

*Universidad de Matanzas sede "Camilo Cienfuegos"  
Facultad de Ciencias Técnicas*



**PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA PLANTAS  
ELEVADORAS DE 2,5 TONELADAS DE MARCA OMNC Y  
MODELO BALDOR 35N174T400GL DE LA EMPRESA  
CIMEX DE MATANZAS**

**Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica**

**Autor: Daniel Suárez Martínez**

**Tutor: Ing. Lourdes Dueñas Oramas**

**Ing. Delvis Véliz Muñiz**

*Matanzas, 2020*

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos» a darle el uso que estime más conveniente.

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Miembros del Tribunal:

---

Presidente

---

Secretario

---

Vocal

## RESUMEN

El siguiente trabajo tiene que ver con los problemas que presentan las plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca Omnc y modelo BALDOR 35N174T400GL, pertenecientes a la división Transporte Automotor de la Empresa CIMEX ubicada en el municipio de Cárdenas, Matanzas. Estos equipos son utilizados en el taller de dicha empresa para la elevación de automóviles, facilitando así el trabajo del operario. Estas plantas trabajan en la empresa diariamente hace 15 años y debido a una carencia de mantenimiento, se encuentran inhabilitadas por fallos técnicos. Esta situación es analizada desde la teoría, con el apoyo de métodos de investigación, como el analítico-sintético, el inductivo-deductivo, el histórico-lógico, el hipotético-deductivo, y el de Análisis de Documentos que sirvieron para el estudio de fuentes de información y el procesamiento de los fundamentos científicos de los diferentes autores que fueron consultados. Los resultados a los cuales se pudo llegar, se fundamentaron en el Método de la Teoría de la Fiabilidad que permitió la propuesta del mantenimiento adecuado a estos equipos.

## **ABSTRACT**

The following research is about the maintenance problems in lifting plants, Brand Omnc, model BALDOR 35N174T400GL, that belong to the Automotive Transport subsidiary from CIMEX company; located in Cardenas, Matanzas. This equipment is used in the workshop to lift automobiles in order to facilitate the operator's work. The equipment has been used daily for the last 15 years. Nowadays they are disabled due to technical failure as a result of inappropriate maintenance. This situation has been analyzed theoretically with the support of scientific methods such as: analytical - synthetic, inductive --deductive, historical--logical and hypothetic--deductive. All these methods were useful to study the information sources and to process the scientifically foundation of the different consulted authors. The reached outcomes were based on the method of the credibility theory It allowed to elaborate an appropriate maintenance program.

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica.....	5
1.1 El mantenimiento y su evolución.....	5
1.1.1 Antecedentes.....	6
1.1.2 Tendencias tecnológicas del mantenimiento.....	9
1.2 Clasificación de los tipos de mantenimiento.....	11
1.2.1 Mantenimiento Correctivo:.....	12
1.2.2 Mantenimiento Preventivo:.....	13
1.2.3 Mantenimiento Predictivo:.....	15
1.2.4 Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):.....	17
1.2.5 Mantenimiento En Uso:.....	17
1.3 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad.....	17
1.3.1 Tareas del Estudio de la Fiabilidad.....	18
1.3.2 Ventajas y logros de la aplicación del R.C.M.....	19
1.4 Plantas Elevadoras Automotriz.....	19
1.4.1 Tipos de Plantas Elevadoras Hidráulicos.....	20
1.4.2 Tipos de Plantas Elevadoras de Dos Columnas.....	22
CAPÍTULO 2.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
2.1 Características de las Plantas Elevadoras del Taller.....	26
2.1.1 Componentes de las Plantas Elevadores del Taller.....	27
2.2 Principales Problemas Técnicos de los Elevadores.....	29
2.2.1 Poleas.....	29
2.2.2 Fugas de Aceite.....	29
2.3 Método de la Teoría de la Fiabilidad.....	33
Para el inicio de la implementación de este método existe una metodología (Anexo 1 Metodología del RCM), además se deben considerar para el desarrollo de la misma las siguientes siete preguntas respecto a los equipos, las cuales nos darán información respecto a las posibles fallas que se presentarían en estos.....	33
2.3.1 Funciones del equipo.....	33
2.3.2 Falla funcional.....	34
2.3.3 Modo de avería.....	35
2.3.4 Efectos de falla.....	36
2.3.5 Consecuencia de la falla.....	36
2.3.6 Prevención de la falla.....	38
2.3.7 Sin opciones de prevenir la falla.....	40
2.4 Análisis del Método de la Teoría de la Fiabilidad.....	40
2.4.1 Funciones de los elevadores automotrices.....	41
2.4.2 Análisis de Modos y Causas de Falla.....	41
2.4.3 Categorización de Efectos de Falla.....	44
2.4.4 Diagrama de Decisiones del RCM.....	47
2.5 Propuesta de Plan de Mantenimiento a Utilizar.....	54
2.5.1 Estructura del Ciclo de Reparación Según el Tipo de Máquina.....	54

2.5.2 Acciones a Realizar en Cada Intervalo de Mantenimiento.....	56
Conclusiones.....	59
Referencias Bibliográficas .....	61
Anexos .....	63
Anexo 1 Metodología del RCM .....	63
Anexo 2 Diagrama de Decisiones de R.C.M .....	64
Anexo 3 Planta Elevadora.....	65

## INTRODUCCIÓN

La temática que hoy se presenta tiene que ver con el aseguramiento de la vida útil de determinados equipos elevadores, que tiene una función decisiva en el trabajo del taller, por cuanto se hablará de mantenimiento, rama del conocimiento que constantemente se actualiza porque es el responsable de la longevidad y fiabilidad de estos equipos. Es por ello que se puede afirmar, que además de actual, es sumamente necesario. Entre estos equipos a los que se hacen referencia, están las plantas elevadoras o ascensores para autos que fueron inventadas en el 1924 por Peter Lunati, un mecánico automotriz de los Estados Unidos. Según se relata, este se inspiró en una silla de barbero, construyendo así el primer elevador hidráulico para automóviles, que además de elevar, también giraba, conocido como Rotary Lift, nombre que también adquirió la empresa que posteriormente crearía.

La planta elevadora creada por Lunati, era empotrada y consumía 62 galones de aceite en una jornada de trabajo de 8 horas; contando con un solo modelo y aún así dominó el mercado prácticamente hasta la década del 60 del siglo pasado, tan solo con unas pocas mejoras

A pesar de que los elevadores empotrados tienen grandes ventajas como su longevidad y mayor acceso a más vehículos, las preocupaciones ambientales fueron mayores, debido a las fugas de aceite, lo que dio origen al surgimiento de nuevos elevadores que estarían en la superficie y no enterrados como el de Lunati, siendo los elevadores de dos postes los más utilizados a nivel mundial en nuestros días.

En los últimos años el parque automotriz en nuestro país, cada día es mayor y también las demandas de reparaciones y mantenimientos, para ello fue creada una empresa especializada perteneciente a la corporación CIMEX S.A. Esta empresa cuenta a lo largo del país con 10 subsidiarias y 9 divisiones, cada una enfocada en cumplir con las demandas del cliente.



En el caso particular de la provincia de Matanzas se cuenta con 314 sucursales. La división Transporte Automotor de la provincia de Matanzas tiene como objetivo la distribución de mercancía a las sucursales, además del mantenimiento y reparación de vehículos de otras empresas.

Para la reparación y el mantenimiento, la división cuenta con un taller dotado de los principales equipos necesarios para la realización de los trabajos, al mismo tiempo que cuida por la seguridad y comodidad del operario. Entre los equipos se encuentran las plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca Omnc y modelo BALDOR 35N174T400GL, que tienen gran demanda a escala internacional.

Como se puede apreciar el país y Matanzas en particular, cuenta con una estructura capaz de dar respuesta a las demandas de reparación y mantenimiento, pero el estado de funcionalidad de las máquinas elevadoras, en esta empresa, no es el adecuado y se aprecia la carencia de un programa de mantenimiento que garantice, la capacidad de trabajo, la fiabilidad y la vida útil de los mismos.

Es por ello que en el presente estudio se focalice la siguiente **Situación Problémica**:

Las plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca Omnc y modelo BALDOR 35N174T400GL de la empresa CIMEX de Matanzas son equipos de taller que se utilizan en el mantenimiento y reparación de autos, el fallo sistemático de ellas conduce a una deficiente disponibilidad debido a que no cuenta con un mantenimiento que garantice la capacidad de trabajo, la fiabilidad y la vida útil de las mismas.

Es por ello que el autor se haya formulado como **Problema Científico** la siguiente interrogante

¿Cómo fundamentar la propuesta de mantenimiento adecuado para plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca Omnc y modelo BALDOR

35N174T400GL, que garantice la capacidad de trabajo, la fiabilidad y la vida útil de las mismas, para la empresa CIMEX de Matanzas?

El **Objeto de Estudio** se circunscribe: al Proceso de mantenimiento para las plantas elevadoras de automóviles de 2,5 toneladas de marca Omnc y modelo BALDOR 35N174T400GL

Como **Objetivo General** se propone:

Proponer un mantenimiento fundamentado en la Teoría de la Fiabilidad para las plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca Omnc, modelo BALDOR 35N174T400GL de la Empresa CIMEX de Matanzas, que contribuya a incrementar su capacidad de trabajo, fiabilidad y su vida útil.

#### **Objetivos Específicos.**

- Analizar los antecedentes teóricos y metodológicos sobre la organización y planificación de los mantenimientos de plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca Omnc, modelo BALDOR 35N174T400GL.
- Diagnosticar los problemas técnicos existentes en las plantas elevadoras. de 2,5 toneladas de marca Omnc, modelo BALDOR 35N174T400GL, de la Empresa CIMEX
- Sugerir las piezas y partes que deben ser cambiadas para mejorar el funcionamiento de las plantas elevadoras. de 2,5 toneladas de marca Omnc, modelo BALDOR 35N174T400GL, de la Empresa CIMEX

- Fundamentar el tipo de mantenimiento adecuado para lograr capacidad de trabajo, fiabilidad y vida útil de las plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca Omnc, modelo BALDOR 35N174T400GL, de la Empresa CIMEX.

Para el desarrollo del presente estudio, el autor se apoya en los siguientes grupos de métodos: el materialista - dialéctico, como método general que muestra su expresión en los métodos del nivel teórico aplicados, entre los cuales se encuentran: el analítico-sintético, el inductivo-deductivo, el histórico-lógico, el hipotético-deductivo y el método de análisis de documentos, que sirvieron para el estudio de fuentes de información y el procesamiento de los fundamentos científicos de los diferentes autores que fueron consultados, para la definición del estado actual del problema, así como durante el análisis y discusión de los resultados en el plano teórico. El sistémico- estructural- funcional, fue aplicado para la propuesta de mantenimiento al establecer sus componentes, su estructura y su forma de control.

## **CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

En este capítulo se dará a conocer detalladamente la evolución del mantenimiento, sus conceptos, clasificación, ventajas y desventajas. También se darán a conocer las diferentes plantas elevadoras, sus características fundamentales.

### **1.1 El mantenimiento y su evolución.**

El mantenimiento no es más que la acción que realiza el hombre de manera organizada y planificada sobre las maquinas, equipos, instalaciones o inmuebles con el propósito de evitar su deterioro o fallo, o de restaurarlos para que cumplan la función para la que fueron creadas o alguna otra requerida.

