

MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD RCM PARA
LOS ASCENSORES DE CARGA DE LA EMPRESA FALABELLA DE COLOMBIA

FREDDY ALEXANDER CAMACHO VIVAS

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

2018

MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD RCM PARA
LOS ASCENSORES DE CARGA DE LA EMPRESA FALABELLA DE COLOMBIA

FREDDY ALEXANDER CAMACHO VIVAS

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

DIRECTOR
NATHALY BERNAL VALENCIA
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE SERVICIOS

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

2018

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. CONTEXTUALIZACION.....	16
1.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA	16
1.2. VISIÓN.....	17
1.3. MISIÓN.....	17
1.4. VALORES.....	17
1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.6. OBJETIVOS	19
1.6.1. Objetivo General	19
1.6.2. Objetivos Específicos	20
1.7. JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	20
2. MARCO TEORICO.....	22
2.1. DEFINICION DE MANTENIMIENTO.	22
2.2. OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO.	23
2.3. FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.	23
2.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO.	24
2.4.1. Mantenimiento Preventivo.....	24
2.4.2. Mantenimiento Correctivo.....	25

2.4.3. Mantenimiento Predictivo..	25
2.4.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM).	25
2.4.5. Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad RCM..	26
2.5. MARCO CONCEPTUAL.....	26
2.5.1. Historia del RCM	27
2.5.2. Evolución del RCM.....	28
2.5.3. RCM Las siete preguntas básicas.....	31
2.6. SISTEMAS DE TRANSPORTE VERTICAL.....	35
2.6.1. Ascensor electromecánico..	35
2.6.2. La Instalación del Ascensor.....	36
2.6.2.1. Componentes.....	36
3. ANALISIS DESDE LA METODOLOGIA RCM.....	39
3.1. TAXONOMIA.....	39
3.2. ANALISIS DE CRITICIDAD.....	39
3.2.1. Método de factores ponderados.....	40
3.3. SISTEMA MOTRIZ.....	43
3.3.1. Entradas.....	43
3.3.2. Salidas.....	43
3.3.3. Componentes.....	43
3.3.3.1. Motor.....	44

3.3.3.2. Freno mecánico.....	44
3.3.3.3. Reductor.....	45
3.3.3.4. Polea de tracción.....	48
3.3.3.5. Bancada.....	48
3.3.3.6. Sistema de nivelación.....	49
3.3.4. Definición de funciones del sistema motriz.....	49
3.4. SISTEMA ELECTRICO.....	56
3.4.1. Entradas.....	56
3.4.2. Salidas.....	57
3.4.3. Elementos.. ..	58
3.4.4. Definición de funciones para el sistema eléctrico.....	59
3.5. SISTEMA DE GUIAS.....	63
3.5.1. Entradas.....	63
3.5.2. Salidas.....	63
3.5.3. Componentes.....	64
3.5.3.1. Guías.....	64
3.5.3.2. Anclaje de guías.....	65
3.5.3.3. Aceiteras de lubricación.. ..	66
3.5.4. Definición de funciones del sistema de guías.....	66
3.6. SISTEMA DE SEGURIDAD.....	69
3.6.1. Entradas.....	69

3.6.2. Salidas.	70
3.6.3. Componentes.	70
3.6.3.1. Freno paracaídas.	70
3.6.3.2. Sensores de puerta.	71
3.6.3.3. Enclavamiento mecánico.....	72
3.6.3.4. Limitador de velocidad.....	73
3.6.3.5. Amortiguador.....	74
3.6.4. Definición de funciones del sistema de seguridad.....	75
3.7. SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	79
3.7.1. Entradas.....	79
3.7.2. Salidas.....	79
3.7.3. Componentes.	79
3.7.4. Cables.	79
3.7.4.1. Contrapeso.....	80
3.7.5. Definición de funciones del sistema de suspensión.	81
4. MODELO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO SEGÚN LA METODOLOGIA RCM	83
4.1. SISTEMA MOTRIZ.....	86
4.1.1. Tabla hoja de decisión sistema motriz.....	86
4.2. SISTEMA ELÉCTRICO.....	88
4.2.1. Tabla hoja de decisión sistema eléctrico	88

4.3. SISTEMA DE GUÍAS.....	89
4.3.1. Tabla hoja de decisión sistema de guías.....	89
4.4. SISTEMA DE SEGURIDAD.....	90
4.4.1. Tabla hoja de decisión sistema de seguridad.....	90
4.5. SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	92
4.5.1. Tabla hoja de decisión sistema de suspensión	92
5. CONCLUSIONES.....	93
BIBLIOGRAFÍA	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Acciones del mantenimiento tradiciones y acciones con RCM II	29
Tabla 2. Evaluación de criticidad.....	42
Tabla 3. Criticidad ascensor.....	42
Tabla 4. Fallas funcionales sistema motriz	51
Tabla 5. Fallas funcionales sistema eléctrico	60
Tabla 6. Fallas funcionales sistema de guías.....	67
Tabla 7. Fallas funcionales sistema de seguridad.....	76
Tabla 8. Fallas funcionales sistema de suspensión	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización Tienda Falabella.....	19
Figura 2. Modos de Falla	30
Figura 3. Clasificación del RCM.....	31
Figura 4. Instalación típica de un ascensor.....	38
Figura 5. Subsistemas del Ascensor.....	39
Figura 6. Escala de rangos	41
Ilustración 7. Matriz de criticidad.....	42
Figura 8. Sistema motriz	43
Figura 9. Motor sistema motriz.....	44
Figura 10. Freno mecanico	44
Figura 11. Corona reductor	45
Figura 12. Ficha técnica aceite reductor	45
Figura 13. Polea tractora.....	48
Figura 14. Bancada sistema motriz.....	48
Figura 15. Sensor MR, montado en cabina.....	49
Figura 16. Banderola de parada.....	49
Figura 17. Tablero eléctrico principal	57
Figura 18. Tablero de control	58

Figura 19. Guía del ascensor	64
Figura 20. Dimensiones de la guías	65
Figura 21. Anclaje de guía	66
Figura 22. Aceitera de lubricación.....	66
Figura 23. Timonería paracaídas	70
Figura 24. Esquema paracaídas	71
Figura 25. Sensor de puerta.....	71
Figura 26. Enclavamiento mecánico	72
Figura 27. Limitador de velocidad	73
Figura 28. Esquema limitador de velocidad	74
Figura 29. Amortiguadores en foso	74
Figura 30. Cables de suspensión.....	80
Figura 31. Contrapeso	81
Figura 32. Algoritmo de decisiones RCM.....	83
Figura 33- hoja de decisión.....	84
Figura 34. Tareas proactivas.....	85
Figura 35. Tareas a falta de	85

RESUMEN

TITULO: MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD RCM PARA LOS ASCENSORES DE CARGA DE LA EMPRESA FALABELLA DE COLOMBIA. *

AUTOR: FREDDY ALEXANDER CAMACHO VIVAS**

PALABRAS CLAVES: ASCENSOR, RCM, TRANSPORTE VERTICAL, MANTENIMIENTO, MODO DE FALLA.

DESCRIPCION O CONTENIDO:

El presente trabajo tiene como objetivo formular una propuesta de mantenimiento para los ascensores de carga de la empresa Falabella, debido al impacto que la indisponibilidad de estos equipos generando el flujo de mercancías entre los diversos niveles de la tienda.

El área de mantenimiento como aliado estratégico, de la organización, y responsable de disponibilidad de los activos, ve afectada su operación ya que las tareas preventivas no están teniendo el impacto deseado y la recurrencia de los fallos cada vez es más constante, debido a esto se genera la necesidad de establecer nuevas metodologías de mantenimiento enfocadas en garantizar la confiabilidad, debido a esto surge la necesidad de plantear y desarrollar una estrategia basada en (RCM) mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Primero se establecerá los sistemas y subsistemas que conforman el equipo se realizó un análisis de criticidad a cada uno de los subsistemas, para luego seguir con el paso fundamental que es el análisis de los modos y efectos de falla, obteniendo así un conocimiento más integral del equipo y poder decidir cuáles son las tareas de mantenimiento que impactaran en la confiabilidad del equipo, garantizando que el equipo cumpla con su función.

*Monografía

** Facultad de ingenierías físico mecánicas. Especialización en gerencia de mantenimiento. Director Nathaly Bernal.

ABSTRACT

TITLE: MAINTENANCE MODEL BASED ON RCM RELIABILITY FOR THE LOADING ELEVATORS OF THE FALABELLA COMPANY OF COLOMBIA. *

AUTHOR: FREDDY ALEXANDER CAMACHO VIVAS **

KEYWORDS: ELEVATOR, RCM, VERTICAL TRANSPORT, MAINTENANCE, FAILURE MODE.

DESCRIPTION

The present work has as objective the form a proposal of maintenance for the elevators of load of the company Falabella, due to the impact that the unavailability of these equipment generates the flow of merchandise between the diverse levels of the store.

The maintenance area as a strategic ally of the organization, and the responsibility for the availability of the assets, we have carried out the operation and the preventive tasks are not having the desired impact and the recurrence of the failures is becoming more constant, due to This generates the need to establish new maintenance methodologies, as well as the maintenance of trust.

First, the systems and subsystems that make up the equipment will be established, which will carry out an analysis of the criticism of each of the subsystems, and then continue with the fundamental step that the analysis of the modes and effects of the failure, thus obtaining knowledge more integral of the integral Team and be able to decide what we have to do

*Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director Nathaly Bernal.

INTRODUCCIÓN

La industria del retail, y la oferta de productos variados y al detal ha llevado a este tipo de empresas, a tener grandes superficies para la exhibición de su mercancía la mayoría de las veces en infraestructuras de varios para los cual se hace indispensable, contar con equipos de transporte vertical, en este caso ascensores de carga, para garantizar el flujo de mercaderías a través de los diferentes niveles, aumentado así la disponibilidad de estos productos en los puntos de venta, para garantizar esto el departamento de mantenimiento debe enfocar todos sus esfuerzos en garantizar una alta disponibilidad de estos equipos para no impactar en el contexto operacional de la organización. Esto conlleva a que sus estrategias y metodologías de mantenimiento tengan el impacto deseado, actualmente no se cuenta con un modelo de mantenimiento para esto tipo de equipos que no solo este basado en inspecciones periódicas.

Con este proyecto se busca desarrollar puntualmente la metodología RCM, analizando el equipo desde sus funciones principales y secundarias, los modos de falla y los efectos que están tienen, desde el contexto operacional, la seguridad y el medio ambiente, y así poder identificar las fallas potenciales e intervenirlas por medio de tareas y recursos enfocadas, encaminadas a reducir los costos de la gestión de mantenimiento de estos equipos, es importante resaltar que este estudio será realizado en la tienda Falabella Colina , la cual cuenta con menos de dos años de antigüedad por lo cual no se cuenta con una data de fallas y registros operacionales de mantenimiento.

1. CONTEXTUALIZACION

1.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Falabella es una de las compañías más grandes y consolidadas de América Latina. Desarrolla su actividad comercial a través de varias áreas de negocio, siendo las principales, la tienda por departamentos, grandes superficies, mejoramiento y construcción del hogar, compañía de financiamiento comercial CMR, banco, viajes y seguros Falabella.

La tienda por departamentos es hoy por hoy, la más importante de Sudamérica con más de 65.000 colaboradores con presencia en Chile, Argentina, Perú y Colombia.

Su origen se remonta a 1889, cuando Salvatore Falabella abre la primera gran sastrería en Chile. Posteriormente, con la vinculación de Alberto Solari, la tienda se fortalece aún más al introducir nuevos productos relacionados con el vestuario y el hogar, transformándose así en una tienda por departamentos y ampliando su cobertura con nuevos puntos de venta.

En la década de los 60, Falabella inicia su etapa de expansión tanto en Santiago de Chile como en otras regiones del país austral. Veinte años después y con el objetivo de satisfacer la creciente demanda de sus clientes por un sistema de pago más cómodo y flexible, la compañía incursiona en una nueva unidad de negocio, lanzando su propia tarjeta de crédito, CMR Falabella, la cual cuenta con 5.5 millones de tarjeta habientes en América Latina. En la década de los 90, Falabella inicia su proceso de internacionalización, extendiendo su operación en Argentina y posteriormente en Perú. Así mismo, continúa ampliando su portafolio de servicios con la creación de Viajes y Seguros Falabella.

En el 2003 el grupo se fusiona con Sodimac S.A. lo que le permitió, años más tarde entrar a mercados tan importantes como el Colombiano. Por más de 100 años, Falabella ha ofrecido productos de primera categoría ayudando a satisfacer las necesidades de sus clientes. Su compromiso de crecimiento a largo plazo ha estado acompañado de importantes inversiones en las áreas de distribución, sistemas de información, y en la creación de nuevos negocios y servicios complementarios.

1.2. VISIÓN

Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de nuestros clientes en cada una de las comunidades en las que nos desarrollemos. •

1.3. MISIÓN

Generar una oferta innovadora de productos y servicios de buena calidad, a precios convenientes y con soluciones a la medida de cada mercado, para las personas y el hogar, a lo largo de su ciclo de vida, siendo líderes y con un desarrollo sostenible.

