

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA EN  
LA EMPRESA EUROLIFT S.A. MEDIANTE LA  
METODOLOGÍA DEL RCM ”

Trabajo de suficiencia profesional para optar por el título  
profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Luis Víctor Martínez Farfán

Asesor:

MBA Ing. Cesar Enrique Delco Esteban

Lima - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Para mi esposa Emperatriz, mis hijos Adrián, Ernesto y a mi madre Soledad quienes en todo momento me brindaron su incondicional apoyo a lo largo de este nuevo camino.

Luis Martínez Farfán

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios, que a pesar de las circunstancias difíciles que estamos viviendo, nos mantiene con salud y con la opción de seguir creciendo profesionalmente. Así mismo, agradecer al Ing. Cesar Enrique Delco Esteban, por guiarme con su experiencia en el desarrollo de este trabajo de suficiencia profesional.

Luis Martínez Farfán

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Ventajas y desventajas de los montacargas</i> .....	23
<b>Tabla 2</b> <i>Productos de Eurolift</i> .....	39
<b>Tabla 3</b> <i>Servicios de Eurolift</i> .....	43
<b>Tabla 4</b> <i>Disponibilidad de los tipos de montacargas de Eurolift 2020</i> .....	46
<b>Tabla 5</b> <i>Disponibilidad de los montacargas de Eurolift SA</i> .....	47
<b>Tabla 6</b> <i>Confiabilidad inicial</i> .....	48
<b>Tabla 7</b> <i>Diagrama de Pareto</i> .....	52
<b>Tabla 8</b> <i>Factores de evaluación para seleccionar la metodología</i> .....	54
<b>Tabla 9</b> <i>Escala de calificación</i> .....	55
<b>Tabla 10</b> <i>Factores</i> .....	55
<b>Tabla 11</b> <i>Sistema básico junto a sus funciones.</i> .....	56
<b>Tabla 12</b> <i>Criterios para la evaluación de la criticidad</i> .....	58
<b>Tabla 13</b> <i>Resultados del análisis crítico.</i> .....	59
<b>Tabla 14</b> <i>Análisis de AMEF</i> .....	62
<b>Tabla 15</b> <i>Información y decisiones AMEF</i> .....	62
<b>Tabla 16</b> <i>Análisis AMEF-Hoja de información RCM para el motor.</i> .....	63
<b>Tabla 17</b> <i>Análisis AMEF- Hoja de decisión RCM para el motor</i> .....	64
<b>Tabla 18</b> <i>Análisis AMEF-Hoja de información RCM para el Sistema Eléctrico</i> .....	64
<b>Tabla 19</b> <i>Análisis AMEF-Hoja de decisión RCM para el Sistema Eléctrico</i> .....	65
<b>Tabla 20</b> <i>Plan de mantenimiento preventivo.</i> .....	66
<b>Tabla 21</b> <i>Situación actual de Eurolift S.A</i> .....	68
<b>Tabla 22</b> <i>Disponibilidad final de los montacargas de Eurolift S.A</i> .....	69
<b>Tabla 23</b> <i>Confiabilidad Final de montacargas de Eurolift S.A</i> .....	71
<b>Tabla 24.</b> <i>Impacto de Disponibilidad</i> .....	72

<b>Tabla 25</b> <i>Costo de la implementación del plan de mantenimiento de los montacargas de Eurolift S.A.</i> .....	73
<b>Tabla 26</b> <i>Costo de plan preventivo</i> .....	74
<b>Tabla 27</b> <i>Análisis financiero final de la empresa Eurolift S.A.</i> .....	74
<b>Tabla 28</b> <i>Antes y después de la rentabilidad de Eurolift S.A.</i> .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Logo de la Empresa Eurolift SA.....	13
<b>Figura 2</b> Uñas de Montacargas.....	18
<b>Figura 3</b> Porta uñas de un montacargas .....	19
<b>Figura 4</b> Ruedas traseras dirigibles .....	19
<b>Figura 5</b> Contrapeso montacargas.....	20
<b>Figura 6</b> Cabina de mando montacargas Fuente .....	20
<b>Figura 7</b> Mástil de un montacargas Fuente .....	21
<b>Figura 8</b> Montacargas apiladores .....	21
<b>Figura 9</b> Montacargas portacenedor tipo Fuente .....	22
<b>Figura 10</b> Montacargas de combustión .....	22
<b>Figura 11</b> Montacargas eléctricos .....	23
<b>Figura 12</b> Tiempo de utilidad y uso .....	27
<b>Figura 13</b> Proceso del RCM , de elaboración propia en interpretación a la (LA NORMA SAE JA 1011, 1999).....	28
<b>Figura 14</b> Antes de aplicar el RCM, en interpretación a la (LA NORMA SAE JA 1011, 1999) .....	28
<b>Figura 15</b> Durante el análisis RCM, de elaboración propia en interpretación (LA NORMA SAE JA 1011, 1999) .....	29
<b>Figura 16</b> Después del análisis de RCM, extraído de la norma, (ISO 14224, 1999) .....	29
<b>Figura 17</b> AMFE , sus funciones, (Montalvan , Arenas, Talavera, & Magaña, 2015) .....	30
<b>Figura 18</b> Características de AMFE, (Montalvan , Arenas, Talavera, & Magaña, 2015) .	31
<b>Figura 19</b> Representante de Eurolift SA .....	34

<b>Figura 20</b> Marcas representadas.....	35
<b>Figura 21</b> Organigrama de gerencia ,Eurolift S.A .....	35
<b>Figura 22</b> Organigrama del área de posventa.....	36
<b>Figura 23</b> Organigrama del área de servicio de taller, Eurolift S.A.....	37
<b>Figura 24</b> Disponibilidad total montacargas de Eurolift S.A.....	46
<b>Figura 25</b> Disponibilidad inicial de montacargas de Eurolift SA. ....	48
<b>Figura 26</b> Confiabilidad inicial de los montacargas de Eurolift S.A .....	50
<b>Figura 27</b> Diagrama de Ishikawa de Eurolift SA.....	52
<b>Figura 28</b> Diagrama de Pareto .....	53
<b>Figura 29</b> Consecuencia y frecuencia de RCM.....	59
<b>Figura 30</b> Diagrama de decisiones RCM .....	61
<b>Figura 31</b> Disponibilidad final de los montacargas de Eurolift S.A .....	70
<b>Figura 32</b> Confiabilidad final de los montacargas de Eurolift S.A .....	72



## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Disponibilidad .....	31
<b>Ecuación 2</b> Mantenibilidad.....	32
<b>Ecuación 3</b> Fiabilidad.....	32
<b>Ecuación 4</b> Criticidad total.....	57
<b>Ecuación 5</b> Frecuencia de la falla.....	57

## RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación se realizó con la finalidad de incrementar la disponibilidad de la flota de montacargas de la empresa Eurolift SA, mediante el uso de la metodología RCM, Inicialmente se tuvo la problemática de la baja disponibilidad de la flota de montacargas , por lo que se aplicó la metodología basado en el centrado de confiabilidad, o en sus siglas en ingles RCM , estudiando 14 montacargas de la flota , aplicando un pre y un post ,para verificar si mejora o no el uso de la metodología planteada.

Al inicio del estudio se obtuvo como resultado que la disponibilidad inicial era de 68.86%, por lo que después de realizar el estudio y aplicar el nuevo plan de mantenimiento se obtuvo una disponibilidad final de 95.15%.

En conclusión, la implementación de la metodología RCM, en la flota de montacargas de la empresa Eurolift S.A, otorgo un incremento de la disponibilidad, en pocas palabras mejoro la disposición de la flota de montacargas de la empresa en estudio.

**PALABRAS CLAVES:** Montacargas, Plan de mantenimiento, RCM

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se puede observar que la economía mundial ha declinado debido a los problemas de la pandemia, afectando los diferentes tipos de comercios, según (Organización Mundial del Comercio, 2020), a nivel mundial, el sector de prestación de servicios a disminuido su actividad en un promedio de 30%.

Con lo que respecta a nivel de América Latina, que acumula el mayor porcentaje de caída, a un 65% dentro de estas estadísticas. También mencionan que el área de ingeniería, para el ámbito de construcción, disminuyó un 11% en el año 2020.

Con lo que respecta al Perú según el (INEI, 2020), el comercio en el ámbito de servicios prestados, exactamente las actividades relacionadas con la arquitectura e ingeniería, retrocedió un 41.22%, debido a la disminución y en algunos casos paralización de las contrataciones.

Con respecto al servicio de alquiler de montacargas, en los últimos años muchas empresas a nivel mundial han optado por subcontratar servicios, por la preocupación de aminorar sus costos y de no hacerse de activos, en el Perú las contrataciones de estos equipos van dirigidos principalmente a la gestión de almacenes de diferentes rubros.

La importancia de estos equipos en la industria es porque son vehículos de transporte de carga pesada, principalmente utilizados para el movimiento vertical, arrastrar, empujar, apilar, subir o bajar diferentes objetos y componentes. Por lo tanto, debido a su gran practicidad, la demanda de estos equipos en los sectores comercial e industrial ha aumentado.

Además de economizar energía, tiempo y dinero, también ahorra tiempo de trabajo, pero su uso debe limitarse a personal debidamente capacitado, con conocimientos

técnicos y estándares de seguridad para agilizar y no entorpecer las actividades logísticas de la empresa.

Por lo tanto, el rentar montacargas, ofrece al cliente no invertir cantidades considerables en la adquisición del mismo, permitiéndole a los clientes, posibilidades importantes de ahorro para la organización.

Asimismo, podríamos mencionar que las empresas al adquirir uno propio, tendrían que hacerse de los recursos de mano de obra y materiales necesarios, lo que podría generar altos gastos de mantenimiento y reparación, si no se tienen los controles necesarios.

Respecto a la empresa Eurolift SA, podemos mencionar que se especializa en la venta y alquiler de montacargas de la marca HYSTER, que presta servicios a grandes empresas del sector logístico, industrial, renta, petróleo. minero y portuario de manera eficiente, con el objetivo de superar las expectativas de los clientes.

#### **Reseña de la empresa.**

Es una empresa peruana que forma parte de la asociación entre el grupo local Euromotors y la empresa Tattersal Maquinarias, (representante oficial de la marca Hyster en Chile).

Hyster® es una marca líder a nivel mundial en la fabricación de montacargas con más de 80 años a nivel internacional y más de 40 años en el Perú, contando con Eurolift S.A como su representante oficial en el País.

En Eurolift se tiene la gama más amplia de montacargas, manipuladores de contenedores y equipos para almacenes del mercado, para responder a sus requisitos específicos. Encontrará los productos de Hyster adecuados para manipular todo tipo de mercancías, paletizadas o no, hasta 52 TN.

Como representante oficial de HYSTER, suministra montacargas según requerimiento de cada cliente, contando con más de 134 modelos diferentes para cubrir cualquier la necesidad.



*Figura 1* Logo de la Empresa Eurolift SA

## **Justificación**

### **Justificación practica**

Esta investigación busca, incrementar la disponibilidad de la flota de montacargas, a través de la metodología RCM, por lo tanto, es necesario aplicar una serie de procedimientos, para que el montacargas cuente con un plan de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad del mismo a un 95%, esto evitara costos adicionales debido a reparaciones, reemplazo de piezas pequeñas y penalidades económicas debido a la baja disponibilidad e insatisfacción del cliente.

### **Justificación académica**

El presente proyecto tiene la intención de probar que la aplicación de la metodología RCM, es necesario para aportar un favorable impacto en la disponibilidad de la flota de montacargas, con el objetivo de que se cumpla el estándar esperado por el cliente.

De igual manera, este trabajo puede tomarse como referencia, en empresa que necesiten mejorar la disponibilidad de sus equipos, de igual modo puede ser usado por estudiantes o investigadores, que deseen tener una referencia en similares problemas.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Incrementar la disponibilidad de la flota de la empresa Eurolift SA mediante la metodología RCM.

### **Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la disponibilidad de la flota de montacargas, de la empresa Eurolift S.A.
- Buscar y seleccionar la metodología idónea para solucionar la baja disponibilidad de la flota de montacargas de la empresa Eurolift S.A
- Aplicar la metodología RCM, para mejorar la disponibilidad de la flota de montacargas de la empresa Eurolift. S.A.
- Evaluación económica antes y después de aplicar la metodología RCM, en la empresa, Eurolift S.A.

### **Pregunta de la investigación**

¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM, que permite incrementar la disponibilidad de la flota de montacargas de la empresa Eurolift SA?

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### **Antecedentes**

#### **Internacionales.**

(Quezada, 2015), realizó una investigación titulada “Plan para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en plantas de tratamientos de agua potable”, la misma se realizó con el objetivo de desarrollar un plan de mantenimiento en base al RCM, al sistema de dosificación de cloro, en dicha investigación se formuló el problema de el por qué se debe considerar la aplicación de un mantenimiento de RCM, en la planta de tratamiento de agua, para solucionar estas interrogantes se utilizó las herramientas y las técnicas aplicada en esta investigación, para solucionar el problema planteado, se realizó el análisis de mejora, la espina de pescado y la matriz AMEF, dando como conclusión que con la implementación del RCM en el sistema de cloro de la empresa, se logró evidentes mejoras con las técnicas de mantenimiento, datos de partes, mejorando y garantizando la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de las maquinas.

(Alvarez, 2017) realizó un trabajo titulado la "Implementación de la metodología RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de cuenca", el cual se hizo con el objetivo de desarrollar un plan de RCM, para los vehículos en estudio. Respecto al problema de la baja fiabilidad de los vehículos, se identificó que es consecuencia de la falta de una gestión de mantenimiento adecuada, ocasionando que la estación de bomberos opere deficientemente. por lo que, identificado el problema, implemento la metodología del RCM, a través de la hoja de fallo, y aplicación de los indicadores de disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad, concluyendo que de 257 unidades al cual se le aplicó una metodología RCM, solo 27 estuvieron en estado crítico, logrando de esta manera tener vehículos más fiables, disminuyendo los costos de mantenimiento.

