



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
EL ASCENSOR DEL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**

AUTOR: Alex Mauricio Amaguaña Moreta

TUTOR: Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

AMBATO – ECUADOR

Abril – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASCENSOR DEL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**, elaborado por el Sr. Alex Mauricio Amaguaña Moreta, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804631404, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2021

Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Alex Mauricio Amaguaña Moreta, con C.I. 1804631404 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el desarrollo del presente proyecto técnico con el tema **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASCENSOR DEL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**, así como también las tablas, los criterios, ideas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de la referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



Alex Mauricio Amaguaña Moreta
C.I. 1804631404
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2021



Alex Mauricio Amaguaña Moreta
C.I. 1804631404
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Alex Mauricio Amaguaña Moreta de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASCENSOR DEL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**.

Ambato, Marzo 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Alejandra Marlene Lascano Moreta
Miembro Calificador

Ing. Mg. Pablo Raúl Valle Velasco
Miembro Calificador

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios, por ser ese ser tan divino quien guía mis pasos todos los días de mi vida, y a la vez por darme la oportunidad de seguir adelante.

A mis padres Miguel y María (+), por darme todo lo que necesite desde niño, por ser mi primera escuela de formación, por ser mi motor de vida y por hacer todo tipo de esfuerzos durante este tiempo para que yo pudiera estudiar esta hermosa carrera. Sin la educación, los valores y el apoyo que me han brindado desde pequeño, no habría sido posible alcanzar este logro.

A mis hermanos Diego, Diana, Edison, Andrés (+) y Ronald, por ser mi apoyo incondicional en toda mi vida estudiantil, porque toda mi fuerza, garra y alegría se los debo a ustedes.

Alex Amaguaña

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Carrera de Ingeniería Mecánica, por darme la oportunidad de conseguir una profesión y ser una persona útil para el desarrollo de la sociedad.

A mi tutor Ing. Christian Castro, por confiar en mí y ayudarme durante estos largos meses en el desarrollo del presente trabajo de titulación; por ser paciente, comprensivo y por estar siempre brindándome su apoyo y su amistad.

Por último, quiero agradecer a mis compañeros de universidad, Christian, Katherine, Denise, Alexander, Enrique, Luis, Juan Carlos, Santiago y Liliana, con quienes he compartido todo tipo de momentos y horas de estudio, por los consejos de aliento y de superación que día a día me brindaban para que yo pueda terminar con éxito esta anhelada etapa de mi vida.

Alex Amaguaña

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
RESUMEN EJECUTIVO	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Investigaciones previas.....	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	4

1.3.	Fundamentación teórica	4
1.3.1.	Generalidades de los Ascensores	4
1.3.1.1.	Definición	5
1.3.1.2.	Funcionamiento	5
1.3.1.3.	Clasificación	5
1.3.1.4.	Partes de un ascensor	12
1.3.1.5.	Normativa	16
1.3.2.	Ascensor electromecánico edificio Carrera de Ingeniería Civil	17
1.3.2.1.	Características técnicas	17
1.3.2.2.	Partes y componentes del ascensor	17
1.3.3.	Generalidades del mantenimiento	29
1.3.3.1.	Definición	29
1.3.3.2.	Objetivos	29
1.3.3.3.	Tipos	30
1.3.4.	Teoría del mantenimiento preventivo	34
1.3.4.1.	Características	34
1.3.4.2.	Actividades primordiales del PM	35
1.3.4.3.	Diseño de un plan de PM	36
1.3.4.4.	Recomendaciones para determinar un plan de PM	36
1.3.5.	Inventario de máquinas/equipos	36
1.3.6.	Dossier técnico de mantenimiento	37

1.3.7.	Fichero técnico de la maquinaria	37
1.3.8.	Análisis AMFE.....	38
1.3.8.1.	Cálculo del índice de prioridad de riesgo (NPR)	39
1.3.8.2.	Definiciones elementales de un AMFE.....	39
1.3.8.3.	Criterios NTP 679.....	40
1.3.9.	Análisis de criticidad	40
1.3.9.1.	Parámetros para evaluar las consecuencias	41
1.3.10.	Bitácoras y gamas de mantenimiento	42
1.3.10.1.	Bitácora	42
1.3.10.2.	Gamas de mantenimiento	43
CAPITULO II.....		45
METODOLOGÍA		45
2.1.	Materiales y recursos.....	45
2.1.1.	Recursos humanos	45
2.1.2.	Recursos materiales	45
2.1.3.	Recursos institucionales	45
2.1.4.	Recursos económicos	46
2.2.	Métodos.....	46
2.2.1.	Nivel o tipo de investigación	47
2.2.1.1.	Explicativo	47
2.2.1.2.	Descriptivo	47

2.2.1.3.	Deductivo	47
2.3.	Actividades directrices para el desarrollo del proyecto	47
2.4.	Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento	48
CAPITULO III.....		49
DESARROLLO DEL PROYECTO.....		49
3.1.	Análisis de la situación actual	49
3.2.	Valoración externa	49
3.3.	Inventario y dossier técnico	50
3.3.1.	Inventario	50
3.3.2.	Dossier técnico	50
3.3.2.1.	Características generales.....	50
3.3.2.2.	Listado de componentes principales	51
3.3.2.3.	Clasificación de los componentes	52
3.3.2.4.	Instrucciones de montaje	53
3.3.2.5.	Normas de seguridad	60
3.3.2.6.	Instrucciones de mantenimiento	64
3.4.	Fichero técnico	65
3.5.	Análisis de datos	66
3.5.1.	Análisis AMFE.....	66
3.5.1.1.	Sistema mecánico	67
3.5.1.2.	Sistema eléctrico.....	73

3.5.1.3.	Sistema electrónico.....	78
3.5.2.	Análisis de criticidad	81
3.5.2.1.	Sistema mecánico	82
3.5.2.2.	Sistema eléctrico.....	84
3.5.2.3.	Sistema electrónico.....	86
3.5.2.4.	Matriz de frecuencia por consecuencia de falla	88
3.6.	Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo	89
3.6.1.	Bitácoras de mantenimiento	90
3.6.1.1.	Sistema mecánico	91
3.6.1.2.	Sistema eléctrico.....	94
3.6.1.3.	Sistema electrónico.....	96
3.6.2.	Gamas de mantenimiento	97
3.6.2.1.	Sistema mecánico	97
3.6.2.2.	Sistema eléctrico y electrónico	101
3.6.3.	Instrucciones para un mantenimiento seguro	103
3.6.3.1.	Instrucciones generales.....	103
3.6.3.2.	Para el personal técnico de mantenimiento	103
3.6.3.3.	Para el personal distinto de la empresa	104
3.6.3.4.	Para los usuarios	104
CAPITULO IV		105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		105

4.1. Conclusiones	105
4.2. Recomendaciones.....	107
BIBLIOGRAFÍA	108
ANEXOS	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ascensor con cuarto de máquinas.....	6
Figura 2. Clasificación ascensores con cuarto de máquinas.	7
Figura 3. Ascensor sin cuarto de máquinas.....	7
Figura 4. Circuitos de instalación ascensor eléctrico.	8
Figura 5. Clasificación ascensores hidráulicos.	9
Figura 6. Pistón bajo la cabina.	9
Figura 7. Pistón en un lateral de la cabina.	10
Figura 8. Tracción indirecta.	10
Figura 9. Clasificación ascensor electromecánico en base a su velocidad.	11
Figura 10. Ascensor electromecánico.	11
Figura 11. Sistema de tracción.	13
Figura 12. Sistema de elevación.....	14
Figura 13. Sistema de paracaídas.	14
Figura 14. Montaje típico de un ascensor.	15
Figura 15. Particularidades de las poleas de tracción.	18
Figura 16. Fuentes de ruido de un ascensor.	19
Figura 17. Bastidor y caja.	20
Figura 18. Partes del contrapeso.	21
Figura 19. Guía rígida en forma de T.....	21

Figura 20. Puertas de embarque.....	23
Figura 21. Circuito de maniobra.	24
Figura 22. Circuito de tracción.....	25
Figura 23. Clasificación de los componentes del circuito de maniobra.....	25
Figura 24. Sistemas de control de un ascensor.	26
Figura 25. Circuito de seguridad.....	27
Figura 26. Sistemas de mantenimiento.	30
Figura 27. Ventajas y desventajas del CM.....	31
Figura 28. Ventajas y desventajas del PM.	32
Figura 29. Ventajas y desventajas del PdM.	33
Figura 30. TPM.	33
Figura 31. Componentes de un plan de mantenimiento.....	35
Figura 32. Principales actividades del PM.....	35
Figura 33. Registro de todos los datos posibles de la máquina/equipo.....	37
Figura 34. Proceso para desarrollar un AMFE.....	38
Figura 35. Modelo de elaboración de un AMFE.....	40
Figura 36. Modelo de una bitácora de mantenimiento.....	43
Figura 37. Modelo gama de mantenimiento diario.	44
Figura 38. Diagrama de flujo para elaborar un plan de mantenimiento preventivo. .	48
Figura 39. Guías de desplazamiento.	54

Figura 40. Dispositivos de elevación.	55
Figura 41. Cables de tracción.....	56
Figura 42. Cuadros de mando y maniobra.	57
Figura 43. Frenos de doble zapata.....	58
Figura 44. Puertas pasillo del ascensor.	59
Figura 45. Placa del interior de la cabina.	60
Figura 46. Capacidad y carga del ascensor.	61
Figura 47. Seguridades del ascensor.	62
Figura 48. Protección de caída del contrapeso.....	62
Figura 49. Proceso de protección para sismos.	63
Figura 50. Retenedor de cables.	63
Figura 51. Actividades de rescate de pasajeros.....	64
Figura 52. Mantenimiento de las guías del ascensor.....	64
Figura 53. Matriz frecuencia por consecuencia de falla.	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Guías metálicas de cabina y contrapeso.....	12
Tabla 2. Tipos de amortiguadores.....	12
Tabla 3. Características técnicas del ascensor.....	17
Tabla 4. Cables empleados para el ascensor.	22
Tabla 5. Parámetros de evaluación de consecuencias.....	41
Tabla 6. Código de colores para jerarquizar el nivel de criticidad.....	42
Tabla 7. Recursos económicos.....	46
Tabla 8. Inventario de máquinas.	50
Tabla 9. Componentes del ascensor.	51
Tabla 10. Clasificación de los componentes.....	52
Tabla 11. Fichero técnico del ascensor.	65
Tabla 12. Análisis AMFE del sistema mecánico del ascensor.....	67
Tabla 13. Análisis AMFE del sistema eléctrico del ascensor.	73
Tabla 14. Análisis AMFE del sistema electrónico del ascensor.	78
Tabla 15. Análisis de criticidad del sistema mecánico del ascensor.....	82
Tabla 16. Análisis de criticidad del sistema eléctrico del ascensor.	84
Tabla 17. Análisis de criticidad del sistema electrónico del ascensor.	86
Tabla 18. Nivel de criticidad sistema mecánico.....	87
Tabla 19. Nivel de criticidad sistema eléctrico.....	87

Tabla 20. Nivel de criticidad sistema electrónico.	87
Tabla 21. Características de los niveles de criticidad.	88
Tabla 22. Matriz frecuencia vs consecuencia (sistema mecánico).	88
Tabla 23. Matriz frecuencia vs consecuencia (sistema eléctrico).	89
Tabla 24. Matriz frecuencia vs consecuencia (sistema electrónico).	89
Tabla 25. Código de colores y frecuencias de mantenimiento.	90
Tabla 26. Bitácora de mantenimiento (sistema mecánico).	91
Tabla 27. Bitácora de mantenimiento (sistema eléctrico).	94
Tabla 28. Bitácora de mantenimiento (sistema electrónico).	96
Tabla 29. Gama de mantenimiento (sistema mecánico).	97
Tabla 30. Gama de mantenimiento (sistema eléctrico y electrónico).	101

RESUMEN

La constante necesidad de disminuir los paros imprevistos de las máquinas/equipos y alargar la vida útil de los mismos, ha permitido crear, mejorar, innovar y adaptar nuevos métodos, planes y programas de mantenimientos altamente dinámicos y amigables con el ser humano y la industria.

Por tal razón, el presente proyecto técnico se desarrolla debido a las necesidades de mantenimiento preventivo que requiere el transporte vertical del edificio de la carrera de Ingeniería Civil de la UTA. Para este estudio se partió de un análisis que contempla el conocimiento de las generalidades del ascensor así como de su funcionamiento; luego se determina cuáles son los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que conforman al ascensor, esto con el objetivo de identificar aquellos que son los más propicios a provocar o a sufrir fallas con el tiempo. Para el análisis de fallas se empleó el análisis AMFE y el análisis de criticidad. De esta manera, tanto las bitácoras y las gamas de mantenimiento fueron desarrolladas conforme a los análisis realizados y de acuerdo a los lineamientos que rigen en la norma UNE-EN 13015:2002+A1:2008. (Mantenimiento de ascensores y escaleras. Reglas para instrucciones de mantenimiento).

Palabras clave: ascensor, mantenimiento preventivo, AMFE, criticidad, bitácora y gamas de mantenimiento.

ABSTRACT

The constant need to reduce unexpected stops of machines/equipment and extending their useful life, has allowed the creation, improvement, innovation and adaptation of new methods, plans and maintenance programs highly dynamics and friendly to humans and the industry.

For this reason, this technical project is developed due to the preventive maintenance needs required by the vertical transport of the building of the Civil Engineering career of the UTA. For this study, we started from an analysis that contemplates the knowledge of the generalities of the elevator as well as its operation; after it is determined which are the mechanical, electrical and electronic components that make up the elevator, this with the aim of identifying those that are the most likely to cause or suffer failures over time. For the failure analysis, the FMEA analysis and the criticality analysis were used. In this way, both the logs and the maintenance ranges were developed in accordance with the analyzes carried out and in accordance with the guidelines that govern the UNE-EN 13015:2002+A1:2008 standard. (Maintenance for lifts and escalators. Rules for maintenance instructions).

Keywords: elevator, preventive maintenance, FMEA, criticality, logs and maintenance ranges.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASCENSOR DEL EDIFICIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”

1.1. Antecedentes investigativos

En los últimos años, el estudio del mantenimiento industrial ha generado enormes avances tecnológicos en la industria, desde mejorar la calidad, brindar seguridad, disminuir los costos y otorgar efectividad a las instalaciones, máquinas y equipos, son algunos de los beneficios que concede una correcta aplicación del mantenimiento.

En la actualidad, el avance tecnológico ha tenido gran auge en el sector industrial, desde el desarrollo de equipos que contribuyen con el cuidado de la salud del ser humano, hasta crear dispositivos tecnológicos que satisfagan las necesidades de los mismos, son algunas de las ventajas que se nos ha otorgado debido a la constante innovación. Por otra parte, si se analiza el avance tecnológico que han gozado los medios de transporte como el automóvil, el bus, los aviones, las motocicletas, los ascensores, etc., se puede decir que gracias a su creación el ser humano ha logrado recorrer grandes distancias en tiempos muy reducidos.