1.4. VALORES

- **Honestidad**

La sinceridad y la verdad serán un sello distintivo en todas nuestras relaciones.

- **Vocación de Servicio**

Daremos el mejor servicio a nuestros clientes y superaremos sus expectativas.

- **Iniciativa**

Aportamos con ideas propias.

- **Compromiso**

Sentimos como propio lo que sucede en nuestra empresa.

- **Trabajo en Equipo**

Los resultados superiores son frutos de un esfuerzo mancomunado.

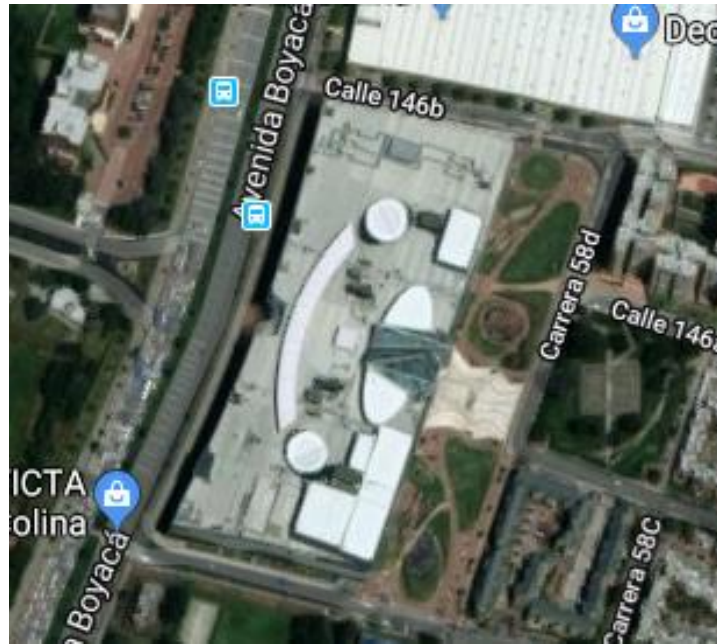
- **Respeto**

Mantenemos una actitud permanente de respeto por nuestros colegas, colaboradores, clientes y proveedores.

1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la empresa Falabella de Colombia S.A, es un negocio de tiendas por departamento con diferentes tiendas distribuidas en puntos estratégicos de la ciudad una de sus tiendas principales se encuentra en la ciudad de Bogotá, en el centro comercial Parque La Colina.

Figura 1. Localización Tienda Falabella



Falabella tiene la visión de ser más competitivo en el mercado y ser una compañía líder multilatina y multinacional, para esto debe garantizar la disponibilidad y variedad de productos con excelentes estándares de calidad, en sus tiendas y garantizar la experiencia de compra de sus clientes al interior de las instalaciones.

El departamento de mantenimiento como aliado estratégico de la compañía impacta de una manera importante en el cumplimiento de esta visión ya que debe aumentar la confiabilidad de sus equipos, y la infraestructura del retail para que la disponibilidad del proceso esté por encima del 90%.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

Formular un modelo de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM, para los ascensores de carga de la empresa Falabella de Colombia.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Identificar los sistemas que componen los ascensores de carga de la tienda Falabella Colina, a los cuales se les va aplicar la metodología RCM.
- Realizar un análisis de criticidad de los sistemas que conforman el equipo.
- Definir las funciones principales y secundarias en cada uno de los subsistemas definidos.
- Realizar los respectivos análisis de modo de falla y efectos para cada uno de los subsistemas definidos.
- Desarrollar la hoja de decisión del método RCM para definir las diferentes tareas para preservar la funcionalidad de los diferentes subsistemas y aumentar su confiabilidad operacional.

1.7. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La disminución de costos asociados a la gestión de mantenimiento de los equipos y el aumento de la confiabilidad operacional de los equipos, es el principal objetivo para el establecimiento de estrategias que aumenten los indicadores de confiabilidad, garantizando la continua operación de los equipos de transporte vertical, para que así de esta manera se garantice el flujo de la mercancía disponible para la venta en los diferentes niveles de los puntos de venta, optimizando la operación, aumentando la productividad, la oferta de productos a los clientes está ligada a la gestión realizada por el departamento de abastecimiento en el cual una de sus herramientas fundamentales en el transporte de mercancías son los ascensores de carga para realizar una distribución eficiente de los productos y así de esta manera dichos productos estén disponibles para los clientes.

El presente trabajo tiene como objetivo formular un modelo de mantenimiento que garantice la reducción de los tiempos de indisponibilidad de los ascensores de carga, y que permita establecer las estrategias proactivas que permitan actuar preventivamente antes de las posibles fallas que puedan presentarse en estos equipos, y así de esta manera llevar el modelo actual de mantenimiento a niveles de excelencia.

2. MARCO TEORICO

2.1. DEFINICION DE MANTENIMIENTO.

El mantenimiento es una serie de actividades que se realizan para preservar la condición operacional de los activos físicos, mediante actividades preventivas, correctivas o predictivas.

El concepto de mantenimiento ha evolucionado a través del tiempo debido al gran aumento de los activos y equipos con diseños más complejos, nuevas tecnologías, lo que conduce a generar nuevas técnicas, métodos y estrategias para su mantenimiento, las cuales deben ir alienadas a los objetivos de las organizaciones. La gran dinámica que tienen los mercados hoy en día, conlleva a que los productos y servicios ofrecidos por las organizaciones sean valorados por su precio, calidad e innovación, para esto es muy importante que los sistemas de producción de las organizaciones sean de una alta disponibilidad y confiabilidad, para esto el personal encargado de la gestión de mantenimiento toma un papel fundamental dentro de la organización generando valor al proceso productivo alineado con los objetivos de las organizaciones.

Los métodos de mantenimiento han evolucionado en cuatro generaciones:

- Primera generación:
Corrección momentánea o definitiva, mantenimiento de tipo correctivo.
- Segunda generación:
Planificado, mantenimiento de tipo preventivo, predictivo y modificativo.
- Tercera generación:

Integración de producción y mantenimiento, mantenimiento de tipo productivo total, centrado en la confiabilidad, combinado, orientado a resultados, clase mundial y proactivo.

- Cuarta generación:

Relacionado con el mundo, centrado en habilidades y competencias, cliente y el servicio, eliminación de defectos, gestión de activos o tero tecnológico¹.

2.2. OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO.

El objetivo principal del mantenimiento es contribuir al cumplimiento de los objetivos de la organización a la cual pertenece, para lo cual existen unos objetivos específicos los cuales son:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos físicos para el proceso productivo.
- Preservar la integridad de las instalaciones y equipos, minimizando el deterioro y las averías presentadas.
- Realizar todas estas actividades al mínimo costo y con altos estándares de calidad, seguridad y preservando el medio ambiente.

Es la combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, incluidas las acciones de supervisión, destinadas a mantener o restaurar un activo a un estado en el que pueda llevar a cabo una función requerida².

2.3. FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.

La acción del mantenimiento se da a través de unas funciones las cuales son:

¹ ORTIZ, Daniel, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Apuntes de clase, 2017

²http://www.enovalevante.es/mantenimientomontajes/2017/07/05/mantenimiento_industrial_conceptos_basicos_mantenimiento_sus_tipos_segun_iso_142242016.

- Establecer una metodología del proceso basada en actividades preventivas, correctivas e inspecciones.
- Mantenimiento de las instalaciones e infraestructura.
- Limpieza y lubricación.
- Reposición de equipo, maquinaria e instalaciones.
- Desarrollar una efectiva programación y planeación de las actividades de mantenimiento.
- Entrenar y seleccionar el personal idóneo para realizarlas actividades de mantenimiento.
- Preparar y realizar estudios de mantenimientos mejorativos o de reingeniería.
- Garantizar la confiabilidad de las instalaciones y equipos.
- Controlar el inventario de activos físicos.

2.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO.

Existen diversos tipos de mantenimiento, los cuales tienen una argumentación distinta, pero todos coinciden en lo mismo, conservar la vida útil de un equipo, se tiene

2.4.1. Mantenimiento Preventivo. Es un tipo de mantenimiento realizado de manera sistemática, y que se ejecuta a los equipos de manera programada y planificada, basada en inspecciones periódicas debidamente establecidas según el tipo de cada equipo y orientada a detectar las posibles fallas o averías que puedan afectar la condición operacional de los equipos, como tal consiste en la inspección periódica de los elementos propensos a falla, y su corrección antes de que ocurran las fallas.

Lo elementos básicos del mantenimiento preventivo son:

- Parte a inspeccionar.
- Frecuencia con que debe inspeccionarse.
- Control a las inspecciones realizadas.

2.4.2. Mantenimiento Correctivo. Es el tipo de mantenimiento realizado cuando el equipo ha fallado o no puede mantener sus condiciones de operación, se efectúa de manera inmediata hasta ser corregido, y se desatiende hasta que se vuelva a presentar una falla, el personal encargado de reportar las fallas son los operarios de los equipos, de este modo teniendo constantes paros no programados.

2.4.3. Mantenimiento Predictivo. Es el tipo de mantenimiento encaminado a encontrar las fallas antes de que ocurran, para poder detectar las fallas se utilizan diversas técnicas y métodos enfocados en el monitoreo de condición de los equipos, el estado o condición se determina por el monitoreo de variables como temperatura, presión, vibraciones. Como ventaja el mantenimiento predictivo es una técnica no invasiva y que no afecta la operación de los equipos así de esta manera cuando se detecta alguna anomalía se puede programar para inspección y corrección sin afectar los tiempos de operación del equipo.

2.4.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM). El TPM (mantenimiento productivo total) está orientado a crear un sistema que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, involucra a todos los integrantes de la organización, transformando espacios, elevando el conocimiento de los equipos, disminuyendo las averías y los tiempos de producción en vacío.

El TPM se fundamenta en 8 pilares los cuales son³:

1. Mejoras enfocadas (KAIZEN).
2. Mantenimiento autónomo.
3. Mantenimiento progresivo o planificado.

³ SANCHEZ PEREZ, Diego Alejandro, LOZADA ARIAS, July Andrea. Estructuración del mantenimiento productivo total (tpm) como herramienta de mejoramiento continuo en la línea de inyección de aluminio fábrica de motores y ventiladores siemens s.a, Bogotá d.c., 104, Proyecto de Grado Para Optar al Título de Ingeniero de Producción, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica de Ingeniería de Producción.

4. Educación y formación.
5. Mantenimiento temprano.
6. Mantenimiento de calidad.
7. Mantenimiento en áreas administrativas.
8. Gestión de seguridad, salud y medio ambiente.

2.4.5. Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad RCM. Es un método organizado y lógico para construir o modificar un plan de mantenimiento conservando un óptimo costo⁴.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) es un método para establecer el plan de mantenimiento el cual permitirá alcanzar en forma eficiente y efectiva los requerimientos de seguridad y los niveles de disponibilidad de los equipos e instalaciones, y está dirigido al mejoramiento de la seguridad global, la disponibilidad y la economía de la operación⁵.

Filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento, en función de la criticidad de los Activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallas de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones⁶.

2.5. MARCO CONCEPTUAL.

⁴ ORTIZ PLATA, Daniel, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Apuntes de clase, 2017

⁵ IEC 603000.

⁶ Anthony R. Smith, 1993, 49.

2.5.1. Historia del RCM⁷. Al final de 1.950, la aviación comercial en el mundo estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues, lo cual sería equivalente a dos accidentes diarios actualmente. Dos tercios de los accidentes ocurridos en 1.950 eran causados por fallas en los equipos, el hecho de que una cifra tan alta de accidentes fuera provocado por fallas en los equipos implicaba que al menos inicialmente, se debía que hacerse énfasis en la seguridad de los equipos.

La concepción que se tenía era que los motores y otras partes importantes se deterioraran después de cierto tiempo, esto condujo a creer que las reparaciones periódicas impedirían que las piezas de gastaran y así prevenir fallas, por lo que en esos días el mantenimiento significaba hacer reparaciones periódicas, cuando se dieron cuenta que esta concepción era errónea, plantearon que el intervalo de tiempo entre reparaciones debía ser menor ya que el desgaste de las piezas ya había iniciado, a pesar de que recortaron este tiempo las fallas no se disminuyeron sino que al contrario presentaron un aumento.

De esta manera el RCM tiene sus inicios a principios de 1.960. El trabajo del desarrollo inicial fue realizado por la industria de Aviación Civil Norteamericana y se hizo realidad cuando las aerolíneas comprendieron que muchas de sus filosofías de mantenimiento no eran solo costosas sino también altamente peligrosas.

Esto inspiro a la industria a evaluar una serie de grupos de dirección de mantenimiento para reexaminar todo lo que ellos estaban haciendo para mantener Esto inspiro a la industria a evaluar una serie de grupos de dirección de mantenimiento para reexaminar todo lo que ellos estaban haciendo para mantener todos sus aviones funcionando. Estos grupos estaban conformados por

⁷ ARIZA RINCÓN, Albert Jair. Aplicación de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) a equipos de minería a cielo abierto tomando como piloto la flota de taladros de voladura. UIS 2008, p. 63.

representante de los fabricantes de aviones, las aerolíneas y la fuerza aérea americana.