(Castillo, 2017), en su trabajo titulado “Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad de las unidades de bombeo horizontal multietapas del sistema power oil de la estación atacapi del b57-li de petroamazonas ep”, que se realizó con el objetivo de realizar una propuesta de un plan basado con la metodología RCM, para el sistema de bombeo en estudio. Para solucionar y reducir las fallas no previstas y así reducir las pérdidas del crudo, se usó una serie de herramientas como la matriz de modo de fallo, plan preventivo y un plan de capacitación, para los operados, finalmente se halló que hubo una mejora en los tiempos medios entre falla de 29 a 69 días, lo que se traduce en porcentaje 57.95% de reducción en los tiempos, lo que implica que implementando la metodología RCM, se puede evitar la pérdida de 3602 BLS.

### **Nacional**

(Carranza & Rosales, 2018), en su tesis que se tituló “aplicación del mantenimiento preventivo, para mejorar la Disponibilidad de flota de montacargas en la empresa grúas Luguensi S.A.C. - Chimbote, 2018”, El cual se realizó con el objetivo de mejorar la disponibilidad de montacargas a través de un plan de mantenimiento preventivo en la maquinaria de la empresa en estudio.

Al problema presentado de la baja disponibilidad de los montacargas, a consecuencia de la falta de un plan de mantenimiento preventivo, se aplicaron varias herramientas como un cuestionario de auditoría de mantenimiento, una ficha técnica, reporte de fallas y un plan de mantenimiento preventivo. En conclusión, que gracias a la aplicación del plan de mantenimiento aumento la disponibilidad en un porcentaje global de 10.12%.

(Vega, 2018), hizo un estudio llamado, “Implementación de la metodología RCM para aumentar la disponibilidad mecánica del volquete volvo FM13 64R, en la Empresa Vickers



Ingenieros EIRL”, con el objetivo de emplear la metodología RCM, para así incrementar la disponibilidad mecánica del Volquete en la empresa a estudiar.

Para solucionar, como aumentar la disponibilidad del volquete, aplicando la metodología RCM, se hizo una recopilación de los datos necesarios para la solución del problema expuesto, utilizaron herramientas tales como ordenes de trabajos, historiales, tiempo de parada de los volquetes y tesis referentes al tema, donde finalmente se halló que la disponibilidad mecánica del camión en estudio, después de haber desarrollado la metodología RCM se incrementó en 89.72%, obteniendo una mejora de 10.59% diez superando el ochenta y siete por ciento que fue requerido por la empresa.

(**Ramon, 2015**), realizó el trabajo, “Aplicación de metodología de RCM para el incremento de disponibilidad de chancadora hp- 500 en la compañía minera volcan-Chungar” donde su objetivo fue incrementar la disponibilidad de la chancadora HP-500, utilizando la metodología RCM en la empresa en estudio, para solucionar la problemática de cómo se puede incrementar la disponibilidad de la chancadora a través de la metodología RCM, se aplicó un cuestionario para la obtención del historial de fallos, y posteriormente realizar su debido análisis, dando como conclusión que la metodología RCM optimizó la disponibilidad mecánica de la chancadora de un ochenta y ocho punto trece por ciento a noventa y cinco puntos treinta y ocho por ciento, aumentando las horas disponibles de la máquina, por lo tanto, se evidenció que es importante realizar un buen plan de mantenimiento, para obtener resultados óptimos de operatividad y disponibilidad.

## **Bases Teóricas**

### **Montacargas**

#### *Concepto*

También llamada carretillas elevadoras, son las máquinas que se mueven por el suelo impulsadas por tracción eléctrica o, a través de motores de combustión, se utilizan principalmente para levantar, transportar y posicionar cargas. Vale la pena mencionar que todas la industria y comercio necesitan estas máquinas para ahorrar tiempo y esfuerzo en mano de obra.

#### **Partes de un montacargas**

##### **Uñas**

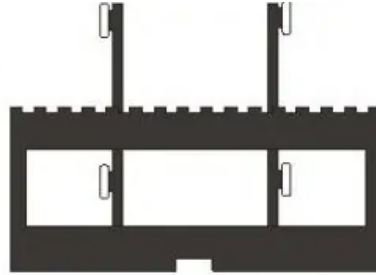
Hay dos, y están en posición vertical, horizontal y paralela, la misma permite llevar la carga desde abajo (normalmente desde los orificios laterales del pallet).



*Figura 2* Uñas de Montacargas

### **Porta uñas**

Se considera el soporte de las uñas, el cual se encarga de elevar la misma a la altura deseada, y también depende de tipo de montacargas.



*Figura 3* Porta uñas de un montacargas

Fuente : Mac montacargas

### **Ruedas traseras dirigibles**

El volante se encuentra en la parte de atrás, lo que tiene una mayor versatilidad y es fácil de conducir durante el proceso de recogida del pallet.



*Figura 4* Ruedas traseras dirigibles

Fuente: Mac montacargas

### **Contrapeso**

Se ubica en la parte inferior trasera del equipo, y marcará el límite de carga, ya que intentar cargar objetos mayores que este peso hará que la parte delantera de todo el montacargas se vuelque.



*Figura 5* Contrapeso montacargas

Fuente: Ipc.com.mx

### **Cabina de mando**

El espacio en el que el operador puede manipular todos los controles del motor (en movimiento) y los componentes de elevación.

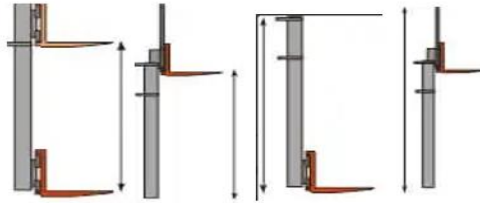


*Figura 6* Cabina de mando montacargas

Fuente : Eurolift S.A

## Mástil

Esta es una de las partes más reconocibles de un montacargas, porque el mástil puede completar el trabajo de levantar y bajar la carga. Hay 4 tipos diferentes de estos, a saber, simple, doble precisión, triple y cuádruple. Todos levantan con diferente fuerza a mayor o menor altura.



**Figura 7** Mástil de un montacargas  
Fuente: Mac montacargas

## Tipos

### *Apiladores:*

Son máquinas eléctricas que utilizan una batería que proporciona movimiento a todo el sistema, eléctrico, hidráulico y de tracción.

Están diseñados principalmente para traslado de carga y descarga en almacenes estrechos y de gran altura.

Son ideales para almacenes de distribución mayorista, industria de fabricación y procesamiento de alimentos y fabricación en general. (Eurolift S.A)



**Figura 8** Montacargas apiladores  
Fuente: Eurolift S.A

### **Reachstacker:**

Proporcionan capacidad de elevación para apilar y almacenar contenedores de hasta 6 contenedores en la primera fila.



*Figura 9* Montacargas portacontenedor tipo

Fuente : Eurolift S.A

### **Montacargas de Combustión**

Este son tipos de montacargas que llevan el contrapeso en la parte de atrás, el operario lo maneja sentado, y este funciona con un motor de combustión interna, puede configurarse con ruedas neumáticas o sólidas.



*Figura 10* Montacargas de combustión

Fuente: Eurolift S.A

**Eléctricos**

Este tipo de montacargas, funcionan con baterías industriales, la cual se asienta sobre su carrocería y cumplen la función de contrapeso.

El operario lo maneja en el interior del mismo y son muy utilizadas en almacenes frigoríficos, donde no se movilizan alimentos



**Figura 11** Montacargas eléctricos

Fuente: Eurolift S.A

**Ventajas y Desventaja**

**Tabla 1** *Ventajas y desventajas de los montacargas*

	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJA</b>
<b>ELÉCTRICOS</b>	No emiten humo ni gas, tienen bajos niveles de ruido y tienen bajos costos de operación y mantenimiento.	Se requiere el uso prolongado de baterías de repuesto, baterías y cargadores costosos y un escaso rendimiento en la escalada.
<b>COMBUSTIÓN</b>	Tienen mucha autonomía en el trabajo por turnos, el motor está limpio, por lo que se reduce el desgaste y se mejora la capacidad de ascenso, a diferencia de los eléctricos, teniendo mejor desempeño en los exteriores.	Emiten vapores casi inoloro, que suelen contener más monóxido de carbono que los motores diésel, los cilindros de manipulación siguen siendo peligrosos y el nivel de ruido es superior al de los montacargas eléctricas.

Fuente: Elaboración propia.

## **Beneficios de los Montacargas**

Cada tipo de montacargas tiene beneficios en función del modelo y la condición del almacén en la que va a trabajar, por lo general, ayudan a manipular y mover cargas que superan los recursos humanos, de modo que las cargas o los pesos se puedan manipular de forma segura, eficiente y rápida.

- Aumento de la producción
- Ayuda a la aceleración para mover productos y materiales
- Reconducción de pérdidas por baja producción.
- Incrementar las condiciones de seguridad para el personal y la carga manipulada.

## **Importancia**

La importancia de utilizar un montacargas en la industria o la construcción es que pueden completar la reubicación de manera fácil y rápida a diferentes alturas. En el mundo moderno, donde la velocidad y la eficiencia en la gestión de almacenes, genera un gran impacto el cumplimiento de las promesas, metas y objetivos juegan un papel fundamental, las tareas necesarias para ello deben realizarse de la manera más rápida y eficiente posible.

## **Mantenimiento**

### ***Concepto***

Según (Salinas, 2018), define mantenimiento como la integración de tecnología, organización y acciones económicas encaminadas a mantener o restaurar los activos en mal estado, a partir de la observación y reducción de la pérdida del activo, con el fin de extender la vida económica de los activos.



La disponibilidad y confiabilidad, desempeñan sus funciones con calidad y eficiencia, y protege el medio ambiente y la seguridad durante su ciclo de vida.

Para (Salinas, 2018), indica que existe varios objetivos que cumple el mantenimiento que son ;

- Mejorar la disponibilidad de instalaciones.
- Mejorar la confiabilidad y la calidad del servicio
- Mejorar los recursos y su productividad.
- Disminuir los costos por mantenimiento
- Maximizar la vida económica del equipo
- Garantizar la seguridad del personal y las instalaciones.
- Conserve los activos de producción en condiciones seguras y preestablecidas en operación.

### **Tipos de Mantenimientos**

#### ***Mantenimiento correctivos***

Esto se refiere a corregir errores o fallas cuando estas se presentan. Es la normal reparación que se realiza en una maquina o instalación, que han perdido provisionalmente la operatividad.

Toda labor de mantenimiento correctivo debe de ejecutarse de forma inmediata, es necesaria la atención con personal calificado y con equipos adecuados (Gonzalez, 2016)

#### ***Mantenimiento preventivo***

Este tipo de mantenimiento también denominado Mantenimiento Planificado, tiene como objetivo mantener constantemente operativo los sistemas de un equipo, esto incluye servicios de inspección, control y restauración de algún componente o elementos con el propósito de evitar que se generen las fallas de funcionamiento. Es un plan de tareas y actividades que tienen

como objetivo asegurar el máximo tiempo de disponibilidad y productividad de la maquinaria.

(Gonzalez, 2016)

### *Mantenimiento Predictivo*

Se considera un conjunto de actividades planificadas para detectar la falla de activos tangibles, para que se revelen los daños antes de que el dispositivo o maquinarias falle, por lo tanto, se debe usar equipos de diagnóstico y pruebas no destructivas para la producción.

(Gonzalez, 2016).

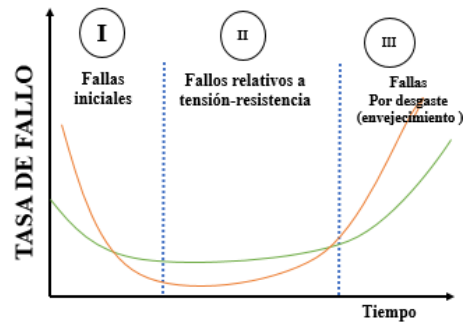
### *Mantenimiento productivo total*

Es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo industrial, que permite con la participación total de la organización y tener equipos de producción siempre listos. (Gonzalez, 2016)

### *Evolución de la vida útil a lo largo del tiempo.*

La vida útil del equipo se divide en tres periodos diferentes:

- **Joven:** Los fallos aparecen en tiempo corto debido a los errores de fabricación.
- **Madurez:** Se considera al tiempo útil de un equipo, el cual debe ya realizarse su respecto reemplazo.
- **Envejecimiento:** Es el deterioro de la máquina.



**Figura 12** Tiempo de utilidad y uso

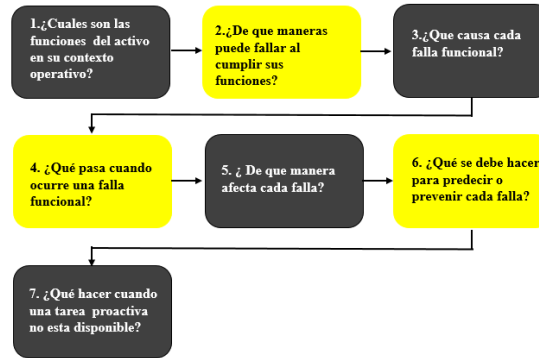
Fuente: (Gonzales, 2016)

### **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)**

Es un método ampliamente reconocido para formular planes de mantenimiento de equipos industriales sobre la base de garantizar que las funciones del equipo satisfagan la satisfacción de los usuarios o propietarios. Esta es una tecnología utilizada para organizar actividades y administrar el mantenimiento para desarrollar procedimientos organizados basados en la confiabilidad del equipo. No solo se utiliza para identificar tareas de mantenimiento, sino también como marco de referencia para analizar los riesgos de los equipos. (Campos, Tolentino, Toledo, & Tolentino, 2018).