Por todo lo anterior, si se considerara a los ascensores como uno de los medios de transporte más utilizados a nivel global y que debido a la enorme aplicabilidad que han tenido durante los últimos años, se puede decir que han progresado presurosamente

desde su aparición; sin embargo, si se observare nuestro entorno detenidamente, se logra demostrar que existe una infinidad de tipos de ascensores empleados para el transporte vertical de personas, de los cuales varios de ellos prestan su servicio constantemente, pero su ineficiente mantenimiento ha dejado sin funcionamiento a varios de ellos.

El presente trabajo de titulación desarrolla un estudio técnico de los sistemas y componentes que conforman el ascensor, estudios que contribuyen con la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo óptimo para el ascensor que se encuentra instalado en el edificio de la Carrera de Ingeniería Civil de la UTA.

1.1.1. Investigaciones previas

El mantenimiento de los transportes verticales en especial el de los ascensores, es esencial para asegurar su correcto y eficiente funcionamiento, ya que sin éste podrían acontecer un sin número de accidentes. Debido a la excesiva cantidad de accidentes que se han generado por la inexactitud o ineficiente inspección del estado de las instalaciones, máquinas y equipos, se han desarrollado varios trabajos de investigación sobre el presente tema, como es el caso de África Peña, quien fue la persona encargada de desarrollar un proyecto técnico referente a “DISEÑO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO”, en el cual se menciona que un plan de mantenimiento eficiente para un ascensor debe ser elaborado con detenimiento; esto con el objetivo de analizar de manera exhaustiva todos los sistemas y componentes del equipo. Además, se destaca también que varios de los accidentes ocurridos tienen su origen en la no experiencia y el mal trabajo de los operarios, quienes por ahorrar tiempo, en muchas ocasiones revisan superficialmente el estado de los componentes del ascensor [1].

Por otro lado, John Schiavone en su publicación “ELEVATOR AND ESCALATOR MAINTENANCE AND SAFETY PRACTICES”, señala que el mantenimiento efectivo de los ascensores y escaleras mecánicas es esencial para brindar servicios de transporte vertical que sean seguros y confiables, de tal modo que los pasajeros se transporten de manera cómoda y agradable. Además, se indica también que para el correcto funcionamiento de los ascensores y las escaleras mecánicas, la capacitación

del personal, los recursos destinados para su mantenimiento, el plan de mantenimiento empleado, y la habilidad para mantener y reparar los equipos de manera adecuada por parte del personal, es necesario para disminuir en gran medida el aumento de fallas y necesidades de mantenimiento [2].

Según Arias [3], en su trabajo de investigación referente a “ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LA APLICACIÓN DE LA NORMA CPE INEN 018:2013 (CÓDIGO DE SEGURIDAD DE ASCENSORES PARA PASAJEROS. REQUISITOS DE SEGURIDAD) PARA EDIFICIOS CON EQUIPOS DE TRANSPORTE VERTICAL EN LA CIUDAD DE CUENCA”, existen diversas causas que alteran la efectividad del cuidado y mantenimiento que se debe ejecutar al ascensor, como es el caso de la no existencia de empresas que realicen el proceso de mantenimiento de la misma marca del ascensor, así como también, la elevada diferencia de los costos que conlleva hacer el mantenimiento por parte de una empresa que asegura calidad y otros que supuestamente lo hacen. Adicionalmente, Arias asegura que para garantizar si el equipo al cual un pasajero se sube se encuentra en condiciones correctas de funcionamiento, es necesario exhibir un certificado con la información adecuada en la cabina del ascensor, el mismo que debe contener la empresa responsable del mantenimiento, el nombre del inspector, la fecha última de inspección, así como el estado en el que se encuentran los componentes del equipo.

Para Juan Carlos Valdivieso [4], en su tema de investigación denominado “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA EXTRUPLAS S.A” establece que normalmente un plan de mantenimiento se apoya en gran porcentaje en el estudio estadístico de la vida de los elementos, elementos que no solamente pueden ser mecánicos, sino también, eléctricos y demás tipos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el ascensor del edificio de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.2. Objetivos Específicos

- **Desarrollar el fundamento teórico-metodológico en el que se detalle las generalidades, el funcionamiento y mantenimiento del ascensor.**

Se investigará la información necesaria del ascensor con el propósito de recopilar toda la información técnica del estado actual del mismo. A parte de eso, se analizará los sistemas que lo conforman, los subsistemas en caso de haberlo, y los componentes y sus funciones que cumplen.

- **Analizar criterios de modos de fallo de los componentes del ascensor mediante una matriz AMFE y matriz criticidad.**

Para el desarrollo de la matriz AMFE y matriz CRITICIDAD se maneja la norma técnica de prevención (NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE), la cual se encarga de estudiar los diversos modos por los que suelen producirse los fallos, para lo cual se emplea tres variables de estudio como la frecuencia, la severidad (gravedad) y la detectabilidad de la falla. De igual forma, se determinará el índice de prioridad de riesgo, cuyo objetivo es antelarlo la prontitud de la intervención, así como el orden de las tareas preventivas.

- **Realizar la bitácora y gamas de mantenimiento para el ascensor.**

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la elaboración de la bitácora y gamas de mantenimiento establecerán las actividades técnicas que se deben ejecutar en el plan de mantenimiento, actividades primarias que por lo general se lo suele dividir en tareas de ciclo diario, mensual y anual, las mismas que ayudarán a evitar posibles fallos y/o averías que se pueden ocasionar.

1.3. Fundamentación teórica

1.3.1. Generalidades de los Ascensores

En la actualidad, los ascensores cumplen un papel importante en la movilización vertical de personas. Generalmente, este medio de transporte puede cambiar su sistema de funcionamiento de acuerdo a los requerimientos del personal encargado de la

construcción de edificaciones. Cabe recalcar, que el principio de funcionamiento de los ascensores es igual para todos; sin embargo, es necesario aclarar que tanto su velocidad y capacidad para transportar personas cambian de un tipo a otro [5].

1.3.1.1. Definición

Un ascensor es un medio de transporte vertical creado con el objetivo de trasladar personas o cargas a distinto nivel. Generalmente, se emplea para subir o bajar edificaciones. Además, su estructura está formada por componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos. En el transcurso de los años, el ascensor ha evolucionado constantemente, desde el inventó del ascensor seguro por parte de Elisha Graves Otis en el año de 1853, hasta los ascensores de última generación, cuya eficiencia es eminente y por ende conciben energía utilizable para la edificación [5], [6].

1.3.1.2. Funcionamiento

El principio de funcionamiento de los ascensores se basa en el empleo de un sistema de componentes tanto mecánico, eléctrico como electrónicos que generan movimientos de subida y bajada; para lo cual, la utilización del cuadro de maniobra del ascensor tiene como función principal la ejecución de los requerimientos que el usuario/pasajero solicita. Una vez recibido los requerimientos emitidos por parte del usuario, el sistema electrónico almacena y transporta la información solicitada al grupo tractor. El grupo tractor sube o baja la cabina a través de cables de tracción, los mismos que se encuentran enganchados a la cabina, al contrapeso y al grupo tractor. El contrapeso es colocado en la parte trasera de la cabina, y gracias a la fuerza de la gravedad se logra producir el movimiento [5].

1.3.1.3. Clasificación

A medida que transcurre el tiempo, el avance tecnológico en los medios de transporte como en los ascensores ha generado diversos sistemas de transporte vertical. Estos avances están basados en el aumento del ahorro energético, en la reducción de la presencia de vibraciones, en brindar confort al pasajero, y en hacer de ellas máquinas ambientalmente sostenibles [5].

Por lo general, a los ascensores se los clasifican de acuerdo al funcionamiento y a las características que poseen. Por ejemplo:

a) Ascensores con cuarto de máquinas

La ubicación de todos los mecanismos de tracción en un cuarto especial de máquinas, es una de las particularidades más representativas de este tipo de ascensores. Generalmente, ese cuarto se sitúa en la parte más elevada del hueco en el que se desliza el ascensor. Cabe recalcar, que los componentes mecánicos y los dispositivos eléctricos y electrónicos que se deberán de instalar en el cuarto de máquinas, obedecerán invariablemente al diseño de cada fabricante [1].

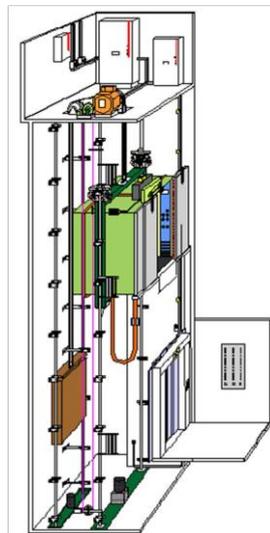


Figura 1. Ascensor con cuarto de máquinas.

Fuente: [1]

Es importante también mencionar, que en el cuarto de máquinas no se debe instalar equipos innecesarios que puedan alterar el funcionamiento del mismo. Ahorrar espacio e impedir la generación del calor, son dos de los aspectos positivos que se debe conseguir [1].

En cuanto al funcionamiento, es propicio indicar que el desplazamiento realizado por el elevador es posible debido a los cables de acero que pasan sobre una rueda acoplada a un motor eléctrico por arriba del hueco del ascensor. A continuación, se citan dos tipos de los mencionados ascensores [7].

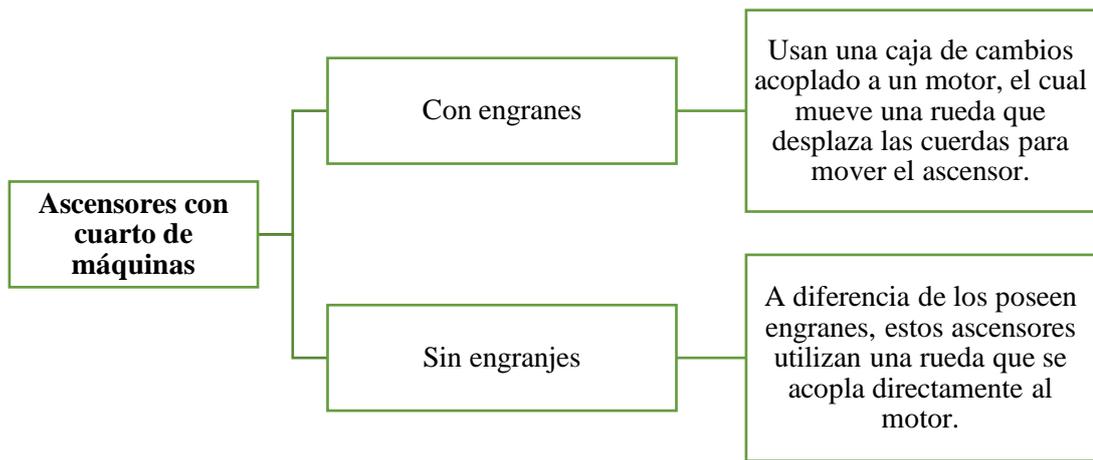


Figura 2. Clasificación ascensores con cuarto de máquinas.

Fuente: [7]

b) Ascensores sin cuarto de máquinas

A diferencia de los ascensores que tienen cuarto de máquinas, estos ya no lo poseen; sin embargo, las cajas de control se ubican en una sala situada en un costado de la puerta del ascensor, específicamente la del último nivel (parada). Actualmente, son muy utilizados debido a que el espacio que se debiera de emplear para el cuarto de máquinas, ahora se lo destina para otros fines [7], [8].

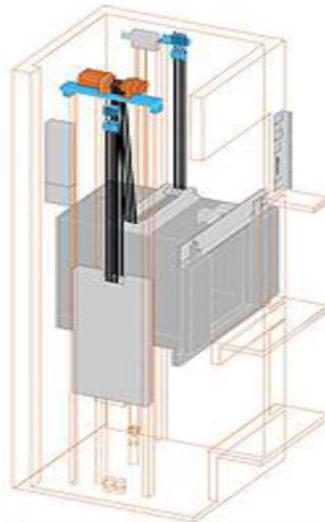


Figura 3. Ascensor sin cuarto de máquinas.

Fuente: [7]

Para el montaje de estos ascensores se ocupan motores sin engranes (conocidas también como gearless), o motores que poseen imanes permanentes. Hoy en día, son muy utilizados por su eficiencia energética, por su costo reducido, y porque el consumo de energía es bajo [7], [8].

c) Ascensores eléctricos

Estos ascensores están compuestos por un motor eléctrico (por lo general los de corriente alterna CA, o también los de corriente continua CC con convertidor de continua a alterna), el cual es conectado a un reductor de velocidad. En el eje de salida del reductor se conecta una polea (de preferencia acanalada) con el objetivo de halar los cables mediante adherencia [5].

Por lo general, debido a la alta exigencia de confort que posee este tipo de máquinas, se los ha destinado para el uso en hoteles, hospitales, etc., o en aquellas edificaciones con más de seis niveles. Ahora, si analizamos los circuitos que componen la instalación del ascensor eléctrico, podemos indicar los siguientes [8], [5]:

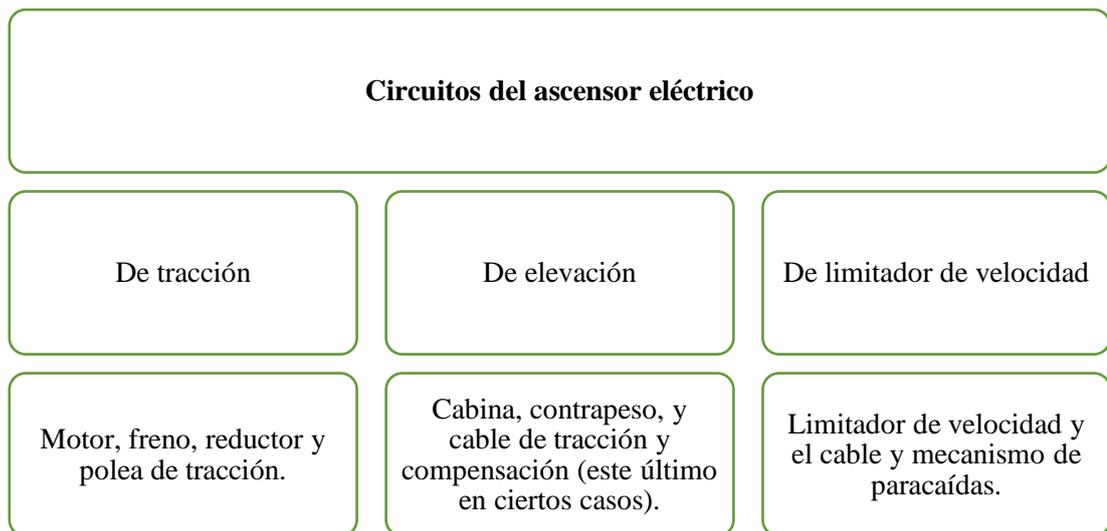


Figura 4. Circuitos de instalación ascensor eléctrico.