El mismo implica acciones para controlar o prevenir el proceso de deterioro que conducen a falla de un objeto diseñado, y restaurar el objeto a su estado operativo a través de acciones correctivas después de una falla. El primero se llama mantenimiento preventivo (PM) y el segundo mantenimiento correctivo (CM).

El mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas y administrativas asociadas previstas para retener un elemento o restaurarlo en un estado en el que pueda realizar su función requerida. (Mohammed Ben-Daya, 2016).

Los objetivos generales de todos los Departamentos de Mantenimiento deben ser los mismos y deben incluir: (Autores, 2006).

- Lograr la satisfacción total del cliente con el servicio brindado, y/o producto final.
- Cumplimiento de las normas de seguridad y otras disposiciones obligatorias.
- Seguimiento, corrección, adecuación y ejecución de los planes de mantenimiento a equipos/activos/sistemas e inmuebles.

- Gestión de los recursos energéticos disponibles.
- Evitar la ocurrencia de averías innecesarias, y su rápida solución, en cumplimiento de los planes emergentes. Eliminación de estas a la mínima expresión posible.
- Disponibilidad, confiabilidad y fiabilidad de la instalación, así como los sistemas productivos y de servicios.
- Análisis de los modos de fallos y nivel de probabilidad de ocurrencia.
- Garantizar la gestión de la información histórica de las instalaciones para la toma de decisiones.
- Mantener las condiciones ambientales según sus normas y regulaciones.
- Lograr la reducción de los costos de mantenimiento tanto como sea posible.

### 1.1.1 Antecedentes

Desde que los hombres primitivos comenzaron a crear las primeras herramientas para su supervivencia surge la necesidad de repararlas surgiendo de esa forma el mantenimiento, llevando a su evolución y perfeccionamiento.

*Tabla 1.1 Evolución del mantenimiento (Álvarez, 2018)*

1780	Mantenimiento Correctivo (CM). Inicio de la Revolución Industrial. Se realizan los bienes por hombres, por lo que los productos son escasos y caros.
1798	Mejora del CM. Uso de partes intercambiables. Producción en masa.
1910	Formación de cuadrillas de Mantenimiento Correctivo.

1914	Mantenimiento Preventivo (MP). La Industria de guerra necesitaba trabajar de forma continua con demanda urgente de productos. Otro punto importante fue la necesidad de que las máquinas de guerra más importantes no fallasen.
1916	Inicio del Proceso Administrativo creado por Henry Fayol. Un modelo integrado de cinco elementos: previsión, organización, dirección, coordinación y control.
1927	Uso de la estadística en producción a fin de controlar el trabajo.
1931	Control Económico de la Calidad del producto Manufacturado.
1937	Conocimiento del Principio de W. Pareto donde permitía ver y establecer prioridades.
1939	Se controlan los trabajos de Mantenimiento Preventivo con estadística. Debido a la Segunda Guerra Mundial, se necesitaban las industrias del acero las 24 horas.
1946	Se mejora el Control Estadístico de Calidad (SQC) porque se veía que el MP no daba buenos resultados.
1950	En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad.
1950	En Estados Unidos de América se desarrolla el Mantenimiento Productivo (PM).
1951	Se da a conocer el Análisis de Weibull, una técnica para estimar una probabilidad basada en datos medidos o supuestos para solucionar problemas de mantenimiento.

1960	Se desarrolla el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Surge en la industria aérea.
1961	Se inicia el Poka-Yoke (a prueba de errores). Este sistema entra en juego cuando esta la seguridad humana.
1962	Se desarrollan los Círculos de Calidad (QC) basados en el MP.
1965	Se desarrolla el análisis Causa- Raíz (RCA).
1968	Se presenta el libro "Mantenimiento centrado en la Confiabilidad" conocida como el RCM mejorado.
1970	Difusión del uso de la computadora para la administración de Activos (CMMS).
1971	Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM).
1978	Se presenta la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas.
1980	Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO). Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias.
1995	Se desarrolla el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (5S's).
2005	Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC).

### 1.1.2 Tendencias tecnológicas del mantenimiento

Cada día es mayor la referencia de avances tecnológicos relacionados con aplicaciones directas en el mantenimiento y en el desarrollo de nuevas tecnologías que pueden tener una aplicación directa en el mismo, ya sea mediante *software*, sensores, equipos, sistemas de fabricación, entre otros, pero sin duda estos revolucionaran el mundo del mantenimiento. Entre estas tendencias están las siguientes: (Partida, 2016)

- **Internet de las cosas:** Utilización de sensores que ayuden la monitorización de los equipos, que faciliten la conectividad entre equipos, además de la utilización de la nube para el almacenamiento de datos, herramientas que ayudan de forma muy directa a optimizar y mejorar el mantenimiento. Gracias a la monitorización de equipos podemos determinar su estado, analizar la posible existencia de un fallo y determinar el momento adecuado para poder realizar una intervención en caso de ser necesario. Minimizar las tareas preventivas, actuando cuando sea preciso y eliminar acciones correctivas cuando ha fallado un equipo, posibilita aumentar la disponibilidad de la máquina, aumentando los ratios de producción y eficiencia al disminuir los tiempos de parada.
- **Control de vibraciones:** Otra faceta que está evolucionando de forma muy significativa es la del mantenimiento predictivo y el control de vibraciones, optándose por plataformas en la nube y diagnóstico en remoto. Habitualmente se formaba a personal de la empresa en técnicas de toma de datos y diagnóstico de vibraciones. También se invertía en costosos equipos que, en muchas ocasiones, no eran aprovechados adecuadamente o se arrinconaban sin darles uso adecuado. Como alternativa se contrataban servicios de consultoría para la medida de vibraciones y su posterior diagnóstico. Actualmente las empresas de consultoría especializadas se hacen cargo de la instalación de los sensores de vibración, realizando la toma de medidas de vibración en



remoto y alojando los datos en plataformas propias en la nube, realizando posteriormente el diagnóstico desde las instalaciones de la consultora. Es decir, se ha sustituido la venta de equipos por un servicio de control y diagnóstico en remoto disminuyendo los costes y manteniendo un control más exhaustivo de los equipos al monitorizarse en línea los equipos de forma continua en lugar de puntualmente.

- **Software y Big Data:** Cada vez se está dando mayor importancia a la utilización de software que nos ayude a mejorar la gestión de mantenimiento. Programas de GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) cada vez más versátiles y que nos devuelven la información acumulada en datos que facilitan la toma de decisiones.
- **Iluminación LED:** La tecnología LED se ha desarrollado de forma espectacular en los últimos tiempos. Menor consumo y mayor duración son sus principales valores, en una época en la que cada vez se está más concienciado de la necesidad de mejorar la eficiencia energética. El ahorro por consumo, el ahorro al ampliar la vida del equipo y disminuir la sustitución de los mismos, así como el ahorro por disminuir el tiempo de intervención y la mano de obra, son los factores que inciden directamente en el mantenimiento.
- **Hololens**, la realidad aumentada: Hololens es el nuevo desarrollo de Microsoft de unas gafas de realidad aumentada que permite visualizar e identificar problemas, facilitar información, acceso remoto y comunicación directa con técnicos expertos, liberando el uso de las manos para realizar las tareas adecuadas.
- **Drones:** La utilización de drones para alcanzar y visualizar lugares de difícil acceso para inspeccionar, verificar estado o preparar actuaciones de mantenimiento, como, por ejemplo, chimeneas, torres de refrigeración, luminarias situadas en techos altos. Otra aplicación puede ser la utilización de los drones como cámaras móviles para realizar rondas de

vigilancia y controlar un perímetro de seguridad, en sustitución de las cámaras fijas. También se pueden incorporar cámaras termográficas que ayudan a determinar un mapa de calor, aplicación utilizada por ejemplo en la agricultura, controlando la zona de cultivo y permitiendo optimizar las acciones a llevar a cabo.

- **Impresión 3D:** Esta cobra cada vez más importancia en la industria. Por una parte, se empieza a trabajar en fabricación directa con esta tecnología, por otra parte, se considera que es imprescindible a la hora de diseñar y realizar prototipos, puesto que permite tener la pieza y comprobarla en la aplicación directamente, a un coste muy inferior a otros procesos de fabricación de prototipos. También es una herramienta muy útil a la hora de realizar reparaciones, en alguna ocasión se ha visto como se han fabricado costosas piezas mecanizadas que, al ser instaladas en su ubicación, se ha comprobado que existía algún error, mala ubicación de los taladros o un mal dimensionamiento, por lo que realizando una copia previa se puede testear antes de fabricar la pieza definitiva.

## **1.2 Clasificación de los tipos de mantenimiento**

Según el portal digital Renovetec (Renovetec, 2018) tradicionalmente se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Cero Horas (Overhaul).
- Mantenimiento en Uso.

### **1.2.1 Mantenimiento Correctivo:**

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

Este tipo de mantenimiento se aplica cuando aparecen los fallos y el deterioro del equipo, maquina o inmueble, no antes, por lo que no requiere un estudio de los mismos dado que este mantenimiento no es programado.

**El mismo comprende:** (Calero, 2013)

- **Mantenimiento contra averías:** Es el que se le realiza a un equipo después que se haya producido la avería, dejándolo en condiciones óptimas de funcionamiento.
- **Mantenimiento de emergencia:** Es el que se le realiza a un equipo de forma inmediata para así evitar males mayores, cuando este ha empezado a dar síntomas de una alta degradación, y solo logra mejorar en algo sus parámetros de trabajo, no lo deja en condiciones óptimas.
- **Mantenimiento de urgencia:** Es el que se realiza de forma inmediata y con el objetivo de poner al equipo en funcionamiento a cualquier precio, y generalmente este queda bajo pésimas condiciones.

**Este tipo de mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:**

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.

- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.
- Brinda poca seguridad en la operación del equipo.
- Ambiente de trabajo desfavorable por vibraciones y ruidos.
- Riesgo de falla de partes de difícil adquisición.

**Como aspectos positivos se le señalan:** La no necesidad de un personal de alta calificación, ni detener las máquinas con ninguna frecuencia prevista, como tampoco velar por el cumplimiento de las acciones programadas.

**Como aspectos negativos están:** La ocurrencia aleatoria del fallo y la estadía correspondiente en momentos indeseados, la menor durabilidad de las máquinas, su menor disponibilidad y la posible ocurrencia de fallos catastróficos, lo que traería consigo daños ambientales provocando impactos negativos. El mantenimiento correctivo era el más utilizado prácticamente hasta mediados del siglo pasado.

### **1.2.2 Mantenimiento Preventivo:**

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

El mantenimiento preventivo es una política tradicional que se utiliza durante todo el proceso de fabricación aplicándose tanto en un componente como en un grupo del mismo. (Liu, 2014)

El mantenimiento preventivo puede ser impulsado por datos donde las acciones de mantenimiento resultantes son el resultado de la recopilación de información que sirve de base para los ciclos periódicos de mantenimiento. Este "basado en la edad" o La política "basada en la duración del uso", pueden ser desventajosos en algunos casos, ya que no considera el estado del elemento que se mantienen, pero evita posibles fallas a través de acciones de mantenimiento. (Tang, 2015)

**Las acciones de reparación de este mantenimiento se pueden clasificar en:** (Márquez, 2011)

**Reparaciones pequeñas:** se corresponden con trabajos que se realizan sin desmontar la máquina, pudiendo hacer ajustes, regulaciones, limpieza, cambio de piezas de fácil acceso, etc., siempre que exija una pequeña laboriosidad.