#### **2.2 Proceso del RCM**

Según (LA NORMA SAE JA 1011, 1999), indica que hay que determinar los estándares mínimos que debe cumplir un método para ser definido como RCM; estipular que cualquier proceso RCM debe asegurar que las preguntas se respondan satisfactoriamente en orden según la figura (13).



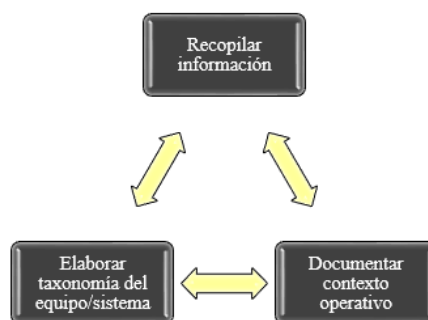
**Figura 13** Proceso del RCM , de elaboración propia en interpretación a la (LA NORMA SAE JA 1011, 1999)

### 2.3 Desarrollo de la metodología RCM

Para implementar de manera adecuada este método (LA NORMA SAE JA 1011, 1999), menciona que se debe aplicar varios pasos divididos en tres fases; antes, durante y después de aplicación de la misma.

#### 2.3.1 Antes de aplicar RCM

Se recomienda recopilar y analizar la información correspondiente de los activos requeridos, y establecer un método de clasificación para analizar el entorno operativo de los activos, como se muestra en la figura 14. (LA NORMA SAE JA 1011, 1999)



**Figura 14** Antes de aplicar el RCM, en interpretación a la (LA NORMA SAE JA 1011, 1999)

### 2.3.2 Durante el análisis del RCM

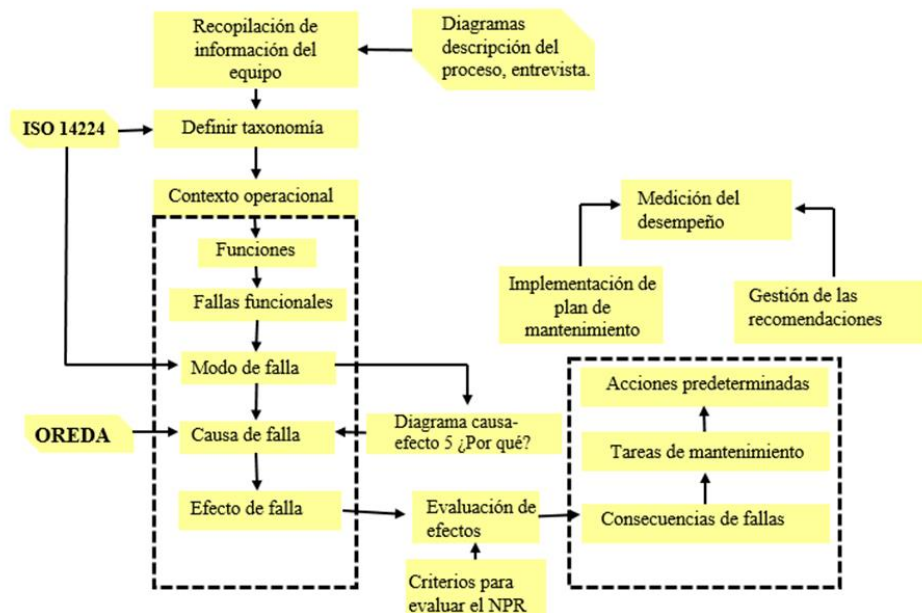
Para aplicar el RCM de manera eficiente hay que categorizar los efectos de fallas priorizando los riesgos, tal como se presenta en la figura 15.



*Figura 15* Durante el análisis RCM, de elaboración propia en interpretación (LA NORMA SAE JA 1011, 1999)

### 2.3.3 Después del análisis RCM

Sera necesario asignar responsabilidades para asegurar la correcta ejecución del plan de mantenimiento y la aplicación de las recomendaciones recibidas. Para implementar el plan de mantenimiento se deben asignar las responsabilidades correspondientes a fin de revisar, mejorar, difundir el plan y subirlo al sistema computarizado para la gestión del mantenimiento. (ISO 14224, 1999), este proceso se puede observar mejor en la figura 16.



*Figura 16* Después del análisis de RCM, extraído de la norma, (ISO 14224, 1999)

## 2.4 Objetivos del RCM

- “Mejorar la comprensión del funcionamiento de los equipos y sistemas” (García, 2014)
- “Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales” (García, 2014)
- “Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad del equipo” (García, 2014)

### AMFE (análisis modal de fallos y efectos)

(Montalvan , Arenas, Talavera, & Magaña, 2015), Es una herramienta técnica de análisis preventivo, adecuada para sistemas cuyos riesgos potenciales no han alcanzado los objetivos de confiabilidad y mantenibilidad (previéndolos). También puede cuantificar y evaluar el riesgo de fallas del sistema.

<b>Herramienta que exige al diseño, buscando nuevas alternativas</b>
<b>Sirve para aumentar considerablemente los modos de fallos potenciales y las causas que tendrían.</b>
<b>Con el AMFE se tiene un panorama más amplio sobre el sistema debido a toda la información recaudada.</b>
<b>Se obtiene una lista de modos de fallos potenciales, seleccionados en los efectos que tiene sobre el cliente</b>

*Figura 17* AMFE , sus funciones, (Montalvan , Arenas, Talavera, & Magaña, 2015)

### Características de AMFE

(Montalvan , Arenas, Talavera, & Magaña, 2015), indica que las principales características son;

<b>De carácter preventivo</b>	se anticipa a la ocurrencia del fallo, tanto en el producto, como en el proceso y el medio, tomando medidas correctivas antes que suceda el problema.
<b>De sistematización</b>	Proporciona un enfoque estructurado y una cultura en la organización, asegurando que se han tenido en cuenta todas las posibilidades de fallo
<b>De priorización</b>	Permite crear una escala o secuencia de priorización en la aplicación de acciones, dependiendo de su impacto o efecto en el cliente.
<b>De participación</b>	Dado que es una herramienta que se aplica en equipo, ayuda a crear una sinergia de uso, conocimiento, etc.

**Figura 18** Características de AMFE, (Montalvan , Arenas, Talavera, & Magaña, 2015)

### Disponibilidad

(Zambrano, Prieto, & Castillo, 2015) La capacidad del equipo para realizar con éxito las funciones requeridas en un momento específico o dentro de un período de tiempo específico, es decir, la disponibilidad funcional del equipo en los requisitos del sistema de producción.

Es decir, la probabilidad de que el equipo se ponga en funcionamiento dentro de un período de tiempo establecido y mantenga el estado operativo se mide en función de la relación de servicio y se calcula en función del tiempo medio entre fallas y el tiempo de interrupción del servicio.

#### *Ecuación 1* Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

## 2.6 Mantenibilidad

La mantenibilidad se refiere a la posibilidad de utilizar los recursos necesarios para restaurar un dispositivo que funciona mal a un estado operativo específico dentro de un período de tiempo. Explica la posibilidad de restaurar el dispositivo a un estado normal. Función después de un fallo en condiciones predeterminadas mantener. (Zambrano, Prieto, & Castillo, 2015)

Esto significa que la mantenibilidad es siempre un índice para medir el tiempo de reparación de los equipos y la velocidad de mantenimiento en condiciones óptimas de mantenimiento, sin causar riesgos para el personal y el medio ambiente.

### *Ecuación 2* Mantenibilidad

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de paradas}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

## 2.7 Fiabilidad

La posibilidad de que un equipo mantenga su correcto funcionamiento durante un cierto período de tiempo y bajo determinadas condiciones de funcionamiento o rendimiento; por lo tanto, si estas condiciones cambian, la fiabilidad también cambiará, por lo que al comparar el mismo equipo operando en diferentes condiciones Sea extra cuidado con los valores de fiabilidad. (Vega, 2018)

### *Ecuación 3* Fiabilidad

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

Por tanto, para mejorar la disponibilidad antes mencionada, es necesario que se haga un plan de mantenimiento, pero antes de ejecutar el plan, se debe analizar el riesgo para considerar posibles fallas y Estas posibles consecuencias dependen de cada actividad se pueden establecer



otros procedimientos en la industria, y los procedimientos deben ser flexibles, Una experiencia dinámica, laboriosa y en constante cambio.

Si puedes de espera que proporcione beneficios que superen el costo. Al aplicar el plan, se debe considerar la prioridad del mismo a través de la gravedad de las consecuencias, es decir, clasificar el tipo de plan, escribir un manual e integrar grupos de trabajo para lograr los mayores beneficios.

### CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

#### Organización

El servicio técnico está liderado por el ingeniero de servicio quien tiene a su cargo a los supervisores de operación, los planer de servicio y los técnicos asignados en las distintas operaciones.



*Figura 19* Representante de Eurolift SA

Fuente: Eurolift S.A

Eurolift S.A, especialistas en brindar servicios integrales de alquiler y venta de montacargas nuevos y usados, con un soporte completo de post-venta en todo el Perú. Ofrece soluciones integrales según necesidad del cliente en todos los sectores productivos del país:

- Industria
- Minería
- Hidrocarburos
- Agricultura e industria general.

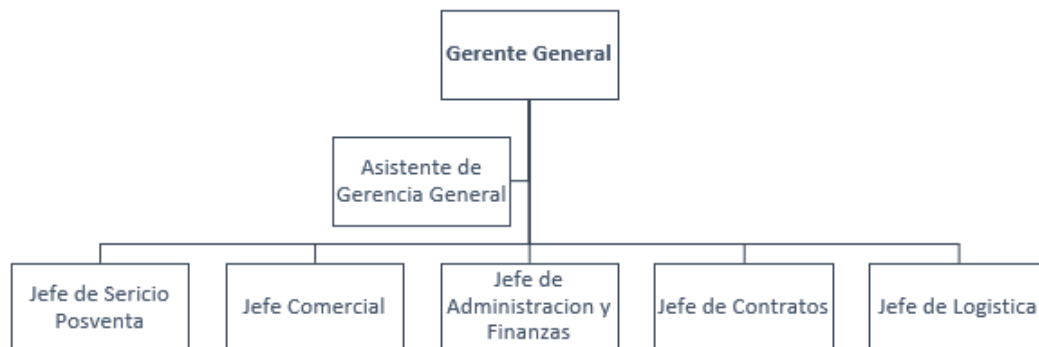


**Figura 20** Marcas representadas

Fuente: Eurolift S.A

## Organigramas

Organigrama de la Gerencia General de Eurolift SA La empresa está liderada por un gerente general, quien dirige y orienta la estrategia de la compañía en materia, económica y comercial.

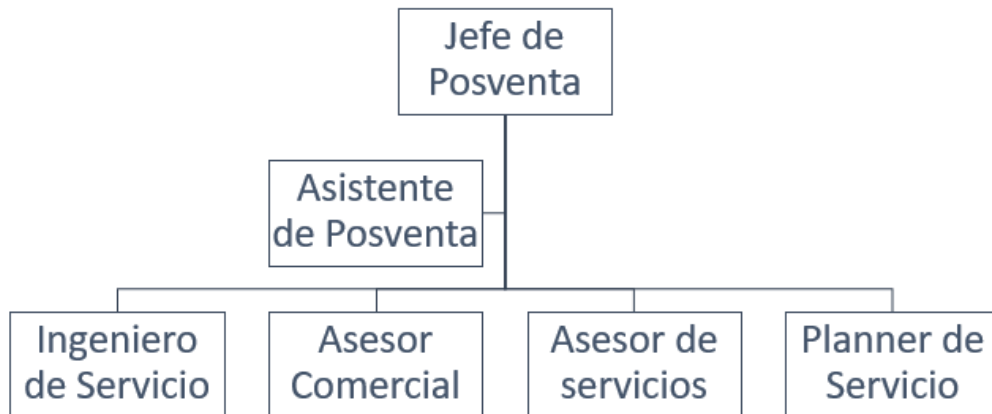


**Figura 21** Organigrama de gerencia ,Eurolift S.A

Fuente: Elaboración propia

### Organigrama Jefatura de Servicio

La posventa está liderada por Jefe de servicio posventa quien tiene a su cargo la gestión comercial, y el desarrollo de las procedimientos y normativa del servicio técnico para una adecuada atención.



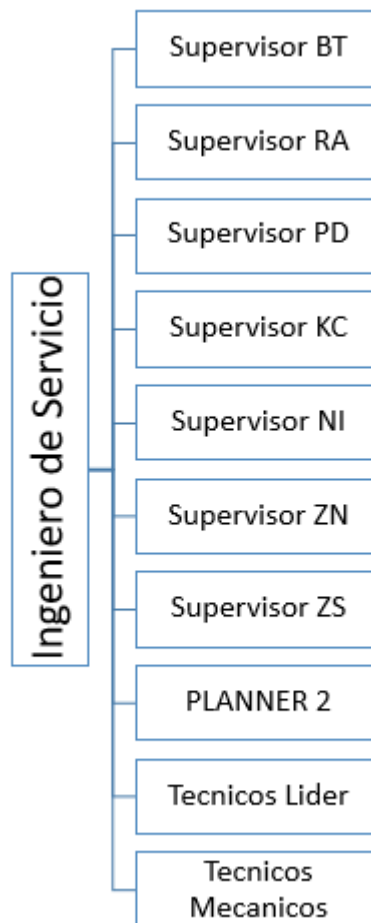
**Figura 22** Organigrama del área de posventa ,Eurolift S.A

Fuente: Elaboración propia

### Organigrama Servicio Técnico

El servicio técnico está liderado por el ingeniero de servicio quien tiene a su cargo a los supervisores de operación, los planer de servicio y los técnicos asignados en las distintas operaciones.