Fuente: [5]

Por otra parte, para la instalación fija se emplean las guías por donde se desliza el ascensor, las poleas, los amortiguadores, las puertas de acceso y el cuarto de máquinas [5].

d) Ascensores hidráulicos

En este tipo de ascensores, la energía requerida para el ascenso de la carga se transfiere a través de una bomba con motor de accionamiento eléctrico, el cual envía un fluido hidráulico (aceite) a un cilindro que opera de forma directa o indirectamente sobre la cabina. Estos ascensores se clasifican de acuerdo al tipo de tracción que se usa para subir o bajar la cabina [9].

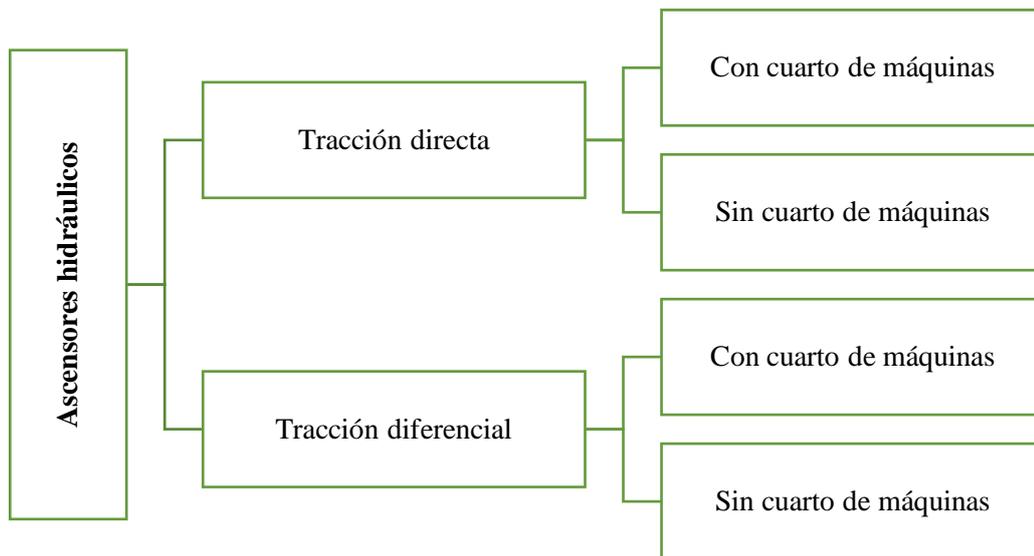


Figura 5. Clasificación ascensores hidráulicos.

Fuente: [9]

- Tracción directa: una de las características principales que poseen estos ascensores es la ubicación del pistón en el chasis de la cabina, el cual puede estar ubicado en un lateral o bajo la misma [9].

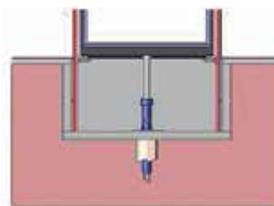


Figura 6. Pistón bajo la cabina.

Fuente: [9]

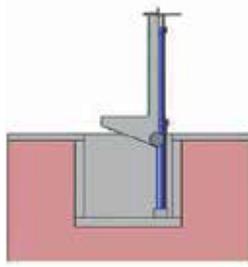


Figura 7. Pistón en un lateral de la cabina.

Fuente: [9]

- Tracción indirecta: estos ascensores no poseen un pozo hondo para su instalación, ya que el pistón se sitúa en la parte lateral del hueco. A comparación de los de impulsión directa, estos tipos se usan para ascensores que gocen de largos recorridos. Su característica principal es el uso de un sistema de cables y una polea que doblan el recorrido de la cabina [9].

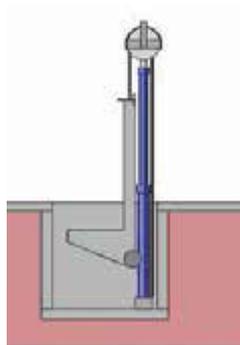


Figura 8. Tracción indirecta.

Fuente: [9]

e) Ascensores electromecánicos

En la actualidad, este tipo de ascensores son muy usados para edificaciones destinadas a viviendas de uso multifamiliar. Básicamente, su instalación puede ser con o sin cuarto de máquinas [9]. Por otra parte, el movimiento vertical que realizan estos ascensores se debe a la tracción que se realiza por medio de un motor eléctrico y de una polea. Por la polea se engancha un cable de tracción, para posteriormente ser arrastrado y así mover la cabina y el contrapeso [10].

Por consiguiente, si se clasificará a los ascensores electromecánicos en función de su velocidad, se podría citar los siguientes:

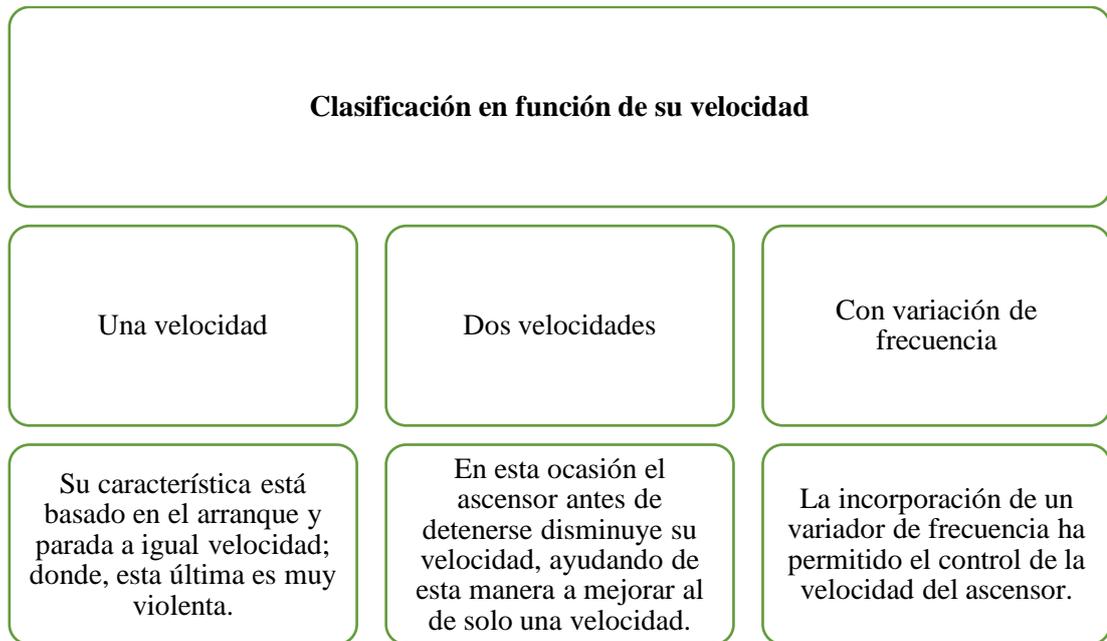


Figura 9. Clasificación ascensor electromecánico en base a su velocidad.

Fuente: [9]



Figura 10. Ascensor electromecánico.

Fuente: [10]

1.3.1.4. Partes de un ascensor

- Hueco del ascensor, el cual se encuentra conformando por el área cerrada (zona por donde se mueve la cabina y el contrapeso), las puertas de acceso y las guías metálicas por las cuales se desplazan la cabina y el contrapeso [5].

Tabla 1. Guías metálicas de cabina y contrapeso.

Guías metálicas
2 para guiar la cabina
2 para guiar el contrapeso
De preferencia, guías de acero estirado
Prohibición, manipular sistemas de paracaídas como soportes de guía

Fuente: [5]

- Foso: es la parte inferior por debajo del último nivel de parada del ascensor. Cabe destacar, que el piso del foso debe ser liso y totalmente nivelado. En el foso se instalan los amortiguadores que permiten suavizar la bajada de la cabina en caso de producirse fallo alguno de ciertos mecanismos que conforman al ascensor. Los amortiguadores son ubicados específicamente en el extremo inferior del trayecto de la cabina y del contrapeso [5].

Tabla 2. Tipos de amortiguadores.

Tipo	Velocidad
De disipación de energía	Para distintas velocidades
De acumulación de energía	Hasta 1 m/s
De acumulación de energía con retorno	Hasta 1.6 m/s

Fuente: [5]

a) Sistema de tracción

Está compuesto por un motor eléctrico, frenos de tipo electromecánico, transmisión mediante tornillo sinfín y corona, una polea para tracción y otra desviadora, una

carcasa metálica y ejes y apoyos tanto para el tornillo sinfín y corona y para los rodamientos [5].

b) Sistema de elevación

Este sistema se compone inicialmente por los cables de acero que permiten suspender la cabina y el contrapeso; luego tenemos a la cabina que es el habitáculo en el cual suben o bajan las personas o las cargas que se desean mover. Finalmente tenemos al contrapeso que es el encargado de estabilizar la mitad de la carga a transportar y el peso de la cabina sin carga [5].

c) Sistema de paracaídas

En cuanto a este sistema, el cable de accionamiento de paracaídas, el limitador de velocidad, el mecanismo de paracaídas y la polea tensora, componen las partes esenciales del circuito [5].

d) Sistemas auxiliares

La instalación eléctrica, el circuito de seguridad y alumbrado así como el sistema de control, son las partes principales que engloban este sistema [5].

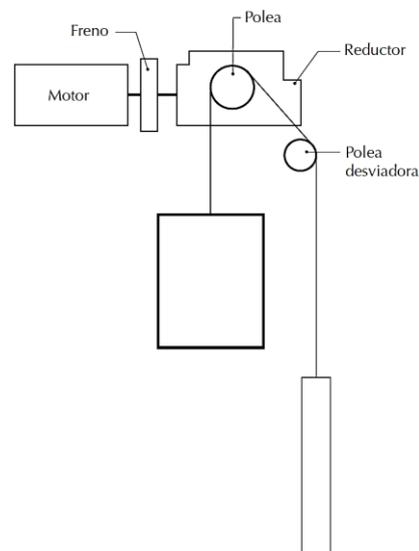


Figura 11. Sistema de tracción.

Fuente: [5]

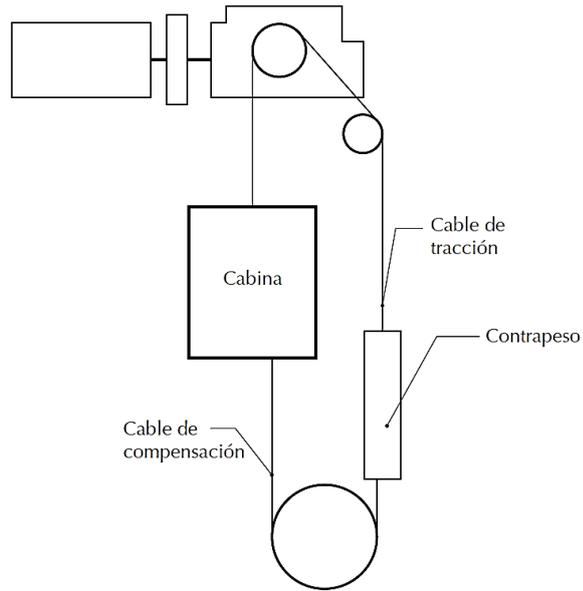


Figura 12. Sistema de elevación.

Fuente: [5]

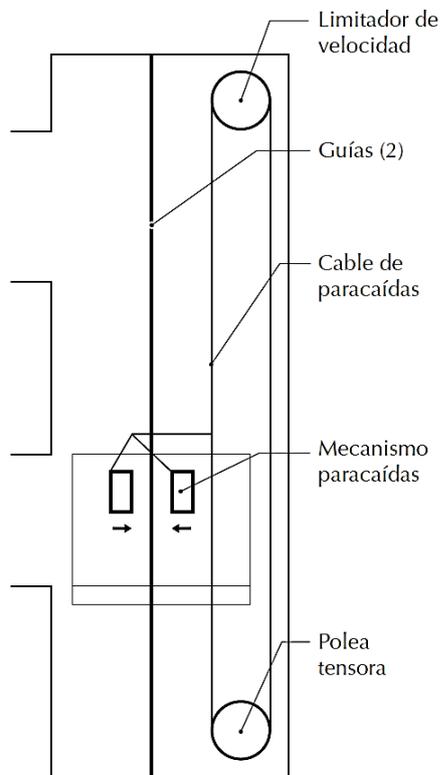


Figura 13. Sistema de paracaídas.

Fuente: [5]

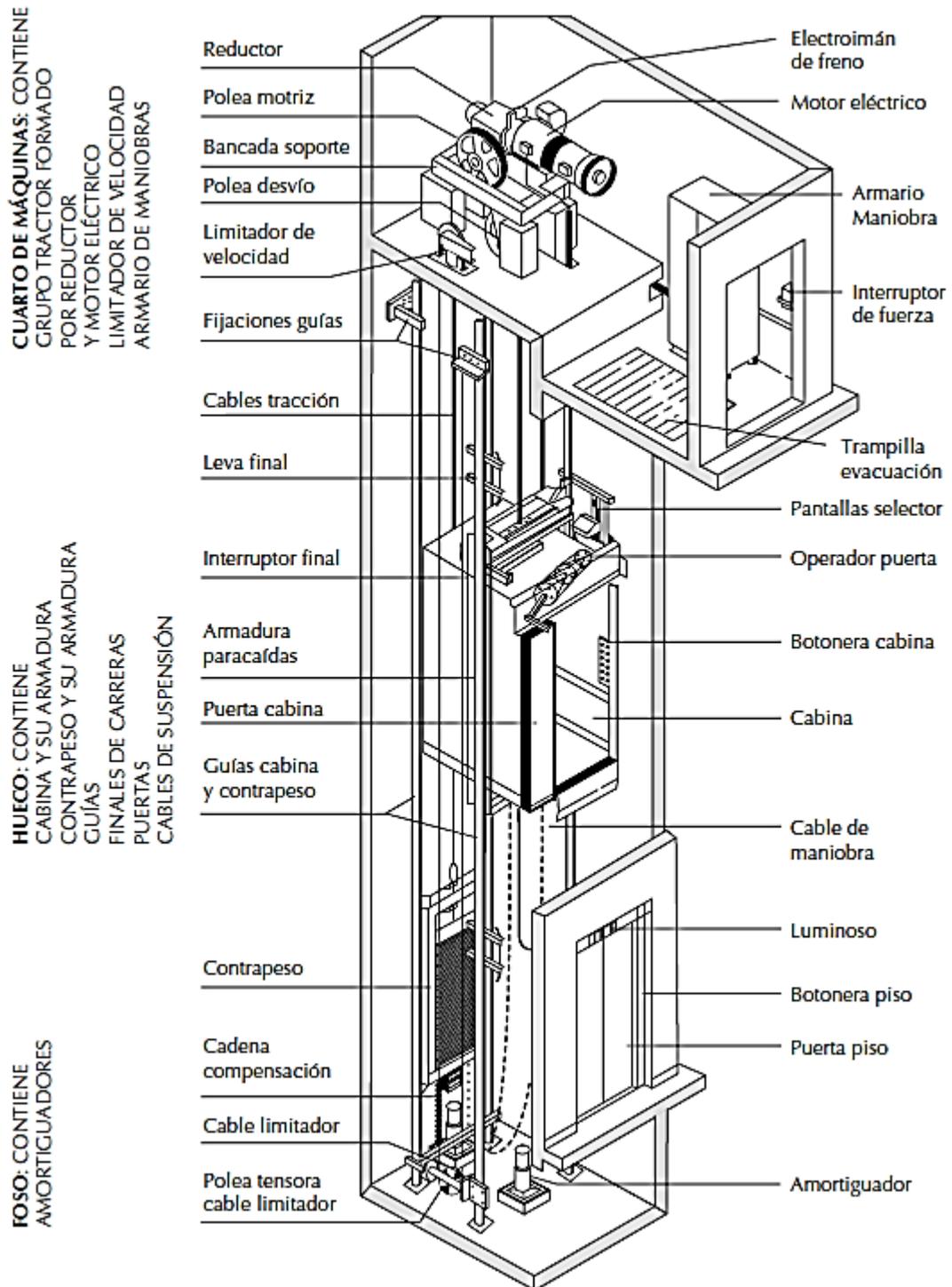


Figura 14. Montaje típico de un ascensor.