La historia de transformación del mantenimiento en la aviación comercial ha pasado por un cumulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación la forma más segura para viajar.

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas.

A mediados de 1.970, el gobierno norteamericano quiso saber más acerca de la filosofía moderna en materia de mantenimiento de aeronaves, y solicitaron un reporte sobre este a la industria aérea. Dicho reporte fue escrito por Stanley Nowlan y Howard Heap de Unit Airlines, este informe fue titulado como REALIABILITY CENTERED MAINTENANCE (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) y publicado en 1.975, y aún hoy sigue siendo uno de los documentos más importantes en la historia del manejo de los activos físicos. El informe desarrollado por Nowlan y Heap represento un avance en la filosofía MSG– 2 y fue usado como base para el MSG-3, el cual fue difundido en 1980 como: Documento para la Planeación del Programa de Mantenimiento para Fabricantes/ Aerolíneas. El MSG-3 fue influenciado por el libro de Nowlan y Heap (1978),este ha sido revisado tres veces, la primera en 1988, de nuevo en 1993 y la tercera en el 2001, hasta el presente es usado para desarrollar programas de mantenimiento prioritarios al servicio para nuevos tipos de aeronaves incluyendo el reciente Boeing 777 y el Airbus 330/340⁸.

2.5.2. Evolución del RCM. En el transcurso del tiempo el mantenimiento ha recibido grandes aportes provenientes de análisis y estadístico y la teoría de la confiabilidad, antes de que surgiera el RCM se tenían varios conceptos acerca de la

⁸ Copias de MSG-3,2001, se encuentran en Air Transport Association, Washington, DC.

administración del mantenimiento. En la Tabla 1 se menciona como ha evolucionado al nuevo sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad⁹.

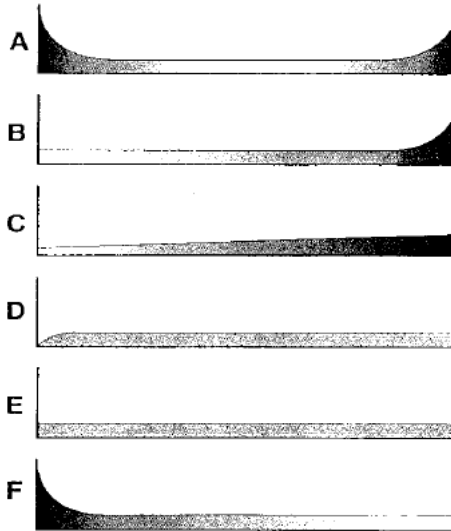
Tabla 1. Acciones del mantenimiento tradiciones y acciones con RCM II

ACCIONES MANTENIMIENTO TRADICIONAL	ACCIONES CON RCM
Mantenimiento para conservar los equipos en buen estado	Mantenimiento para conservar las funciones de los activos físicos
Mantenimiento rutinario para prevenir la falla	Mantenimiento rutinario para evitar, reducir o eliminar las consecuencias.
El objetivo del mantenimiento era optimizar la disponibilidad de la planta a un costo fijo	Su objetivo no es solo optimizar la disponibilidad de la planta, sino también en aumentar la seguridad, la integridad ambiental, la calidad de los productos y el servicio al cliente
La mayoría de los equipos tienden a fallar a medida que envejecen	Se presentan modelos de fallas de los equipos determinados por curvas de probabilidad de Falla contra vida útil.
Los tres tipos de mantenimiento convencional son: predictivo, preventivo y correctivo	Con la nueva estrategia de mantenimiento se adiciona el tipo detectivo.

También se establecen los diferentes modos de falla, como se ve en la figura 2

⁹ ARIZA RINCÓN, Albert Jair. Aplicación de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) a equipos de minería a cielo abierto tomando como piloto la flota de taladros de voladura. UIS 2008, 68 p.

Figura 2. Modos de Falla



Fuente MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004, p12.

- **Patrón A**
También se conoce como la curva de la bañera. Comienza con una alta incidencia de la falla (conocida como mortandad infantil o desgaste de funcionamiento) seguida por una frecuencia de falla que aumenta gradualmente o constante, y luego por una zona de desgaste.
- **Patrón B**
Muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste
- **Patrón C**
Muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable
- **Patrón D**

Muestra una probabilidad de falla baja cuando el componente es nuevo o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante.

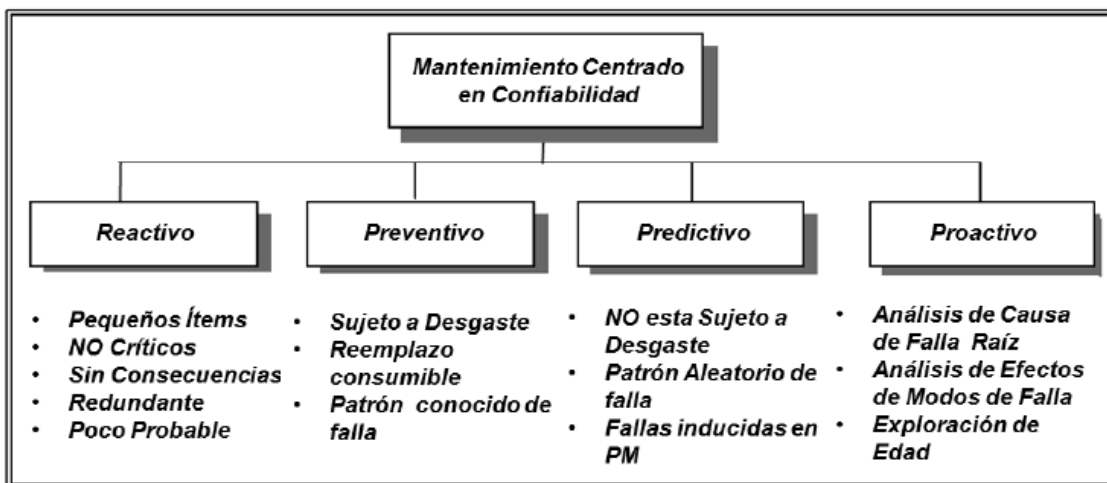
- **Patrón E**

Muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades (falla aleatoria).

- **Patrón F**

Comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de falla que aumenta despacio o que es constante¹⁰.

Figura 3. Clasificación del RCM



Fuente: NASA. Reliability Centered Maintenance Guide or Facilities and Collateral Equipment

2.5.3. RCM Las siete preguntas básicas. El RCM plantea siete preguntas básicas acerca del activo o del sistema que se quiere revisar las cuales son:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

¹⁰ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004, p12.

Las funciones son aquello que los usuarios desean que haga un activo físico, para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su condición operacional debemos hacer dos cosas:

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que hagan.
- Asegurar que es capaz de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga.

Las funciones están divididas en dos categorías:

- **Funciones primarias:** Resumen el porqué de la adquisición del activo.
- **Funciones secundarias:** La cual reconoce lo que se espera que el activo haga además de cumplir con las funciones primarias. Generalmente el usuario tiene expectativas de seguridad, confort, economía, eficiencia, diseño.

2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

En el mundo del RCM, las fallas son denominadas fallas funcionales debido a que cuando ocurre el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable¹¹.

3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

Los que de manera razonable pudieron haber causado la falla, se denominan en RCM modos de falla. Para identificar los modos de falla se incluyen aquellos hechos posibles que han ocurrido en los equipos similares o en similares contextos operacionales, fallas que están siendo prevenidas por el sistema de mantenimiento

¹¹ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad, pag.9 Mexico: Aladon, 2004.

y fallas que, aunque no hayan ocurrido se consideran altamente posibles para el contexto operacional del caso de estudio.

4. ¿Qué sucede cuando ocurre una falla?

RCM lista los efectos de las fallas, describiendo lo que ocurre cuando se presenta un modo de falla. En la descripción de los efectos de falla debería incluirse¹².

- Qué evidencia existe (si la hay) que la falla ha ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa)
- De qué manera afecta la producción o las operaciones (si las afecta).
- Qué daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla.

5. ¿En qué sentido es importante cada falla?

Los efectos de las fallas pueden ser varios, afectando de esta manera las operaciones, la calidad del producto, la seguridad, el servicio al cliente o el medio ambiente.

Todas para ser reparadas tomaran tiempo y costaran dinero.

Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas.

De esta manera clasifica las consecuencias en cuatro grupos:

- Consecuencias de fallas ocultas: Fallas que no tienen un impacto directo, pero expone a la organización a fallas con consecuencias serias y hasta catastróficas.

¹² MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad, pag 10 Mexico: Aladon, 2004.

- Consecuencias ambientales y para la seguridad: Una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause lesiones o la muerte a una persona, y tiene consecuencias para el medio ambiente si infringe alguna normativa ambiental, ya sea nacional o internacional.
- Consecuencias operacionales: Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción.
- Consecuencias no-operacionales: No afectan la producción ni la seguridad y sólo implican un directo a la reparación
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

El establecimiento de estos hechos y la determinación de las consecuencias de las fallas han llevado a las organizaciones a reacondicionar sus programas de mantenimiento dejando de lado algunas rutinas e inspecciones debido a que sus consecuencias son leves. RCM divide en tres grupos las tareas para prevenir, predecir y disminuir las consecuencias de las fallas¹³.

- Tareas a condición porque el equipo se deja operativo a condición de que continúen alcanzando los parámetros de funcionamiento adecuados.
- Las tareas a condición incluyen tareas de mantenimiento predictivo, mantenimiento basado en condición y monitoreo de condición¹⁴.
- Tareas de reacondicionamiento cíclico: Rediseñar o reparar un elemento antes que llegue a su límite de edad sin importar su condición en ese momento.
- Tareas de sustitución cíclica: Sustituir un elemento antes que llegue a su límite de edad sin importar su condición en ese momento.

¹³ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad, pag 11 Mexico: Aladon, 2004.

¹⁴Ibid., p. 12.

- Tareas a condición: Se basan en el hecho que la mayoría de las fallas dan algún indicio o advertencia de que están por ocurrir. Se llaman

7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Cuando se identifica que no existe una tarea proactiva efectiva, RCM propone realizar búsqueda de fallas, rediseño y mantenimiento a rotura. Estas tareas se llamas tareas a falta de.

2.6. SISTEMAS DE TRANSPORTE VERTICAL

Se denomina sistema de transporte vertical al desplazamiento en sentido ascendente y descendente de personas y bienes a través de las diferentes plantas de un edificio.

Los tipos de equipos o medios disponibles para realizar dicho desplazamiento son dos y complementarios: escaleras y ascensores.

2.6.1. Ascensor electromecánico. Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes niveles del edificio. La capacidad de transporte del conjunto de los ascensores de un edificio constituye un factor crucial en el éxito del funcionamiento de éste como lugar de trabajo. Deben estar siempre disponibles, ser de fácil accesibilidad y proporcionar un servicio fiable y de calidad. el conjunto de ascensores debe instalarse para proporcionar un movimiento eficiente del personal o mercancías durante la jornada laboral minimizando el tiempo perdido en los desplazamientos que se traduce en un ahorro de dinero (beneficio)¹⁵.

El ascensor se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad.

Aunque las técnicas usadas en la construcción y funcionamiento de los ascensores han alcanzado un nivel muy elevado, su desarrollo no se puede dar por finalizado,

¹⁵ FERNANDEZ VALVERDE, Joaquín Rodrigo, Optimización de sistemas de control de grupos de ascensores en transporte vertical. UNIVERSIDAD DE SEVILLA 2012. P 45.

ya que cada vez son más exigentes las prestaciones demandadas a todas las instalaciones de ascensores, tales como:

- Velocidad de marcha más alta (desde 0.2 hasta 12 m/s).
- Confort mayor de funcionamiento (viajes suaves durante todo su desarrollo).
- Nivelaciones más exactas e independientes de la carga.
- Menor tiempo de espera para cualquier situación de tráfico.
- Seguridad de uso y de funcionamiento.
- Fiabilidad de respuesta a las demandas de servicio.
- Maniobras inteligentes, flexibles y auto adaptivas que permitan optimizar el tráfico.