**Reparaciones medias:** exigen el desmontaje parcial de la máquina, reparando o cambiando piezas deterioradas y ejecutando otras acciones de las mencionadas para reparaciones pequeñas, pero con una laboriosidad mayor.

**Reparaciones generales:** se desmonta y desarma toda la máquina, reparando y cambiando las partes necesarias y devolviendo la capacidad de trabajo a un nivel más cercano al nominal con costos racionales.

**Ventajas del mantenimiento preventivo:** (Palencia, 2012)

- Reducción de las paradas imprevistas de los equipos.
- Cambio del sistema de mantenimiento por paros a mantenimiento programado.
- Disminución de los costos de mantenimiento, de materiales y de mano de obra.
- Mejor control de las piezas que se van a sustituir, lo cual conduce a tener un inventario menos costoso.

- Disminución de los pagos de horas extra del personal, originados por las reparaciones imprevistas.
- Aumentar la disponibilidad de equipos, y, por tanto, el tiempo útil de producción.
- Mayor seguridad para operarios y maquinaria.

**Desventajas del mantenimiento preventivo:** (Aldakin, 2017)

- Es más complejo diagnosticar el nivel de desgaste que sufren las piezas que forman los diversos equipos.
- Se ha de buscar un personal mucho más especializado y las recomendaciones del fabricante cobran especial valor. De lo contrario, este tipo de mantenimiento será poco eficaz y muy costoso.

**1.2.3 Mantenimiento Predictivo:**

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

Este tipo de mantenimiento busca mantener información permanente de los valores variables de los componentes de los equipos con el fin de anticipar algún tipo de falla o avería, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo, las variables más comunes a obtener son las variables físicas tales como las revoluciones por minuto, temperatura, energía consumida, vibraciones, sonido, entre otras. Al

igual que el mantenimiento preventivo, este no requiere de una detención de la máquina dado que el diagnóstico se realiza con los equipos en funcionamiento. Para obtener la información de las variables se requieren de equipos de tecnología basada en indicadores, los cuales permiten mostrar los estados de la máquina y ser mostrado a personal calificado para la interpretación de estos.

**Ventajas del mantenimiento predictivo:** (Aldakin, 2017)

- La operatividad de la maquinaria es más continua, ya que las pausas en caso de error son breves al detectarse de forma temprana.
- Es muy fiable, ya que usa un personal muy cualificado que realiza cálculos de alta exactitud.
- La necesidad de personal es menor, por lo que se reducen los costes en contratación.
- Los repuestos y equipos empleados tienen una alta durabilidad. Las revisiones se hacen en base a resultados, por lo que se buscan piezas que cumplan con lo estipulado.

**Desventajas del mantenimiento predictivo:** (Aldakin, 2017)

- Implica programación, por lo que una avería puede demorarse más tiempo en ser solucionada.
- Los equipos requeridos son más costosos, ya que son especiales, muy precisos, y, por tanto, de un presupuesto muy elevado.
- El personal, pese a ser menor en número, ha de tener una alta cualificación. Así pues, tiene que conocer muy bien su área, pero hay menos opciones de mercado para encontrar a colaboradores realmente cualificados.

- Implementar estos equipos de alta tecnología es muy caro, ya que, al funcionar por medio de programación, los inicios son muy complejos, por lo que de entrada la inversión es muy elevada.

#### **1.2.4 Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):**

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

#### **1.2.5 Mantenimiento En Uso:**

Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Mantenimiento Productivo Total).

### **1.3 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad**

El Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM) es el realizado a partir de un estudio previo en el que se tiene una mayor comprensión de los fallos que se puedan manifestar; así como de sus posibles causas y consecuencias.

El RCM a lo largo de los años ha sido definido de diferentes maneras:

1. Es la mejor forma de desarrollar un programa de mejoramiento de mantenimientos (Hinchcliff, 2004).



2. Es un proceso específico usado para identificar las políticas que deben ser implementadas para el manejo de los modos de falla y sus causas funcionales en cualquier sistema. (SAE, 2009).
3. Es una disciplina lógica o metodología usada para identificar las tareas del mantenimiento preventivo en bases de la fiabilidad de un equipo con los mínimos gastos de recursos. (Heap, 1978).
4. Es un proceso usado para determinar los requisitos de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto operativo o un proceso usado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico siga operando como el usuario lo requiera. (Moubray, 1997).
5. Es un proceso para identificar componentes cuyas fallas funcionales le puedan causar consecuencias inesperadas a una planta o instalación. (Bloom, 2006).
6. Identifica las funciones de un sistema, equipo o activo, el cual podría ser crítico y luego busca optimizar las estrategias de mantenimiento. (Regan, 2012).

### **1.3.1 Tareas del Estudio de la Fiabilidad**

- Las regularidades del surgimiento de los fallos y la recuperación de la capacidad de trabajo de los artículos.
- La influencia de los factores externos e internos en los procesos que se desarrollan en los artículos.
- Los métodos de determinación cualitativa y la valoración comparativa de los índices de fiabilidad de los artículos.
- Las actividades para aumentar la fiabilidad al diseñar y producir los artículos, así como los procedimientos para mantener y elevar el nivel necesario de fiabilidad durante la explotación.

### **1.3.2 Ventajas y logros de la aplicación del R.C.M**

La aplicación del R.C.M en la industria aporta una serie de ventajas y logros como:

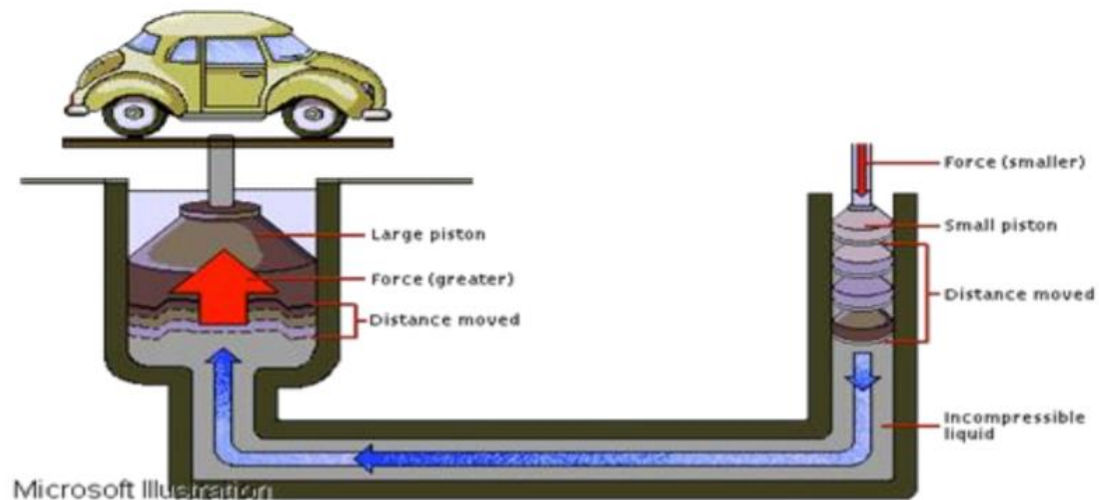
- Mejora de las comunicaciones entre el diferente personal de la empresa.
- Aprovechamiento de la habilidad y el conocimiento de cada componente del grupo.
- Realización de un mejor análisis de cada uno de los componentes del equipo.
- Detección de fallas antes de que ocurran.
- Mayor seguridad y protección del entorno.
- Mejores rendimientos operativos.
- Mayor contención de los costes de mantenimiento.
- Una amplia base de datos de mantenimiento.
- Mayor motivación de las personas.
- Mejor trabajo de grupo (análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones).

### **1.4 Plantas Elevadoras Automotriz**

Las plantas elevadoras automotriz o ascensores de autos son equipos que como su nombre indica se utilizan para levantar automóviles de cualquier tamaño y peso según su capacidad de carga.

La gran mayoría de estos elevadores son hidráulicos por su fácil funcionamiento basado en el Principio de Pascal, (la presión ejercida sobre un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables

se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido) lo que permite que con la aplicación de una fuerza en la superficie de un cilindro de menor diámetro la presión hará que se mueva la superficie del cilindro de mayor diámetro.



*Figura 1.1 Principio de Pascal en elevadores*

#### **1.4.1 Tipos de Plantas Elevadoras Hidráulicas**

Existen diferentes tipos de elevadores, estos se distinguen unos de otro según su eficacia en el trabajo, la estructura que tienen y el espacio dimensional que utilizan los vehículos. Estos se pueden dividir en dos grupos, el primero correspondería a los vehículos que se elevan desde su carrocería, el más conocido es el elevador de dos columnas, y el siguiente a los que se elevan desde sus llantas, en este el más conocido es el elevador de cuatro columnas. (Leiva, 2017)

#### **Elevadores desde llantas**

- Elevador de cuatro columnas: si bien lo dice su nombre, la estructura de este elevador se compone de cuatro columnas en las cuales a través de una rampa las ruedas del vehículo son acomodadas para poder elevarlo, ofreciendo una gran versatilidad, este tipo de elevador tiene gran

capacidad y soporte comparados a los elevadores de dos columnas. No necesita de anclaje en el suelo de tal forma que los elevadores de cuatro columnas de menor capacidad pueden ser cambiados de su lugar de ocupación.

- Elevadores de columnas portátiles: la idea principal de estos elevadores va en que mientras más grande y pesado es un objeto que se quiera levantar, simplemente debe añadir más elevadores de columnas según la necesidad del trabajo a realizar.
- Elevadores para alineamiento: son utilizados con el fin de mejorar la tarea de alineamientos a los vehículos gracias a sus platos de alineación localizados en la parte delantera y los platos deslizantes en su parte trasera que ofrecen mayor precisión.

#### **Elevadores desde carrocería:**

- Elevador de dos columnas: este elevador consta de dos columnas las cuales tienen unos brazos que se acomodan según el punto medio de peso o de equilibrio del vehículo para lograr su elevación. Es el más común dentro del mercado, casi esencial en un taller automotriz profesional hoy en día. Sin embargo, una gran desventaja son que sus columnas impiden la movilidad en el trabajo.

Si bien estos elevadores son bastantes versátiles en su trabajo, requieren de condiciones necesarias para su perduración, como es el estar en un lugar bajo techo lo cual impida el ingreso de humedad y factores externos como puede ser la tierra o polvo.

#### **Ventajas**

- Bajo costo comparado a otros elevadores automotrices. Su precio incluye costo de instalación.

- Facilita el trabajo en los mecanismos de rodaje y transmisión en los vehículos ya que las ruedas quedan suspendidas y no incomoda su trabajo.
- Instalación rápida, el piso debe ser compacto ya que cada columna soporta 2600 kg de fuerza.
- Sólo utiliza energía eléctrica por lo cual es amigable con el medio ambiente.
- Elementos de repuesto son de bajo coste comparado a otros elevadores de mayor proporción.
- Puede ser fácilmente movido o reubicado si es necesario.