Fuente: [5]

1.3.1.5. Normativa

En cuanto a la normativa, es imprescindible citar las normas y códigos empleados para la instalación, mantenimiento, seguridad, evaluación y reducción de riesgos en los ascensores.

1.3.1.5.1. Normativa de referencia global

- Norma ASME A17.1/CSA B44-2016. Handbook on safety code for elevators and escalators.
- Norma NFPA 101. Código de seguridad humana. Capítulo 9, Sección 9.4: Ascensores, escaleras mecánicas y transportadores.

1.3.1.5.2. Normativa española

- Norma UNE-EN 81-20:2020. Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Ascensores para el transporte de personas y cargas. Parte 20: Ascensores para personas y personas y cargas.
- Norma UNE-EN 81-70:2018. Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Aplicaciones particulares para los ascensores de pasajeros y de pasajeros y cargas. Parte 70: Accesibilidad a los ascensores de personas, incluyendo personas con discapacidad.
- Norma UNE-EN 13015:2002+A1:2008. Mantenimiento de ascensores y escaleras. Reglas para instrucciones de mantenimiento.

1.3.1.5.3. Normativa local

- Código CPE INEN 18:2013. Código de seguridad de ascensores para pasajeros. Requisitos de seguridad.
- Norma NTE INEN-ISO 4190-1. Instalación de ascensores. Parte 1: Ascensores de las clases I, II, III, y VI (ISO 4190-1:2010, IDT).
- Norma NTE INEN-ISO 14798. Ascensores, escaleras mecánicas y andenes móviles. Metodología de la evaluación y de la reducción de riesgos (ISO 14798:2009, IDT).

1.3.2. Ascensor electromecánico edificio Carrera de Ingeniería Civil

A continuación, se detallará las características e información técnica del ascensor del edificio de la Carrera de Ingeniería Civil (Anexo 2).

1.3.2.1. Características técnicas

Tabla 3. Características técnicas del ascensor.

Ascensor edificio de la Carrera de Ingeniería Civil	
Tipo	Electromecánico
Marca	KEYCO
Capacidad	800 Kg
Carga	10 Pasajeros
Velocidad nominal	1 m/s
Número de paradas	3
Con o sin sala de máquinas	Sin
Obra civil	Si

Fuente: El autor

1.3.2.2. Partes y componentes del ascensor

Las partes y los componentes (mecánicos, eléctricos y electrónicos) que conforman el ascensor electromecánico marca KEYCO, y a la vez permiten su correcto funcionamiento son:

1.3.2.2.1. Partes mecánicas

a) Motor síncrono de imanes permanentes

Es uno de los componentes más importantes y novedosos de este tipo de ascensores, ya que está diseñado con el objetivo de ser instalado únicamente en la pared del hueco del ascensor y fijado a través de guías sobre una base metálica. No requiere de un cuarto de máquinas. Posee un tipo de tracción de disco compacto, el cual está constituido por un motor axial sin transmisión con excitación magnética permanente.

El consumo de energía empleado para su funcionamiento es bajo, esto debido al no solicitar de un reductor mecánico. Son motores que ya no disponen de engranes para realizar su trabajo [5].

b) Freno

El tipo freno que emplea este ascensor es electromagnético. Estos frenos son de doble zapata con sistema de frenado monitoreado por el control. En cuanto a su funcionamiento, emplean un tambor de freno que por lo general va montado en el mismo eje del reductor (en ciertos casos). Las dos zapatas son empujadas fuertemente del tambor debido a la no existencia de tensión por parte de los resortes ubicados en el mecanismo. Para apartar las zapatas del tambor se debe poner en tensión el electroimán que los acciona; por lo tanto, si no existe tensión, el grupo tractor está frenando [5].

c) Poleas de tracción

Estas poleas están diseñadas con el propósito de soportar los esfuerzos que le transfiere los cables. Las particularidades que las definen a las poleas encargadas de arrastrar los cables son las siguientes:

Su diámetro	El perfil de sus canales	El material del cual están elaborados
<ul style="list-style-type: none"> • Está en función de la velocidad a la que se desplaza la cabina. • La duración del cable aumenta cuando mayor sea la relación entre el \varnothing_{polea} y el \varnothing_{cable}. 	<ul style="list-style-type: none"> • El perfil de las poleas tiene relación directa con la vida útil de los cables. • Los perfiles más usados son los de tipo semicircular y los trapezoidales. 	<ul style="list-style-type: none"> • La fundición de hierro gris es el material más utilizado para la fabricación de las poleas. • Este material tiene la resistencia necesaria para aguantar la presión que ejerce el cable sobre el canal de la polea.

Figura 15. Particularidades de las poleas de tracción.

Fuente: [5]

d) Elementos de amortiguación y aislamiento de ruido

Cuando un ascensor es puesto en marcha, generalmente se producen diversos sonidos que emiten los diferentes componentes que lo conforman. Las 3 fuentes principales que originan ruido en un ascensor:

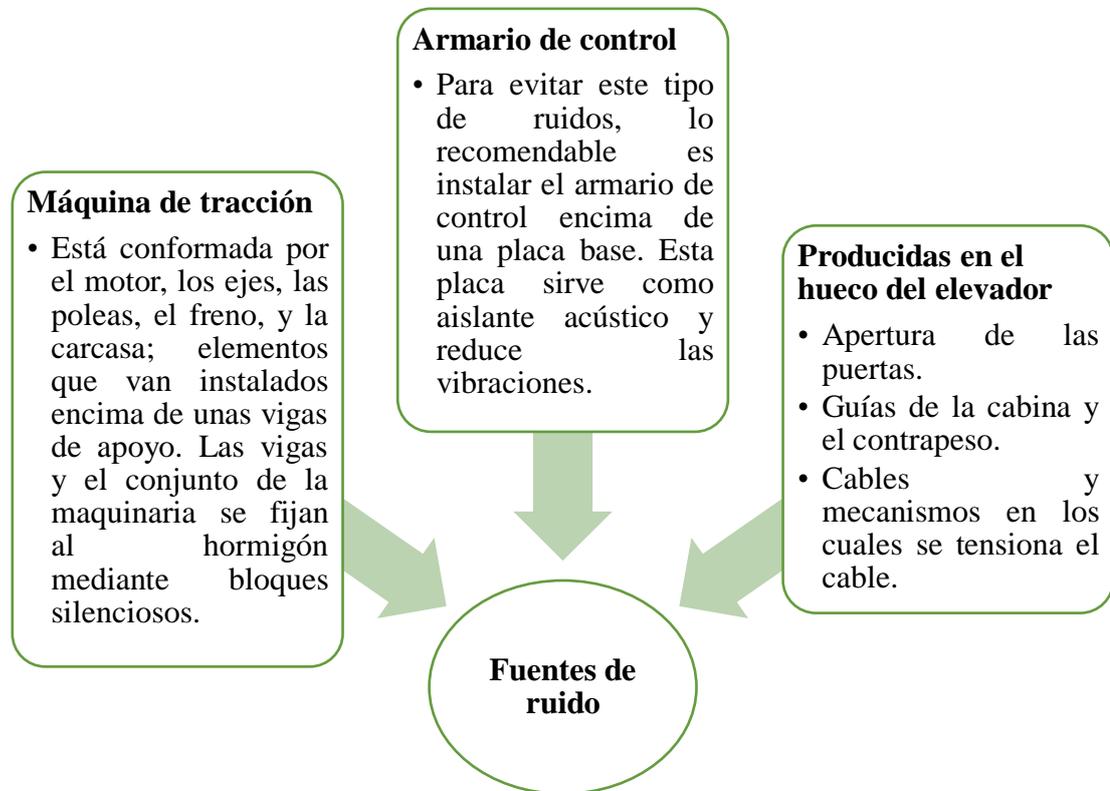


Figura 16. Fuentes de ruido de un ascensor.

Fuente: [5]

e) Cabina

Habitáculo portante del ascensor formado principalmente por una armadura (bastidor) y una caja. Durante el diseño y fabricación de la cabina, es importante considerar que la calidad de ventilación sea la suficiente para aquellos pasajeros quienes lo ocupan. Es necesario también, que la cabina tenga una iluminación apropiada para cuando esta se encuentre en funcionamiento o cuando las puertas estén abiertas. De igual manera, la existencia de una iluminación de socorro es necesario para cuando exista algún tipo de emergencia [5].

El bastidor es una armadura resistente elaborada a partir del acero. A este componente, se fija o se sujeta el mecanismo de paracaídas y los cables de suspensión. Una de las características fundamentales de los bastidores es que deben ser robustos, esto con el objetivo de soportar cargas normales y las que puedan generarse al poner en funcionamiento el paracaídas [5].

En cuanto a la caja, esta debe ser montada en el bastidor. La caja debe ser totalmente cercada por paredes, piso y techo, a excepción de la abertura. Los materiales empleados para la elaboración de las paredes, piso y techo deben ser incombustibles y de excelente resistencia mecánica [5].

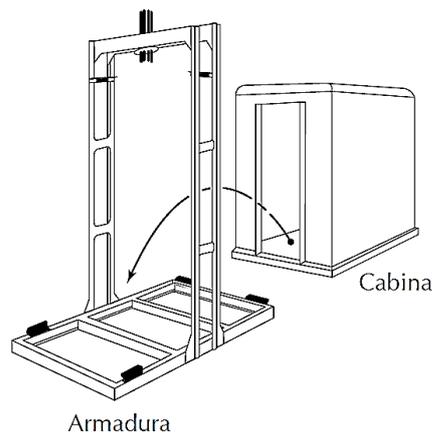


Figura 17. Bastidor y caja.

Fuente: [5]

f) Contrapeso

La función que cumple este componente es equilibrar el peso de la cabina y de una parte de la carga nominal. Debido al equilibrio que genera el contrapeso se logra disminuir el peso que debe tirar el grupo tractor. Por otra parte, se utiliza un cable de compensación (cable que conecta la cabina y el contrapeso) si el edificio es de gran altura; y si el edificio no es muy alto no se utiliza [5].

Por lo general, los contrapesos están compuestos por pesas hechas de hormigón o de fundición. Estas pesas deben estar fijadas a dos guías de acero o a un bastidor. Las uniones o empalmes del bastidor se lo pueden hacer mediante remaches, soldadura, pernos, pasadores, etc., los mismos que garantizan seguridad [5].

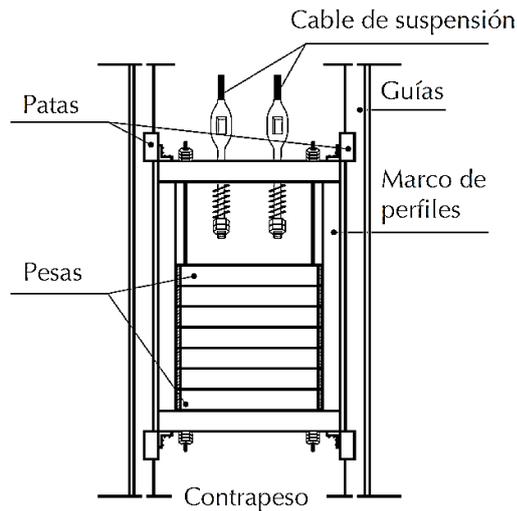


Figura 18. Partes del contrapeso.

Fuente: [5]

g) Guías y fijación de guías

La función de las guías es llevar a la cabina y al contrapeso por su trayectoria correcta. Estas guías deben estar alineadas correctamente y de igual forma, deben ser elaboradas de un material resistente. En cuanto al tipo de guías utilizadas para desplazar a la cabina y al contrapeso se emplean las guías rígidas en forma de T. Estas guías pueden ser apoyadas al edificio mediante bridas, o a su vez también pueden ser suspendidas. Lo más recomendable es instalar guías suspendidas que faciliten el mantenimiento [5].

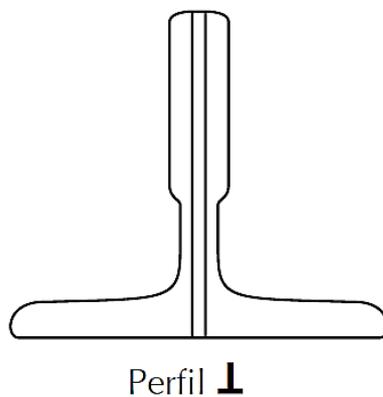


Figura 19. Guía rígida en forma de T.

Fuente: [5]

Además, es necesario mencionar que por ningún motivo los cables tensados empleados para desplazar el contrapeso deben realizar oscilaciones bruscas durante el ascenso y descenso del mismo; y de igual forma, no debe existir contacto alguno con las paredes del recinto en el cual se aloja el ascensor [5].

Por consiguiente, tanto en la parte superior e inferior de la cabina y del contrapeso se debe instalar unos apoyos que permita enlazar el componente móvil (cabina y contrapeso) con las guías respectivas. Los tipos de apoyos utilizados comúnmente son los deslizantes (para velocidades inferiores a 2 m/s) y los de rodillos (para ascensores de elevada velocidad, y en ciertos casos, para los de baja velocidad) [5].

h) Cables

Tabla 4. Cables empleados para el ascensor.

