resane y pintura oficina administrativa	Semestral
	Paredes y Cielo			
Oficina	Raso	Pintura	Resane y pintura cuarto de sistemas	Semestral
	Paredes y Cielo			
Oficina	Raso	Pintura	Resane y pintura cuarto de promotores	Semestral
	Paredes y Cielo			
Oficina	Raso	Pintura	Resane y pintura cuarto de residuos Respel	Semestral
	Paredes y Cielo			
Oficina	Raso	Pintura	Resane y pintura Bodega	Semestral
	Paredes y Cielo			
Oficina	Raso	Pintura	Resane y pintura Baño	Semestral
Oficina	Rejas	Pintura	Pintura rejas zona administrativa	Semestral
			Revisión estado impermeabilización	
Oficina	Techo	Impermeabilización	laminas	Anual
Oficina	Techo	Bajantes	Revisión y limpieza bajantes de agua	Trimestral
			Resane y pintura fachada administrativa	
Oficina	Fachada	Pintura	frontal y posterior	Anual

Oficina	Puertas	Pintura	Resane y pintura puertas metálicas	Semestral
Oficina	Puertas	Gatos hidráulicos	Verificación funcionamiento bisagra hidráulica	Mensual
Oficina	Puertas	Gatos hidráulicos	Ajuste de los parámetros de cierre bisagra hidráulica	Mensual
Oficina	Puertas	Gatos hidráulicos	Ajuste y lubricación pivote superior e inferior	Trimestral
Oficina	Puertas	Gatos hidráulicos	Aplicación grasa en base zócalo para evitar ingreso de agua	Trimestral
Oficina	Puertas	Cerraduras	Lubricación, ajuste y pruebas de funcionamiento	Mensual

Fuente: El autor

5.4 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO 2019

- En el Anexo B, se encontrará el cronograma de mantenimiento para el 2019 detallado en un archivo en Excel dado a que se operan 150 EDS y 40 TDC por lo que se generaron 107.962 rutinas de mantenimiento al año.

Tabla 29. Numero de rutinas de mantenimiento por periodicidad

Etiquetas de fila	Cuenta de Frecuencia
Anual	1.722
Condición	352
Mensual	84..984
Semestral	4752
Trimestral	16.152
Total general	107.962

Fuente: El autor

CONCLUSIONES

Los sistemas hidroneumáticos para la empresa Masser s.a.s han sido de alto impacto, por su número de fallas año y costo de mantenimiento correctivo. Estas variables fundamentales motivaron a aplicar la metodología de análisis de criticidad para este sistema, por consiguiente, permitió entender de una manera más detallada cuáles son sus componentes, cual es el más crítico y cuáles son sus modos de falla. Con los datos arrojados por dicho estudio fuimos capaces de diseñar las rutinas de mantenimiento preventivo y se espera que en la fase de implementación del cronograma poder intervenir oportunamente el equipo para no generar sobre costos en correctivos que afecten nuestro presupuesto anual y poder extender la vida útil del activo.

Se encuentra que adicional al sistema hidroneumático se encontró otro sistema (Sensores/Fluxómetros) que va aumentando el gasto anual en mantenimiento correctivo, por ende, se realizaron las consultas a los fabricantes y contratistas para establecer las rutinas de mantenimiento preventivo efectivas, para poder inspeccionar a tiempo los elementos y detectar posibles fallas catastróficas futuras, esto también nos ayudara a reducir seriamente los costos de mantenimiento correctivo sobre estos elementos.

Al establecer las rutinas de mantenimiento de forma estructurada por tipo de negocio, zona, sistema y componente estamos creando un plan de mantenimiento jerárquico el cual nos permite con las frecuencias establecidas poder seguirlo al pie de la letra y así poder organizar el personal técnico y distribuir uniformemente el gasto acorde al presupuesto anual.

BIBLIOGRAFIA

ALTMAN, Carolina, El análisis de causa raíz como herramienta en la mejora de la confiabilidad, Disponible en internet:
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/causaraizaltmann.pdf>

CASALLAS CASTELLANOS, Alexander, Modelo gerencial de mantenimiento para edificios, UIS, Trabajo de grado, 2004.

ESTUPIÑAN CEPEDA, Félix, VILLAMIL SANCHEZ, Joaquín; Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa americana de suelos, UIS, Trabajo de grado, 2016

FUENTES FIGUEROA, Franklin Alfredo, RAMIREZ MIELES, Gerardo: Diseño de un programa de mantenimiento para los sistemas de automatización, seguridad y componentes sostenibles del edificio E3T de la UIS, UIS, Trabajo de grado, 2015.

Garrido, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento, Madrid Diaz de santos S.A 2003.

Mantenimiento preventivo, Disponible en internet
http://www.bdigital.unal.edu.co/794/3/163_-_2_Capi_1.pdf

Mantenimiento preventivo, Disponible en internet:

<http://www.ingelsur.com/servicios-ingelsur/mantenimiento-preventivo.html>

MORA GUTIERRÉZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales o de servicios. Medellín: AMG. 2005.