### **Desventajas**

- Las columnas incomodan o pueden dañar las puertas, así como restringen el acceso a la cabina del automóvil.
- La vida útil de estos elevadores es de 10 a 15 años.
- Incrementa el valor en el pago por kW/h.
- La barra o el poste del elevador puede limitar alturas de elevación de los vehículos de alto.

### **1.4.2 Tipos de Plantas Elevadoras de Dos Columnas**

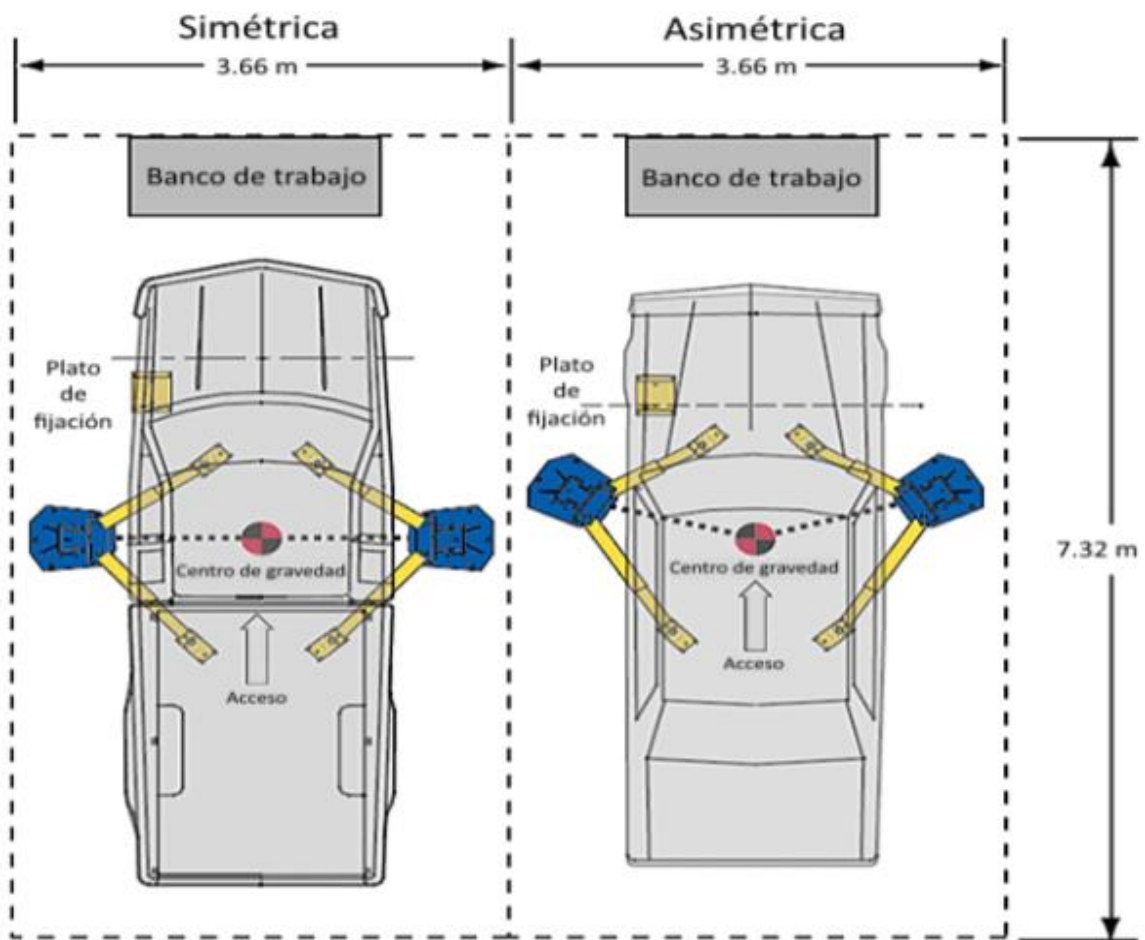
Los elevadores de dos columnas se clasifican en dos tipos: según la forma de lograr balance en los diferentes tipos de vehículos y según la posición de los brazos de levantamiento en columnas simétricas y asimétricas. Por otra parte, ambos tienen en sus funciones un sistema de seguridad con el cual se activa un sistema de cuñas que se enganchan de los pilares ayudando a sostener el peso de los vehículos.

## Plantas Elevadoras de dos columnas simétricas

En estos tipos de elevadores los brazos de levantamiento están simétricos los unos al otro con el fin de lograr un punto central del balance del vehículo y lograr levantar de esta forma los vehículos de gran peso como camionetas o vehículos comerciales, con capacidades hasta 8 100kg.

## Plantas Elevadoras de dos columnas asimétricas

Los elevadores asimétricos centran su carga en la parte trasera del vehículo, logrando la estabilización del equilibrio para eficacia en los trabajos. Ideales para vehículos compactos o para vehículos de pasajeros, son capaces de levantar hasta 4500kg.



*Figura 1.2 Posición de los brazos de levantamiento en columnas simétricas y asimétricas*

## CAPÍTULO 2

### MATERIALES Y MÉTODOS

La información recopilada para el ordenamiento y dosificación de los objetivos y contenidos procede del estudio de la literatura consultada y de la experiencia acumulada por el autor, lo que es también un rasgo que caracteriza el estudio que se presenta.

Hay que resaltar el uso de los métodos del nivel teórico, entre los primeros, se precisó el **Histórico-Lógico** para el estudio de la evolución histórica de las diversas concepciones teóricas y criterios de los autores abordados, sobre equipos elevadores además de establecer la relación entre los aspectos teóricos y metodológicos para la concepción de la propuesta. Permitted indagar sobre el proceso de desarrollo de la iniciación de estos equipos y sus características; así como su variabilidad, tendencias y antecedentes que se relacionarán con el presente estudio, al mismo tiempo que se valoraron concepciones, fundamentos y opiniones de autoridades en el tema, que permitieron fundamentar teóricamente la propuesta del autor. De igual forma se tuvo en cuenta el **Analítico sintético**: su inclusión en el trabajo tiene que ver con el análisis y el procesamiento de diferentes documentos, relacionados con los equipos elevadores, bibliografías especializadas, que permitieron hacer la propuesta sobre bases sólidas, concretamente para el estudio de los elementos que integran los fundamentos relacionados con el mantenimiento, sus tipos, así como sus procedimientos de elección de acuerdo a las características del equipo. Todos estos elementos fueron integrados en un todo para la confección del programa propuesto. El otro método teórico abordado fue el **Inductivo-deductivo**. El mismo posibilitó la determinación del problema planteado, la predicción de los resultados esperados, así como la diferenciación de las tareas investigativas a partir de inferencias lógicas deductivas, sobre la base de los fundamentos teóricos a los cuales se pudo arribar, así como las generalizaciones que permitieron elaborar el programa pretendido. También fue



determinante el método **Análisis de documentos**: se realizó una revisión de la información especializada sobre equipos elevadores y programas de mantenimiento, documentos normativos emitidos por la empresa CIMEX, observando cómo unidades de análisis los protocolos, la dosificación y las metódica de aplicación; ventajas y desventajas, así como sus niveles de eficiencia, vida útil y de conservación. Finalmente se acude al método **Sistémico-estructural-funcional**. que permitió el estudio exhaustivo del objeto de estudio, para determinar los componentes y la estructura del sistema organizacional propuesto, a partir de la bibliografía consultada y de las necesidades concretas de su escenario de aplicación.

A continuación se darán a conocer las características del elevador automotriz a analizar y sus fundamentales problemas, se emplea y explica detalladamente el análisis del Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM) como Método para detectar las fallas y problemas de dichos elevadores y como fundamento de la propuesta del plan de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

## **2.1 Características de las Plantas Elevadoras del Taller.**

Estos elevadores de dos columnas son asimétricos y tienen como características las siguientes:

- Su capacidad de elevación es de 2 500kg.
- Su altura máxima de elevación es de 2000mm.
- Su altura mínima de elevación es de 90mm.
- El tiempo que demora en lograr la elevación corresponde a 55 segundos.
- La potencia del motor es de 2.2kW.
- Su fuente de alimentación corresponde a un consumo de 220V.
- Su aceite debe ocupar una presión de 18Mpa.

### 2.1.1 Componentes de las Plantas Elevadores del Taller

Los elevadores automotrices están compuestos por los siguientes elementos:

- **Columnas:** Estas columnas son de material rígido, capaces de soportar todas las cargas que se ejercen al momento de ascender un vehículo. Además, es aquella que aloja a todos los elementos del elevador de autos ya sean fijos o móviles.
- **Brazos de elevación:** Son dos brazos de acero deslizables, los cuáles realizan movimientos de ascenso y descenso con la finalidad de levantar un automóvil y mantener el peso del vehículo suspendido en el aire para realizar tareas de inspección visual o trabajos de mantenimiento preventivo o correctivo.
- **Cilindros hidráulicos:** Mecanismos de forma cilíndrica en el que su interior se desplaza un pistón que transforma la presión de un líquido, generalmente aceite, en energía mecánica permitiendo un desplazamiento lineal.
- **Motor eléctrico:** El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.
- **Bomba de engranaje:** Es un tipo de bomba que consta principalmente de un par de engranajes acoplados de tal forma que al accionarse la bomba el contacto entre los dientes al separarse y juntarse provoca que por un lado se aspire el aceite y por otro salga a presión.
- **Cable de acero:** Un cable de acero es una máquina compuesta por elementos precisos y con movimientos independientes, diseñados y fabricados para trabajar en una función muy definida entre uno y otro.

Este está constituido por tres elementos principales, alambre de acero, torón, alma

El torón de un cable se forma por el enrollamiento helicoidal de un número determinado de alambres alrededor de un elemento central. A cada número y disposición de los alambres se le conoce como construcción. Así es como se van designado las diferentes construcciones de los cables.

El alma es el elemento central del cable de acero, que puede ser de fibra o acero, sobre el cual están torcidos helicoidales los torones. Una de las funciones del alma es la de proveer soporte a los torones del cable cuando éste se encuentra en operaciones y condiciones de carga.

- **Poleas:** Una polea, es un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza. Sirve para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso y además es el punto de apoyo de una cuerda que moviéndose se enrolla sobre ella sin dar una vuelta completa actuando en uno de sus extremos la resistencia y en otro la potencia
- **Tubo hidráulico:** Es el tubo que conecta la bomba con los cilindros hidráulicos a través del cual pasa el aceite.
- **Unidad de control:** Este elemento es importante en el circuito ya que en su interior se realiza las conexiones entre el motor y los botones de mando
- **Cadena:** Una cadena de transmisión sirve para transmitir del movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas. En el elevador electromecánico no cumple una función de transmisión de fuerza, sino que solo regula la sincronización de los tornillos de potencia, es decir, cuida que estos giren a la misma velocidad ya sea de subida como de bajada.

## **2.2 Principales Problemas Técnicos de los Elevadores**

El motivo por el cual estos equipos no están siendo utilizados es debido a dos problemas fundamentales:

1. Poleas en mal estados y en algunos casos averiados.
2. Fugas de aceite.

### **2.2.1 Poleas**

Las poleas que traen las plantas elevadoras originalmente son plásticas y tienden a romperse con facilidad después de poco tiempo de uso. Dado que la empresa no posee los medios para confeccionar en ella poleas de acero que si satisfagan el trabajo que realizan las elevadoras se propone comprarlas a uno de los proveedores de la empresa.