La función principal es desarrollar los procedimientos de atención, historial de la flota e indicadores de gestión.



**Figura 23** Organigrama del área de servicio de taller, Eurolift S.A

Fuente: Elaboración propia

## Misión

*“Somos una empresa especializada en montacargas que brinda soluciones de manipuleo de materiales para el sector logístico, portuario, industrial, renta, minero y petróleo, enfocados a superar las expectativas de nuestros clientes con maquinaria y servicio post-venta de calidad superior”.*

## Visión

*“Consolidar nuestra posición en el mercado como especialistas en el sector e incrementar nuestro portafolio de soluciones con nuevos productos y servicios complementarios que generen una propuesta de valor única a nuestros clientes”.*

## Valores

- **Trabajo en equipo**

“Fomentamos el trabajo de equipo, crea sinergia, nos orienta a un ideal común y cada uno se beneficia del conocimiento y trabajo de los demás miembros”.

- **Innovación**

“Estamos comprometidos con las nuevas ideas que aportan valor a nuestro negocio”.

- **Responsabilidad**

“Somos responsables por nuestro negocio y nuestro futuro”.

- **Compromiso**

“Estar alineado con la misión, visión y valores de la empresa”.

- **Puntualidad**

“Cumplir compromisos asumidos en fechas y plazos acordado”.

## 1.5 Productos

**Tabla 2** *Productos de Eurolift*

<p><b>MONTACARGAS ELÉCTRICO E2.2- 3.5XN</b></p>	<p>Pequeño y fuerte, el montacargas eléctrico Hyster E2.2-3.5XN proporciona un bajo costo de operación, alto nivel de desempeño, eficiencia energética y maniobrabilidad superior.</p>	
<p><b>MONTACARGAS ELECTRICO DE 3 RUEDAS E30-40HSD2</b></p>	<p>De muelle a muelle y a cualquier parte entremedio, las series Hyster E30-40HSD2 son las grúas montacargas más versátiles para manipulación de materiales que ofrecen ergonomía superior y mayor productividad.</p>	
<p><b>MONTACARGAS ELECTRICO DE 3 RUEDAS E30-40HSD2</b></p>	<p>Estos vehículos para elevación de carga independientes de tres ruedas están diseñados principalmente para uso en el muelle en carga y descarga de tráilers, incluido cierto uso en acopio y transporte.</p>	

**MONTACARGAS 3  
WHEEL ELECTRIC  
FORKLIFT A1.3-  
1.5XNT**

montacargas compactos de 24 voltios y tracción trasera. Este nuevo montacargas proporciona economía, desempeño, maniobrabilidad y rentabilidad, ideales para aplicaciones de uso ligero a medio.



**REACHSTACKER  
PARA  
CONTENEDORES  
RS46 ReachStacker**

están bien adaptados para una variedad de aplicaciones y están disponibles en muchas configuraciones



**MANIPULADORES  
DE CONTENEDORES  
H1050-1150HD CH**

cuenta con una extraordinaria capacidad de elevación y ofrece un rendimiento superior para las operaciones de manejo de contenedores.



**MANIPULADOR DE  
CONTENEDORES  
HYSTER  
H360HD2-EC4**

diseñado para una capacidad de estibado de hasta 4 de altura en aplicaciones como puertos, operaciones de terminales marítimas y donde se requiere carga, descarga y estibado de contenedores vacíos en una sola fila.





**MANIPULADOR DE  
CONTENEDORES  
VACÍOS  
H180-230HD-EC/D**

Para mantenerse competitivos en esta industria creciente y acelerada, todos los patios de contenedores deben reducir el costo por caja transportada.



**MONTACARGAS DE  
COMBUSTIÓN  
INTERNA  
H360-36/48HD**

construidos robustos para aplicaciones de elevación de trabajo pesado



**MONTACARGAS DE  
COMBUSTIÓN  
INTERNA S30-35FT,  
S40FTS**

Se trata de un vehículo montacargas versátil diseñado para uso en interior e indicado idealmente para una amplia variedad de aplicaciones como bodegaje, productos alimentarios y similares, y equipos eléctricos y electrónicos



**MONTACARGAS DE  
COMBUSTIÓN  
INTERNA  
S50CT**

conserva la legendaria resistencia, confiabilidad y productividad que se ha habituado a recibir de Hyster. Y por un nivel de precio menor.



**MONTACARGAS DE  
COMBUSTIÓN  
INTERNA  
H1.6-2.0FT**

un confiable y compacto montacargas de combustión interna con el poder de manejar hasta el más pesado de los trabajos



**MONTACARGAS DE  
COMBUSTIÓN  
INTERNA  
H170-190FT**

Las series H170-190FT de vehículos montacargas están diseñadas para ser durables, confiables y productivas. Son indicados para una amplia variedad de aplicaciones como madera, acero, concreto y recuperación de vehículos.



**MONTACARGAS DE  
COMBUSTIÓN  
INTERNA  
H40-70FT**

Estas series presentan 3 paquetes de vehículos con múltiples configuraciones de tren motriz que ofrecen eficiencia mejorada al tiempo que optimizan la confiabilidad y la facilidad de reparación optimizada para disminuir sus costos de operación.



---

Fuente: Elaboración propia 2020

## 1.6 Servicios

**Tabla 3** *Servicios de Eurolift*

<p><b>CONTRATO DE MANTENIMIENTO REGULAR DE LOS MONTACARGAS ELEVADORAS.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspecciones regulares de las carretillas elevadoras planificadas por el distribuidor y llevadas a cabo por un técnico especialista, de acuerdo con el programa de servicio del fabricante.</li> <li>• Cada inspección incluye un cambio de aceite, lubricación, comprobaciones y ajustes por un precio acordado previamente.</li> <li>• El informe de inspección da un listado de las operaciones de mantenimiento de carretillas.</li> <li>• El distribuidor elabora una cotización de piezas y mano de obra para cualquier trabajo adicional recomendado con el fin de optimizar la disponibilidad de las carretillas y para minimizar el riesgo de daños o de grandes reparaciones.</li> </ul>
<p><b>CONTRATO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO LOS MONTACARGAS ELEVADORAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspecciones regulares de las carretillas elevadoras planificadas por el distribuidor y llevadas a cabo por un técnico especialista, de acuerdo con el programa de servicio del fabricante.</li> <li>• Cada inspección incluye un cambio de aceite, lubricación, comprobaciones y ajustes por un precio acordado previamente.</li> <li>• El informe de inspección da un listado de las operaciones de mantenimiento de carretillas.</li> <li>• El distribuidor elabora una cotización de piezas y mano de obra para cualquier trabajo adicional recomendado con el fin de optimizar la disponibilidad de las carretillas y para minimizar el riesgo de daños o de grandes reparaciones.</li> </ul>
<p><b>CONTRATO DE MANTENIMIENTO DE SERVICIO COMPLETO DE LOS MONTACARGAS ELEVADORES.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspecciones regulares de las carretillas elevadoras planificadas por el distribuidor y llevadas a cabo por un técnico especialista, de acuerdo con el programa de servicio del fabricante.</li> <li>• Cada inspección incluye un cambio de aceite, lubricación, comprobaciones y</li> </ul>

**ALQUILER INCLUYE  
MANTEMIENTO**

- ajustes por un precio acordado previamente.
  - El informe de inspección da un listado de las operaciones de mantenimiento de carretillas.
  - El distribuidor elabora una cotización de piezas y mano de obra para cualquier trabajo adicional recomendado con el fin de optimizar la disponibilidad de las carretillas y para minimizar el riesgo de daños o de grandes reparaciones.
  - Inspecciones regulares de las carretillas elevadoras planificadas por el distribuidor y llevadas a cabo por un técnico especialista, de acuerdo con el programa de servicio del fabricante.
  - Cada inspección incluye un cambio de aceite, lubricación, comprobaciones y ajustes por un precio acordado previamente.
  - El informe de inspección da un listado de las operaciones de mantenimiento de carretillas.
  - El distribuidor elabora una cotización de piezas y mano de obra para cualquier trabajo adicional recomendado con el fin de optimizar la disponibilidad de las carretillas y para minimizar el riesgo de daños o de grandes reparaciones.
- 

Fuente: Elaboración propia.

Mi experiencia laboral, como ingeniero de servicio en la empresa Eurolift comenzó en noviembre del 2019, en esta etapa de mi trayecto profesional me encargo de gestionar, coordinar y dirigir todas las acciones necesarias para cumplir con el cronograma de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los montacargas, así como elaborar los procedimientos de mantenimiento y las reparaciones realizadas a los equipos.

Realizar informes técnicos de los trabajos efectuados, así como la generación de informes técnicos se los servicios atendidos.

También de revisar información técnica en el sistema de Hyster Tracker, para el análisis de la información de monitoreo satelital del equipo en temas de códigos de falla, consumo de combustibles e intensidad de impactos.

Brindar soporte técnico a las demás jefaturas, en todo lo relacionado a consultas técnicas y la configuración de los equipos.

Seleccionar los materiales y repuestos que van a ser utilizados en el trabajo, distribuye y aprueba el trabajo del personal a su cargo,

De igual manera revisar la calidad y tiempo de entrega de los trabajos asignados, mantenido la disponibilidad ofrecida al cliente, autoriza y supervisa el mantenimiento y reparación de los equipos, realizar visita constante a los clientes supervisando el adecuado programa de mantenimiento de nuestra flota interna, así como los mantenimientos programados a la flota externa y el manejo de herramientas de gestión de indicadores,

Como anteriormente se ha mencionado dentro de esta investigación, en la empresa Eurolift, se manejan en general cuatro tipos de montacargas en la flota

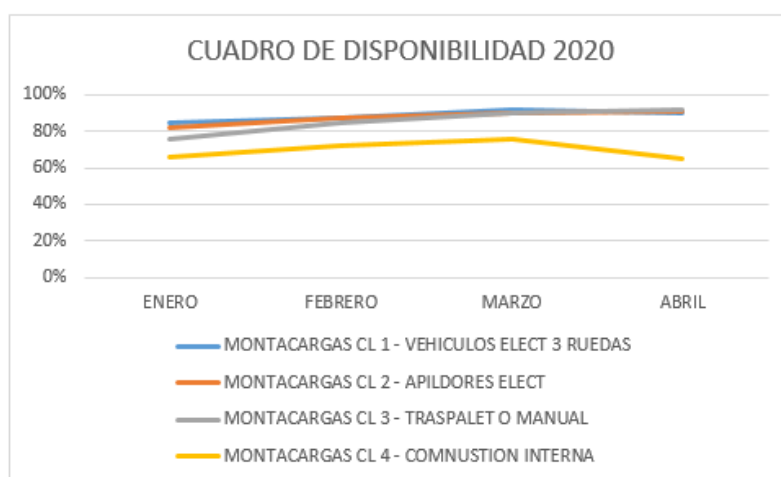
- Clase 1: Montacargas eléctricos
- Clase 2: Apiladores eléctricos

- Clase 3: Montacargas manual o Traspallet
- Clase 4 y 5: Montacargas de combustión interna.

**Tabla 4** Disponibilidad de los tipos de montacargas de Eurolift 2020

ITEM	TIPO DE MONTACARGAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	DISPONIBILIDAD TOTAL
1	MONTACARGAS CL VEHICULOS ELECT 3 RUEDAS	87%	88%	92%	91%	90%
2	MONTACARGAS CL APILDORES ELECT	82%	87%	90%	91%	88%
3	MONTACARGAS CL TRASPALET O MANUAL	76%	85%	90%	92%	86%
4	MONTACARGAS CL COMNUSTION INTERNA	66%	70%	76%	65%	69%

Fuente: Eurolift S.A



**Figura 24** Disponibilidad total montacargas de Eurolift S.A

Lo que podemos mencionar respecto en la tabla n°4 y la figura n°24, es que los montacargas con menor disponibilidad son los de combustión interna, mencionando que son equipos que trabajan en condiciones diferentes a los eléctricos.

Estos equipos pueden utilizar como combustible, gas, gasolina o diésel y trabajan en condiciones de terreno muchas veces no apropiados, como terrenos sin asfaltar o pistas con desniveles.

Asimismo, estos equipos son estacionados en espacios abiertos, por lo que la exposición a la intemperie en algunos casos podría ocasionar ciertos fallos.

### **Situación problemática**

Los Montacargas de combustión de la empresa Eurolift S.A, poseen una baja disponibilidad, por lo que ocasionan pago de penalidades en la facturación del mes y reclamos de los clientes que alquilan los equipos.

Actualmente la disponibilidad y la confiabilidad de los montacargas es baja, en el periodo de enero 2020 a abril 2020, el cual se evidencia en las tablas 5 y 6 y la figura 25,26.