2.6.2. La Instalación del Ascensor. Toda instalación de un ascensor está compuesta de la siguiente manera:

El lugar o espacio destinado para el montaje de los componentes que son requeridos por toda instalación. Esta distribuido entre:

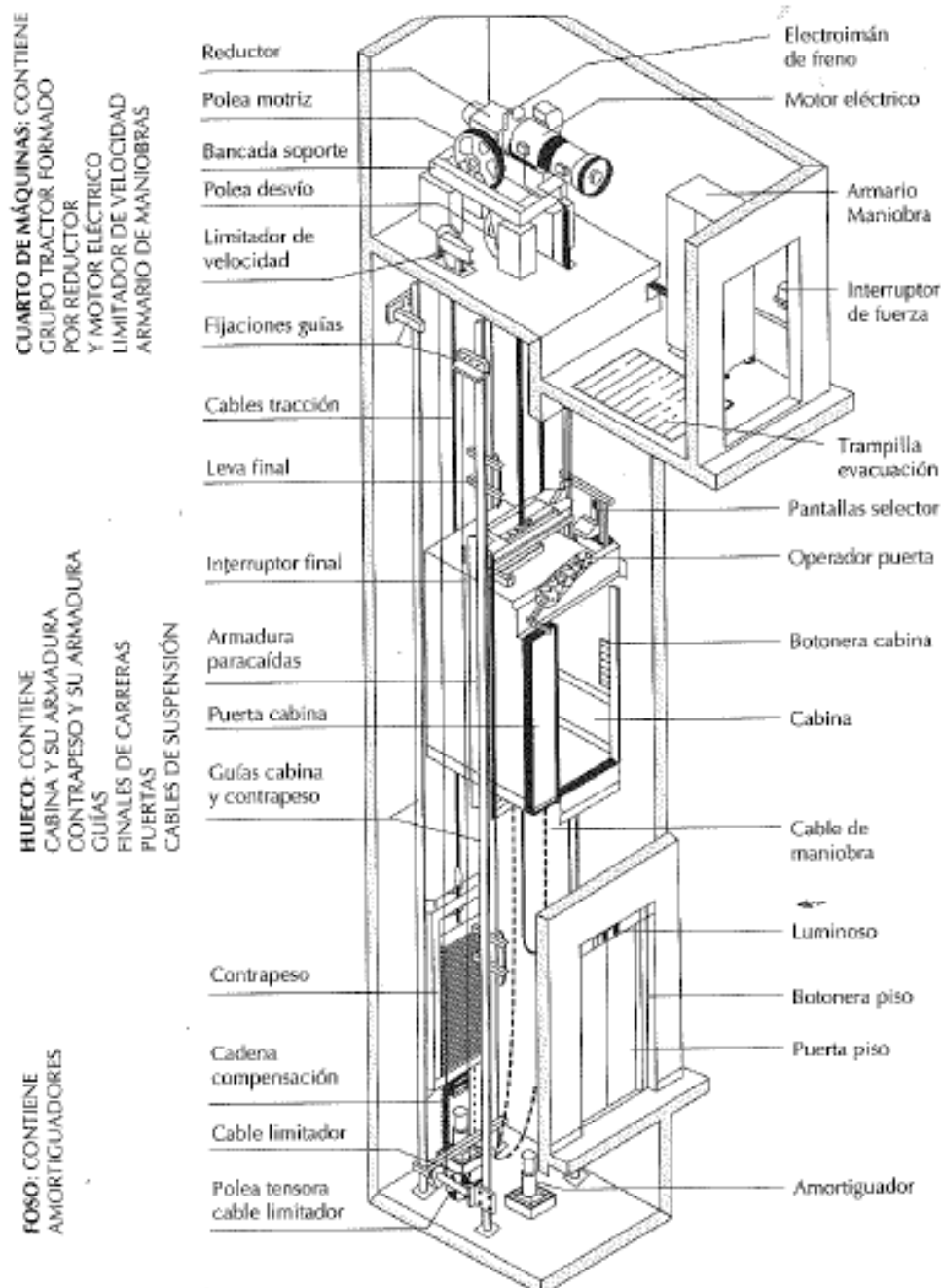
- ✓ Cuarto de máquinas (disposición MR o MRL): espacio o lugar donde se montan los componentes tales como: grupo tractor, armario de aparatos o maniobra y tablero eléctrico de protección.
- ✓ Hueco: Recinto por el que se desplaza la cabina y el contrapeso. Este materialmente delimitado por el foso, las paredes y techo.
- ✓ Foso: Zona inferior del hueco.

2.6.2.1. Componentes. El ascensor por tratarse de un dispositivo complejo, está compuesto por múltiples componentes individuales, cada uno de los cuales han evolucionado acuerdo al desarrollo de las tecnologías. Con el propósito de realizar un recorrido claro, los agruparemos según su función principal en los siguientes grupos:

- Grupo de tracción.

- Maniobra.
- Cabina.
- Suspensión.
- Dispositivos de mando y señalización.
- Componentes de seguridad.

Figura 4. Instalación típica de un ascensor



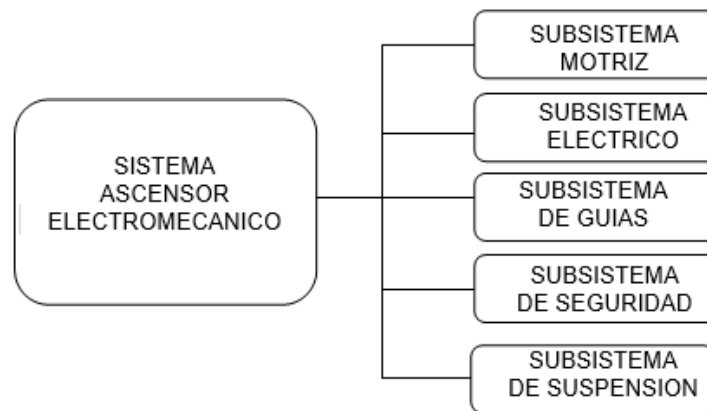
Fuente: MIRAVETE, Antonio. Elevadores principios e innovaciones. España, Reverte. 2007 p43.

3. ANALISIS DESDE LA METODOLOGIA RCM

3.1. TAXONOMIA.

Se toma como sistema al ascensor, el cual puede ser dividido en 5 subsistemas como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Subsistemas del Ascensor



3.2. ANALISIS DE CRITICIDAD.

El análisis de criticidad es una metodología utilizada para establecer jerarquías o prioridades en instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, a través de la cuantificación del impacto global del comportamiento en el negocio. Este crea una estructura que facilita la toma de decisiones y el direccionamiento del esfuerzo y recursos en cuanto a situaciones donde son más necesarias. Esta técnica es de fácil manejo y comprensión y tiene como objetivo establecer una figura cuyo valor sea proporcional al riesgo del sistema o equipo.

La finalidad del análisis de criticidad es establecer una matriz de criticidad representada por colores que denotan la intensidad del riesgo relacionada al equipo o sistema bajo estudio, esto es logrado mediante el establecimiento de rangos relativos para representar probabilidades de ocurrencia y sus consecuencias. Para ello, se deben establecer unos criterios que deben ser aprobados por los encargados del análisis de los sistemas o equipos, al igual que deben poseer las mismas valoraciones para tomar las decisiones con cierta consistencia entre los diferentes sistemas¹⁶.

3.2.1. Método de factores ponderados. Es una técnica cualitativa que a través de una escala relativa de rangos se representan las probabilidades de ocurrencia y consecuencias de falla de un equipo. Estas escalas se representan en la matriz de criticidad donde se puede destacar con mucha facilidad el riesgo que el equipo o sistema presenta (Figura 6).

¹⁶ MILOSLAVICH, Andreas Klein. Definición de fundamentos para el mantenimiento y reserva de repuestos de ascensores a través de SAP, Sartenejas, 2015, Informe de Pasantía Para Optar al Título de Ingeniero Mecánico, Universidad Simón Bolívar.

Figura 6. Escala de rangos

Frecuencia de fallas:		Costes de Manto.	
Parámetro mayor a 4 fallas/año	4	Mayor o igual a 20.000\$	2
Promedio 2 - 4 fallas/año	3	Inferior a 20.000 \$	1
Buena 1 - 2 fallas/año	2		
Excelente menores de 1 falla/año	1		
Impacto operacional		Impacto en Seguridad Ambiente Higiene	
Parada inmediata de toda la refinería	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Parada del complejo planta y tiene repercusión en otros complejos	6	Afecta el ambiente produciendo daños reversibles	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2	Provoca daños menores (Accidentes e incidentes) personal propio	2
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
Flexibilidad Operacional		No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o al ambiente	
No existe opción de producción y no existe función de repuesto	4		0
Hay opción de repuesto compartido	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: BORRAS PINILLA, Carlos, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Mantenimiento Preventivo Apuntes de clase, 2017

La matriz de criticidad se obtiene de relacionar la frecuencia de falla con la consecuencia que trae la misma, en donde visualmente se obtiene una noción del riesgo del sistema o equipo. Estos valores pueden ser obtenidos mediante operaciones matemáticas de los criterios cuantitativos establecidos para realizar el análisis.

CRITICIDAD TOTAL= Frecuencia de fallas X Consecuencia

CONSECUENCIA = ((Impacto operacional X Flexibilidad) + Costos de Mtto. + Impacto SAH)

Tabla 2. Evaluación de criticidad

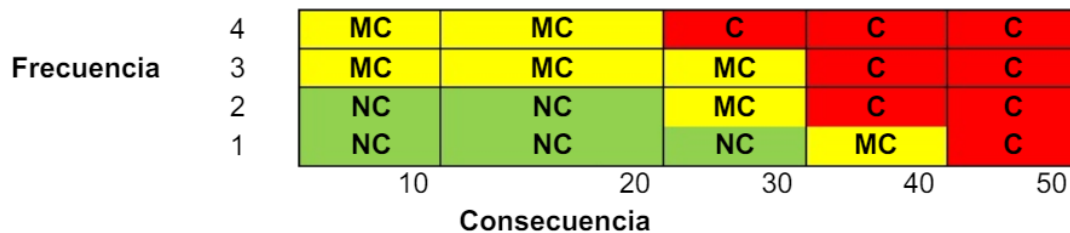
EVALUACION DE CRITICIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DEL ASCENSOR ELECTROMECHANICO DE FALABELLA								
No.	Subsistema	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Criticidad Total
1	Motriz	2	7	4	1	7	36	38
2	Electrico	4	7	1	1	3	11	15
3	De guias	1	4	4	1	5	22	23
4	De seguridad	1	7	1	1	8	16	17
5	De suspension	1	10	2	1	8	29	30

Teniendo en cuenta la matriz de criticidad que se muestra a continuación, que nos permite jerarquizar los subsistemas en tres áreas:

- Área de subsistemas No Críticos (NC).
- Área de subsistemas de Media Criticidad (MC).
- Área de sistemas Críticos (C).

Ilustración 7. Matriz de criticidad.

Matriz General de Criticidad



Así de esta manera obtenemos la criticidad de los subsistemas

Tabla 3. Criticidad ascensor

Subsistema	Frecuencia	Consecuencia	Nivel de criticidad
Motriz	2	36	C
Electrico	4	11	MC
De guias	2	22	MC
De seguridad	3	16	MC
De suspension	2	29	MC

3.3. SISTEMA MOTRIZ.

El sistema motriz es el encargado de mover la cabina del ascensor mediante el aprovechamiento de la energía eléctrica que ingresa al sistema, y la transformación de esta en energía mecánica, que se manifiesta en forma del torque generado en el reductor en cierta dirección, y con una velocidad especificada.

3.3.1. Entradas. El sistema motriz recibe como entrada, una corriente eléctrica de 380V en tres fases, con una potencia eléctrica de 18,5 KW, Y señales de control provenientes de los sensores instalados en puertas, dispositivos de seguridad y mandos de llamado dentro de la cabina y en hall de acceso de los diferentes pisos.

3.3.2. Salidas. El sistema entrega como salida, un torque de 159.17 N*M, a una velocidad de 0,5 metros por segundo, el sistema motriz consume parte de la potencia que le proporciona la red eléctrica y reserva cierta cantidad para los arranques, lo cual se define como picos de corriente.

Figura 8. Sistema motriz



3.3.3. Componentes

3.3.3.1. Motor. El primer componente del sistema motriz es un motor de corriente alterna AC asíncrono trifásico, cuya función principal es desplazar la cabina sobre las guías de manera ascendente y descendente.

Figura 9. Motor sistema motriz



3.3.3.2. Freno mecánico. Este elemento está conformado mediante un mecanismo de freno electromecánico, el cual acciona eléctricamente a los electroimanes, los cuales va produciendo el frenado justo para la parada suave y a nivel de la cabina.

Figura 10. Freno mecánico



3.3.3.3. Reductor. Este componente está equipado por un reductor de velocidad de tipo sin fin corona que va acoplado a la polea motriz, y transforma el movimiento del motor en un movimiento para el desplazamiento de la cabina sobre las guías.

Figura 11. Corona reductor



Figura 12. Ficha técnica aceite reductor



Technical Data Sheet

Previous Name: Shell Valvata J

Shell Omala S1 W 460

- Protección confiable
- Aplicaciones de Sinfin y Corona

Aceite para engranajes industriales

Shell Omala S1 W es un aceite mineral refinado de alta viscosidad compuesto con una pequeña proporción de ácidos grasos. Está recomendado principalmente para la lubricación de pequeños reductores cerrados y aplicaciones de sinfin y corona. También es adecuado para la lubricación de cilindros de vapor operando en condiciones de altas temperaturas y presiones.

DESIGNED TO MEET CHALLENGES

Desempeño, Características y Beneficios

- **Vida de servicio del aceite – Ahorro en**
Shell Omala S1 W posee una baja volatilidad y una resistencia natural a la formación de residuos gomosos y carbonosos bajo condiciones de operación de altas temperaturas, brindando un rendimiento consistente a lo largo de los periodos de mantenimiento.
- **Protección contra el desgaste**
Proporciona una película de lubricación confiable en operación a bajas velocidades, como la existente en reductores de tipo sinfin y corona.

Aplicaciones principales



- **Engranajes sinfin cerrados industriales**
Shell Omala S1 W proporciona excelentes resultados en engranajes de tipo sinfin y corona susceptibles de sufrir excesivo desgaste. En determinados casos contribuye a disminuir la temperatura de operación del aceite. Ejemplos típicos son engranajes operando a bajas velocidades bajo condiciones de arranques y paradas continuas.