Cables para el ascensor					
Cables	Tipo de ascensor	Denominación	Diámetro (mm)	Altura (m)	Garganta de polea
De tracción	Estándar	8X19 Seale+mixta	8 – 20	Hasta 200	Cualquier tipo
	Altas prestaciones	8X19 Seale+1	8 – 22	Cualquiera	No en V, endurecida
	Bajas prestaciones	6X19 Seale+1	6 – 16	Hasta 50	No entalla ancha
		6X19 W+1	8 – 16		
		6X25 F+1	13 – 16		
De compensación	Estándar	6X19 Seale+1	8 – 20	Hasta 200	Cualquier tipo
	Altas prestaciones	6X36 W S+1	20 – 36	Cualquiera	Cualquier tipo
	Bajas prestaciones	6X25 F+1	13 – 16	Hasta 50	No entalla ancha
De limitador de velocidad	Estándar y de altas prestaciones	6X19 Seale+1	6 – 16	Hasta 50	No entalla ancha
	Bajas prestaciones	6X19 W+1	6 – 8	Hasta 50	No entalla ancha

Fuente: [5]

En la práctica, tanto la cabina como el contrapeso se encuentran suspendidos mediante cables de acero. Para un ascensor, por lo general se usan cables de tracción, de compensación y de limitador de velocidad [5].

Los cables más usados en la industria del ascensor son los de tipo Seale. Este tipo de cables poseen una enorme resistencia a la rotura por abrasión, ya que usualmente en una instalación de ascensor existe gran tendencia al desgaste por fricción. Son cables gruesos y no muy complejos de fabricar [5].

i) Puertas de embarque

Las puertas de embarque están compuestas por la puerta de pasillo y la propia puerta de la cabina. En cuanto a los accesos al ascensor, tanto los niveles de entrada y salida de la cabina habrán de estar equipados correctamente con puertas de pasillo de excelente resistencia mecánica. Los accesos al ascensor deben tener la iluminación adecuada para que el pasajero pueda ver. Usualmente, la iluminación empleada para los ascensores es de tipo natural o artificial. Por ningún motivo, la iluminación en los ascensores debe ser menor a 150 lux [5].



Figura 20. Puertas de embarque.

Fuente: [5]

1.3.2.2.2. Partes eléctricas

a) Circuito de maniobra

Pulsadores	<ul style="list-style-type: none">• Los pulsadores se instalan en las botoneras; y tienen como función principal la de emitir instrucciones del usuario o pasajero al sistema operativo del ascensor.
Interruptores y conmutadores	<ul style="list-style-type: none">• Además de los interruptores empleados en el circuito de tracción, se emplean otros interruptores y conmutadores que permiten generar variaciones en el circuito de maniobra.
Relés	<ul style="list-style-type: none">• Son dispositivos electromagnéticos que sirven para abrir o cerrar circuitos a distancia.
Transformadores	<ul style="list-style-type: none">• Para los ascensores, su función es la de transformar las tensiones de alimentación. Generalmente, las tensiones utilizadas son de 220 o 380 V entre fases; las cuales, son demasiado peligrosas de manipular.
Rectificadores	<ul style="list-style-type: none">• Los rectificadores ayudan a transformar la CA a CC. Esto se hace debido a los problemas de magnetismo remanente, ruidos molestos generados por los inversores y relés, y al calentamiento de las bobinas que ocasiona la utilización de CA.
Diodos	<ul style="list-style-type: none">• Los diodos en los ascensores cumplen dos funciones específicas: la primera es dar paso a la corriente en un sentido y obstaculizarlo en sentido contrario; y la segunda es modificar la CA.
Transistores	<ul style="list-style-type: none">• Son dispositivos electrónicos que ayudan a mantener el control y a regular el nivel de corriente a través de señales relativamente pequeñas. Los transistores NPN y PNP son los más utilizados para los ascensores.
Tiristores	<ul style="list-style-type: none">• Son dispositivos semiconductores que controlan el valor de tensión.

Figura 21. Circuito de maniobra.

Fuente: [5]

b) Circuito de tracción

Contadores	<ul style="list-style-type: none">•Se usan para cerrar el circuito del motor del grupo tractor, esto después de entrar el inversor que especifica el sentido de giro del motor.
Inversores	<ul style="list-style-type: none">•Se utilizan para invertir el sentido de giro de los motores. Generalmente, los motores trifásicos son los más usados en la industria del ascensor; y en cuanto al tipo de inversor utilizado son los bipolares.
Guardamotors	<ul style="list-style-type: none">•Son dispositivos que contribuyen con la protección de los contactores en caso de producirse una sobrecarga. Estas sobrecargas suelen producirse en los devanados de los contactores debido a la falta de una fase, o en algunos casos, por sobrecargar la cabina.
Interruptores	<ul style="list-style-type: none">•Son dispositivos que se instalan en el circuito de tracción; esto, con la finalidad de poner en funcionamiento o no, todo el circuito eléctrico del ascensor.

Figura 22. Circuito de tracción.

Fuente: [5]

A continuación, se efectúa una clasificación de los componentes que conforma el circuito de maniobra en función de la tarea que desempeñan [5].

Dispositivos que emiten órdenes	<ul style="list-style-type: none">•Pulsadores, interruptores y conmutadores.
Dispositivos que efectúan órdenes	<ul style="list-style-type: none">•Transformador, rectificador, guardamotor, contactor de corte de la alimentación del motor, inversores, contactor de la maniobra de las puertas automáticas.

Figura 23. Clasificación de los componentes del circuito de maniobra.

Fuente: [5]

1.3.2.2.3. Partes electrónicas

a) Sistemas de control

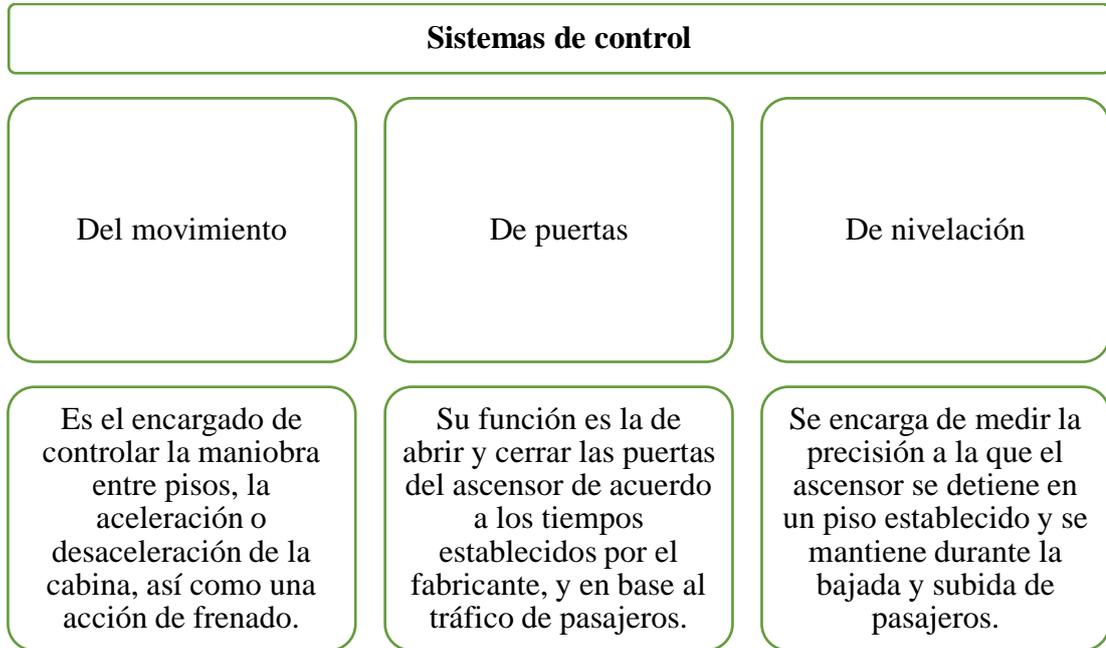


Figura 24. Sistemas de control de un ascensor.

Fuente: [5]

Estos sistemas permiten controlar el funcionamiento del ascensor de una manera más eficiente. En la industria del ascensor, el término control de movimiento hace referencia al equipamiento que establece las particularidades propias en cuanto al funcionamiento de un determinado ascensor; es decir, que mediante este control se examina la velocidad a la que el ascensor se desplaza de un piso a otro, la velocidad y el tiempo a la que se abren y se cierran las puertas, el tiempo que tardan los pasajeros en ingresar y salir de la cabina, etc. [5]

1.3.2.2.4. Componentes de seguridad

Hoy por hoy, en todos los ascensores se coloca un circuito de seguridad. Su objetivo es el de inmovilizar a la cabina en caso alguno de que está tome una velocidad mayor a la que debiera de movilizarse. Por lo general, este circuito se compone de un cable de limitador de velocidad, el cual se encarga de recorrer un circuito cerrado que se

compone de una polea superior o de limitador y una inferior o de tensado. El cable de limitador se lo debe de fijar a la cabina, esto con la finalidad de que cuando el ascensor se movilice a la velocidad a la que se instaló, el cable se mueva a través de las poleas a una velocidad idéntica al de la cabina [5].

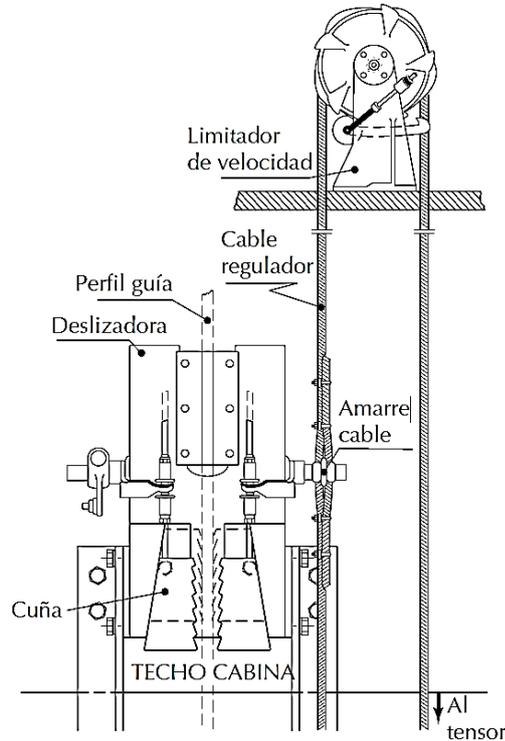


Figura 25. Circuito de seguridad.

Fuente: [5]

A continuación, se enlista los dispositivos de seguridad que se emplean para disminuir los accidentes que pueden ocurrirse debido a la existencia de fallos o roturas en algún componente del ascensor [5].

a) Limitadores de velocidad

Los limitadores entran en funcionamiento cuando la velocidad a la que se mueve la cabina no es la adecuada respecto a la que recomienda el fabricante; es decir, excede más de lo normal. Generalmente, los limitadores de velocidad son aparatos que se suelen instalar en el cuarto de máquinas, conjuntamente con ciertas poleas por donde se desplaza un cable de acero [5].

b) Paracaídas

El funcionamiento del paracaídas es similar al de los limitadores de velocidad; es decir, se ponen a trabajar cuando la cabina adquiere velocidades superiores a lo normal. Su funcionamiento empieza cuando el cable de limitador de velocidad se tensa, lo que ocasiona que el mecanismo del paracaídas bloquee la cabina. Habitualmente, el paracaídas se fija al bastidor de la cabina y/o a las guías del contrapeso [5].

c) Amortiguadores

La función de los amortiguadores es el de frenar a la cabina o el contrapeso cuando estos llegan al final del recorrido con una velocidad mayor a la nominal; pero, que no es suficiente para activar el limitador de velocidad. Por lo general, para ascensores de baja velocidad (≥ 0.60 m/s) se recomienda utilizar amortiguadores elásticos, para aquellos cuya velocidad es ≥ 1.75 m/s se recomienda los de resorte, y para cualquier caso se utiliza los hidráulicos [5].

Ahora, de acuerdo a la norma EN 81-1 los amortiguadores empleados para ascensores de velocidad nominal ≥ 1 m/s son los de acumulación de energía, para los de velocidad ≥ 1.6 m/s se recomienda los de acumulación de energía con amortiguación del movimiento de retorno, y para cualquier velocidad lo aconsejable es usar los de disipación de energía [5].

d) Protección de las máquinas

La instalación de las protecciones en la máquina, se realiza con el objetivo de salvaguardar la vida del personal encargado de ejecutar el mantenimiento del ascensor. De no existir estas protecciones, hay la posibilidad de que el personal se pueda golpear, o su vestimenta se quede enganchada en ciertos componentes giratorios. En cuanto a la protección de los componentes de un ascensor, se recomienda proteger [5]:

- Ejes salientes
- Correas, cintas y cadenas
- Limitadores de velocidad
- Tornillos en los ejes

- Chavetas
- Engranajes y piñones
- Tambores de freno
- Poleas de tracción
- Piezas redondas y lisas
- Volantes de maniobra

Los cuatro últimos componentes por lo menos se recomienda pintarlos parcialmente de color amarillo [5].

1.3.3. Generalidades del mantenimiento

El estudio del mantenimiento industrial surge debido a la necesidad de salvaguardar el correcto funcionamiento de los equipos y el buen estado de las máquinas. Su constante evolución ha permitido mantener los activos de una empresa en condiciones sumamente adecuadas para el trabajo, procurando que la vida útil de los mismos, sea la máxima posible a un costo menor [11], [12].

1.3.3.1. Definición

Al mantenimiento se lo define como la inspección/control constante del estado en el que se encuentran las instalaciones (productivas, auxiliares y de servicios), así como el conjunto de acciones (reparación, revisión) necesarias para garantizar que las máquinas o equipos se encuentren en excelentes condiciones de funcionamiento; es decir, que estén lo más próximo a su estado teórico o nominal. Recordemos que, el estado teórico o nominal de una máquina o equipo es aquel estado operativo que debe tener cuando estos salen de fábrica [12], [13].

1.3.3.2. Objetivos

- Disminuir las fallas o paradas imprevistas de las instalaciones, máquinas o equipos, y los costos económicos incorporados a ellas [13].
- Garantizar que las instalaciones, máquinas y equipos trabajen de forma segura, de tal forma que la seguridad del personal implicado en la producción, así como en el manejo de las máquinas/equipos sea confiable [13].

- Mantener y extender la vida útil de las instalaciones, máquinas y equipos de la planta [12].
- Conseguir la disponibilidad de las máquinas/equipos, asegurando que la eficiencia que estos dispongan sea la adecuada para la operación o trabajo en ejecución [12].

1.3.3.3. Tipos

Con el pasar de los años, varios tipos, sistemas o estrategias de mantenimiento han ido apareciendo y evolucionando constantemente. Es oportuno mencionar, que estos sistemas se diferencian entre sí debido a las distintas tareas o actividades que se deben ejecutar en cada una. A continuación, se estudia los sistemas de mantenimiento más empleados y conocidos en la actualidad [14].