### **2.2.2 Fugas de Aceite**

Las fugas de aceite hidráulico en los cilindros provocan la formación de residuos aceitosos, la formación de producto incrustado y aún más importante, que la planta no trabaja en óptimas condiciones provocando en algunas ocasiones que no pueda trabajar.

Estas fugas pueden ser causadas por:

- Cargas superiores a las establecidas.
- Desgaste o deterioro en los sellos.
- Utilización de aceite no adecuado.

### **Cargas Superiores a las Establecidas**

Al cargar un elevador automotriz por encima de su peso máximo establecido provoca fugas de aceite debido a que el cilindro hidráulico no puede mantener la presión de aceite adecuada para cargar ese peso además de ser peligroso dado que puede causar bajadas inesperadas de los brazos que cargan el automóvil.

## **Desgaste o Deterioro de los Sellos (Interempresas, 2018)**

El desgaste o deterioro de los sellos tienen como causas fundamentales las siguientes:

- **Instalación incorrecta:** Una junta instalada incorrectamente puede fallar de diferentes maneras debido a una manipulación errónea, contaminación o, incluso, por estar mal ajustada en la aplicación. Una instalación incorrecta puede derivar en roturas y rasguños de la junta y, consecuentemente, derivar en fallos de ésta. Puede incluso instalarse del revés, provocando inmediatamente fugas. El lugar donde se va a colocar el sello debe medirse correctamente, para que encaje a la perfección. Si la medida no es correcta, la junta o sello puede o bien romperse (si es demasiado grande) o no sellar en absoluto (si es demasiado pequeña). Por ejemplo, el tamaño de una junta tórica lo determinan el diámetro de la junta (el diámetro del agujero en el hueco donde la junta deberá ir encajada), el diámetro exterior de la junta y la anchura de la junta (la anchura total de la junta). Las juntas se miden para adaptarse a un determinado eje o diámetro de varilla y se identifican como tal. Una junta solo debería utilizarse en las medidas para las que ha sido diseñada.
- **Contaminación:** Virutas metálicas, polvo, suciedad, barro, arena y otras partículas de sólidos pueden acumularse durante el rendimiento y dañar la junta, posiblemente penetrando en el área protegida. Las causas pueden deberse a suciedad en el cilindro interno, un desgaste del cilindro con el tiempo, filtros obstruidos, aceite sucio o unas escobillas que no limpien correctamente. Cualquier líquido utilizado en estas aplicaciones debería estar perfectamente limpio de residuos.
- **Exceso de temperatura:** El calor puede causar que el elastómero se endurezca y provocar el deterioro de la junta, rompiéndola y agrietándola. El material se puede romper, causando una mayor contaminación. Generalmente, hay un rango de temperatura óptima establecido para

cada uso concreto de sellos hidráulicos y neumáticos y es el que debería aplicarse. Una mayor temperatura también acelera el envejecimiento; la temperatura de la aplicación y la fricción constante pueden reducir significativamente la expectativa de vida de una junta hidráulica. Por ejemplo, si se ven las grietas de un axial en el borde de un sello al reemplazarlo, el sello podría haber estado expuesto a temperaturas excesivamente altas. Por otro lado, cuando el ambiente de trabajo es muy frío la junta podría quebrarse.

- **Presión elevada:** Cuando se estira una junta por encima de sus límites y falla puede ser por una sobre presurización. Los tipos de fallos pueden ser desde grietas hasta una ruptura completa de la estructura. Siempre hay que controlar el incremento de presión y asegurarse de que el diseño de la junta es apto para la presión indicada en la aplicación. Al igual que la temperatura, la presión recomendada para un rendimiento óptimo viene especificada por el fabricante para cada junta. Cuando se supera la presión recomendada, la junta se desgasta más rápidamente. Además, utilizando el lubricante o aceite incorrecto puede perjudicar la densidad del fluido engordándolo demasiado o haciéndolo resbaladizo, causando una presión hidráulica incorrecta en la junta.
- **Rotación a alta velocidad:** Si se utiliza en un entorno que requiere una velocidad específica (como un eje giratorio), el sello puede no soportar la velocidad de rotación. Los sellos están diseñados para funcionar con una buena lubricación entre el sello de labio y el área en movimiento. El grosor de la película de lubricante establece el nivel de fricción. Cuando la velocidad aumenta, la fricción disminuye al principio, pero con el tiempo, ante una velocidad creciente, la fuerza de fricción aumentará causando el desgaste de las juntas. Las velocidades por encima o debajo de los rangos recomendados en las especificaciones de cada producto llevan a unos valores de fricción que aumentan fuertemente afectando al material del sello.

- Deterioro químico: Un fluido corrosivo o una composición química incompatible, como aditivos de aceite, pueden romper el material de la junta. Esto puede ocurrir cuando se ha elegido una junta con material inadecuado para una aplicación concreta, ya que conectar una junta a un sistema hidráulico utilizando fluidos químicos ocasiona roturas materiales o extrusiones al material de sellado. El deterioro químico puede manifestarse bien al hincharse o contraerse la junta.

### **Utilización del Aceite no Adecuado**

La correcta selección del aceite adecuado es de gran importancia dado que, si en un principio no usamos el correcto, no causan repentinas fallas catastróficas, la vida útil del equipo se verá seriamente acortada.

Existen varios componentes a la hora de elegir el tipo de aceite, estas son:

- Grado de viscosidad.
- Bomba usada en el sistema.
- Presión de operación.
- Temperatura de operación.

Actualmente existen tres tipos de diseño de bombas, estas son; de alabes o paletas, las de pistón y la bomba de engrane o engranaje, siendo esta última la usada en las plantas elevadoras a estudiar.

A pesar de las bombas de engranes ser las más ineficientes son capaces de manejar mayor cantidad de contaminantes que las demás siendo capaces de producir presiones entre 20 y 24 MPa.

El aceite hidráulico que se encuentra actualmente en uso en la empresa CIMEX cumple con las características necesarias para los elevadores allí presentes.

## **2.3 Método de la Teoría de la Fiabilidad**

Para el inicio de la implementación de este método existe una metodología (Anexo 1 Metodología del RCM), además se deben considerar para el desarrollo de la misma las siguientes siete preguntas respecto a los equipos, las cuales nos darán información respecto a las posibles fallas que se presentarían en estos.

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional (funciones)?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones (fallas funcionales)?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional (modos de fallas)?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de las fallas)?
5. ¿Cuál es la consecuencia de la falla (consecuencias de las fallas)?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla (tareas a realizar)?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada (acciones por defecto)?

### **2.3.1 Funciones del equipo**

Cada equipo es adquirido para satisfacer una necesidad con unos estándares determinados, y en el momento que no la cumplan estará provocando la falla en el equipo. En cada equipo se establece un contexto operacional, en el que deben constar estos cuatro factores:

- Régimen de operación del equipo.
- Disponibilidad de la mano de obra y repuestos.



- Consecuencias de la indisponibilidad del equipo (pérdida de producción, reducción de la producción).
- Objetivos de seguridad y medio ambiente.

Se debe diferenciar el enfoque del mantenimiento según las funciones del equipo, ya que este puede ser totalmente diferente si por ejemplo en dos equipos iguales uno es el principal y otro es el de reserva.

Además, también se diferenciará entre funciones primarias y secundarias:

**Funciones primarias**, que en primera instancia resumen el porqué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.

**Funciones secundarias**, Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales y hasta de apariencia del activo.

### **2.3.2 Falla funcional**

La falla funcional es la incapacidad que tiene un equipo en llevar a cabo sus funciones por las cuales ha sido adquirido. Las fallas funcionales únicamente describen la incapacidad de lograr la función deseada, pero no se extiende más allá de esto, ya que ni explica ni detalla las causas de la falla.

Las fallas dependen del contexto operacional, el estado de un elemento puede no considerarse como falla en ciertas ocasiones y si en otras. Además, al definir las fallas se han de seguir una serie de criterios de funcionamiento que han de estar perfectamente definidos, de otra forma podría ocasionarse cierta confusión según desde el punto de vista con que se analice. En ocasiones el personal de mantenimiento puede considerar como fallo algo que el personal de productividad no lo considere. Por esta razón se han de definir claramente los

criterios dentro del contexto operacional, para que de esta forma se actúe de la manera correcta.

### **2.3.3 Modo de avería**

Una vez identificada la falla, el siguiente paso es intentar identificar los hechos que la han podido causar. Estos hechos son los denominados modos de falla, y son los encargados de definir la razón por la cual ha fallado.

Dentro de una sola instalación puede haber una gran lista de modos de falla, pero de esta enorme lista solo han de registrarse los que puedan ocurrir en mayor probabilidad. La decisión de incluir o no un modo de avería en la lista se ha de tomar con cautela, ya que un modo de avería puede ser no muy probable, pero en cambio sus consecuencias son grandes como para tenerlo en cuenta.

Para responder a esta tercera pregunta ¿Cuál es la causa de la falla? la norma SAE JA1011 define los siguientes puntos:

1. Todos los modos de falla razonablemente probables de causar cada falla funcional deben ser identificados.
2. El método usado para decidir que constituye un modo de avería probable ha de ser aceptado por el propietario/usuario del equipo.
3. Los modos de falla deben identificarse hasta un nivel de casualidad que haga posible identificar una política de manejo de fallas adecuada.
4. Una lista de modos de falla debe incluir los modos de falla que han ocurrido anteriormente, modos de falla actualmente prevenidos por programas de mantenimiento y modos de falla que no han sucedido pero que la probabilidad de que sucedan es alta.
5. Una lista de modos de falla, además, también ha de incluir cualquier situación o proceso que tenga una alta probabilidad de provocar una falla (desgaste, defectos de diseño, error humano).

### **2.3.4 Efectos de falla**

Los efectos de falla describen los que ocurriría si no se lleva a cabo ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar una falla.

Estos efectos han de incluir la información necesaria para garantizar la evaluación de las consecuencias de falla como:

- Si existe o no evidencia de que la falla ha ocurrido.
- Si tiene o no amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- La manera en que afecta a la producción o diferentes operaciones.
- Si la falla puede ocasionar daños físicos.
- Como se ha de responder para rehabilitar la función del sistema después de la falla.

### **2.3.5 Consecuencia de la falla**

Una vez ya determinadas las funciones, fallas funcionales, modos de fallo y los efectos, se procede a evaluar la importancia de cada falla. Estas consecuencias serán las que marcarán la decisión de si se ha de tratar de prevenir la falla o no.

Las tareas preventivas se realizan siempre y cuando se comprueba que realizándolas se pueden evitar las consecuencias de la falla. El R.C.M divide en cuatro grupos las consecuencias de falla (Beltran, 2015):

- **Fallas ocultas:** Las fallas ocultas no tienen ningún impacto negativo directo, pero hacen que la instalación esté expuesta a fallas múltiples que pueden ocasionar consecuencias graves y en algunos casos hasta catastróficas. Un ejemplo sería el sistema contraincendios, si los detectores de humo no funcionan puede dar resultado a una consecuencia catastrófica.
- **Seguridad y medio ambiente:** Un modo de avería tiene consecuencias medioambientales o de seguridad cuando se incumple con cualquier norma o

regulación (normas gubernamentales de medio ambiente) o existe la posibilidad de daños físicos sobre la persona.