• Lubricación de cilindros de vapor

Es adecuado para la lubricación de cilindros de vapor operando en condiciones de elevadas presiones y temperaturas.

- Para sistemas sinfin y corona altamente cargado se recomienda el Shell Omala S4 WE.
- Para la lubricación de engranajes de rectos y helicoidales industriales se recomienda la serie Shell Omala "G". Para engranajes hipoidales automotrices, es apropiado el uso del Shell Spirax.

Especificaciones, Aprobaciones y Recomendaciones

- AGMA 9005-EO2 (CP)
- Para un listado completo de aprobaciones y recomendaciones de los fabricantes de equipos, por favor contacte al Servicio Técnico local o consulte al página web de Aprobaciones de los fabricantes de equipos originales.

Características físicas típicas

Propiedades	Method	Shell Omala S1 W
Grado de Viscosidad ISO	ISO 3448	460
Viscosidad Cinemática @40°C mm ² /s	ISO 3104	460
Viscosidad Cinemática @100°C mm ² /s	ISO 3104	31.2
Índice de Viscosidad	ISO 2909	98
Densidad @15°C kg/m ³	ISO 12185	887
Punto de Inflamación (COC) °C	ISO 2592	318
Punto de Escorrimiento °C	ISO 3016	-6

Los valores indicados son representativos de la producción actual y no constituyen una especificación. La producción del producto se realiza conforme a las especificaciones de Shell.

Seguridad, higiene y medio ambiente

- Información más detallada sobre higiene y seguridad se encuentra disponible en la Hoja de Seguridad del Producto que puede ser obtenida en <http://www.epc.shell.com/>
- Proteger el medioambiente
Lleve el aceite usado a un punto de recolección autorizado; no lo vierta en drenajes, ni suelos, o agua.

Información adicional

- consejo
Para aplicaciones no contenidas en esta publicación, consulte con su representante Shell

3.3.3.4. Polea de tracción. Es el componente del sistema de tracción, el cual soporta los esfuerzos transmitidos por el cable, y transmite la tracción del reductor a los cables por adherencia, va acoplada al eje de la corona del reductor.

Figura 13. Polea tractora



3.3.3.5. Bancada. Este elemento es la estructura, que soporta todo el grupo motriz y los cables de suspensión de la cabina.

Figura 14. Bancada sistema motriz



3.3.3.6. Sistema de nivelación. Para la nivelación del ascensor en las paradas se utiliza un sensor MR que va acoplado a la cabina, y unas banderolas instaladas en cada parada.

Figura 15. Sensor MR, montado en cabina



Figura 16. Banderola de parada



3.3.4. Definición de funciones del sistema motriz. La metodología RCM establece como uno de sus elementos principales la definición de las funciones de los diferentes sistemas que componen una planta, en este caso es primordial definir cada una de las funciones tanto principales como secundarias que realiza el sistema motriz, así como las fallas funcionales y las causas de dichas fallas o modos de falla.

La metodología RCM plantea la creación de una tabla de fallas funcionales para cada uno de los sistemas, que permita establecer los diferentes aspectos involucrados en ellos, y así de esta manera se puedan determinar los diferentes

procesos de definición de las estrategias y tareas de mantenimiento que se han de implementar al equipo.

A continuación, se presenta la tabla de fallas funcionales para el sistema motriz del ascenso.

Tabla 4. Fallas funcionales sistema motriz

Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	descripción de efectos
1	Desplazar la cabina verticalmente, a una velocidad de 0,5 m/s.	A	El Motor se encuentra detenido.	1	El freno mecánico está bloqueado.	El motor tiene energía pero no realiza su función, se debe revisar la alimentación de corriente del freno mecánico.
				2	Bobina del freno mecánico dañada.	No se libera el freno, se debe revisar la bobina del freno y reemplazar en caso de falla.
				3	Sobrecarga del motor.	Se evidencia ruidos anormales en el motor, se deben verificar las conexiones del motor en las tres fases, verificar posible sobrecarga mecánica y balanceo.

				4	Falla en el rotary encoder	El motor realiza un pre alistamiento de arranque pero se bloquea, se debe verificar las conexiones del rotary encoder y ajustar los parámetros
				5	El sensor de sobrecarga se encuentra activado.	El motor no inicia su movimiento en alta, se debe revisar parámetros del sensor de sobrecarga.
				6	Micros del freno desajustados.	El freno no realiza el contacto de seguridad, se debe ajustar micros e interruptores del freno de máquina.
		B	La temperatura externa de la carcasa es superior a 70 °C	1	Aceite contaminado.	Se evidencia un color de aceite anormal en el reductor, se debe reemplazar el aceite del reductor.
				2	Aceite degradado.	El aceite pudo haber perdido propiedades, se debe realizar cambio de aceite.

				3	Falta de aceite por fuga en la máquina.	Derrame de aceite en la sala de máquinas, se debe corregir la fuga en el reductor y realizar cambio de aceite.
		C	Altas vibraciones y parada del equipo.	1	Se presenta desbalanceo en la polea de tracción.	El ascensor vibra al realizar su desplazamiento, se debe revisar la alineación de la polea de tracción.
				2	Se presenta desbalanceo en entre la cabina y el contrapeso.	El ascensor presenta vibraciones en los viajes, se inspeccionar la condición de los cables de tracción.
				3	La máquina del sistema de tracción se encuentra desajustada.	El motor vibra al entrar en funcionamiento, se debe revisar los ajustes en la base del motor.
2	Detener la cabina del ascensor en la parada asignada, a una velocidad	A	El ascensor se detiene en la parada incorrecta	1	Error de configuración en OPB (botonera dentro de cabina)	El ascensor no atienda la parada asignada, se debe revisar la configuración de los OPB

	moderada, y un desnivel máximo de +/- 2 m.m			2	Activación de la función fireman o llavín.	El ascensor se detiene en la primera parada, se debe revisar la configuración del llavín.
				3	Error en las botoneras de piso.	El ascensor atiende los llamados en pisos diferentes, se debe revisar que las botoneras de piso estén bajo los parámetros indicados
		B	El ascensor se detiene en la parada asignada pero con desnivel.	1	Falla en el RM.	El sensor de nivelación realiza la lectura incorrecta, se debe verificar la conexión y activación del sensor, d de lo contrario reemplazar el elemento.
				2	La banderola de nivelación se encuentra desajustada.	La banderola sufrió algún golpe o desviación, se debe realizar ajuste y calibración.

				3	El freno mecánico esta desajustado.	El freno mecánico permite un deslizamiento de la polea de tracción, se debe ajustar freno mecánico, o cambio de zapatas.
				4	Perdida de lectura de pisos.	La tarjeta de control perdió los parámetros de configuración, se debe reprogramar la tarjeta.

3.4. SISTEMA ELECTRICO

El sistema eléctrico es aquel que está encargado de controlar y distribuir la energía eléctrica suministrada al ascensor, energía la cual se debe convertir en el movimiento vertical de la cabina sobre las guías.

El sistema eléctrico está conformado por dos subsistemas principales los cuales son subsistema de control, el cual tiene como función controlar todos los movimientos y funciones del ascensor, y un subsistema de potencia el cual tiene como función alimentar el sistema tractor de forma tal que la alimentación suministrada pueda ser transformada en la potencia requerida para el funcionamiento y la ejecución de las funciones del ascensor.

Teniendo en cuenta esto, en el sistema eléctrico del ascensor no se pueden determinar una entrada y una salida solamente, sino por el contrario se presentan diversas entradas, las cuales son señales eléctricas y señales mecánicas las cuales serán explicadas. El sistema eléctrico también tiene varias salidas en forma de señales eléctricas que van a los diversos elementos que conforman el ascensor.

3.4.1. Entradas. La principal entrada de energía al sistema eléctrico del ascensor es el suministro de corriente eléctrica proveniente de la red eléctrica comercial suministrada por el centro comercial donde se encuentra instalado el ascensor y la cual es la fuente de energía con la que funciona. Esta entrada consiste en una corriente de 380 V ac de 3 Fases con una potencia eléctrica de 18 Kw. Con un neutro y línea a tierra independientes.

Para el suministro de energía en el cuarto eléctrico principal se cuenta con una protección industrial de 50 Amperios (3 x 30) con neutro y tierra.

La siguiente entrada del sistema eléctrico del ascensor la conforman las señales mecánicas de control, que provienen de los elementos de seguridad, botones, y finales de carrera los cuales se actúan mecánicamente mediante los botones y los

sensores. Estos sensores y botones, tienen como función convertir las señales mecánicas en señales eléctricas, para que puedan ser procesadas por el sistema eléctrico de control del ascenso.

3.4.2. Salidas. Las salidas entregadas por el sistema eléctrico son, la señal eléctrica de potencia que alimenta el motor eléctrico del sistema tractor, y la alimentación principal del variador de frecuencia del sistema tractor, también entrega otras señales eléctricas más bajas, para la tarjeta electrónica, la iluminación al interior de la cabina, la ventilación de la cabina, botones del ascensor y demás.

Figura 17. Tablero eléctrico principal



Figura 18. Tablero de control



3.4.3. Elementos. A continuación, se relacionan todos los elementos que confirman el sistema eléctrico del ascensor, elementos los cuales, su principal característica, es que su tasa de falla es constante. A los cuales solo se les realiza inspecciones visuales para detectar alguna falla o deterioro, estos elementos eléctricos. Lo más aconsejable es tener un stock de repuestos para ser reemplazados cuando presentan una falla.

A continuación, se listan los componentes del sistema eléctrico:

Protección de 3 amp

Protección de 10 amp

Protección de 50 amp

Contactor gmc-12 bobina a 110 v

Contactor gmc 09 bobina 110 vac

Rele termico 7 a 10 amp

Bornas riel 10 mm, 4 mm
Bornas riel 10 mm tierra
Cofre de 110x80x40
Riel omega
Canaleta 4x4 ranurada
Cable vehicular 18
Relevos 110 v 14 pines
Trnsf 110 sal 12v 25w
Puente 3606 con terminales
Temporizador 110 v 60s
Cable encauchetado 4x12, 4X18
Micros final de carrera xckm 115
Botonera de cabina (1,2,3, stop, luz, alarma) vertical
Botonera de hall (llamado y stop)
Kit luz de cabina alarma
Cable vehicular 18
Cable viajero 12 lineas
Terminal de ojo ¼
Amarre plastico 10"
Coraza de ¾
Micro xckm 115

3.4.4. Definición de funciones para el sistema eléctrico. Siguiendo los lineamientos de la metodología RCM se listan las funciones principales y secundarias del sistema eléctrico, también sus fallas funcionales y modos de falla.

Tabla 5. Fallas funcionales sistema eléctrico

Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	Descripción de efectos
1	Controlar la operación del ascensor con un retraso máximo de 10 segundos +-20% a través de los elementos de control eléctrico	A	El ascensor no responde a las órdenes dadas a través de los controles.	1	El botón obturador está dañado	No hay ninguna clase de respuesta cuando se presiona el botón, pero si la hay cuando se presionan otros botones de la misma botonera, no hay ninguna respuesta en el tablero eléctrico.
				2	El relé de control de la botonera no funciona correctamente.	No hay ninguna clase de respuesta cuando se presiona el botón, o los demás botones de la botonera. los demás botones de la botonera. Se percibe movimiento irregular en el relé del tablero de control, se debe cambiar el relé.
				3	La tarjeta de control electrónica no funciona correctamente.	No hay respuesta por parte del ascensor. No hay respuesta visual en la pantalla de la tarjeta electrónica. Se debe revisar la programación del pic.
				4	Hay algún elemento de seguridad obturado.	No hay ningún tipo de respuesta, y la pantalla de la tarjeta electrónica está en modo de falla. Se deben revisar los sistemas de seguridad, para ver cual está interrumpiendo el sistema.