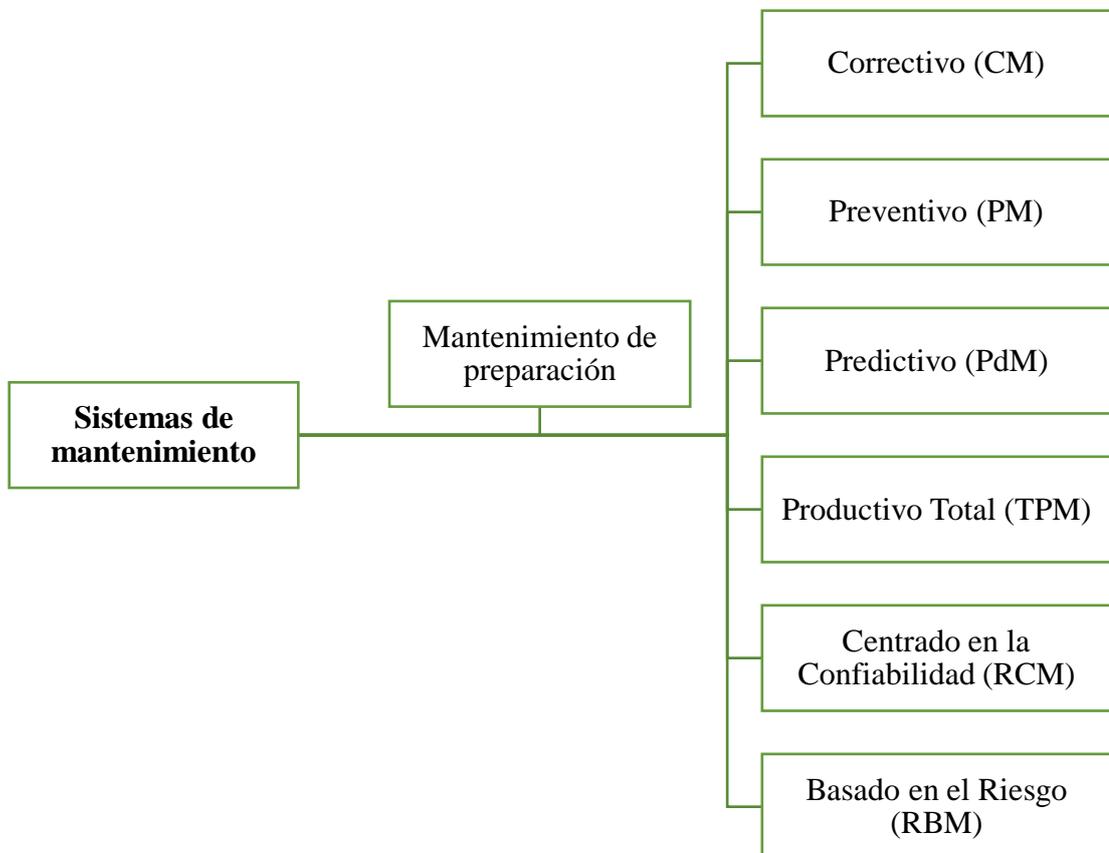


Figura 26. Sistemas de mantenimiento.

Fuente: [13]

a) Mantenimiento de preparación

Es un tipo de mantenimiento que antecede a cualquier otro; es decir, es un mantenimiento en cual se debe realizar todas las acciones (alistamiento de instrumentos o equipos de medición, liberación de zonas para el desensamble, preparación de repuestos para el cambio, etc.) necesarias previo a una maniobra de mantenimiento (correctivo, preventivo, etc.) [13].

b) Mantenimiento correctivo

El fin de este mantenimiento es corregir las diversas fallas/defectos que se van exteriorizando en las distintas máquinas/equipos de una empresa o planta industrial, o de una instalación que ofrezca servicios. Cabe recalcar, que la ejecución del conjunto de actividades de este mantenimiento se aplica una vez que se haya originado la falla/defecto, o que se hace indiscutible que va a suceder [14], [15].

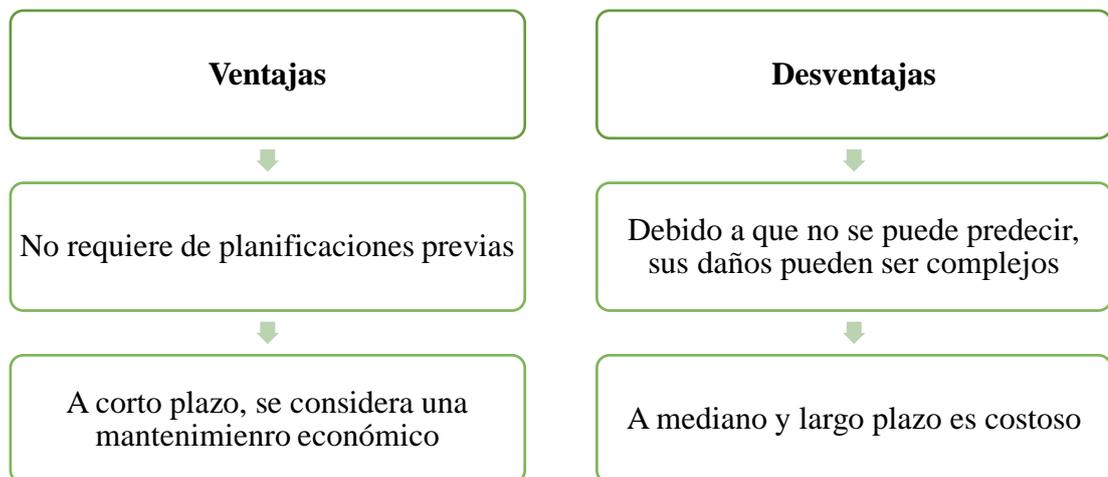


Figura 27. Ventajas y desventajas del CM.

Fuente: [13]

c) Mantenimiento preventivo

Es un conjunto de actividades que se programan o se planifican con anterioridad. Estas actividades permiten advertir la ocurrencia de fallas de un sistema en general (máquina/equipo); para lo cual, se emplean tareas específicas como: observar, calibrar, ajustar, inspeccionar, reparar, etc., en periodos predeterminados [13], [14].

Habitualmente, este mantenimiento se emplea en elementos y/o componentes que poseen un deterioro conocido, y de igual forma, para aquellos que resultan ser críticos. Por otro lado, es importante también señalar que las acciones preventivas se pueden organizar en base al tiempo de funcionamiento, a los períodos de trabajo, a la distancia recorrida, o en base al tiempo natural (diario, semanal, mensual, anual, trimestral, semestral, etc.) [15].

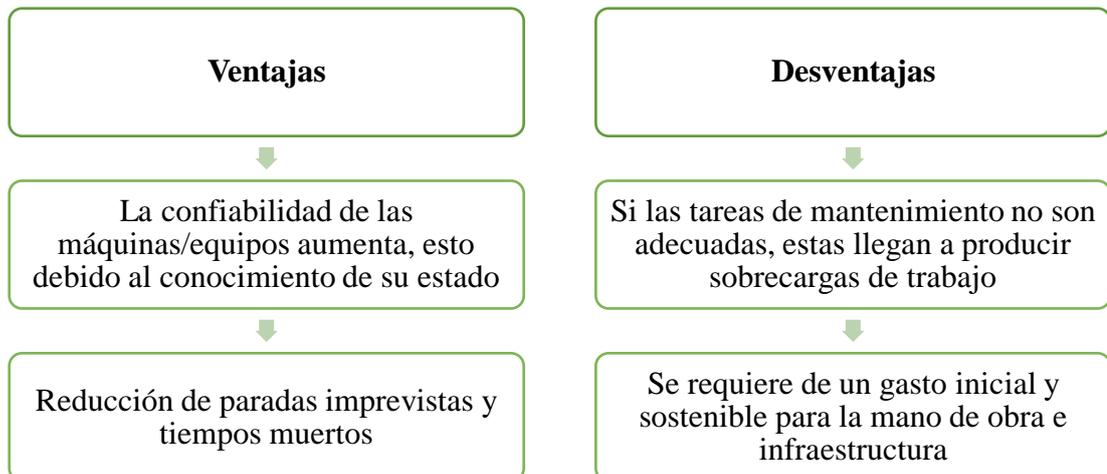


Figura 28. Ventajas y desventajas del PM.

Fuente: [13], [15]

d) Mantenimiento predictivo

A través de este mantenimiento se estudia los indicios de falla y en efecto se alcanza a pronosticar la ocurrencia de averías en las máquinas. Lo anteriormente mencionado se logra midiendo y evaluando variables (temperatura, vibraciones, etc.). Estas mediciones se realizan mediante pruebas o ensayos sobre cualquier parte de la máquina, para lo cual se emplean técnicas y tecnologías avanzadas [13].

Actualmente, gracias al avance tecnológico que se ha venido dando en los últimos años, se ha podido crear técnicas sofisticadas de análisis de fallas para este tipo de mantenimiento, como por ejemplo existe el análisis de aceites en uso, los diferentes métodos de ensayos no destructivos (tintas penetrantes, ultrasonidos, partículas magnéticas, etc.), el análisis de vibraciones, los rayos X, así como también el análisis mediante termografías [13].

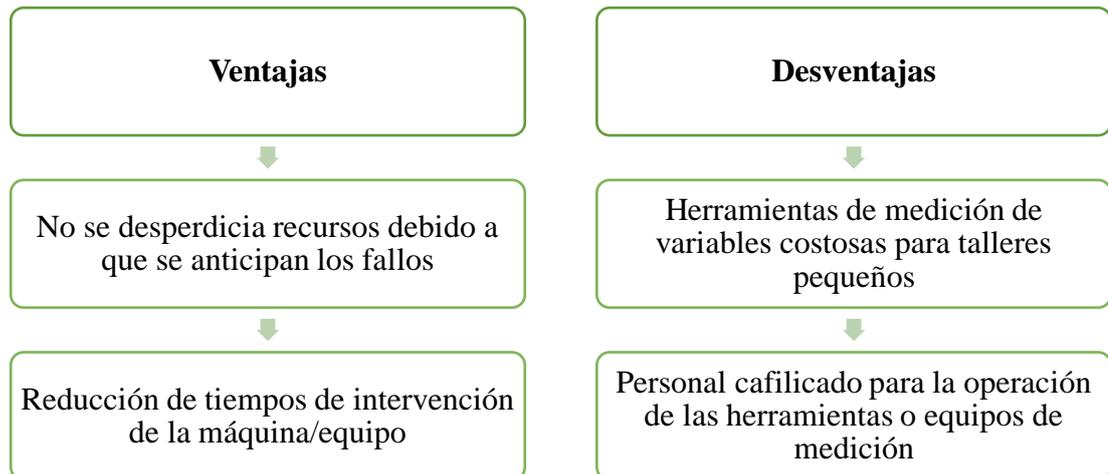


Figura 29. Ventajas y desventajas del PdM.

Fuente: [13]

e) Mantenimiento productivo total (TPM)

Este sistema forma parte de la ideología Japonesa “Mantenimiento al primer nivel”, el cual se fundamenta en insertar a todo el personal en las tareas de mantenimiento; es decir, el propio operador debe efectuar las actividades preventivas (limpieza, reglajes, etc.); en cambio, el personal de mantenimiento realizara las tareas que necesitan mayor criterio y conocimiento especializado [13], [15].

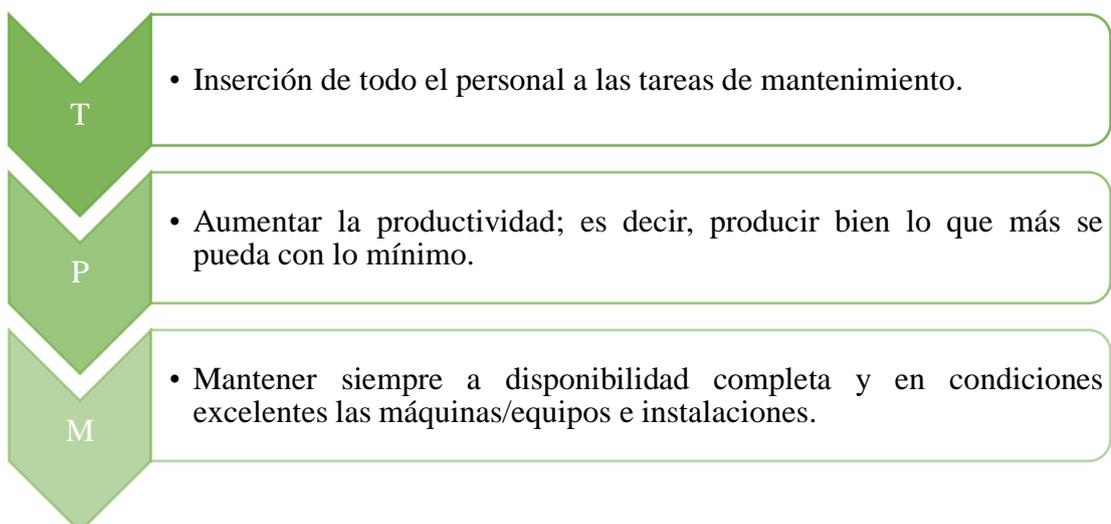


Figura 30. TPM.

Fuente: [13]

f) Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Para Moubray [16], el RCM es “un sistema de mantenimiento usado con el propósito de especificar qué se debe hacer para garantizar que cualquier activo físico siga ejecutando lo que sus usuarios deseen que efectúe en su entorno operativo actual”.

Por otra parte, el RCM no solo se enfoca en el análisis funcional e individual de cada equipo, sino más bien, en todo un sistema general de funcionamiento; es decir, que una máquina/equipo no es intrínsecamente valioso, sino por la función que cumple en la parte interna de una fase productiva [13].

g) Mantenimiento basado en el riesgo (RBM)

Es uno de los mantenimientos más novedosos en la actualidad, ya que a través de este, se encamina los recursos de mantenimiento hacia los equipos cuyo estudio de probabilidad-riesgo establezca que son los más vulnerables a tener fallas [13].

1.3.4. Teoría del mantenimiento preventivo

Como anteriormente se mencionó, el mantenimiento preventivo advierte la presencia de fallas mediante el uso de un procedimiento planificado o programado previamente elaborado. Ahora, para aplicar este mantenimiento a las diferentes máquinas/equipos o instalaciones se debe tener a disposición un plan en el que se indique todas las tareas de mantenimiento que se debe ejecutar, así como su tiempo (diario, semanal, mensual, etc.) de aplicación. Es necesario aclarar, que el plan de mantenimiento se elabora específicamente para un máquina/equipo determinado [12].