**Tabla 5** *Disponibilidad de los montacargas de Eurolift SA*

<b>EQUIPO</b>	<b>Disponibilidad Enero 2020</b>	<b>Disponibilidad Febrero 2020</b>	<b>Disponibilidad Marzo 2020</b>	<b>Disponibilidad Abril 2020</b>	<b>Disponibilidad promedio</b>
Montacargas de combustión 1	89.40%	66.34%	38.41%	38.41%	67.54%
Montacargas de combustión 2	60.69%	47.60%	83.26%	86.52%	69.52%
Montacargas de combustión 3	74.45%	69.86%	57.73%	85.88%	71.98%
Montacargas de combustión 4	80.24%	79.56%	62.52%	68.76%	72.77%
Montacargas de combustión 5	40.68%	90.22%	50.36%	91.21%	68.12%
Montacargas de combustión 6	79.62%	73.71%	66.35%	89.08%	77.19%
Montacargas de combustión 7	79.41%	58.44%	61.35%	40.40%	59.90%
Montacargas de combustión 8	65.34%	80.35%	75.30%	64.98%	71.49%
Montacargas de combustión 9	65.04%	90.38%	83.90%	75.30%	78.66%

Montacargas de combustión 10	66.49%	78.02%	47.85%	89.69%	70.51%
Montacargas de combustión 11	82.86%	68.01%	41.58%	70%	65.61%
Montacargas de combustión 12	60.81%	67.15%	85.73%	55.46%	67.29%
Montacargas de combustión 13	35.73%	56.34%	57.33%	62.01%	52.85%
Montacargas de combustión 14	92.76%	73.08%	69.09%	66.95%	75.47%
					68.86%

Fuente: Elaboración propia

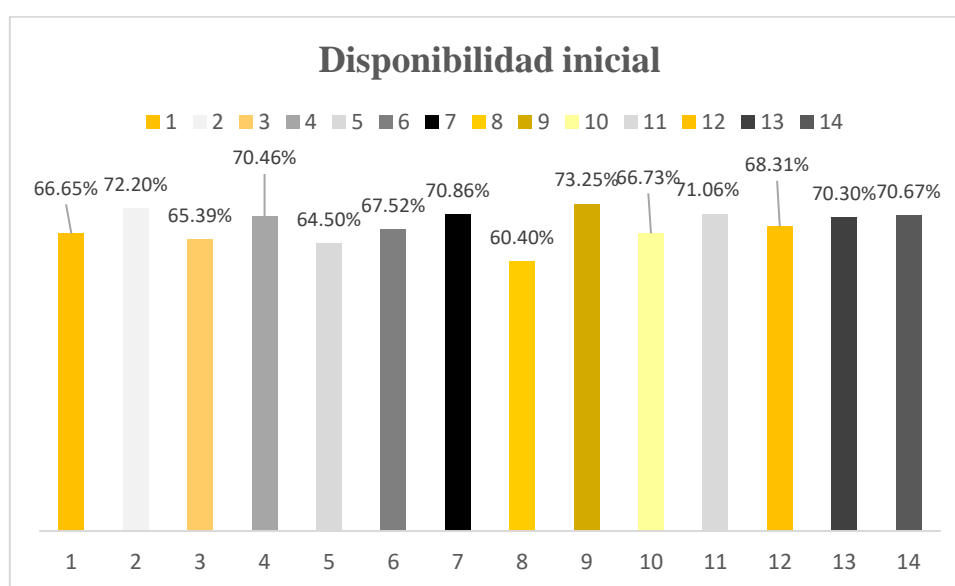


Figura 25 Disponibilidad inicial de montacargas de Eurolift SA.

Tabla 6 Confiabilidad inicial

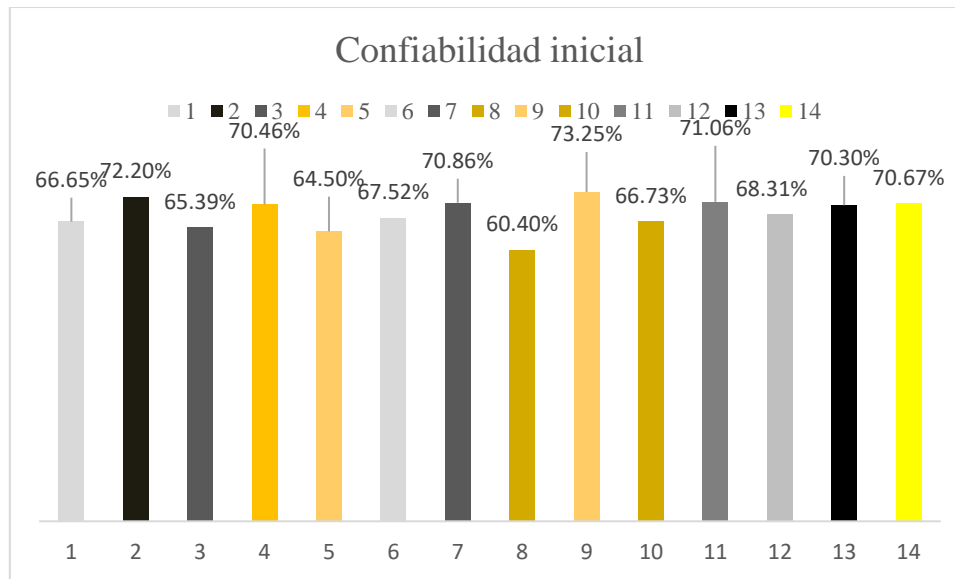
EQUIPO	Confiabilidad Enero 2020	Confiabilidad Febrero 2020	Confiabilidad Marzo 2020	Confiabilidad Abril 2020	Confiabilidad promedio
Montacargas 2.5xt de combustión 1	35.54%	35.58%	31.71%	31.10%	33.48%
Montacargas 2.5 xt de combustión 2	35.25%	34.24%	24.52%	26.32%	30.08%



Incremento de la disponibilidad de la flota en la empresa  
EUROLIFT S.A. mediante la metodología del RCM

Montacargas 3.0 xt combustión 3	35.52%	33.25%	35.25%	29.10%	33.28%
Montacargas de 3.0 xt combustión 4	35.55%	28.94%	37.73%	25.20%	31.86%
Montacargas de 110 xt combustión 5	35.25%	28.95%	24.66%	34.08%	30.74%
Montacargas de 110 xt combustión 6	33.05%	31.11%	21.22%	30.00%	28.85%
Montacargas de 2.5 xt combustión 7	35.25%	28.10%	35.58%	33.05%	33.00%
Montacargas de 2.5 xt combustión 8	37.08%	22.91%	21.24%	26.35%	26.90%
Montacargas de 2,5 xt combustión 9	36.75%	24.50%	26.90%	34.25%	30.60%
Montacargas de 2.5 xt combustión 10	35.25%	22.85%	30.36%	28.95%	29.35%
Montacargas de 2.5 xt combustión 11	30.32%	35.25%	36.10%	21%	30.69%
Montacargas de 2.5 xt 2.5 xt combustión 12	35.20%	31.00%	26.55%	32.00%	31.19%
Montacargas de 2.5 xt combustión 13	35.73%	21.10%	32.25%	33.10%	30.55%
Montacargas de 2.5 xt combustión 14	42.00%	42.10%	35.10%	36.00%	38.80%
					31.38%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 26** Confiabilidad inicial de los montacargas de Eurolift S.A

De acuerdo a los resultados obtenidos de la disponibilidad inicial de los montacargas, que se reflejan en la tabla n°5, se evidencia una disponibilidad promedio de 69.21%. Estos resultados están muy por debajo de lo óptimo y contratado con los clientes, ya que la Disponibilidad debe cumplir con un mínimo de 95% o por encima de este valor.

Asimismo, respecto a la confiabilidad inicial de los montacargas, como se observa en la tabla n° 6, la disponibilidad no llega al 90% requerido por las constantes fallas que tenían los montacargas en sus diferentes sistemas, por lo que podríamos mencionar que eran poco confiables.

En reunión con los integrantes del área de mantenimiento, el Jefe de servicio posventa, el planner de servicio, el supervisor y el técnico líder de la operación con equipos observados y el Ingeniero de servicio, pusimos el tema a dialogo, bajo la experiencia de cada uno de los integrantes.

- ❖ Como primer paso fue proponer los días lunes a las 8:30 am y los viernes a las 10:30 am reunión a fin de tener el tiempo y los recursos necesarios para tratar el tema.
- ❖ Seguidamente se expuso el tema central de la reunión, que fue la baja disponibilidad de los montacargas de combustión. Para lo cual se solicitó a cada integrante averigüe las condiciones en las que operan los equipos.
- ❖ Continuando con la reunión se invitó a cada integrante a exponer sus ideas respecto al tema y se tomen las notas necesarias de cada intervención.
- ❖ Una vez que se concluyeron las intervenciones, se procedió a listar las ideas más relevantes a fin de elegir las de mayor importancia.
- ❖ Por ultimo con el objetivo de armar el Ishikawa se procedió a ordenar los siguientes factores: Mano de obra, maquina, material, método,

### **Análisis de Causa raíz del problema**

Para el estudio de las causas de falla en los equipos se realizó el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto.

### **Diagrama Ishikawa**

Mediante el diagrama Ishikawa se determinó los eventos que originaron baja disponibilidad en los montacargas.



**Figura 27** Diagrama de Ishikawa de Eurolift SA, de elaboración propia.

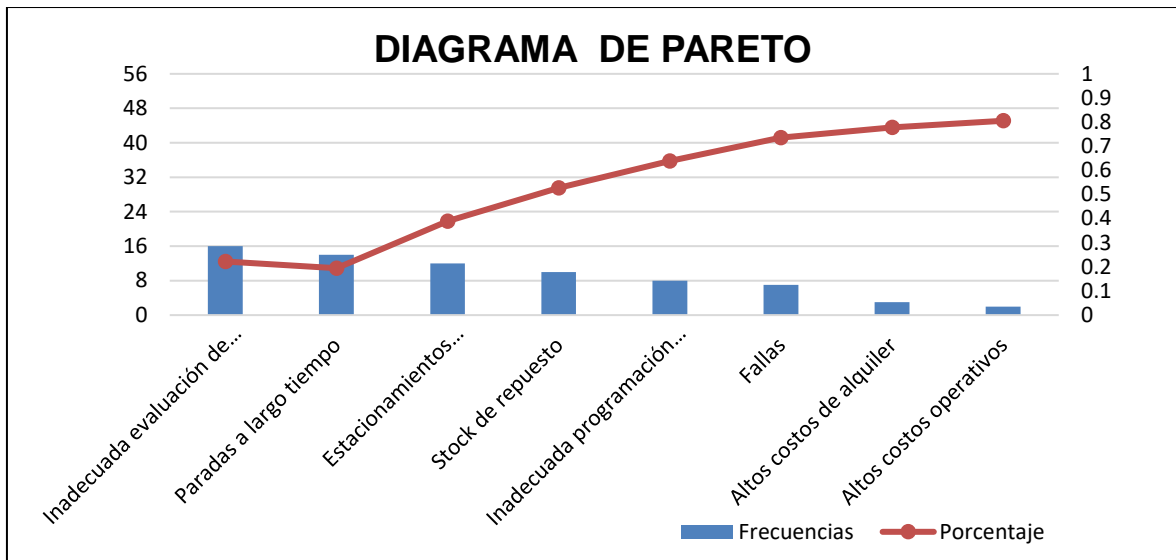
### Diagrama de Pareto

Mediante este diagrama se busca determinar las principales causas que originen las fallas en la flota de montacargas, el cual se detalla en tabla 5 y la figura 27.

**Tabla 7** Diagrama de Pareto

EAS	CAUSAS	CRITICIDAD	TASA PORCENTUAL	FRECUENCIA ACUMULADA
Inadecuada evaluación de tiempos	16		22%	22%
Largo tiempo de paralización	14		19%	42%
Zonas de tránsito inadecuados	12	<b>ALTO</b>	17%	58%
Stock de repuesto insuficiente	10		14%	72%
Inadecuada programación de tareas	8		11%	83%
Fallas eléctricas	7	<b>MEDIO</b>	10%	93%
Altos costos de alquiler	3		4%	97%
Altos costos operativos	2	<b>BAJO</b>	3%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>72</b>		<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 28** Diagrama de Pareto

Del diagrama de Pareto se pudo apreciar que el 79% de las causas se deben: a la inadecuada evaluación de los tiempos (22%), estacionamientos inadecuados (17%), stock de repuestos insuficiente (14%), e inadecuadas programación de tareas (11%), razón por el cual se debe priorizar la solución. Para ello, se debe elegir una metodología para implementar el mantenimiento en la empresa Eurolift S.A, con el fin de incrementar la disponibilidad de los Montacargas.

### **Selección de la metodología**

Se seleccionó que tipo de metodología se debe implementar para incrementar la disponibilidad en la flota de montacargas, con el grupo de trabajo de la empresa Eurolift S.A.

- **Mantenimiento productivo total (TPM):** Esta consiste en involucrar al personal de producción y supervisión en el mantenimiento de los equipos para buscar la máxima eficiencia y disponibilidad durante su vida útil. (Portal , 2016)

- **Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM):** Según los autores, (Campos, Tolentino, Toledo, & Tolentino, 2018), define que esta metodología consiste en una técnica utilizada que se usa para organizar actividades y gestionar el mantenimiento para desarrollar procedimientos organizados basados en la confiabilidad de los equipos.

Para escoger entre estas dos metodologías se definió los siguientes factores establecidos en la tabla;

**Tabla 8** Factores de evaluación para seleccionar la metodología

<i>ITEMS</i>	<i>FACTOR DE EVALUACIÓN</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
1	Ejecuta el mejor plan de mantenimiento	Brinda un plan de mantenimiento preventivo , el necesario para cada sistema
2	Disminuye las fallas mecánicas y electrónica de la flota de montacargas	Determina cuales son las fallas mecánica y electrónica de los sistemas y componentes de la flota de montacargas, también le da prioridad los mismo por grado de ocurrencia
3	Favorece que se cumpla el plan de mantenimiento preventivo	Cuando se desarrolla forma indicadores que permite medir y otorga planes de acción
4	Reduce por falta de procedimiento las fallas	Da más participación al personal , creando conocimiento.
5	Identifica los repuestos crítico de la flota de montacargas	Diseña una base con los datos de los repuestos que más se usa.
6	Fija un autónomo plan de mantenimiento	Produce el trabajo en equipo y la integración.
7	Optimiza la gestión del mantenimiento	Crea acciones administrativas y metódicas que mejoran los resultados
8	Crea motivación a los empleados y desarrollo	Se encuentra en la búsqueda de la constante motivación de los trabajadores.