				5	El variador de frecuencia se encuentra bloqueado	No hay ningún tipo de respuesta, y el variador se encuentra bloqueado, se debe realizar inspección de los parámetros del variador y operación del equipo.
				6	El variador de frecuencia se encuentra en error	No hay ningún tipo de respuesta, y el variador se encuentra en alarma. Se deben revisar los contactos del variador.
		B	El ascensor realiza movimientos diferentes a los especificados.	1	Algún elemento de final de carrera no funciona correctamente.	La cabina no para en el sitio especificado, o no realiza el cambio de velocidad en el momento indicado. Se debe buscar el sensor de final de carrera involucrado y reemplazarlo por otro nuevo.
				2	La tarjeta de control electrónica no funciona correctamente.	La cabina no se detiene en el lugar especificado, los sensores de parada están en buen estado. Se debe revisar la programación del pic.
2	Proveer una energía eléctrica de 220 Voltios +- 10% en corriente alterna	A	La energía eléctrica no alcanza el valor especificado	1	La red eléctrica no provee el valor de corriente solicitado por el ascensor	La cabina del ascensor no sube con la suficiente velocidad, y no tiene la capacidad de carga especificada, el sistema tractor se encuentra funcionando correctamente, y el motor eléctrico no gira con la suficiente potencia.

	mediante tres fases	B	La energía eléctrica no llega en tres fases	1	Hay una o más protecciones de seguridad que están interrumpiendo la corriente eléctrica.	La cabina del ascensor no sube, y se oye un sonido extraño en el motor del sistema tractor.
				2	La red eléctrica está llegando en dos fases	La cabina del ascensor no sube, y se oye un sonido extraño en el motor del sistema motriz, todas las protecciones están arriba.
				3	Hay un problema de conexión en el motor eléctrico	La cabina del ascensor no sube, y se oye un sonido extraño en el motor del sistema motriz, todas las protecciones están arriba, se ha revisado la acometida eléctrica de la instalación.
		C		1	La red eléctrica no provee energía eléctrica	No hay ninguna clase de respuesta por parte del ascensor aún con las protecciones arriba.
				2	Las protecciones de seguridad han cortado la corriente	No hay respuesta por parte del ascensor, y una vez subidas las protecciones estas se disparan de nuevo, o se disparan cuando se da algún comando al ascensor. Se debe buscar un posible corto circuito

3.5. SISTEMA DE GUIAS

El sistema de guías es aquel que está encargado, de guiar durante todo el desplazamiento ascendente y descendente de la cabina del ascensor dentro del foso. La función del sistema de guías es fundamental para la seguridad del ascensor y para la percepción de buen funcionamiento por parte de los usuarios.

En primera instancia no se concebía determinar a las guías del ascensor como un sistema, debido a que se pueden equiparar más como un arreglo estructural el cual es de una naturaleza estática, sin ninguna clase de movimiento, pero debido a los estudios y análisis evaluados se pudo concluir, que se puede denominar como un sistema debido a que en sus condiciones básicas presenta entradas y salidas, que son predeterminantes en la percepción del funcionamiento del ascensor, y que si se presenta alguna anomalía o falla pueden conducir a consecuencias para la seguridad de los usuarios y las instalaciones.

3.5.1. Entradas. La principal entrada al sistema de guías del ascensor son las fuerzas que la cabina ejerce sobre ellas una vez está instalada en el foso; también son fuerzas que se estarán ejerciendo sobre el sistema durante todo su desplazamiento. Es de gran importancia considerar que, si estas fuerzas se aplican de manera incorrecta, el sistema de guías no podrá tener el desempeño deseado, y sus salidas se verán modificadas.

3.5.2. Salidas. Se define como salida del sistema de guías, la dirección y magnitud de las fuerzas de reacción que se ejercen en la cabina por la acción de las guías, y que se manifiestan en los desplazamientos ascendentes y descendentes de la cabina.

Figura 19. Guía del ascensor



3.5.3. Componentes. El sistema de guías está conformado por los siguientes componentes principales.

3.5.3.1. Guías. Guías tipo T determinadas según los requerimientos de carga y operación del ascensor.

Figura 20. Dimensiones de las guías

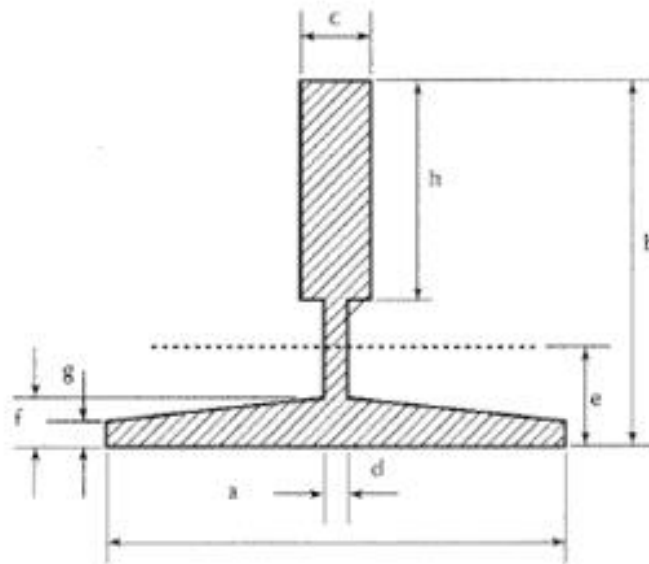
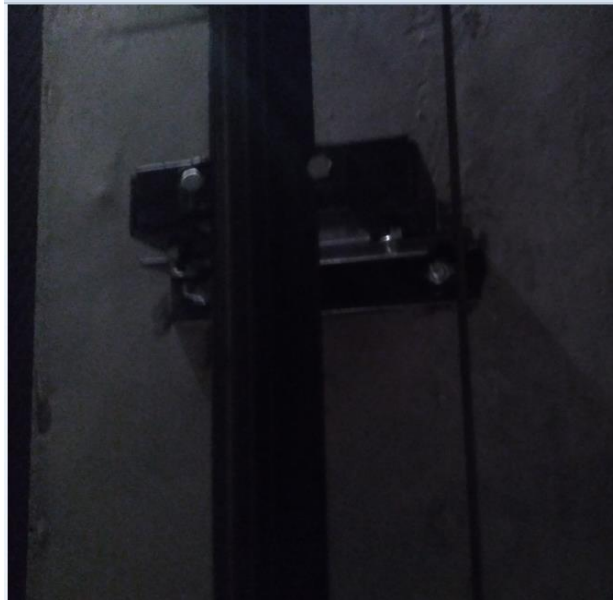


Tabla 2.9 Cotas de las guías de cabina (1-70/9 e 1-90/16)									
TIPO	a mm	b mm ±0.1	c mm ±005	d mm	f mm	R mm	h mm	Sección cm ²	Peso kg/m
1-70/9	70	65	9	6	8	6	34	9.37	7.30
1-90/16	90	75	16	8	10	8	42	16.90	13.25

Fuente: Elevadores Principios e innovaciones, Miravete antonio, p 154.

3.5.3.2. Anclaje de guías. Es el elemento que se encarga de anclar y asegurar la guía por donde se desplaza el ascensor.

Figura 21. Anclaje de guía



3.5.3.3. Aceiteras de lubricación. Son los elementos encargados de almacenar y aplicar el aceite de lubricación de las guías, se encuentran ubicadas en la parte superior de la cabina del ascensor, y se desplazan a lo largo de toda la guía, a medida que la cabina del ascensor realiza su desplazamiento.

Figura 22. Aceitera de lubricación



3.5.4. Definición de funciones del sistema de guías. A continuación, se relaciona la tabla respectiva, continuando con la metodología RCM.

Tabla 6. Fallas funcionales sistema de guías

Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	descripción de efectos
1	Sostener la cabina, en caso de accionamiento del freno paracaídas.	A	Las guías no son capaces de sostener la cabina del ascensor.	1	Los chazos de anclaje de las guías han perdido sujeción.	Las guías se sueltan de la pared del foso, cuando se presenta una acción de frenado de emergencia. Se deben reemplazar todos los anclajes de las guías del ascensor.
2	Guiar la cabina a lo largo del foso del ascensor con una desviación máxima de 5mm +- 1% de forma silenciosa y uniforme	A	El movimiento de la cabina no es uniforme	1	Las guías no están alineadas	La cabina presenta saltos en su movimiento, en puntos específicos, debido a que una o varias juntas de las guías han perdido su alineación. Se debe re alinear la guía.
				2	Las Zapatas de cabina están desgastadas	La cabina presenta movimientos oscilatorios, debido a que las zapatas están desgastadas, se deben reemplazar las zapatas.
				3	Las guías están torcidas.	La cabina del ascensor presenta movimientos laterales, debido a que las guías del ascensor están torcidas. Se debe reemplazar el tramo de guía que esté torcido.

				4	Las guías están desgastadas.	Se presentan movimientos laterales en la cabina, debido a que las caras de fricción de las guías ya no son planas debido al desgaste. Se debe reemplazar el tramo de guía que se encuentre desgastado.
		B	Se presenta ruido durante el movimiento de la cabina	1	Guías sin lubricación.	Se presenta ruido continuo durante el desplazamiento de la cabina. Se deben lubricar las guías, directamente, y llenar las aceiteras ubicadas en la cabina.
				2	Suciedad en las guías.	Se presentan ruidos localizados en ciertas áreas del recorrido de la cabina. Se deben limpiar las guías, y luego lubricarlas.
				3	Incrustaciones en las guías.	Se presentan golpes durante el desplazamiento de la cabina, esto se debe a incrustaciones en la cara de fricción de las guías. Se debe pulir el sector de guía afectado, y lubricar.

3.6. SISTEMA DE SEGURIDAD

El sistema de seguridad, es el encargado de proporcionar la seguridad necesaria al ascensor encaminada a evitar cualquier clase de accidente. El sistema de seguridad es sin duda el aspecto más crítico en el diseño y concepto de un ascensor, debido a que en su desempeño óptimo está comprometido el bienestar de los usuarios. Además de esto, las normas nacionales e internacionales en lo referente a ascensores, y en particular la norma técnica colombiana 2769 emitida por el instituto de normas técnicas ICONTEC, define los parámetros de funcionamiento del sistema de seguridad del ascensor.

3.6.1. Entradas. El sistema de seguridad está determinado por varias entradas de condición mecánica, comprometidas a asegurar que la cabina del ascensor no caiga en caída libre y que sea imposibilitado el ingreso al foso del ascensor; también impedir que la cabina del ascensor no realice alguna de sus funciones si alguna puerta se encuentra abierta.

El control de la velocidad con la que se desplaza el ascensor, se presenta como la señal de entrada más importante del sistema de seguridad, por medio del limitador de velocidad instalado en el cuarto de máquinas se ejerce el control de la velocidad en los desplazamientos del ascensor, una vez el limitador de velocidad a actuado, tira de la timonería que acciona las zapatas que al deslizarse, sobre el plano inclinado que están instaladas, se acercan, presionan y se agarran cada vez con más fuerza sobre las guías hasta detener totalmente la cabina del ascensor

La señal recibida por la puerta mediante sensores, y que es una señal eléctrica, es otra entrada al sistema de seguridad, y es el responsable de bloquear eléctricamente el sistema para que este no funcione hasta que la puerta en cuestión se encuentre debidamente cerrada.

Una señal mecánica recibida por el enclavamiento mecánico montado en la puerta de la cabina que limita la apertura de la puerta exclusivamente a las zonas de desenclavamiento. De esta manera se evita que los pasajeros salgan de la cabina

si no están en la zona de desenclavamiento y se evita así posibles caídas al hueco, también se evita que puedan abrir las puertas de acceso sin que la cabina se encuentre posicionada.

3.6.2. Salidas. Una primera salida del sistema de seguridad es de índole mecánica, y se muestra en forma de la fuerza ejercida por el freno paracaídas a la guía del ascensor con el fin de bloquear la cabina.

En segundo lugar, se presenta una salida eléctrica en forma de interrupción del flujo eléctrico al grupo motriz hasta que las puertas de hall se encuentren correctamente cerradas.

En tercer lugar, se presenta una salida de índole mecánica, la cual consiste en el bloqueo de las puertas de hall, en ausencia de la cabina en el piso determinado.

3.6.3. Componentes.

3.6.3.1. Freno paracaídas. Es un Dispositivo mecánico (bloque macizo) que se destina para inmovilizar la cabina o el contrapeso sobre sus guías en caso de exceso de velocidad o de rotura de los órganos de suspensión. Este componente de seguridad va incorporado al chasis y se acciona por la actuación del limitador de velocidad. Al accionarse el paracaídas, las zapatas se enclavan en las guías, evitando la caída al vacío del chasis.

Figura 23. Timonería paracaídas

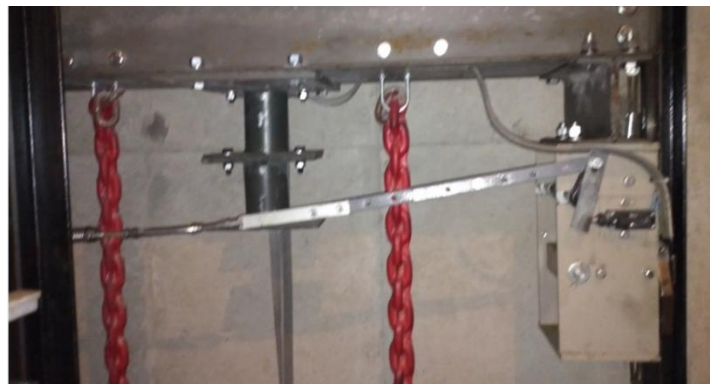
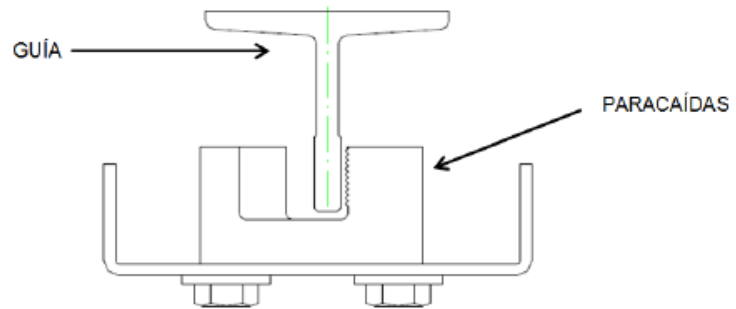


Figura 24. Esquema paracaídas



3.6.3.2. Sensores de puerta. En cada una de las puertas se encuentra un sensor de seguridad, que interrumpe el flujo eléctrico del ascensor cuando alguna puerta se encuentra abierta.