- Operacionales: En este apartado se incluyen las consecuencias de falla que causan pérdidas económicas aparte de la reparación del elemento dañado, es decir, la reducción de la producción, la atención al cliente o la calidad del producto.
- No operacionales: Las consecuencias de falla que se incluyen en esta categoría son aquellas que no afectan ni a la producción ni a la seguridad, solo se requiere la reparación o remplazo de los elementos afectados por la falla. De manera que solo afecta económicamente a la empresa.

Cuando las consecuencias tengan una importancia significativa, se intentará prevenirlas. Al contrario, cuando no lo son, solo se actuará haciendo un mantenimiento sistemático. Es por esto, por lo que el R.C.M hace hincapié en preguntar si cada falla tiene una consecuencia significativa o no. A partir de la respuesta a esta pregunta, se actuará de una manera u otra.

Los equipos poseen una gran cantidad de modos de falla, que pueden causar consecuencias muy graves en ellos. El número de modos de falla aumentan al aumentar la complejidad de los equipos, pero para intentar contrarrestar esto, normalmente, llevan vinculados a ellos dispositivos de protección. Estos dispositivos están encargados de detener el funcionamiento en caso de falla o al menos prevenir que aparezcan situaciones de mayor peligro.

Los sistemas de seguridad están compuestos por, al menos, un dispositivo de protección y su función protegida. Pero estos sistemas están también en posibilidades de fallar, de manera que es necesario definir la seguridad inherente para poder tratar la posible falla. Los posibles modos de falla en estos dispositivos, se dividen en:

- Dispositivos de protección con seguridad inherente: Las fallas son evidentes y se pueden evitar o minimizar las consecuencias de estas.

- Dispositivos de seguridad sin seguridad inherente: La falla puede causar graves consecuencias, ya que la falla no es evidente.

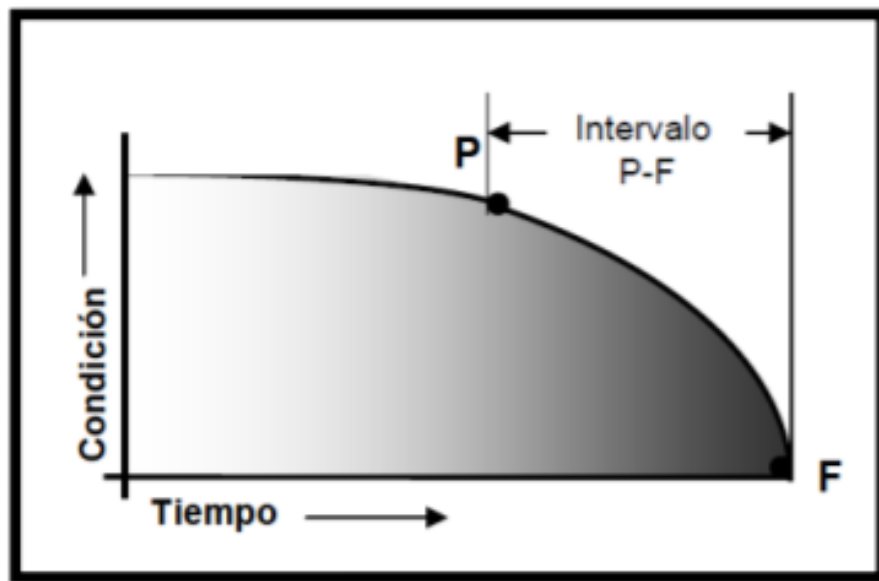
### **2.3.6 Prevención de la falla**

El mejor método para mejorar la disponibilidad de la planta es tener implantado algún tipo de mantenimiento rutinario. El mantenimiento a aplicar puede variar bastante según la política de la empresa o los equipos a mantener. En algunos equipos las fallas son repetitivas, en otros las consecuencias que puede causar la falla no son significativas, pero cuando las consecuencias pueden ser significativas se ha de actuar para evitar daños mayores. Será en estos casos cuando el mantenimiento ha de actuar para prevenir estas fallas o al menos reducir las consecuencias.

El R.C.M distribuye en tres grupos diferentes las categorías preventivas:

- Reacondicionamiento cíclico: Se revisan los equipos o se reparan los componentes con una determinada frecuencia (no importa el estado en que se encuentren). La edad a la que se incrementa las opciones de falla del elemento será el condicionante para fijar la frecuencia de revisión. Este tipo de tareas resultan rentables si existe una edad a la cual la probabilidad de falla en los elementos se incrementa, y si realizando el mantenimiento se es capaz de devolver al mantenimiento al estado inicial. Aunque en ocasiones se deben estudiar diferentes alternativas, ya que puede que exista otro tipo de tareas que sean más factibles.
- Tareas de sustitución cíclica: Estas tareas consisten en remplazar un equipo o alguno de sus componentes periódicamente. Este periodo se determina a partir de la vida de los diferentes elementos. Estas tareas serán factibles si los elementos tienen una edad a partir de la cual aumenta la posibilidad de falla considerablemente. En este caso si se consigue recuperar el estado inicial del equipo, ya que los elementos que sustituimos son nuevos completamente.

- Tareas a condición: En este caso, estas tareas se basan en que muchas de las fallas no se producen en un momento puntual, sino que se desarrollan poco a poco. Cualquier tarea de este tipo ha de satisfacer los siguientes puntos:
  - ❖ Tiene que existir una falla potencial perfectamente definida.
  - ❖ Debe tener un intervalo P-F (intervalo de tiempo entre el punto en que una falla potencial es detectable y el punto en el que se vuelve en una falla funcional) bien definido.
  - ❖ El intervalo de la tarea a realizar debe de ser menor que el intervalo P-F.
  - ❖ El tiempo de descubrimiento de la falla ha de ser lo suficientemente corto, ya que después todavía se ha de examinar cómo actuar en la falla y se ha de realizar la tarea, y todo esto ha de ser menor que el intervalo P-F.



*Figura 2.1 Intervalo P-F*

Para poder detectar la falla potencial con anterioridad a producirse una falla funcional, el intervalo entre revisiones deberá ser menor que el intervalo P-F. Además, la condición para detectar esta falla potencial deberá de ser lo bastante

clara para saber con rotundidad que la persona encargada de las revisiones en los equipos, localizará la falla potencial cuando esta ocurra.

El R.C.M a través de criterios simples y fáciles de comprender es capaz de decidir que tarea sistemática es la más adecuada para cada caso, además de decidir los periodos de actuación y orden de las tareas según la prioridad a través del Diagrama de Decisión

### **2.3.7 Sin opciones de prevenir la falla**

Aparte de comprobar si la realización de las tareas preventivas es factible o no, el R.C.M se ocupa también de si merece la pena o no hacerlas. Si se comprueba que no vale la pena realizar este tipo de tareas, se efectúan otro tipo tareas de mantenimiento llamadas “a falta de”, que tratan ya con el estado de falla. El R.C.M distribuye en tres tipos las tareas “a falta de”:

- Búsqueda de la falla: Se aplica a las fallas ocultas, es decir solamente a los elementos de protección.
- Rediseño: Se considera rediseño al cambiar las características o especificaciones de cualquier componente de un equipo. Además, también se incluyen las modificaciones, al añadir algún elemento nuevo, o la sustitución o reubicación de los equipos.
- Tareas de rutina

### **2.4 Análisis del Método de la Teoría de la Fiabilidad**

Según la Norma SAE JA1011(SAE) para una correcta implementación del RCM se deben dar respuesta a las preguntas anteriormente reflejadas, pero con la metodología correcta, a continuación, se reflejará dicha metodología.

### 2.4.1 Funciones de los elevadores automotrices

Estos elevadores automotrices tienen como función primaria elevar un vehículo con un peso menor a los 2500 Kg en un tiempo menor a un minuto y como secundaria la posibilidad de activar el sistema de seguridad en caso de problemas del sistema.

### 2.4.2 Análisis de Modos y Causas de Falla.

Tabla 2.1 Distintas fallas con su modo y efecto

<i>Equipo</i>	<i>Falla Funcional</i>	<i>Modo de Falla</i>	<i>Efecto de Falla</i>
Elevador automotriz Omnc Baldor		Motor quemado.	-Conexiones en mal estado.  -Excentricidad en estator y rotor.
	El sistema eléctrico del equipo no funciona	El motor funcionando con temperaturas excesivas.	-Excentricidad en estator y rotor.  -Cables de conexión en mal estados.  -Fusibles quemados.  -Vibraciones.  -Corto circuito en el motor
	El sistema hidráulico no logra la presión	Empaquetaduras rotas.	-Empaquetadura sin recambio en tiempo excesivo.  -Filtración de impurezas



	necesaria para elevación		dentro del sistema.
		Mangueras rotas o agrietadas.	-Aumento de temperatura en mangueras.  -Líquido hidráulico contaminado.
		Aire en el sistema	-Aumento en vibraciones  -Ruido en el sistema  -Desgaste en bomba  -Desgaste en acoples y conexiones hidráulicas
		Impurezas en el sistema hidráulico	-Desgaste de los cilindros  -Aumento en presión del sistema.  -Aumento de vibraciones  -Ruido en el sistema  -Daños en la bomba.  -Daño en conexiones y acoples del sistema hidráulico
		Sellos desgastados	- Altura deseada no lograda.  -Fugas de aceite.

			-Líquido hidráulico contaminado.
Elevador no logra la altura máxima de 1900mm.	Vástago del cilindro pandeado.	-Altura deseada no lograda. -Vibraciones -Ruido excesivo -Abolladuras en capa exterior del cilindro.	
	Líquido hidráulico insuficiente	-Altura deseada no lograda -Descensos inesperados.	
Sistema de seguridad no se activa	Válvulas de seguridad en mal estado.	-Altura deseada no lograda -Descensos inesperados.	
El sistema no sostiene el vehículo en elevación	Válvula limitadora de presión descalibrada o dañada.	-Descensos inesperados. -Mal funcionamiento del sistema de descenso. -Sistema de anclaje de seguridad en sobreesfuerzo.	

		Perdida de líquido hidráulico	-Filtraciones en terminales hidráulicas.  -Sobre esfuerzo en sistema de seguridad de anclajes
--	--	-------------------------------	---

### 2.4.3 Categorización de Efectos de Falla.

Con el fin de proporcionar una visión rápida del impacto de cada efecto de falla definido en el RCM, se incluye junto al efecto de falla, la categorización del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) correspondiente, este parámetro es función de la evaluación cualitativa de 3 criterios: severidad, detectabilidad y ocurrencia.

*Tabla 2.2 Criterio de detectabilidad (D) para la evaluación de los efectos de falla.*

<i>Nivel</i>	<i>Criterio</i>
4	No hay probabilidad de detectar causas de falla potenciales a tiempo, se puede llegar a falla funcional.
3	Baja probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregirlas a tiempo.
2	Mediana probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregirlas a tiempo.
1	Causa de falla fácilmente detectable y corregida durante la operación.

*Tabla 2.3 Criterio de severidad (S) para la evaluación de los efectos de falla*

<i>Nivel</i>	<i>Criterio</i>
4	Efectos críticos en la seguridad o en el medio ambiente, pueden existir lesiones muertes o efectos irreversibles en el medio ambiente.
3	Efectos importantes en la capacidad productiva, hay pérdidas económicas importantes por tiempo de paro y/o reparación.
2	Efecto leve en la capacidad productiva, hay pérdidas económicas leves por tiempo de paro o reparación.
1	No hay efectos operativos ni pérdidas importantes.