Fuente: Eurolift S.A

Ya que se determinó los factores evaluativos, se estableció una escala de calificación, expuesto en la tabla 8:

**Tabla 9** Escala de calificación

Ítem	Descripción	Calificación	Puntuación
1	Excelente	Crea resultados óptimos.	10
2	Bueno	Sus resultados son moderados.	8
3	Promedio	Con restricciones crea mejoría.	6
4	Regular	Genera resultados bajos.	4
5	Malo	Resultados muy bajos.	2
6	Muy malo	No otorga ninguna mejora	0

Fuente: Eurolift S.A

Una vez establecido los factores y la escala, el grupo de trabajo hizo la evaluación, en la tabla 9, donde se puede ver las puntuaciones, quedando en evidencia que la metodología RCM, tuvo la puntuación mayor. Finalmente se concluye que la metodología aplicar es el RCM.

**Tabla 10** Factores

ITEMS	FACTORES DE EVALUACIÓN	TPM	RCM
1	Ejecuta el mejor plan de mantenimiento	6	10
2	Disminuye las fallas mecánicas y electrónica de la flota de montacargas	6	8
3	Favorece que se cumpla el plan de mantenimiento preventivo	6	8
4	Reduce por falta de procedimiento las fallas	8	10
5	Identifica los repuestos crítico de la flota de montacargas	6	6
6	Fija un autónomo plan de mantenimiento	8	10
7	Optimiza la gestión del mantenimiento	6	10
8	Crea motivación a los empleados y desarrollo	8	10
TOTAL:		54	80

Fuente: Eurolift s.A

### Metodología RCM

Con la presencia de los principales integrantes del área de mantenimiento, compuestos por el jefe del área de servicio, supervisor, técnico líder y planner de servicio, se concluyó que la metodología idónea, para solucionar la baja disponibilidad de montacargas era el RCM.

### 3.2 Metodología Utilizada

Como ya se ha mencionado anteriormente la metodología a implementar es el mantenimiento centrado en confiabilidad, el cual se hizo en 5 pasos que son;

- **Paso 1** Identificar los sistemas básicos junto a sus funciones: Reconocimiento de sistemas y componentes de un montacargas.
- **Paso 2** Formación del equipo de trabajo y criterios para evaluar la criticidad: Se elige a los integrantes del equipo de trabajo y sus respectivos factores para la evaluación de la criticidad.
- **Paso 3** Definir los resultados del análisis crítico: Se verifico el nivel de criticidad en los sistemas de montacargas, para verificar cuales son los más afectados.
- **Paso 4** Elaboración de diagramas de decisiones, se estableció el diagrama de cómo va hacer la toma de decisiones en la empresa.
- **Paso 5** Desarrollo de la Matriz AMEF: Se aplicó la matriz de análisis y de información y decisiones del AMEF.
- **Paso 6** Plan de mantenimiento, por último, se realizó el cronograma de actividades para solucionar las fallas encontradas en el AMEF.

### 3.4 Solución del problema-Desarrollo del Método RCM

Para la aplicación de la metodología será necesario desarrollarlo en siete pasos, que se explicará a continuación.

#### **Paso 1: Identificar los sistemas básicos junto a sus funciones.**

En este punto, se reconoció qué sistemas y componentes tienen los montacargas y las funciones que cumplen para la operación del equipo.

**Tabla 11** *Sistema básico junto a sus funciones*

ITEMS	SISTEMAS Y COMPONENTES	FUNCIONES
1	Sistema motor	Funciona con un motor de combustión interna para quemar una mezcla de aire y combustible mediante ignición externa y convertir la energía química contenida en el combustible en energía cinética, lo que permite que el montacargas se movilice.



2	Sistema hidráulico	Esta se encuentra compuesta por tuberías, motor, pistón, bomba hidráulica, caja de válvulas, válvulas de paracaídas. esto inyecta la fluidez al cilindro, a través de una presión que se acumula , para desplazar la plataforma con la carga para arriba.
3	Sistema de dirección	Consiste en una serie de principios de funcionamiento: el conductor controla la trayectoria del automóvil a través del volante, y el volante accionará la varilla de dirección, que se encarga de conectarlo a la caja de dirección.
4	Sistema eléctrico.	toma la energía de las baterías recargables y la convierte en la rotación de un motor eléctrico. El motor eléctrico contiene una parte móvil llamada rotor.

Fuente: Eurolift SA

## Paso 2: Formación del equipo de trabajo y criterios para evaluar la criticidad

Se seleccionó a los colaboradores que puedan definir criterios de evaluación en base a su experiencia y conocimiento en el mantenimiento de equipos montacargas. Con el fin de crear la matriz de criticidad. se realizó reuniones con el jefe de operaciones, ingeniero de servicios, el supervisor de servicios y el técnico líder.

Con la finalidad de establecer criterios que se deberían evaluar en los montacargas y su repercusión en las áreas de servicios, por el cual se va aplicar el análisis de criticidad (AC), la metodología que se debe seguir es la siguiente:

La criticidad total (CT) es un parámetro del método de control, y su fórmula es la siguiente:

$$CT = FF \times \text{Consecuencia}$$

**Ecuación 4** *Criticidad total*

La frecuencia de la falla viene expresada de la siguiente manera;

$$\text{Consecuencia} = [ (IO \times FO) + CM + ISAH ]$$

**Ecuación 5** *Frecuencia de la falla*

Por último, los criterios principales que se abarcarán son:

- **Frecuencia de falla (FF):** La cantidad de oportunidades para que falle cualquier componente.
- **Impacto operacional (IO):** Nivel de servicio afectado
- **Flexibilidad operacional (FO):** Visualice la existencia o existencia paralela de otras alternativas.
- **Costos de mantenimiento (CM):** Representa gastos financieros para mantenimiento.
- **Impacto en seguridad, ambiente e higiene (ISAH):** Identificar oportunidades para eventos imprevistos o innecesarios que causen daños a personas, equipos, medio ambiente, instalaciones u otras personas.

Por lo tanto, en la tabla 11, se esquematiza los criterios de evaluación.

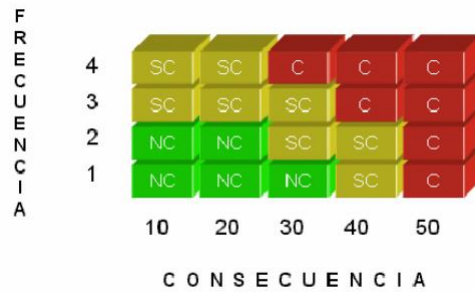
**Tabla 12** Criterios para la evaluación de la criticidad

<b>Frecuencia de falla (FF)</b>	<b>Impacto operacional (IO)</b>	<b>Flexibilidad Operacional (FO)</b>	<b>Costo de mantenimiento (CM)</b>	<b>Impacto en seguridad, ambiente e higiene (ISAH)</b>
Muy alta: Falla bastante inevitable.(4)	Paro inmediato del servicio y alquiler.(10)	No hay alternativa del servicio y venta.(4)	Mayor o igual a 10.000,00 S./(2)	Se ve afectado la seguridad del operario interno como externo.(8)
Altas: Repetidas fallas.(3)	Impacto en el nivel de ventas y calidad de servicio(8)	Existe una opción alternativa del servicio y venta.(2)	Menor a 10.000,00 S./ (1)	Se ve afectado el ambiente ocasionando daños irreparables (6)
Moderadas: Ocasionales fallas.(2)	paro del equipo debido a la disponibilidad (6)	Existe respaldo.(1)		Se ve afectado las instalaciones ocasionando graves daños. (4)
Baja: Pocas fallas relativamente.(1)	Costo del servicio mientras no esté disponible (2)			Ocasiona impacto ambiental sin incumplir las normas.(2) No ocasiona daños a las personas

No presenta efecto en la venta y servicio (1)

ambiente e instalaciones.(1)

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 29** Consecuencia y frecuencia de RCM.

Donde:

- NC: No crítico
- SC: Semi – crítico
- C: Crítico

**Paso 3: Definir el resultado del análisis de crítico**

Determina la prioridad de los sistemas, equipos y procesos, ayudando así a seleccionar las decisiones de manera eficaz y decisiva, y de esta manera incrementar la disponibilidad de los montacargas.

**Tabla 13** Resultados del análisis crítico.

Ítems	SISTEMAS	FF	IO	FO	CM	ISAH	CONSECUENCIA	CT	RESULTADO
1	Motor	3	10	4	2	4	46	138	<b><u>Crítico</u></b>
2	Hidráulica	2	6	2	1	2	15	30	<b><u>Semi crítico</u></b>
3	Dirección	2	6	1	1	2	9	18	<b><u>No crítico</u></b>
4	Eléctrico	3	10	4	2	4	46	138	<b><u>Crítico</u></b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 12, los sistemas más críticos es el motor y el sistema eléctrico.

#### **Paso 4: Elaboración del diagrama de decisiones**

El diagrama de decisiones Representa el proceso de concepción, la consideración de la información y las consecuencias de las acciones que se deben tomar para resolverla.

Por lo tanto en la figura 29, se grafica como va hacer la toma de decisiones en Eurolift.

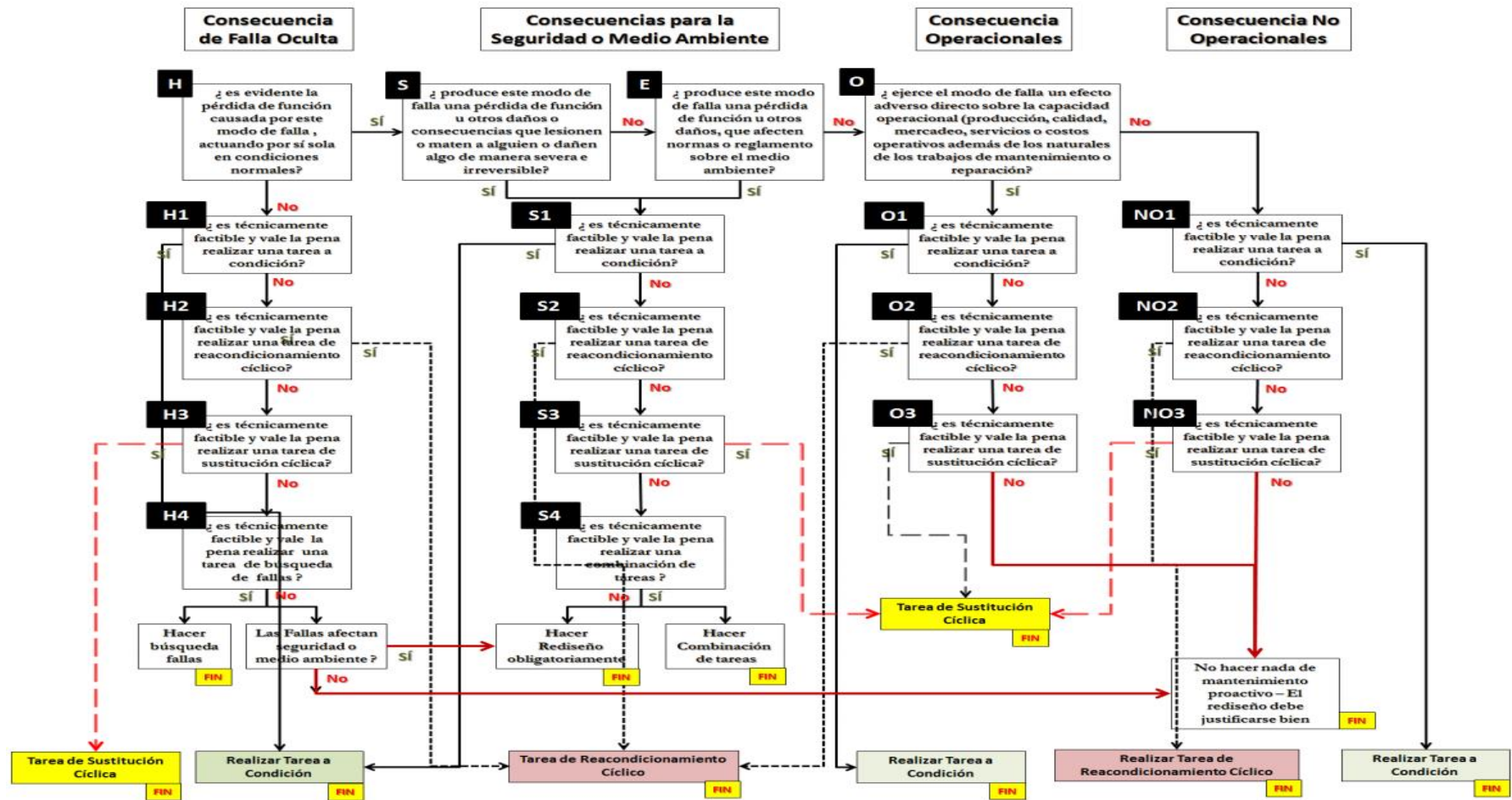


Figura 30 Diagrama de decisiones RCM

Fuente: Elaboración propia

### Paso 5: Desarrollo de la hoja de trabajo AMEF.

Según (Montalvan , Arenas, Talavera, & Magaña, 2015), mencionan que AMEF es una herramienta técnica de análisis preventivo, adecuada para sistemas cuyos riesgos potenciales no han alcanzado los objetivos de confiabilidad y mantenibilidad (previéndolos). También puede cuantificar y evaluar el riesgo de fallas del sistema.

Se realizó los formatos que contienen la información necesaria para el RCM.