Figura 25. Sensor de puerta



3.6.3.3. Enclavamiento mecánico. Cada una de las puertas cuenta con un mecanismo que asegura que estas no se abran cuando la cabina no se encuentra en el piso. Este mecanismo, se desactiva una vez que la cabina llega al piso, para que los pasajeros puedan entrar.

Figura 26. Enclavamiento mecánico

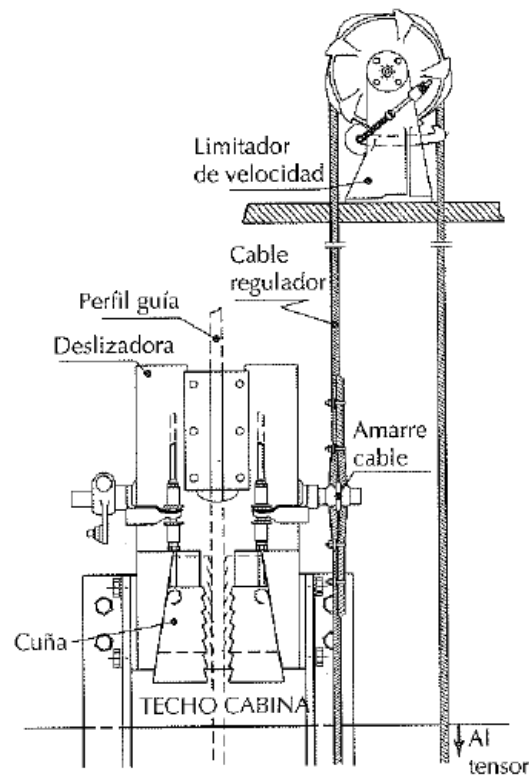


3.6.3.4. Limitador de velocidad. Es un elemento de seguridad que consta de un cable limitador de velocidad el cual recorre un circuito cerrado compuesto por una polea de limitador de velocidad (parte superior) y otra polea tensora del limitador (inferior). Tiene como función accionar el paracaídas en caso de producirse una sobre velocidad por rotura de los cables de suspensión o por otra causa, cuando la cabina supera cierta velocidad se bloquea la polea del limitador y con ella el cable, dando un tirón a la palanca del paracaídas, y accionando así el mecanismo que apretara las zapatas sobre las guías deteniendo la cabina y así evitando la caída del ascensor. La actuación del limitador de velocidad para el paracaídas de cabina debe ocurrir a una velocidad al menos igual al 115% de la velocidad nominal.

Figura 27. Limitador de velocidad



Figura 28. Esquema limitador de velocidad



Fuente: Elevadores Principios e innovaciones, Miravete antonio, p 203.

3.6.3.5. Amortiguador. El amortiguador es un componente de seguridad que se posiciona en la parte más inferior del recorrido del ascensor (en el foso) y su principal función es parar el ascensor y detenerlo en caso de accidente, o que la velocidad de bajada del ascensor supere los límites establecidos, En un ascensor eléctrico existe un amortiguador para la cabina y otro para el contrapeso.

Figura 29. Amortiguadores en foso



3.6.4. Definición de funciones del sistema de seguridad. A continuación, se presenta la tabla de fallas funcionales del sistema de seguridad.

Tabla 7. Fallas funcionales sistema de seguridad

Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	Descripción de efectos
1	Detener la cabina con una aceleración de 1,25g +- 1% cuando esta pierde su sistema de suspensión.	A	La cabina no se detiene	1	El resorte de acción del limitador de velocidad no actúa.	La cabina no se detiene, porque al actuador del freno paracaídas no actúa cuando el limitador de velocidad supera la velocidad nominal. Se debe reemplazar el resorte.
				2	La roldana de la zapata de freno no bloquea el sistema.	La cabina no se detiene, porque la roldana de la zapata de freno no está bien posicionada, o está trabada, y no forma cuña con la guía. Se debe acondicionar dicha roldana.
				3	No se activa el sistema paracaídas	La cabina no se detiene, por desajuste o descalibración del limitador de velocidad, se debe calibrar y ajustar el limitador de velocidad
				4	El sistema de barras del freno paracaídas está bloqueado.	La cabina no se detiene, porque el sistema de barras del freno está bloqueado. Se debe reacondicionar dicho sistema.

		B	La Energía del ascensor no se corta.	1	El sensor del limitador de velocidad, no está funcionando.	La cabina del ascensor se detiene, pero el motor eléctrico continúa funcionando. Se debe reemplazar el sensor del limitador de velocidad, posicionándolo correctamente.
2	Evitar el movimiento de la cabina, cuando alguna puerta se encuentra abierta.	A	El ascensor se mueve, teniendo las puertas abiertas.	1	El sensor de apertura de puerta está dañado.	El sensor no envía la señal, a pesar de ser actuado con la mano, se debe reemplazar el sensor.
				2	El sensor de apertura de puerta está mal posicionado.	Al cerrar la puerta, esta no obtura el sensor. Se debe reacomodar el sensor para que cumpla su función.
				3	El relé de control de los sensores de puertas está dañado.	La cabina se mueve, a pesar de que los sensores de seguridad de las puertas están funcionando correctamente. Se debe reemplazar el relé que los controla.
3	Impedir el acceso al foso del ascensor	A	Las puertas se abren cuando la cabina no se encuentra en el piso correspondiente	1	El enclavamiento mecánico de la puerta no funciona.	El mecanismo de enclavamiento mecánico no funciona, y permite la apertura de la puerta; se debe reacondicionar el enclavamiento mecánico para

						que el pasador bloquee la apertura de la puerta.
				2	El sensor del enclavamiento se encuentra obturado	El sensor se encuentra en falla, enviando la señal incorrecta y permitiendo el movimiento de las puertas, se debe reemplazar el sensor.

3.7. SISTEMA DE SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión, tiene como función principal mantener la cabina suspendida, mediante los cables de suspensión y sus respectivos componentes.

El sistema de suspensión, a pesar de su simplicidad posee una relevancia importante en lo que tiene que ver con la seguridad, pues las consecuencias de las fallas en este sistema generalmente son catastróficas, y ponen en riesgo la seguridad de las personas y la instalación.

Por otro lado, en el sistema de suspensión se puede evidenciar como aspecto determinante, la presencia de fallas ocultas, que se deben localizar a tiempo mediante inspecciones periódicos evaluando las condiciones de los elementos que lo conforman.

3.7.1. Entradas. El sistema de suspensión tiene como entrada la fuerza realizada por el grupo motriz generadas en la polea.

3.7.2. Salidas. Del sistema de suspensión salen las fuerzas ejercidas por los cables sobre la cabina del ascensor y el contrapeso.

3.7.3. Componentes.

3.7.4. Cables. Los cables son el elemento principal del sistema de suspensión, su diseño y métodos de inspección, están altamente determinados en las normas de ascensores.

Figura 30. Cables de suspensión



3.7.4.1. Contrapeso. Por definición se trata de la masa que asegura la tracción en los ascensores de adherencia. Por lo general está constituido por una armadura o bastidor realizado con perfiles de acero en la que se apilan los bloques de fundición o de hormigón necesario para el equilibrio de la instalación. Al igual que la cabina, está dirigido por 4 zapatas, las cuales se deslizan a través de las guías rígidas. Adicionalmente incorpora en la base un freno paracaídas. Su función principal es equilibrar el peso de la cabina, el chasis y la carga nominal de la cabina para disminuir la carga suspendida que debe desplazar el grupo motriz.

Figura 31. Contrapeso



3.7.5. Definición de funciones del sistema de suspensión. A continuación, se presenta la tabla de fallas funcionales del sistema de suspensión.

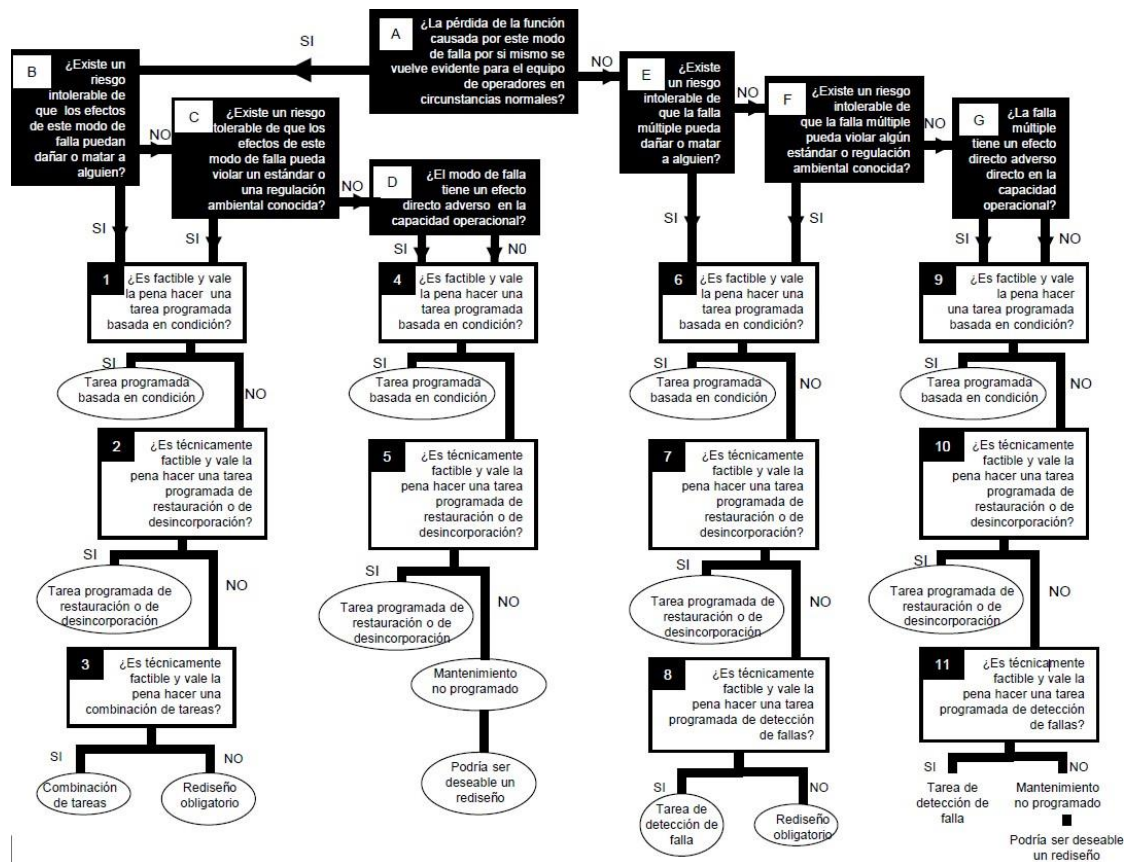
Tabla 8. Fallas funcionales sistema de suspensión

Código función	Función	Código FF	Falla Funcional	Código MF	Causa de la falla	descripción de efectos
1	mantener suspendida la cabina del ascensor con un alargamiento máximo de 5 mm +- 1%	A	La cabina del ascensor no se mantiene.	1	Los cables de suspensión han fallado	La cabina del ascensor cae repentinamente, debido a la rotura de los cables de suspensión. Se deben cambiar los cables.
				2	El eje de la polea de tracción ha fallado.	La cabina del ascensor cae repentinamente, debido a la rotura del eje de la polea de suspensión. Se debe cambiar el eje.
				3	El freno mecánico ha fallado.	La cabina del ascensor cae repentinamente, debido al que freno mecánico no ejerce la suficiente fuerza Para detener la cabina, se debe revisar el mecanismo del freno.

4. MODELO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO SEGÚN LA METODOLOGIA RCM

Una vez establecidas las funciones de cada uno de los sistemas que componen el ascensor, la metodología RCM propone hacer un análisis referente a las consecuencias de las posibles fallas, con el propósito de establecer las tareas a seguir y la prioridad que estas deben tener; El tipo de acción de mantenimiento fue seleccionado mediante el algoritmo de toma de decisiones de la Norma SAE-JA1012 (Figura 32), el cual se maneja con los resultados obtenidos de los pasos anteriores

Figura 32. Algoritmo de decisiones RCM



Fuente: NORMA SAE JA 1012

La información se consigna en una tabla de decisión, que se basa en el diagrama, y que especifica las tareas que se deben realizar, relacionadas con sus respectivas fallas funcionales.

Figura 33- hoja de decisión

Hoja de decisión RCM																	
Sistema		Equipo de trabajo										Fecha		Hoja No de			
Componente			Referencia de información				Evaluación de consecuencias				Acción a falta de			Tarea propuesta		Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4					

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.

Las tres primeras columnas presentan las funciones, fallas funcionales y modos de falla, del sistema en cuestión; las siguientes tres, se refieren a las consecuencias que acarrear dichas fallas. Las demás columnas se refieren al tipo de actividades que se deben realizar para cada una de las fallas funcionales y sus frecuencias y responsables.