*Tabla 2.4 Criterio de ocurrencia (O) para la evaluación de los efectos de falla*

<i>Nivel</i>	<i>Criterio</i>
4	Pueden ocurrir varias fallas al año (Tasa de fallas $\geq$ 1 fallas/año).
3	$0.3 < \text{Tasa de fallas} < 1$ (fallas/año)
2	$0.1 < \text{Tasa de fallas} \leq 0.3$ (fallas/año)
1	Tasa de fallas $\leq$ 0.1 (fallas/año)

Finalmente, el valor del NPR del efecto de falla será el producto de los niveles asignados para cada criterio, además de tener un criterio de semaforización.

$$NPR = S \cdot D \cdot O$$

(0.1)

Tabla 2.5 Criterio de semaforización de acuerdo al valor del NPR

Semaforización	Valor del NPR
Alto riesgo de falla	$NPR \geq 36$
Riesgo de falla Medio	$7 < NPR < 36$
Riesgo de falla Bajo	$NPR \leq 7$

Tabla 2.6 Valores de NPR aplicado a los modos de fallas

Modo de Falla	Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	NPR
Motor quemado.	3	1	1	3
El motor funcionando con temperaturas excesivas.	3	1	1	3
Vástago del cilindro pandeado.	3	2	1	6
Líquido hidráulico insuficiente	2	2	1	4
Perdida de líquido hidráulico	2	2	1	4
Válvula limitadora de presión descalibrada o dañada.	3	3	1	9

Mangueras rotas o agrietadas.	1	3	1	3
Sellos desgastados	2	3	1	6
Válvulas de seguridad en mal estado	4	1	2	8
Empaquetaduras rotas.	2	3	2	12
Impurezas en el sistema hidráulico	3	3	2	18
Aire en el sistema	3	3	2	18

En el anterior análisis de los distintos modos de fallas y la categorización del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) se identificaron un total de 12 modos de fallas de las cuales 5 tienen un riesgo de falla medio y las restantes un riesgo bajo.

A continuación, se evalúa la importancia de las fallas para decidir si prevenir la falla o no e implementarlo en la elaboración del plan de mantenimiento.

Según lo analizado las consecuencias de estas fallas son solamente operativas las cuales se tratarán de prevenir con la implementación de un plan de mantenimiento acorde a ellas.

#### **2.4.4 Diagrama de Decisiones del RCM**

El diagrama de decisiones es una herramienta aplicada al R.C.M. para la elección de las tareas y actividades de mantenimiento a realizar a los equipos, interpretadas a través de los modos de fallas analizados.

Mediante este diagrama se deberá ir respondiendo preguntas con las consecuencias que podría generar cada modo de falla, relacionado con fallas ocultas, seguridad o medio ambiente, operacional y no operacional. Estas preguntas son guiadas por las letras H, S, E, O las cuales definen las siguientes preguntas para posteriormente ramificarlas según sean las respuestas a elegir en cuatro o cinco niveles diferentes, véase anexo 2 Diagrama de Decisiones de R.C.M.

H: ¿Será evidente a los operarios la pérdida de función causada por este modo de fallo actuando por el solo en circunstancias normales?

S: ¿Produce este modo de fallo una pérdida de función y otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien?

E: ¿Produce este modo de fallo una pérdida de función u otros daños que pudieran infringir cualquier normativa o reglamento del medio ambiente?

O: ¿Ejerce el modo de fallo un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional (producción, calidad, servicios o costos operativos además de los de operación)?

H1-S1-O1-N1: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea a condición?

H2-S2-O2-N2: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de reacondicionamiento cíclico?

H3-S3-O3-N3: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de sustitución cíclica?

H4: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de búsqueda de fallos?

S4: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una combinación de tareas?

H5: ¿Podría el fallo múltiple afectar a la seguridad o el medioambiente?

El diagrama de decisiones nos entrega las actividades correspondientes a cada modo de falla analizado. Estas actividades se centran en mantenimientos reactivos y preventivos.

Las actividades preventivas tendrán que clasificarse en:

Actividades de sustitución cíclicas: estas corresponden a las tareas que deberán ser realizadas en un intervalo de tiempo fijo. Estas se aplican solo cuando hay un patrón de desgaste, por lo que se deberá escoger la tarea preventiva correcta a la situación para no cambiar por piezas nuevas o que no tengan desgaste.

Actividades programadas predictivas o sujetas a condición: estas son actividades que permiten encontrar fallas antes de que estas sucedan, a través de actividades de revisiones, análisis y monitoreo.

Las actividades reactivas corresponderán, como se mencionó anteriormente, a las actividades no programadas post-falla que afectaran las funciones del equipo.



Tabla 2.7 Resultados del Diagrama de Decisiones

Modos de Fallas	Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de...			Componentes afectados	Actividad/Tarea propuesta	Intervalo
	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
					O1	O2	O3						
					N1	N2	N3						
Motor quemado.	Si	No	No	Si	No	Si	-	-	-	-	Motor eléctrico	Seguimiento y análisis: comprobar el estado del motor.	Semestral
Motor funcionando con temperaturas excesivas.	Si	No	No	Si	No	Si	-	-	-	-	Motor eléctrico	Seguimiento y control: medir la temperatura de funcionamiento regular del motor	Semanal
Vástago del cilindro pandeado.	Si	No	No	Si	No	Si	-	-	-	-	Cilindro hidráulico	Seguimiento visual y auditivo de la expulsión del cilindro	Mensual
Líquido hidráulico insuficiente.	Si	No	No	Si	No	No	Si	-	-	-	Sistema hidráulico	Revisión periódica: revisar estado del tanque, que no tenga filtraciones ni fisuras	Diario
Válvula limitadora de	Si	Si	-	-	-Si	-	.	-	-	-	Sistema hidráulico	Seguimiento y análisis: medir la	Mensual

presión descalibrada o dañada.											cilindros, anclaje de seguridad	presión hidráulica, que se mantenga en los 18MPa.	
												Inspección visual y auditivo del descenso del elevador, previo su uso.	
Perdida de líquido hidráulico.	Si	No	No	Si	No	No	Si-	-	-	-	Sistema hidráulico cilindros	Revisión periódica: inspeccionar área de trabajo en busca de líquido hidráulico fuera del sistema. En caso de encontrar, posteriormente revisar las conexiones.	Diario
Mangueras rotas.	Si	No	No	Si	No	No	Si-	-	-	-	Sistema hidráulico	Revisión periódica: inspección de las conexiones del sistema completo. En caso de encontrar, realizar cambio de las mangueras una vez vaciado.	Diario

Sellos desgastados	Si	No	No	Si	No	No	Si	-	-	-	Sistema hidráulico	Revisión periódica: revisar posibles filtraciones en el equipo.	Diario
Válvulas de seguridad en mal estado	Si	Si	-	-	Si	No	No	-	-	Si	Cilindros hidráulicos, sistema hidráulico, sistema de seguridad, anclaje de seguridad	Inspección: realizar la elevación repetitivamente sin carga y con carga para verificar el funcionamiento correcto del sistema de seguridad.	Mensual
Empaquetaduras rotas	Si	Si	-	-	Si	No	No	-	-	Si	Cilindros hidráulicos, sistema hidráulico, acoplamiento, sistema de seguridad,	Inspección: realizar la elevación repetitivamente sin carga, con carga para verificar filtraciones en el sistema.	Semanal

											anclaje de seguridad		
Impurezas en el sistema hidráulico	Si	No	No	Si	Si	-	-	-	-	-	Cilindros hidráulicos, bomba hidráulica, sistema hidráulico, sistema de seguridad.	Inspección: revisar el aceite hidráulico. En caso de anomalía, programar una detención del equipo y depurar el sistema, hacer cambio de filtros y revisar los acoplamientos.	Semestral
Aire en el sistema	Si	Si	-	-	Si	-	-	-	-	-	Cilindros hidráulicos, Bomba hidráulica, sistema hidráulico, sistema	Inspección: revisar todo el sistema hidráulico. En caso de anomalía, programar una detención para realizar un cebado del sistema	Semestral

											de seguir- dad.	hidráulico y revisar el acoplamiento hidráulico completo del equipo.	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------	--	--

## 2.5 Propuesta de Plan de Mantenimiento a Utilizar.

Actualmente escoger el plan de mantenimiento más adecuado para un equipo es muy complejo debido a la gran cantidad de opciones y opiniones que existen sobre los mismos, pero un mantenimiento regular, sencillo y económico asegurará un uso prolongado y seguro del elevador.

Con el apoyo de las bibliografías utilizadas y los análisis de RCM, considerado un fundamento para el establecimiento de las gamas preventivas y predictivas, se propone la utilización de un plan de mantenimiento preventivo planificado.

### 2.5.1 Estructura del Ciclo de Reparación Según el Tipo de Máquina.

Tanto el ciclo de reparación como los cálculos y datos expuestos a continuación fueron extraídos de: Cálculo de los parámetros fundamentales del Sistema de MPP en los Equipos Industriales (Trujillo and Blanco).

#### Datos:

Peso del equipo = 800kg

Tiempo de explotación = 15 años

Régimen de trabajo = bajo

N: Coeficiente que relaciona el tipo de producción = 1,3 (Producción en serie)

M: Coeficiente que relaciona el tipo de material con que trabaja la máquina =1

Y: Coeficiente que relaciona las condiciones ambientales donde se encuentra el equipo = 1

Z: Coeficiente que relaciona el peso del equipo =1

K: Duración teórica del ciclo = 21000 horas

R: revisión

P: reparación pequeña

M: reparación mediana

G: reparación general

Nm: número de reparaciones medianas =1

Np: número de reparaciones pequeñas =8

Nr: número de revisiones =18

M-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-P-R-R-M

### **Cálculo del tiempo de duración del ciclo de reparación**

$$T = N \cdot M \cdot Y \cdot Z \cdot K$$

$$T = 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 21000 \quad (0.2)$$

$$T = 27300 \text{ horas} = 38 \text{ meses}$$

### **Cálculo de la periodicidad del mantenimiento:**

$$t = \frac{T}{N_p + N_r + N_m + 1}$$

$$t = \frac{38}{8 + 18 + 1 + 1} \quad (0.3)$$

$$t = 1,357 \text{ meses}$$

Cada mes, aproximadamente, de trabajo del equipo debe efectuarse un trabajo de mantenimiento preventivo. Como es natural pueden ocurrir alteraciones ya que este cálculo se hace con vista a la planificación y puede apartarse de la realidad.

### **Tiempo entre reparaciones:**

$$t = \frac{T}{N_p + N_m + 1}$$
$$t = \frac{38}{8 + 1 + 1} \quad (0.4)$$
$$t = 3,8 \text{ meses}$$

Aproximadamente, Cada 4 meses de trabajo del equipo debe efectuarse una reparación.

### **2.5.2 Acciones a Realizar en Cada Intervalo de Mantenimiento.**

#### **Inspección diaria**

Una revisión diaria de las funciones de seguridad antes de usar el elevador es muy importante. El descubrimiento de un fallo del equipo antes de su uso ahorrará tiempo, daños importantes o incluso lesiones.