1.3.4.1. Características

El pilar fundamental del PM son los planes de mantenimiento. Generalmente, estos planes están compuestos por una serie de actividades que se elaboran en función de la inspección de las máquinas/equipos o en base a las propiedades que tiene o desea alcanzar la empresa. Los componentes que conforma un plan de mantenimiento se indican en la Figura 31 [12].

Plan de mantenimiento

- El nombre que lo identifica.
- El régimen que determina si el control se llevará por fechas o lecturas.
- Las partes y subpartes del equipo que se desea incorporar.
- Las tareas y/o actividades de mantenimiento que deben realizar a cada parte y subparte.
- La continuidad con que se debe ejecutar cada una de las actividades.
- La especialidad de quien ejecuta la actividad.
- La primacía de la actividad.
- Los criterios de inspección y técnicas a desarrollar para cada caso.
- Si las fechas de las inspecciones se ejecutan fuera de tiempo, serán de gran valor las aclaraciones o hallazgos que se descubran, así como su nueva reprogramación de revisión.
- La frecuencia en la revisión de los equipos o componentes pueden ajustarse conforme el historial de los mismos o la experiencia del personal de mantenimiento.

Figura 31. Componentes de un plan de mantenimiento.

Fuente: [12]

1.3.4.2. Actividades primordiales del PM



Figura 32. Principales actividades del PM.

Fuente: [13]

1.3.4.3. Diseño de un plan de PM

Para desarrollar un eficiente plan de mantenimiento preventivo, lo más recomendable es proponerse un sin número de preguntas que estén enfocados en los siguientes aspectos [12]:

- Estandarización
- Mantenibilidad
- Partes que requieren de algún tipo de servicio
- Capacitación
- Documentación
- Herramientas especiales y equipos de prueba
- Seguridad

1.3.4.4. Recomendaciones para determinar un plan de PM

a) Del fabricante

Por lo general, los manuales que los fabricantes facilitan a sus clientes/usuarios ofrecen las advertencias necesarias para el mantenimiento del equipo. Además, proporcionan de igual manera la información técnica acerca de las posibles fallas que comúnmente suelen presentarse, así como su manera de enmendarla [12].

b) De los operadores

En este apartado, la experiencia del personal encargado de operar las máquinas/equipos es de gran beneficio para el desarrollo del plan, esto debido a que saben cómo se comporta el equipo cuando este se encuentra en sus condiciones normales de trabajo [12].

1.3.5. Inventario de máquinas/equipos

Para iniciar con el desarrollo de un plan, por lo general se recomienda contar con un listado debidamente codificado (inventario) de todas las máquinas y equipos existentes en la industria [13], [17].

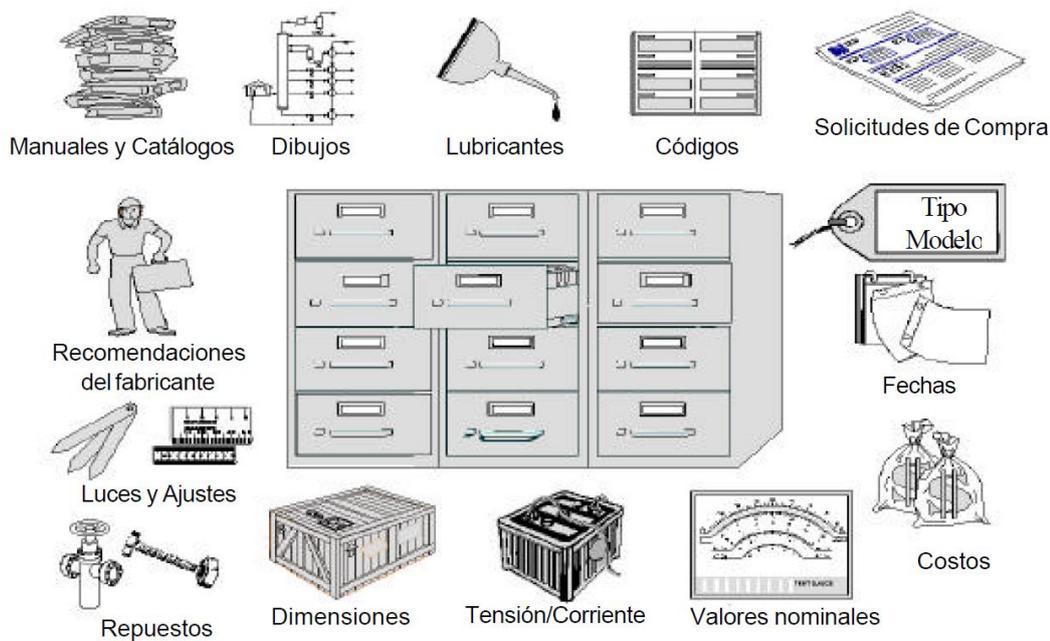


Figura 33. Registro de todos los datos posibles de la máquina/equipo.

Fuente: [17]

De igual manera, la recopilación de todos los datos posibles del equipo, una identificación adecuada, su correcta localización y la función que cumple cada uno de ellos en la industria, permitirá generar una eficiente gestión de mantenimiento [13], [17].

1.3.6. Dossier técnico de mantenimiento

También conocida como tarjeta maestra de datos (TMD), en el cual se exterioriza la información general y específica de una máquina, equipo o proceso. Además, se muestra también su identificación, su información comercial, los documentos técnicos respectivos y los generados en el transcurso de su vida útil [13].

1.3.7. Fichero técnico de la maquinaria

Es una ficha técnica encargada de reunir y explicar en lo posible, todos los datos técnicos de la máquina/equipo como su código, su fecha de entrada a la empresa, la función que cumple, su fecha de fabricación, los componentes principales y demás datos que pudieran ser de interés. Esta ficha se deberá de archivar en el manual

destinado para la gestión del mantenimiento. Hay diversos modelos que se puede tomar como referencia para elaborar un fichero técnico; en ciertos casos, es necesario también incluir los datos de contacto del proveedor y el servicio de atención técnica. Es importante mencionar, que por cada máquina/equipo debe existir obligatoriamente una ficha técnica [18].

Como consecuencia de lo anterior, con la elaboración del fichero técnico de la maquinaria se procederá a realizar estudios que permitirán seleccionar el sistema de mantenimiento más eficiente para la máquina/equipo que se desea mantener. De igual forma, se consigue también implantar objetivos de mejorar que contribuyan con el aumento de la vida útil [18].

1.3.8. Análisis AMFE

Este tipo de análisis emplea una metodología sistémica que ayuda a cuantificar el impacto que producen las fallas en los componentes de una máquina/equipo, así como la frecuencia con que se vuelen a repetir en un periodo determinado. El resultado de este análisis permite generar actividades de mantenimiento eficientes y muy útiles para el personal encargado de ejecutar el plan [12], [19].

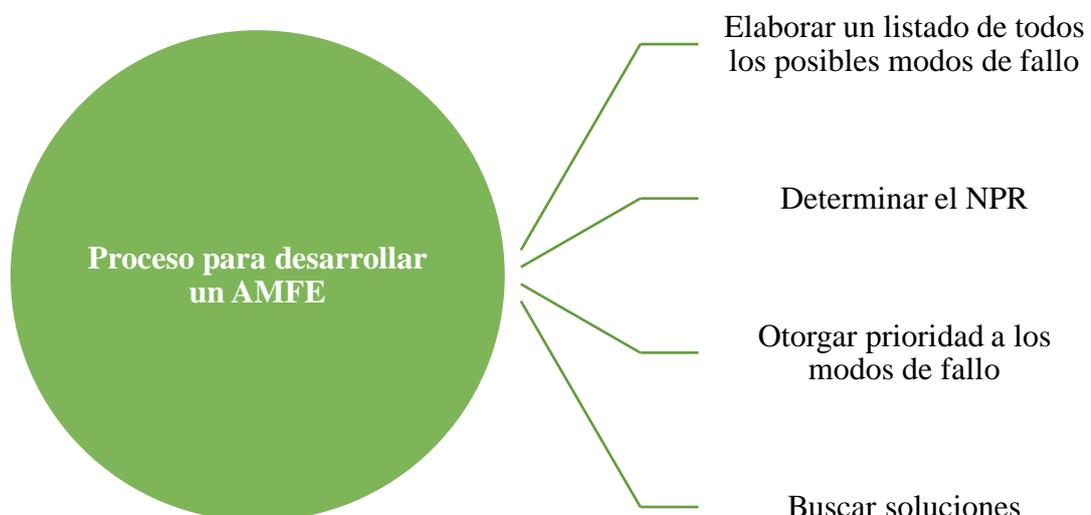


Figura 34. Proceso para desarrollar un AMFE.

Fuente: [12]

1.3.8.1. Cálculo del índice de prioridad de riesgo (NPR)

La expresión matemática empleada para el cálculo es la siguiente:

$$\text{NPR} = \text{Severidad (S)} * \text{Incidencia (O)} * \text{Detectabilidad (D)} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$1 \geq \text{NPR} \leq 1000$$

Donde, la severidad o gravedad es el nivel de peligro de la falla percatada por el operario, la frecuencia o incidencia es la posibilidad de que suceda la falla, y la detectabilidad es la posibilidad de que no se localice el fallo antes de utilizar el producto. Generalmente, a cada modo de fallo se le concede una valoración de S, O y D entre 1 y 10 [12].

1.3.8.2. Definiciones elementales de un AMFE

- Máquina: grupo de componentes fijos y móviles, que una vez puestos en marcha se logra realizar un trabajo con un propósito determinado. Transforman la materia prima en producto [13].
- Equipo: conjunto de aparatos, herramientas, instrumentos y artefactos empleados para un propósito específico. Modifica las propiedades de la materia prima o por lo general, crean un servicio [13].
- Función: es la actividad, tarea o acción que realiza una máquina/equipo con un fin determinado [14].
- Fallo: es todo tipo de acción que altera el correcto funcionamiento de una máquina/equipo [20].
- Falla funcional: son las que se encargan de paralizar a las máquinas/equipos a que sigan en operación [13].
- Falla potencial: son las que no imposibilitan a la máquina/equipo para que siga operando [13].
- Causa de fallo: es el motivo, manifestación o las circunstancias anómalas que lleva a la ocurrencia del fallo [20].
- Causa raíz: anomalía inicial que puede o no causar la presencia de fallo. Cabe mencionar, que la existencia de solo un fallo haría que se produzcan varios inconvenientes [14].

- Consecuencia: son los efectos que se han producido en la máquina/equipo debido a la ocurrencia de una o varias fallas [14].

AMFE							
Elemento/ función	Modo de fallo	Efecto	S	O	D	NPR=S*O*D	Acciones propuestas
Describir elemento	Describir modo de fallo	Describir efecto	1 a 10	1 a 10	1 a 10	1 a 1000	Proponer acción de mejora si sale un NPR alto

Figura 35. Modelo de elaboración de un AMFE.

Fuente: [12]

1.3.8.3. Criterios NTP 679

Los criterios empleados para la valoración de S, O y D son los que se indican en el Anexo 1.

1.3.9. Análisis de criticidad

El análisis de la condición crítica de una máquina/equipo es un método que ayuda a determinar cuál de sus componentes resulta ser el más afectado debido a la ocurrencia de una falla. Adicionalmente, este análisis también permite averiguar cuáles de todos los equipos existentes en una planta industrial es o son los más críticos, y cuáles no. De esta manera, se pretende destinar de manera eficaz los recursos que posee la planta a aquellos equipos que verdaderamente lo necesiten, dejando solo una parte pequeña para aquellos que no influyen mucho en el rendimiento de la empresa [12], [14].

La expresión matemática que permite calcular la criticidad es:

$$\mathbf{Ctd = Ff * Csc \quad (Ec. 2)}$$

$$\mathbf{Csc = (I. Op * F) + Ct. Mtto + I. SAH \quad (Ec. 3)}$$

Donde,

Ctd = Criticidad

Ff = Frecuencia de falla

Csc = Consecuencia

I. Op = Impacto operacional

F = Flexibilidad

Ct. Mtto = Costos de mantenimiento

I. SAH = Impacto en seguridad, ambiente e higiene

1.3.9.1. Parámetros para evaluar las consecuencias

Tabla 5. Parámetros de evaluación de consecuencias.

Frecuencia de fallas	
> a 4 fallas/año	4
De 2 - 4 fallas/año	3
De 1 - 2 fallas/año	2
< de 1 falla/año	1
Impacto operacional	
Estancamiento total del proceso de producción	10
Estancamiento del complejo planta	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4
Influye en los costos operacionales	2
Consecuencias insignificantes sobre las operaciones y la producción	1
Flexibilidad	
Cero unidades de repuesto, tiempos de reparación y logística grandes	4
Unidades de repuesto parcial, tiempos de reparación y logística intermedios	2
Unidades de repuesto en línea, tiempos de reparación y logística mínimos	1

Costos de mantenimiento	
≥ al valor más representativo (reparación, materiales y mano de obra)	2
< al valor más representativo (reparación, materiales y mano de obra)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	
Riesgo alto de pérdidas de vida, perjuicios graves a la salud del personal y/o incidentes ambientales mayores (catastróficos)	8
Riesgo medio de pérdidas de vida, perjuicios leves a la salud y/o incidentes ambientales de complicada restauración.	6
Riesgo bajo de pérdidas de vida y afección a la salud y/o incidentes ambientales menores (controlables)	4
Perjuicios mínimos al propio personal	2
Existencia nula al riesgo de pérdida de vida, afecciones a la salud y perjuicios ambientales	1

Fuente: [18]

Tabla 6. Código de colores para jerarquizar el nivel de criticidad.

Criticidad	Color
Baja	Verde
Media	Amarillo
Alta	Rojo

Fuente: [12]

1.3.10. Bitácoras y gamas de mantenimiento

1.3.10.1. Bitácora

Se denomina también como registro de fallas o averías. La bitácora se utiliza para indicar las actividades de mantenimiento que fueron efectuadas por el personal. Estas actividades se registran por día y por turno. A partir de los datos indicados en el registro, es posible indagar sobre las fallas más comunes que se provocan en la máquina/equipo, de igual forma se puede también analizar el tipo de reparación que se utilizó, el tiempo acontecido entre éstas, así como el comportamiento del equipo durante y después de la falla [12].

Nombre de la compañía					
Bitácora de Mantenimiento					
Equipo:		Marca:			
Departamento:		Número de inventario:			
Fecha de reporte	Descripción de la falla	Actividad realizada	Fecha de finalización	Responsable	Observaciones

Figura 36. Modelo de una bitácora de mantenimiento.