Dentro del procedimiento de decisión se establece la naturaleza de las tareas, de existir estas, y de ser viable realizarlas; también se establece la necesidad de hacer tareas de búsqueda de fallas, cuando las consecuencias de dichas fallas ocultas pueden ser perjudiciales para la seguridad de las personas o el medio ambiente

Figura 34. Tareas proactivas

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				
F	FF	FM	H	S	E	O	
3	A	1	N				<p>Una falla oculta: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de una falla múltiple.</p>
5	B	2	S	S			<p>Consecuencias para la seguridad: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de esta falla por si sola.</p>
2	C	4	S	N	S		<p>Consecuencias para el medio ambiente: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de esta falla por si sola.</p>
1	A	5	S	N	N	S	<p>Cosecuencias operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación que pretende prevenir a través de un periodo de tiempo.</p>
1	B	3	S	N	N	N	<p>Cosecuencias no operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo de reparación que pretende prevenir a través de un periodo de tiempo</p>

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México:

Figura 35. Tareas a falta de

Referencia de información	Evaluación de las consecuencias			H1	H2	H3	Tareas "a falta de"							
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
3	A	1	N					N	N	N	S			<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla? Registrar "SI" si es posible realizar la tarea y resulta práctico hacerlo con la frecuencia requerida y reduce el riesgo de la falla múltiple a un nivel tolerable.</p>
4	B	4	N					N	N	N	S			<p>¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente? Sólo se hace esta pregunta si la respuesta a la pregunta H4 es NO. Si la respuesta es positiva, el rediseño es obligatorio. Si la respuesta es NO, la acción "a falta de" es no realizar mantenimiento preventivo, pero el rediseño puede ser deseable.</p>
4	C	2	N					N	N	N	N			
5	B	2	S	S				N	N	N		S		<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas? Sí, si una combinación de dos o más tareas proactivas cualquiera reduce el riesgo de falla a un nivel tolerable (lo que rara vez sucede). Si la respuesta es NO, el rediseño es obligatorio.</p>
2	A	5	S	S				N	N	N		N		
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N	N				<p>En estos dos casos, las consecuencias de la falla son puramente económicas y no se pudo encontrar una tarea proactiva apropiada. Como resultado, la decisión "a falta de" inicial es no realizar mantenimiento programado, pero el rediseño puede ser deseable.</p>
1	B	3	S	N	N	N	N	N	N	N				

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México:

Aladon, 2004

4.1. SISTEMA MOTRIZ.

4.1.1. Tabla hoja de decisión sistema motriz.

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1	H2 S2		H3 S3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	REALIZADA POR
F	FF	FM	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión y ajuste de conexiones eléctricas	2 MESES	ELECTRICO	
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Verificar estado de la bobina, rebobinar o reemplazar de ser necesario.	1 MES	ELECTRICO	
1	A	3	S	N	N	S	S						Verificar conexiones del motor y realizar balanceo en las fases.	1 MES	ELECTRICO	
1	A	4	S	N	N	S	S						Verificar las conexiones y ajustar, reemplazar de ser necesario.	1 MES	ELECTRICO	
1	A	5	S	N	N	S	S						Ajustar parámetros del sensor, reemplazar de ser necesario.	1 MES	ELECTRICO	
1	A	6	S	N	N	S	S						Verificar la calibración de los micros y ajustar.	1 MES	MECANICO	
1	B	1	N	N	N	S	N	N	S				Inspección visual del color del aceite.	1 MES	MECANICO	
1	B	2	N	N	N	S	N	N	S				Realizar cambio de aceite del reductor.	1 MES	MECANICO	
1	B	3	N	N	N	S	N	N	S				Verificar sellos del reductor y nivel de aceite.	1 MES	MECANICO	

1	C	1	S	S	N	N	N	S					Inspeccionar alineación de la polea, realizar ajuste de ser necesario.	2 MESES	MECANICO
1	C	2	S	S	N	S	N	S					Verificar cables de tracción, inspeccionar juego de cabina y contrapeso, reemplazar de ser necesario.	2 MESES	MECANICO
1	C	3	S	S	N	N	N	S					Inspeccionar base del motor, ajustar de ser necesario.	1 MES	MECANICO
2	A	1	S	N	N	S	S						Verificar configuraciones de OPB, configurar parámetros.	1 MES	MECANICO
2	A	2	S	N	N	S	S						Verificar el estado del llavín , ajustar a condiciones normales	1 MES	MECANICO
2	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar botoneras de piso, cambiar de ser necesario.	1 MES	MECANICO
2	B	1	S	S	N	N	S						Verificar señales del sensor, calibrar y ajustar.	1 MES	MECANICO
2	B	2	S	S	N	N	S						Inspeccionar elementos de nivelación, ajustar de ser necesario.	1 MES	MECANICO
2	B	3	S	S	N	S	S						Calibrar freno mecánico, reemplazar zapatas de ser necesario.	1 MES	MECANICO
2	B	4	S	S	N	N	S						Configurar parámetros de la tarjeta.	1 MES	MECANICO

4.2. SISTEMA ELÉCTRICO.

4.2.1. Tabla hoja de decisión sistema eléctrico.

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1	H2 S2	H3 S3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	REALIZADA POR
F	FF	FM	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	S	S							Medir el voltaje de las líneas de alimentación del ascensor.	1 MES	ELECTRICO
1	A	2	S	N	S	S							Verificar el funcionamiento de los relés del tablero eléctrico y reemplazarlos de ser necesario.	1 MES	ELECTRICO
1	A	3	S	N	N	S	S						Verificar el funcionamiento de la tarjeta electrónica y reparar de ser necesario.	1 MES	ELECTRICO
1	A	4	S	N	N	S	N	S					Posicionar los elementos de seguridad en los valores correctos.	1 MES	ELECTRICO
1	A	5	S	N	N	S	N	S					Verificar los parámetros de configuración del variador y ajustar a los parámetros de operación.	1 MES	ELECTRICO
1	A	6	S	N	N	S	N						Verificar y medir las señales del variador, reemplazar los componentes afectados, reemplazar de ser necesario.	1 MES	ELECTRICO

1	B	1	S	N	N	S	S						Verificar el funcionamiento de los finales de carrera y reparar de ser necesario.	1 MES	ELECTRICO
1	B	2	S	N	N	S	S						Verificar el funcionamiento de la tarjeta electrónica y reparar de ser necesario.	1 MES	ELECTRICO
2	A	1	S	N	N	S	N	S					Medir el voltaje de las líneas de alimentación del ascensor.	1 MES	ELECTRICO
2	B	1	S	N	N	S	N	S					Limpiar las protecciones de seguridad del ascensor.	1 MES	ELECTRICO
2	B	2	S	N	N	S	N	S					Asegurar las conexiones de la red eléctrica al tablero del ascensor y verificar el voltaje de las fases.	1 MES	ELECTRICO
2	B	3	S	N	N	S	N	S					Limpiar y asegurar las conexiones de la bornera del motor.	1 MES	ELECTRICO
2	C	1	S	N	N	S	N	S					Medir el voltaje de las líneas de alimentación del ascensor.	1 MES	ELECTRICO
2	C	2	S	N	N	S	N	S					Limpiar las protecciones de seguridad del ascensor.	1 MES	ELECTRICO

4.3. SISTEMA DE GUÍAS.

4.3.1. Tabla hoja de decisión sistema de guías.

REFERENCIA DE INFORMACION	EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	ACCION A FALTA DE	TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	REALIZADA POR
---------------------------	---------------------------------	----------------	----------------	----------------	-------------------	-----------------	-------------------	---------------

F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	N	S						Revisar el estado de los anclajes de sujeción de guías, y reemplazar los que hayan perdido presión.	1 MES	MECANICO
2	A	1	S	N	N	S	S						Verificar estado de la superficie de la guía.	1 MES	MECANICO
2	A	2	S	N	N	S	S						Verificar estado de la superficie de la guía.	1 MES	MECANICO
2	A	3	S	N	N	S	N	S					Rectificar alineación de guías.	1 MES	MECANICO
2	A	4	S	N	N	N	N	N	S				Revisar el estado de las superficies de las guías y reemplazar de ser necesario.	1 MES	MECANICO
2	B	1	S	N	N	N	N	S					Lubricar las guías y llenar las aceiteras de cabina	1 MES	MECANICO
2	B	2	S	N	N	N	N	S					Hacer limpieza de guías.	1 MES	MECANICO
2	B	3	S	N	N	N	S						Revisar el estado de las superficies de las guías y reemplazar de ser necesario.	1 MES	MECANICO

4.4. SISTEMA DE SEGURIDAD.

4.4.1. Tabla hoja de decisión sistema de seguridad.

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	REALIZADA POR
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3	N1	N2	N3			

1	A	1	N				N	N	N	S			Distensionar los cables de suspensión del ascensor, para detectar si algún resorte ha perdido elasticidad.	6 MESES	MECANICO
1	A	2	N				N	N	N	S			Suspender la cabina con un diferencial, y verificar que la roldana del freno de seguridad se mueva con libertad.	6 MESES	MECANICO
1	A	3	N				N	N	N	S			Suspender la cabina con un diferencial, y verificar que el mecanismo del freno de seguridad se mueva con libertad.	6 MESES	MECANICO
1	A	4	S	N	N	N	S						Revisar el estado del limitador de velocidad, y reemplazar de ser necesario.	1 MES	MECANICO
1	B	1	S	N	N	N	N						Revisar el estado del sensor de puertas, y reemplazar de ser necesario.	1 MES	MECANICO
2	A	1	S	N	N	N	S	N					Posicionar correctamente los sensores de puertas.	1 MES	MECANICO
2	A	2	S	N	N	N	S						Verificar el funcionamiento del relé de control de los sensores de seguridad.	1 MES	MECANICO
2	A	3	S	N	N	S	N	S					Lubricar y acondicionar la traba mecánica de las puertas.	1 MES	MECANICO

3	A	1	S	N	N	N	S						Verificar del mecanismo del enclavamiento mecánico de las puertas.	1 MES	MECANICO
3	A	2	S	N	N	N	N	S					Posicionar correctamente enclavamiento mecánico de puertas.	1 MES	MECANICO

4.5. SISTEMA DE SUSPENSIÓN.

4.5.1. Tabla hoja de decisión sistema de suspensión.

REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	REALIZADA POR
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	S	N	N	S						Verificar el estado de los cables de suspensión y reemplazar de ser necesario.	1 MES	MECANICO
1	A	2	S	S	N	N	N	S					Ajustar la posición del eje de la polea y los pines de retención de este.	1 MES	MECANICO
1	A	3	S				N	N	N	N	N	S	Verificar el mecanismo del freno mecánico, reparar la bobina o reemplazar si es necesario.	1 MES	MECANICO

5. CONCLUSIONES

La metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad, agrega valor al departamento de mantenimiento debido a que al estudiar el equipo en los sistemas que conforman se obtiene un conocimiento más detallado sobre el funcionamiento del equipo y así de esta manera poder determinar el plan de mantenimiento y las tareas más asertivas que aumentan la confiabilidad del equipo e impactan en menores costos de mantenimiento.

El estudio de la metodología RCM, permitió despertar el interés del grupo de mantenimiento a nuevas metodologías para la gestión de los activos, ampliando más el conocimiento de los equipos realizando los análisis desde las funciones deseadas por sus usuarios para por asegurar el desempeño óptimo deseado.

A partir del análisis de los modos y efectos de falla y sus efectos de RCM, se obtiene de manera precisa las causas de las fallas y la severidad del impacto a la operación, para así de esta manera poder eliminar tareas innecesarias o reducir su periodicidad aumentando las tareas predictivas y preventivas, elevando la confiabilidad y aumentando la disponibilidad.

El éxito de la implementación de metodología RCM está en el apoyo de la gerencia, y la constante retroalimentación de las fallas funcionales y de los modos de falla no identificados, generando así un registro asociado a los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIZA RINCÓN, Albert Jair. Aplicación de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) a equipos de minería a cielo abierto tomando como piloto la flota de taladros de voladura. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2008.
- BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2017.
- FERNANDEZ VALVERDE, Joaquín Rodrigo. Optimización de sistemas de control de grupos de ascensores en transporte vertical. Universidad de Sevilla 2012. P 45.
- HERNANDEZ AVENDAÑO, Javier Leonardo. Modelo de gestión del mantenimiento basado en RCM para ascensor de discapacitados hidráulico de la empresa FEMM S.A. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2015.
- MILOSLAVICH, Andreas Klein. Definición de fundamentos para el mantenimiento y reserva de repuestos de ascensores a través de SAP, Sartenejas, Universidad Simón Bolívar 2015.
- MIRAVETE, Antonio. Elevadores principios e innovaciones. España, Reverte. 2007
- MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.
- ORTIZ PLATA, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander 2017
- MSG-3,2001, se encuentran en Air Transport Association, Washington, DC
- NASA. Reliability Centered Maintenance Guide or Facilities and Collateral Equipment, 2000. 1-50 p.

NORMA SAE JA 1012

SANCHEZ PEREZ, Diego Alejandro, LOZADA ARIAS, July Andrea. Estructuración del mantenimiento productivo total (tpm) como herramienta de mejoramiento continuo en la línea de inyección de aluminio fábrica de motores y ventiladores siemens s.a, Bogotá d.c.. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas 2013.