En la tabla 13, Muestra la estructura de la tabla de información RCM, que registra la identificación, descripción de la función, modo de falla, impacto y sugerencias

**Tabla 14** *Análisis de AMEF*

Instalación/Equipo:			Fecha:		
Documentos soporte:					
N°	Identificación	Descripción	Modos de falla	Efectos	Recomendaciones

Fuente: Elaboración propia.

El segundo formato sería la estructura de las decisiones del RCM, como se muestra figura en la tabla 14, en esta se encontrará las columnas F, MF y FF, que serían los modos de falla, el cual sirve como indicador entre las hojas de información y de Decisión.

**Tabla 15** Información y decisiones AMEF

SISTEM/ACTIVO:				CÓDIGO			FECHA				
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:				CÓDIGO			RESPONSABLE:				
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias	H,S O,N 1	H,S O,N 2	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H			H4	H5	S4			

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la información de RCM y la estructura de la tabla de decisiones, se aplicó a los dos sistemas críticos que causan las fallas en los sistemas de los Montacargas de Combustión Eurolift SA.

Para completar este cuadro informativo se recogió la información discutido en la reunión con el equipo de trabajo, para el cuadro de decisión se utilizó el método de utilizar la vía de decisión para que las obras periódicas de renovación se puedan realizar en condiciones.

**Tabla 16** *Análisis AMEF-Hoja de información RCM para el motor*

<b>Instalación/equipos:</b>					
<b>Documento de soporte:</b>				<b>Fecha:</b>	
<b>N°</b>	<b>Identificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Modo de falla (causa)</b>	<b>Efecto</b>	<b>Recomendaciones</b>
1	1. El uso de combustible de calidad y se trabaja con carga alta	a. Se reduce el tiempo de vida del motor	1. Baja calidad del combustible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidación de algunas partes del motor</li> <li>• Se atasca algunas piezas móviles</li> <li>• Menos rendimiento del combustible</li> <li>• Mínimo arranque</li> </ul>	Adquirir combustible con mayor aditivo, para mejorar el funcionamiento y calidad del motor
			2. Trabaja con baja carga.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se enfría el motor con un servicio a carga baja</li> <li>• Crea residuos en el aceite del motor</li> <li>• Producción de humo blanco con emisión de hidrocarburos</li> </ul>	Realizar un óptimo uso de la potencia de la carga Poner a funcionar una vez al año en varias horas a carga plena para la limpieza del motor Debe incrementarse la carga a lo largo de la cinco horas de servicio de plena carga a cero.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17** Análisis AMEF- Hoja de decisión RCM para el motor

SISTEM/ACTIVO:										CÓDIGO	FECHA				
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:										CÓDIGO	RESPONSABLE:				
Referencia de información		Evaluación de las consecuencias				H,S O,N 1	H,S O,N 2	H,S O,N 3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	S	S	N	N	N				Inspección periódica del motor	Cada tres semanas	Soporte técnico
1	A	2	S	N	S	S	N	N	N				Inspección del nivel de carga	Cada dos semanas	Soporte técnico

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18** Análisis AMEF-Hoja de información RCM para el Sistema Eléctrico

Instalación/equipos:					
Documento de soporte:					
N°	Identificación	Descripción	Modo de falla (causa)	Fecha: Efecto	Recomendaciones
1	1. Suministrar una energía estable.	a. La batería presenta falla porque no suministra la necesaria energía	1. Aumento del frío en el medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se da una descarga mayor a un cincuenta por ciento de la capacidad.</li> </ul>	Se debe evitar exponer a bajos grados de temperaturas.
			2. Excesivo calor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se degrada por el sobrecalentamiento</li> </ul>	Se debe evitar exponer a temperaturas altas, con ventilación baja o al sol.
			3. Batería inactiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>se estratifica el electrolito causando corrosión y desgaste</li> </ul>	Constantemente realizar auto chequeos , para que funcione la batería, con los elementos necesarios para la energía requerida

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 19** Análisis AMEF-Hoja de decisión RCM para el Sistema Eléctrico

SISTEM/ACTIVO:								CÓDIGO	FECHA			
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:								CÓDIGO	RESPONSABLE:			
Referencia de información	Evaluación de las consecuencias							Tareas "a falta de"	Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	
	H	S	O	N	1	2	3					
F	FF	MF	H	S	E	O		H4	H5	S4		
1	A	1	S	N	N	S	S	Inspección de la ubicación y ambiente donde se encontrará el grupo electrógeno			Técnico de servicio	
1	A	2	S	N	N	S	S	Inspección de la ubicación y ambiente donde se encontrará el grupo electrógeno			Técnico de servicio	
1	A	3	S	N	S	S	N	N	N	Realizar auto chequeos y mantener activo las baterías de equipos electrógenos no usados	Una vez a la semana	Soporte técnico

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento es un conjunto de tareas preventivas a realizar en el montacargas para cumplir con los objetivos de disponibilidad, confiabilidad y costo, con el objetivo final es extender la vida útil del montacargas tanto como sea posible.

**Tabla 20** Plan de mantenimiento preventivo

ITEMS	SISTEMAS	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	COSTO MENSUAL \$	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
				x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	MOTOR	Tanque de combustible	258	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Inspección periódica del motor	123	x			x		x	x		x		x		x		x	
		Inspección de correas y fajas	152	x		x	x		x		x			x	x			x	x
		Inspección del arrancador	130	x	x		x	x	x			x			x	x			x
		Inspección del alternador	130	x											x	x			
		Reajuste de pernos y tuercas	550	x		x				x		x	x			x	x		
2	ELECTRICO	Realizar autochequeos y mantener activos las baterías	130	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Medir voltaje y carga de la batería	138	x			x	x	x		x				x				
		limpieza de postes de la batería	420	x		x	x	x				x		x	x		x	x	x
		Verificar el estado de conexiones de los componentes eléctricos	125	x			x			x			x	x	x		x	x	x
<b>TOTAL</b>			2156																

Fuente: Elaboración propia.

Para validar que esta metodología de mantenimiento si funcione , se hizo una prueba piloto desarrollado en los 4 primeros meses del año 2020, para estas nuevas actividades, se les indico al gerente y el Jefe del área, lo importante de implementar la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad, con las nuevas tareas y así poder incrementar la disponibilidad de los equipos , finalmente los clientes que adquieran los montacargas, se les recomendó ejecutar las tareas a implementar para mantener de forma óptima los equipos . Sobre el nuevo costo se ha estimado el mensual de las actividades de mantenimiento, y el cálculo de la tasa de inspección se basa en el pago de hora / hombre calculado por mes.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Para poder terminar el diagnóstico de la situación inicial se presenta la evaluación financiera de la empresa antes de la implementación de la metodología seleccionada.

**Tabla 21** Situación actual de Eurolift S.A

MES	FACTURACIÓN PROYECTADA		FACTURACIÓN EJECUTADA		PÉRDIDA	% PERDIDA	% RENTABILIDAD	
Enero 2020	S/.	35,000.00	S/.	32,230.00	S/.	2,770.00	7%	93%
Febrero 2020	S/.	39,565.00	S/.	29,520.00	S/.	10,045.00	20%	80%
Marzo 2020	S/.	37,800.00	S/.	35,000.00	S/.	2,800.00	6%	94%
Abril 2020	S/.	32,352.00	S/.	26,502.00	S/.	5,850.00	14%	86%
<b>Resultados globales</b>		S/144,717.00		S/123,252.00		S/.	21,465.00	47%
<b>Utilidad neta</b>		S/123,252.00						
<b>Ventas neta</b>		S/144,717.00						
<b>Rentabilidad Global</b>		53%						
<b>Incremento de la rentabilidad</b>		42%						
<b>Rentabilidad Rentabilidad Proyectada</b>		95%						

Gastos de mantenimientos	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20				
Aceite	S/.	220.00	S/.	150.00	S/.	125.00	S/.	200.00
Filtros	S/.	70.00	S/.	70.00	S/.	65.00	S/.	60.00
Transmisión	S/.	-	S/.	320.00	S/.	-	S/.	250.00
Frenos	S/.	328.50	S/.	-	S/.	-	S/.	220.00
Diésel	S/.	120.00	S/.	100.00	S/.	125.00	S/.	55.00
Mano de obra	S/.	155.00	S/.	155.00	S/.	155.00	S/.	155.00
Total por meses	S/.	603.50	S/.	645.00	S/.	345.00	S/.	740.00
Total	S/2,333.50							

Fuente: Eurolift S.A

Según el análisis realizado en los 4 meses, se tiene una rentabilidad global del 53%, al cual se pretende incrementar al 95%, por lo tanto, para cumplir esto se necesita aumentar la rentabilidad un 42%, con lo que respecta a la rentabilidad actual se puede observar en la tabla 21, que decayendo un promedio de 12% mensual, teniendo una pérdida de 47%.

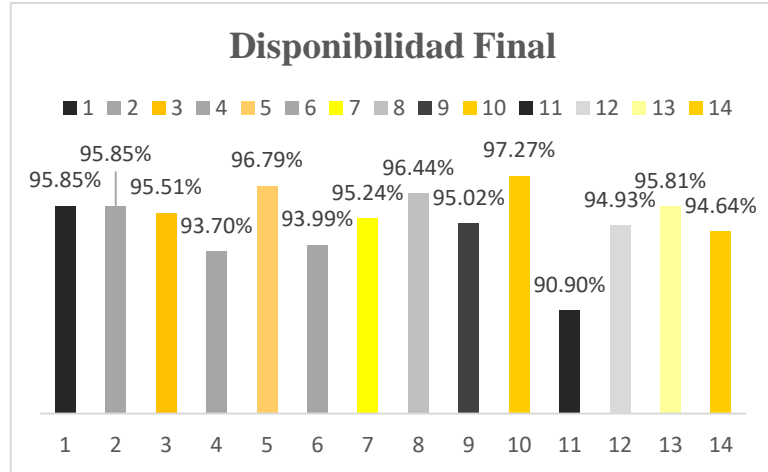
### Situación Final

Para diagnosticar la situación final en el que se encuentran los sistemas de montacargas después de haber aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo se realizó por segunda vez la evaluación de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. De tal forma que se utilizó una tabla con criterios específicos que muestran puntajes y porcentajes finales.

**Tabla 22** Disponibilidad final de los montacargas de Eurolift S.A

EQUIPO	Disponibilidad Julio 2020	Disponibilidad Agosto 2020	Disponibilidad Setiembre 2020	Disponibilidad Octubre 2020	Disponibilidad promedio
Montacargas de combustión 1	96.69%	97.97%	96.23%	96.52%	95.85%
Montacargas de combustión 2	94.36%	96.66%	98.20%	94.20%	95.85%
Montacargas de combustión 3	95.91%	91.87%	95.75%	98.52%	95.51%
Montacargas de combustión 4	96.64%	98.10%	97.66%	91.50%	93.70%
Montacargas de combustión 5	98.22%	96.05%	97.02%	95.86%	96.79%
Montacargas de combustión 6	93.87%	98.00%	96.50%	94.39%	93.99%
Montacargas de combustión 7	94.99%	95.92%	93.63%	96.50%	95.24%
Montacargas de combustión 8	98.11%	94.84%	96.18%	96.62%	96.44%
Montacargas de combustión 9	95.79%	96.77%	94.30%	98.27%	95.02%
Montacargas de combustión 10	97.49%	98.03%	98.70%	97.04%	97.27%
Montacargas de combustión 11	93.86%	91.62%	93.83%	93%	90.90%
Montacargas de combustión 12	91.62%	96.73%	95.30%	96.09%	94.93%
Montacargas de combustión 13	95.92%	94.33%	96.62%	97.14%	95.81%
Montacargas de combustión 14	98.56%	96.72%	88.55%	94.71%	94.64%
					95.15%

Fuente: Elaboración propia

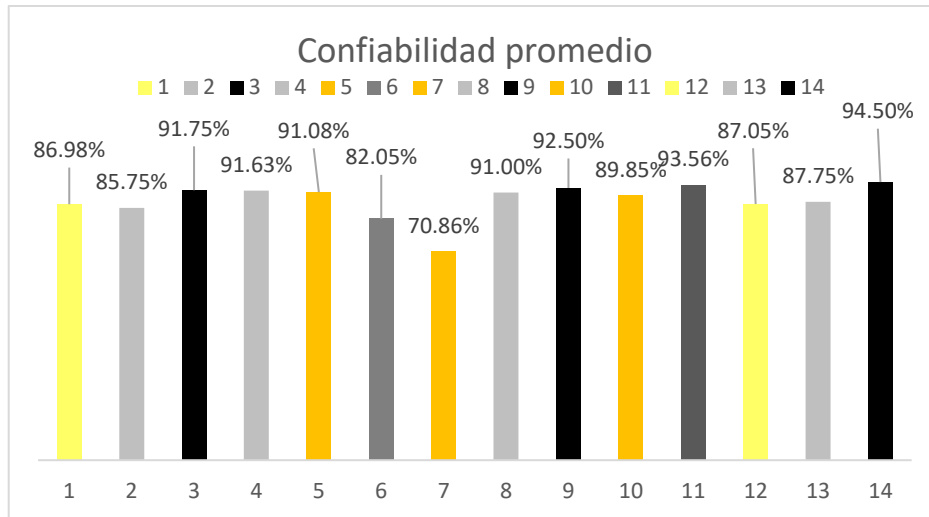


**Figura 31** Disponibilidad final de los montacargas de Eurolift S.A

**Tabla 23** *Confiabilidad Final de montacargas de Eurolift S.A*

<b>EQUIPO</b>	<b>Confiabilidad Enero 2020</b>	<b>Confiabilidad Febrero 2020</b>	<b>Confiabilidad Marzo 2020</b>	<b>Confiabilidad Abril 2020</b>	<b>Confiabilidad promedio</b>
Montacargas de combustión 1	82.00%	90.20%	85.20%	90.50%	86.98%
Montacargas de combustión 2	95.00%	80.00%	89.00%	79.00%	85.75%
Montacargas de combustión 3	98.00%	95.00%	94.00%	80.00%	91.75%
Montacargas de combustión 4	89.30%	90.20%	91.00%	96.00%	91.63%
Montacargas de combustión 5	92.00%	98.00%	85.30%	89.00%	91.08%
Montacargas de combustión 6	88.00%	79.20%	80.00%	81.00%	82.05%
Montacargas de combustión 7	75.50%	76.20%	71.22%	60.52%	70.86%
Montacargas de combustión 8	90.00%	90.00%	95.00%	89.00%	91.00%
Montacargas de combustión 9	95.00%	96.00%	89.00%	90.00%	92.50%
Montacargas de combustión 10	95.00%	93.20%	91.20%	80.00%	89.85%
Montacargas de combustión 11	92.00%	93.50%	92.52%	96%	93.56%
Montacargas de combustión 12	98.00%	80.00%	81.00%	89.20%	87.05%
Montacargas de combustión 13	95.00%	90.00%	87.00%	79.00%	87.75%
Montacargas de combustión 14	95.00%	90.00%	98.00%	95.00%	94.50%
					<b>88.31%</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 32** Confiabilidad final de los montacargas de Eurolift S.A

Como se observa en la tabla 22, se obtuvo una disponibilidad con un promedio de 95.15% que demostró que el plan elaborado ayudó a incrementar la disponibilidad de los equipos y por ende disminuyó la tasa de fallos, lo que significó una mejora en la confiabilidad de los montacargas, aumentando a 88.31%, en la tabla 24 se observa los porcentajes de una disponibilidad final superior a la inicial, a causa de que de la implementación de la metodología.