- Comprobar si funcionan las medidas de seguridad.
- Comprobar que la manguera de aceite esté bien conectada.
- Comprobar la conexión en el cableado de acero y comprobar la fuente de alimentación.
- Comprobar que los anclajes estén firmemente atornillados.
- Comprobar el soporte de brazo.
- Inspección visual y auditivo del descenso del elevador, previo su uso.
- Inspeccionar área de trabajo en busca de líquido hidráulico fuera del sistema.

#### **Revisión**

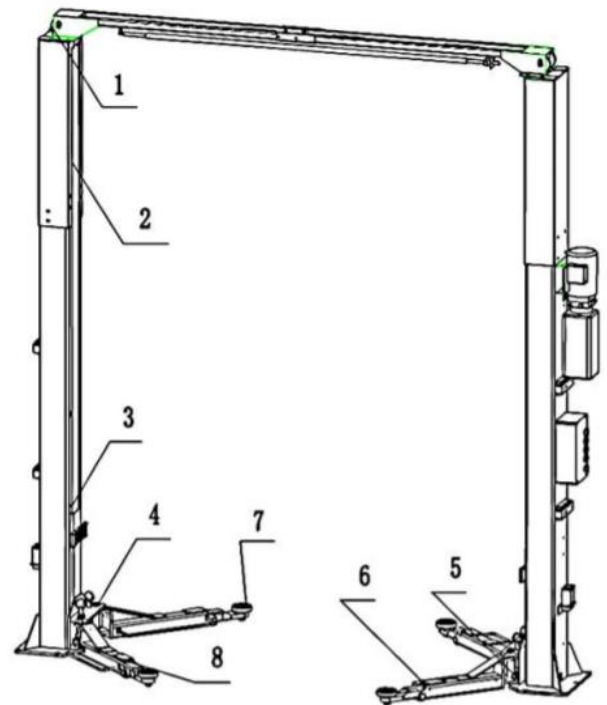
- Seguimiento visual y auditivo de la expulsión del cilindro.
- Medir la presión hidráulica, que se mantenga en los 18MPa.

- Realizar la elevación repetitivamente sin carga y con carga para verificar el funcionamiento correcto del sistema de seguridad.
- Medir la temperatura de funcionamiento regular del motor.
- Controlar la movilidad de las partes flexibles.
- Comprobar el nivel de aceite.
- Comprobar que todos los tornillos están apretados.

### Reparación pequeña

- Cambiar el filtro de aceite.
- Lubricación de los siguientes puntos:

1. Polea superior
2. Cableado de acero
3. Piñón
4. Cadena
5. Vehículo
6. Cerrojo
7. Bloques de seguridad
8. Brazos de soporte



### Reparación mediana

Se realizarán todas operaciones de una reparación pequeña además de las siguientes:

- Vaciar y limpiar el depósito de aceite y sustituir el aceite hidráulico.
- Cambiar sellos hidráulicos.
- Pintar toda la estructura.



- Realizar una limpieza total del sistema hidráulico.

## CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo de diploma se arribó a las siguientes conclusiones:

1. Se logra fundamentar desde la teoría, una propuesta de mantenimiento adecuado, basado en el Método de la Teoría de la Fiabilidad *para las plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca Omnc, modelo BALDOR 35N174T400GL* de la Empresa CIMEX de Matanzas, que contribuirá a incrementar la capacidad de trabajo, fiabilidad, así como la vida útil de las mismas.
2. Se logra mediante las consultas a la literatura especializada, el análisis de los antecedentes teóricos y metodológicos sobre la organización y planificación de los mantenimientos de plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca Omnc, modelo BALDOR 35N174T400GL. El estudio de las diferentes fuentes de información facilitó la fundamentación durante el análisis y discusión de los resultados.
3. El análisis y la valoración del Mantenimiento centrado en la Fiabilidad (RCM), como metodología puso en evidencia todos los posibles escenarios en los que podían fallar las plantas elevadoras, así como las formas de evitarlos y como consecuencia sugerir las piezas y partes que deben ser cambiadas para mejorar el funcionamiento de estos equipos.

## **Recomendaciones**

1. Sugerir a la división Transporte Automotor de la provincia de Matanzas aplicar la propuesta y así poder demostrar su validez en la práctica.
2. Mejorar y actualizar la documentación existente sobre el registro de fallos de las plantas elevadoras.
3. Organizar una capacitación para los operarios de la base que laboran en los talleres para la implementación del plan que se propone.
4. Transferir, con los respectivos ajustes, esta experiencia a otras instituciones de la corporación CIMEX. S.A.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDAKIN. 2017. Tipos de Mantenimiento Industrial. Ventajas e Inconvenientes de cada uno. Available: <http://www.aldakin.com/tipos-de-mantenimiento-industral-ventajas-inconvenientes/>.
- ÁLVAREZ, E. F. 2018. *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*.
- AUTORES, C. D. 2006. *Curso "Gestión Integral del Mantenimiento."*.
- BELTRAN, S. B. 2015. *PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (R.C.M.) EN LA EDAR DE NULES-VILAVELLA*.
- BLOOM, N. 2006. *Reliability centered maintenance (RCM): implementation made simple*.
- CALERO, Y. R. 2013. *Propuesta de solución a los problemas de mantenimiento de las Unidades de Bombeo en la EPEP-Centro*. Tesis de grado, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- HEAP, S. N. H. 1978. Reliability Centered Maintenance: Declassified –best available data. *National Technical Information Service*.
- HINCHCLIFF, A. M. S. G. R. 2004. *RCM: gateway to world-class maintenance*, Boston.
- INTEREMPRESAS, R. 2018. Juntas hidráulicas y prevención de fallos en el sellado. Available: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/222404-Juntas-hidraulicas-y-prevencion-de-fallos-en-el-sellado.html>.
- LEIVA, G. A. M. 2017. *PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO A ELEVADORES DE COLUMNAS HIDRÁULICOS*. Tesis de Grado, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA.
- LIU, B. 2014. *Reliability Engineering and System Safety*.
- MÁRQUEZ, E. R. 2011. *Propuesta de solución a los problemas de mantenimiento de los compresores Compair modelo L-04 de la EPEP-Centro*. Tesis de grado, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- MOHAMMED BEN-DAYA, U. K., AND D.N. PRABHAKAR MURTHY 2016. *Introduction to Maintenance Engineering: Modeling, Optimization, and Management*.
- MOUBRAY, J. 1997. *Reliability-centred maintenance: [RCM II]*.
- PALENCIA, O. G. 2012. *Gestión moderna del mantenimiento industrial. Principios fundamentales*.
- PARTIDA, A. 2016. Tendencias tecnológicas en mantenimiento. Available: <http://mantenimiento-mi.es/2016/tendencias-tecnologicas-en-mantenimiento>.
- REGAN, N. 2012. *The RCM solution: a practical guide to starting and maintaining a successful RCM program*.

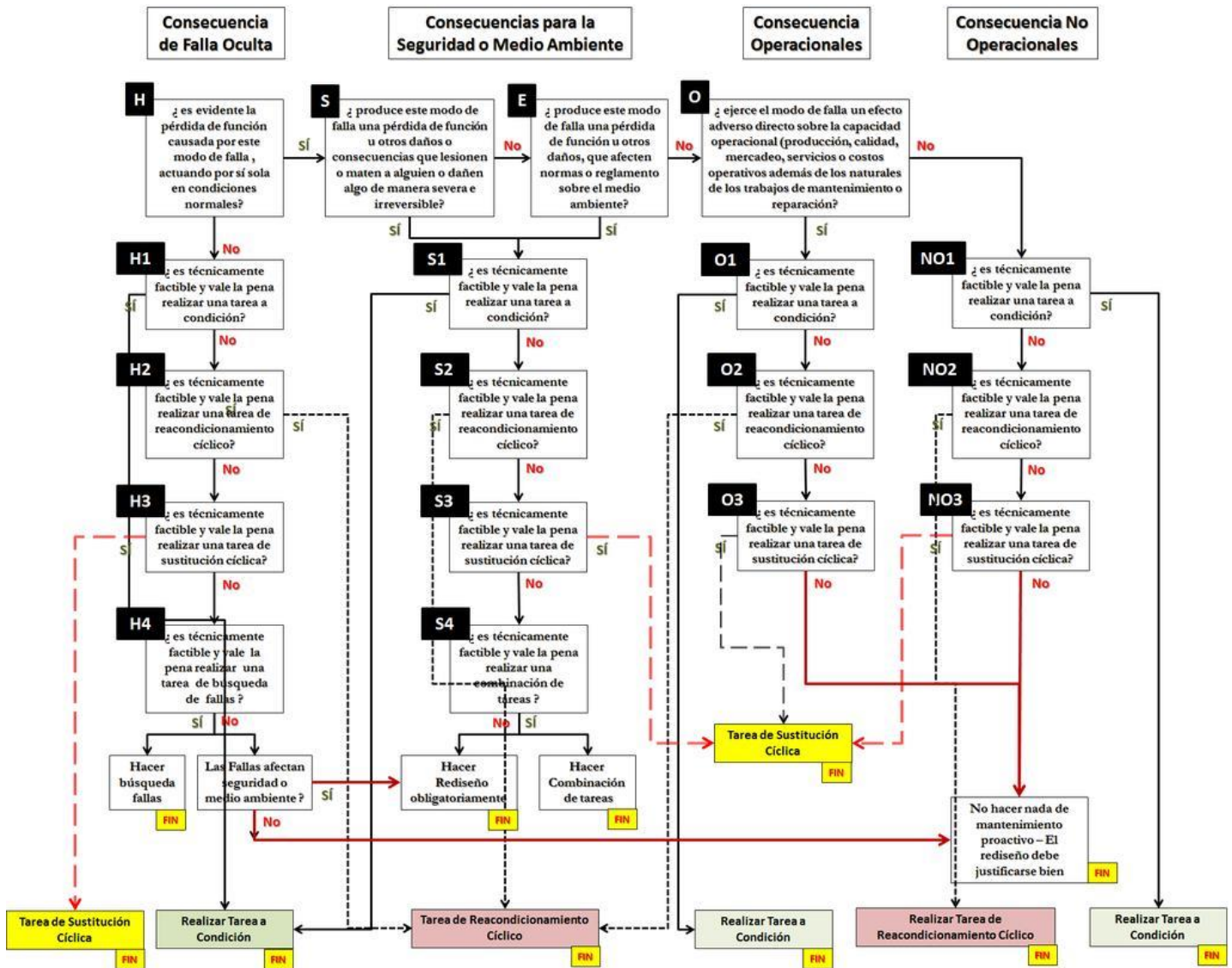
- RENOVETEC. 2018. Tipos de Mantenimiento. Available: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>.
- SAE 2009. JA1011. *A Guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM)*.
- TANG, D. 2015. *Computers and Industrial Engineering*.
- TRUJILLO, I. J. G. R. & BLANCO, I. R. J. R. *Cálculo de los parametros fundamentales del Sistema de MPP en los Equipos Industriales* [Online]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos104/calculo-parametros-fundamentales-del-sistema-mpp-equipos-industriales/calculo-parametros-fundamentales-del-sistema-mpp-equipos-industriales2> [Accessed].

## ANEXOS

### Anexo 1 Metodología del RCM



## Anexo 2 Diagrama de Decisiones de R.C.M



### Anexo 3 Planta Elevadora