Al generalizarse los datos se pudo verificar un cambio significativo en los montacargas analizados, debido a que se comprobó que la empresa se encontraba en un 68.86% de disponibilidad, pero luego de aplicar el Plan de Mantenimiento obtuvo una disponibilidad de 95.15%, resultando un incremento valioso para la compañía.

**Tabla 24** Impacto de Disponibilidad

Disponibilidad Inicial Total	Disponibilidad Inicial Total
69.21%	95.15%
<b>Disp. Final - Disp. Inicial</b>	
95.15% - 68.86% = 25.94%	

Fuente: Reporte de Fallas inicial y final



Teniendo como referencia la Tabla 23 la disponibilidad final de la flota de montacargas, incrementó en un 25.94%, luego de aplicar el plan de mantenimiento preventivo, esto representa una serie de beneficios para la empresa ya que mejora sus ingresos por el servicio de los equipos alquilados, disminuye paradas inesperadas por contar con actividades programadas que mejoran la ejecución las tareas de mantenimiento.

### **Situación final financiera**

#### **Costo de la implementación**

Con respecto a los costos de aplicación de las nuevas tareas de mantenimiento fueron como se detallan en la tabla 24

**Tabla 25** *Costo de la implementación del plan de mantenimiento de los montacargas de Eurolift S.A*

<b>OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>COSTO MENSUAL \$</b>
Tanque de combustible	258
Inspección periódica del motor	123
Inspección de correas y fajas	152
Inspección del arrancador	130
Inspección del alternador	130
Reajuste de pernos y tuercas	550
Realizar auto chequeos y mantener activas las baterías	130
Medir voltaje y carga de la batería	138
Limpieza de postes de la batería	420
Verificar el estado de conexiones de los componentes eléctricos	125
<b>TOTAL</b>	<b>2156</b>

Fuente: Elaboración propia

Lo mostrado en la tabla 24, es el valor global de las tareas de mantenimiento tienen un valor de \$ 2156.00 Con respecto a las herramientas y mano de obra en la tabla 25 se detallan.

**Tabla 26** Costo de plan preventivo

<b>Costo de plan preventivo</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Mano de obra	S/ 1,800.00
Herramienta	S/.1,812.00
<b>Total de inversión</b>	<b>S/ 3,612.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede verificar en la tabla 25, se tiene un monto total de S/ 3,612.00, más los insumos anteriormente expuesto, da el monto total S/ 11,589.2, necesario para aplicar el plan de mantenimiento preventivo de la flota de montacargas de la empresa Eurolift S.A, el cual se incluirá en la situación financiera de la empresa.

**Tipo de cambio:** S/. 3.70

#### **Evaluación financiera Final**

Una vez aplicado el plan de mantenimiento preventivo de montacargas en la organización Eurolift S.A, se comienza hacer el análisis financiero con la finalidad de saber si existe un aumento.

**Tabla 27** Análisis financiero final de la empresa Eurolift S.A

MES	FACTURACIÓN PROYECTADA	FACTURACIÓN EJECUTADA	PÉRDIDA	% PERDIDA	% RENTABILIDAD
Julio de 2020	S/. 45,678.00	S/. 44,900.00	S/. 778.00	2%	98%
Agosto de 2020	S/. 46,900.00	S/. 46,000.00	S/. 900.00	2%	98%
Septiembre de 2020	S/. 44,690.00	S/. 44,690.00	S/. -	0%	100%
Octubre de 2020	S/. 43,670.00	S/. 43,670.00	S/. -	0%	100%
<b>Resultados globales</b>	S/ 180,938.00	S/. 179,260.00	S/. 1,678.00	4%	

**Utilidad neta** S/. 179,260.00

**Ventas neta** S/ 180,938.00

**Rentabilidad Global** 96%

<b>Gastos de Mantenimientos</b>	<b>Ene-20</b>	<b>Feb-20</b>	<b>Mar-20</b>	<b>Abr-20</b>
Aceite	S/ 220.00	S/ -	S/ -	S/ 200.00
Filtros	S/ -	S/ 70.00	S/ 65.00	S/ -
Transmisión	S/ -	S/ 320.00	S/ -	S/ 250.00
Frenos	S/ 248.50	S/ -	S/ -	S/ 220.00
Diésel	S/ 120.00	S/ 100.00	S/ 125.00	S/ 55.00
Herramientas	S/ 453.00	S/ 453.00	S/ 453.00	S/ 453.00
Mano de obra	S/ 450.00	S/ 450.00	S/ 450.00	S/ 450.00
Total por meses	S/ 1,271.50	S/ 1,393.00	S/ 1,093.00	S/ 1,428.00
Total	S/5,185.50			

**Fuente:** Elaboración propia

Según el análisis de los dos primeros meses se tiene una rentabilidad de 98%, y se espera que los próximos meses la rentabilidad aumente a 100%. Con respecto, a las pérdidas se espera que se mantenga en un rango de 4- 10%, durante los cuatros meses restante del año.

**Comparación de la rentabilidad de la empresa antes y después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo.**

**Tabla 28** *Antes y después de la rentabilidad de Eurolift S.A*

RESULTADO	FACTURACIÓN PROYECTADA	FACTURACIÓN EJECUTADA	UTILIDAD NETA	PERDIDA	% PERDIDA	% RENTABILIDAD
<b>ANTES DE APLICAR EL RCM</b>	S/144,717.00	S/123,252.00	S/123,252.00	S/. 21,465.00	47%	53%
<b>DESPUES DE APLICAR EL RCM</b>	S/180,938.00	S/179,260.00	S/179,260.00	S/1,678.00	4%	96%

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia en a tabla 28, que la rentabilidad aumento más de lo esperado inicialmente en un 43%, generando un total de ganancia S/. S/56,008.00, en cuatro meses a la empresa Eurolift S.A.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

Objetivo 1: Se diagnosticó que la disponibilidad inicial de la flota de montacargas de Eurolift es de 62.21% con una confiabilidad en los equipos en promedio de 31.38%, quedando mucho más abajo de los estándares esperados por los clientes, para el óptimo funcionamiento de las máquinas.

Objetivo 2: Con el equipo de trabajo seleccionado se realizó una evaluación para escoger cuál de las dos metodologías planteadas (TPM Y RCM) era las más idónea para solventar la baja disponibilidad de los montacargas, llegando a la conclusión que la metodología seleccionada es la de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Objetivo 3: Con la aplicación de la metodología RCM, se mejoró la disponibilidad de los montacargas un 95.15%, superando el estándar esperado de 95%, y con equipos más confiable en un 88.31%, gracias a que se aplicó de manera exitosa el plan de mantenimiento preventivo, conllevando con ello la disminución de las fallas en los equipos

Objetivo 4: Con respecto a la evaluación financiera se mejoró la rentabilidad de 53% a 96%, el cual significa que se mejoró la situación económica de la empresa en un 43%, generando significativas ganancias a Eurolift en cuatro meses de S/. 16,008.00.

Por último, se logró el objetivo general de incrementar la disponibilidad de los montacargas de 68.86% a 95.15%, significando un incremento total en la disponibilidad de 25.94%

## RECOMENDACIONES

Luego de verificar los resultados de la línea piloto, se recomienda mantener los procedimientos de mantenimiento para evitar reducir la disponibilidad de los montacargas y evitar el pago de multas, a fin de poder cumplir con los nuevos requisitos de arrendamiento y minimizar los costos adicionales por asistencia mecánica.

Se recomienda ejecutar las tareas en el plan de mantenimiento y luego ampliar los métodos de mantenimiento de otros sistemas menos importantes. incluso en esta etapa, debe considerar cambiar fundamentalmente el realizar procedimientos de mantenimiento y sistemas de control.

Dar seguimiento y capacitar al equipo de mantenimiento con el fin de mejorar sus conocimientos y poder realizar nuevas actividades propuesta como resultado de la matriz RCM.

## REFERENCIAS

- Alvarez, I. (Mayo de 2017). *Implementación de la metodología RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de cuenca*. Obtenido de Universidad Politecnica Salesiana : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14200/1/UPS-CT006981.pdf>
- Campos, o., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2018). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(01). Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html>
- Carranza, C., & Rosales, Y. (2018). “*APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE FLOTA DE MONTACARGAS EN LA EMPRESA GRÚAS LUGUENSI S.A.C - CHIMBOTE, 2018*”. Obtenido de Universidad Cesar Vallejo: [file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Carranza\\_SCDP-Rosales\\_LYA%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Carranza_SCDP-Rosales_LYA%20(1).pdf)
- Castillo, a. (abril de 2017). *PROPUESTA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE LAS UNIDADES DE BOMBEO HORIZONTAL MULTIETAPAS DEL SISTEMA POWER OIL DE LA ESTACIÓN ATACAPI DEL B57-LI DE PETROAMAZONAS EP*. Obtenido de ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6300/1/20T00831.pdf>
- Espinoza, C. (2014). *Metodología de la investigación tecnologica pensando en sistema* . Huancayo : Universidad Nacional del centro de Peru.
- Garcia, S. (2014). *Mantenimiento Centrado en la confiabilidad*. Madrid: Renovetec.
- Gonzalez, J. (2014 de Octubre de 2016). *Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la linea de produccción de la empresa latercer S,A,C*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO: <https://core.ac.uk/download/pdf/94867568.pdf>
- LA NORMA SAE JA 1011*. (1999). Obtenido de <http://rcm3.org/la-norma-sae-ja-1011>
- Lopez, P., & Facheli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa* . Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

- Madariaga, R. (2015). *Técnicas de investigación documental*. Obtenido de Universidad autonoma nacional autonoma de nicaragua : <https://repositorio.unan.edu.ni/12168/1/100795.pdf>
- Montalvan , E., Arenas, E., Talavera, M., & Magaña, R. (2015). Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial). *Revista aplicaciones de la ingeniería*, 2(5), 230-240. Obtenido de [https://ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones\\_de\\_la\\_Ingenieria/vol2num5/Revista%20Aplicaciones%20de%20la%20Ingenieria%20V2%20N5\\_2.pdf](https://ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol2num5/Revista%20Aplicaciones%20de%20la%20Ingenieria%20V2%20N5_2.pdf)
- Portal , E. (2016). *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO tpm*. Obtenido de Universidad Privada del norte : <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/9892/Portal%20Arribasplata%20Edwin%2c%20Salazar%20Alza%20Pablo%20C%2c%20a9sar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quezada, M. (2015). *PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUA POTABLE*. Obtenido de Universidad Estatal de Milagro: <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/2516/1/PLAN%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACI%20N%20DEL%20MANTENIMIENTO%20CENTRADO%20EN%20LA%20CONFIABILIDAD%20EN%20PLANTAS.pdf>
- Ramon, G. (2015). *APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DE RCM PARA EL INCREMENTO DE DISPONIBILIDAD DE CHANCADORA HP- 500 EN LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN-CHUNGAR*. Obtenido de Universidad Nacional del centro del peru : <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3629/Ramon%20Reynoso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salinas, M. (Mayo de 2018). *Selección del tipo de mantenimiento a aplicar en la UEB SERVISA de Trinidad*. Obtenido de universidad central Marta de Abreu de las villas : <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10235/Salina%20Mart%20C3%20ADnez%20Mario%20Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=n>
- Vega, L. (2018). *Implementación de la metodología RCM para aumentar la disponibilidad mecánica del volquete volvo FM13 64R en la Empresa Vickers Ingenieros EIRL*.



Obtenido de Universidad Nacional del Centro del Perú:  
file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/RCM%203.pdf

Zambrano, E., Prieto, A. T., & Castillo, R. (2015). Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas. *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 17(3), 495-511. Obtenido de file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Dialnet-IndicadoresDeGestionDeMantenimientoEnLasInstitucio-5655378.pdf

## ANEXOS

### ANEXO n.º 1. Reunión de explicación de la metodología a Técnicos