Fuente: [12]

1.3.10.2. Gamas de mantenimiento

Se elaboran con el objetivo de agrupar las actividades de mantenimiento que constituyen el plan. Esta agrupación se realiza para facilitar la ejecución de actividades ya sea de manera diaria, semanal, quincenal, mensual, semestral, trimestral o anual [14].

a) Gamas diarias o semanales

La finalidad de esta gama es la de agrupar actividades que no sean demasiado complejas para su ejecución, como por ejemplo: la inspección visual de fugas y ruidos extraños, toma de datos y medición de ciertos parámetros, y por lo general, actividades de limpieza y/o engrase exterior. Estas actividades se las pueden ejecutar aun cuando las máquinas/equipos están en funcionamiento, lo que permite llevar al día el mantenimiento [14].

b) Gamas quincenales o mensuales

Esta gama se caracteriza por presenciar actividades más complejas que las diarias, por ejemplo: el desmontaje del equipo para tareas mantenimiento, la limpieza y/o engrase

de los componentes internos del equipo, o también, la parada del equipo para la toma de datos que necesiten de más trabajo [14].

c) Gamas semestrales, trimestrales o anuales

En esta gama las tareas de mantenimiento necesitan obligatoriamente de una inspección completa y rigurosa del equipo, para lo cual, la ejecución de las tareas ya no se justifica realizar en tiempos cortos, sino más bien, se requiere que el equipo se encuentre detenido. Habitualmente, estas gamas se usan para el reemplazo de rodamientos, la medición de espesores de ciertos componentes, etc. [14].

Anagrama		GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Frecuencia Diana	Código Gama DBTG
		INSPECCIÓN GENERAL DIARIA	Edición: 0 Fecha: 10/07/01	Esp: PREV HOJA: 2/ 2
INSTALACIÓN A INSPECCIONAR O REVISAR: ÁREA 1100				
Equipo	Descripción	Resultado	Rango normal	
	Inspección visual del rotámetro de nitrógeno			
	Inspección visual del polipasto			
REACTOR 11TR03	Inspección visual de conexiones del motor			
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en el motor			
	Temperatura del motor (rodamiento lado agitador)		Inferior a 70°C	
	Control visual de fugas en el depósito			
	Inspección visual de conexiones en el mediador de caudal			
	Inspección visual de conexiones en sonda de temperatura			
	Temperatura del reactor		155-170°C	
	Ausencia de fugas en filtro de bamiz			
REACTOR 11TR04	Inspección visual de conexiones del motor			
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en el motor			
	Temperatura del motor (rodamiento lado agitador)		Inferior a 70°C	
	Control visual de fugas en el depósito			
	Inspección visual de conexiones en el mediador de caudal			
	Inspección visual de conexiones en sonda de temperatura			
	Ausencia de fugas en filtro de bamiz			
	Inspección visual del polipasto			
MEZCLADOR 11TR04	Inspección visual de conexiones del motor			
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en el motor			
	Temperatura del motor (rodamiento lado agitador)		Inferior a 70°C	
	Control visual de fugas en el depósito			
	Inspección visual de bombas del filtro (2)			
	Inspección visual de conexiones en sonda de temperatura			
CIRCUITO 11AC01	Comprobar temperatura de la sala		50-60°C	
	Comprobar ausencia de fugas			
	Comprobar ausencia de ruidos y vibraciones extrañas en bombas sala			
CALDERA 1 11CA01	Verificar ausencia de ruidos, fugas y vibraciones extrañas en bombas			
	Verificar presiones de salida en bombas			
	Verificar temperatura de rodamiento delantero de bomba	A= B=	Inferior a 70°C	
	Comprobar nivel de aceite		Con nivel	
	Ausencia de fugas en depósitos			
	Comprobar temperatura de entrada y salida de aceite de la caldera	Ent= Sal=	E=240-255 S=270-275	
	Comprobar temperatura de humos de salida		Inferior a 200°C	
	Comprobar presiones de gas antes y después de válvula reductora	Ent= Sal=	Ent= Sal=	
CALDERA 2 11CA02	Verificar ausencia de ruidos, fugas y vibraciones extrañas en bombas			
	Verificar presiones de salida en bombas			
	Verificar temperatura de rodamiento delantero de bomba	A= B=	Inferior a 70°C	
	Comprobar nivel de aceite		Con nivel	
	Ausencia de fugas en depósitos			
	Comprobar temperatura de entrada y salida de aceite de la caldera	Ent= Sal=	E=240-255 S=270-275	
	Comprobar temperatura de humos de salida		Inferior a 200°C	
	Comprobar presiones de gas antes y después de válvula reductora	Ent= Sal=	E= 1,3 bar S=16mbar	
OBSERVACIONES:				

Figura 37. Modelo gama de mantenimiento diario.

Fuente: [12]

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales y recursos

Para la ejecución del presente trabajo de titulación, aparte de las investigaciones previamente realizadas, a continuación se mencionan de igual manera los recursos humanos, materiales, institucionales y económicos que aportaron con el desarrollo.

2.1.1. Recursos humanos

- Sr. Alex Mauricio Amaguaña Moreta, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica.
- Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano, docente de la Carrera de Ingeniería Mecánica y tutor del trabajo de titulación.
- Miembros de la Unidad de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

2.1.2. Recursos materiales

- Computador Sony Vaio Core i7.
- Paquete de Microsoft office (Word, Excel, PowerPoint y Visio).
- Catálogo electrónico del ascensor edificio Carrera de Ingeniería Civil.
- Norma NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos.
- Norma UNE-EN 13015:2002+A1:2008. (Mantenimiento de ascensores y escaleras. Reglas para instrucciones de mantenimiento).

2.1.3. Recursos institucionales

- Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.
- Biblioteca virtual de la Universidad Técnica de Ambato.

- Ascensor ubicado en el edificio de la Carrera de Ingeniería Civil.

2.1.4. Recursos económicos

Tabla 7. Recursos económicos.

Recursos económicos	
Adquisición de normas	\$ 150.00
Materiales de oficina	\$ 100.00
Servicios de Internet	\$ 100.00
Computador	\$ 750.00
Impresiones	\$ 150.00
Alimentación	\$ 200.00
Imprevistos	\$ 100.00
Transporte	\$ 100.00
Total	\$ 1650.00

Fuente: El autor

2.2. Métodos

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación se usará un enfoque cuantitativo, el cual permite realizar un análisis a partir de datos e información recolectada; esto de acuerdo a ciertos criterios lógicos. Cabe recalcar, que los datos empleados en esta investigación deben tener validez y confiabilidad, con lo cual, se busca garantizar que los resultados obtenidos sean representativos [21].

La modalidad empleada para esta investigación es de tipo bibliográfico-documental y de campo. Bibliográfico-documental, porque la base para el desarrollo del plan de mantenimiento tiene como pilar principal la recolección y el análisis de información de artículos y revistas técnicas, libros, normas, tesis publicadas, periódicos, manuales de mantenimiento; y a la vez, datos técnicos del ascensor otorgados por las autoridades de la institución. Y es de campo, porque tiene como fuente de información el lugar y el tiempo en que ocurren los hechos [22].

2.2.1. Nivel o tipo de investigación

2.2.1.1. Explicativo

Se emplea esta investigación ya que responde al problema del porque realizar un mantenimiento preventivo a los ascensores; y además, que permite descubrir las causas para llegar a formular una solución eficiente.

2.2.1.2. Descriptivo

Se utiliza esta investigación porque a través de ella se puede establecer los parámetros y las características del plan; de tal modo que, se logra establecer las actividades que se deben ejecutar en el mismo.

2.2.1.3. Deductivo

Se considera esta investigación debido a que se parte de un análisis de datos de manera general, para posteriormente, generar resultados y conclusiones particulares que abarque la información recopilada en la investigación.

2.3. Actividades directrices para el desarrollo del proyecto

En este apartado, es necesario mencionar que los datos a considerar para el desarrollo del proyecto se los tomará del ascensor ubicado en las instalaciones del edificio de la Carrera de Ingeniería Civil, de tal forma que, estos datos garanticen el resultado final del plan. A continuación, se plantea un pequeño listado de actividades elaborado de forma genérica que nos permitirá cumplir con el objetivo general del presente trabajo.

- Analizar la condición actual del ascensor.
- Recopilar la información necesaria.
- Elaborar herramientas de análisis de modos de fallos y efectos, análisis de criticidad y métodos de mejora que contribuyan con el desarrollo del plan.
- Determinar los posibles daños y/o accidentes que puede ocurrir.
- Establecer las actividades y las frecuencias de mantenimiento que se debe realizar [23], [24].

2.4. Diagrama de flujo para el desarrollo del plan de mantenimiento

A continuación, se muestra un diagrama de flujo general para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo. Este plan toma como punto de partida de que no se dispone de ningún tipo de información, es decir “que no existe nada”.

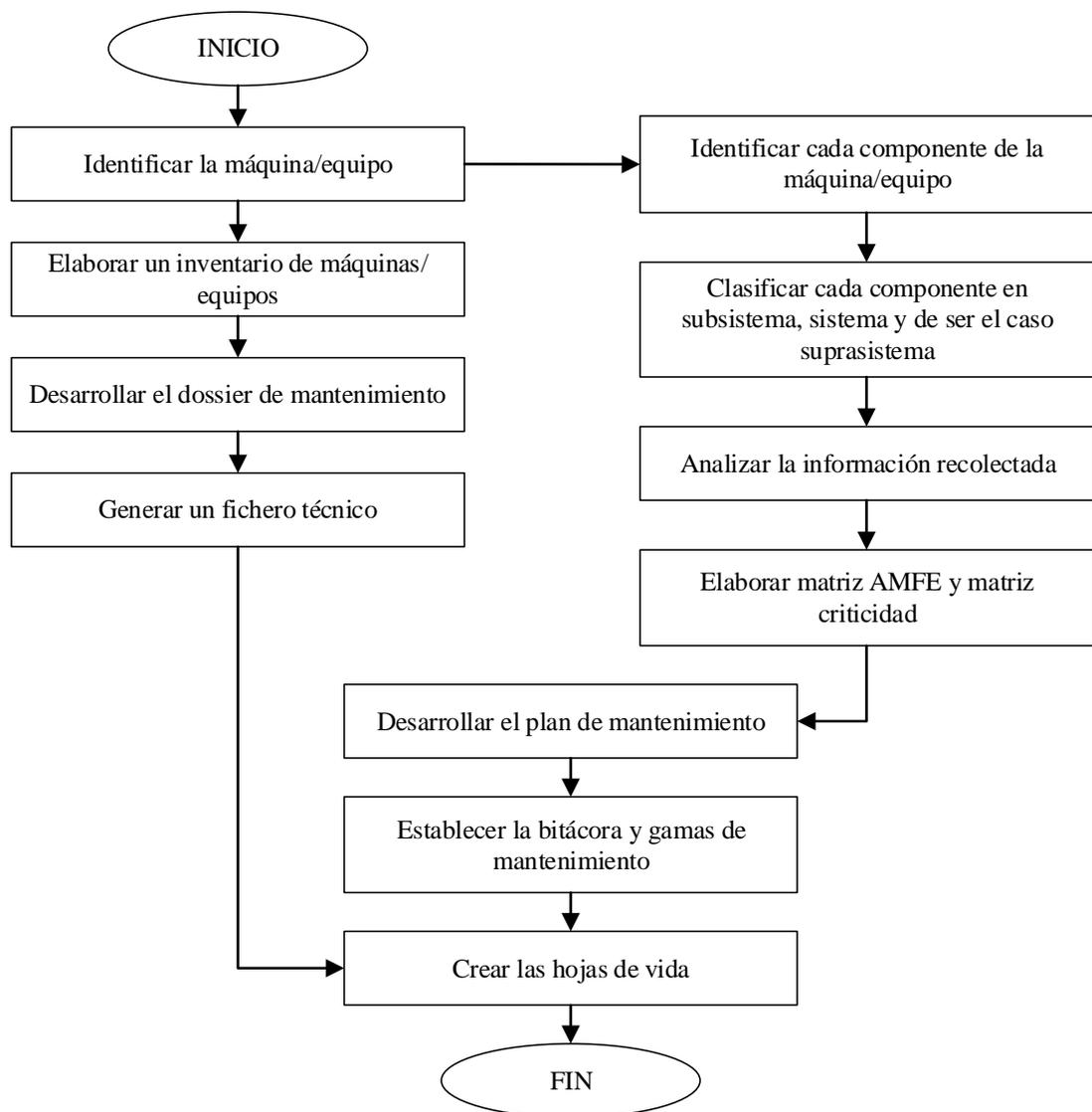


Figura 38. Diagrama de flujo para elaborar un plan de mantenimiento preventivo.

Fuente: [13]

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Análisis de la situación actual

Dentro de edificio de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato se encuentra instalado un ascensor. Por el momento, este ascensor no se encuentra en funcionamiento debido al cierre de las instalaciones universitarias que ha provocado la pandemia del coronavirus. Sin embargo, es importante aclarar que los mantenimientos que se debe realizar al ascensor son necesarios para garantizar un adecuado funcionamiento de la máquina. Es por esto que, es inevitable la creación de un plan de manteamiento preventivo que ayude a prevenir fallos futuros.

3.2. Valoración externa

El ascensor ubicado en el edificio de la Carrera de Ingeniería Civil es un modelo moderno, y por tal razón, cuenta con excelentes estándares de calidad que ayuda a satisfacer las solicitudes que exige el usuario. De igual forma, de existir manuales del uso del ascensor, manuales de manutención y manuales de cuidados, podemos evaluar las condiciones externas de la máquina de una manera eficiente. Dentro de las condiciones externas evaluadas se aprecia la fachada física del ascensor (puertas, piso, paredes, techo, botoneras, y el recinto donde se aloja el ascensor), los cuales se encuentra en condiciones aceptables de funcionamiento.

Otro de los aspectos externos valorados son las condiciones en las que se encuentran los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que conforman al ascensor. En cuanto a los componentes mecánicos, al momento presentan poca suciedad (polvo) y ninguna señal de oxidación. Por otro lado, los componentes eléctricos y electrónicos no presentan problema alguno; salvo, la existencia de polvo en las superficies de los cables.

3.3. Inventario y dossier técnico

3.3.1. Inventario

Tabla 8. Inventario de máquinas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
INVENTARIO DE MÁQUINAS/EQUIPOS					
Elaborado por:	Alex Amaguaña	Fecha de elaboración:	13/11/2020	Código:	FICM-IC-001
Revisado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de revisión:	27/11/2020	Versión:	01
N°	Objeto	Marca	Código	Descripción	Ubicación
1	Ascensor	KEYCO	IC-ASC-01	Ascensor tipo electromecánico	Edificio de la Carrera de Ingeniería Civil

Fuente: El autor

3.3.2. Dossier técnico

3.3.2.1. Características generales

Tipo: Electromecánico

Marca: KEYCO

Capacidad: 800 Kg

Carga: 10 Pasajeros

Velocidad nominal: 1 m/s

Número de paradas: 3

Con o sin sala de máquinas: Sin

Con obra civil: Si

3.3.2.2. Listado de componentes principales

Tabla 9. Componentes del ascensor.

N°	Componente	Función y/o características
1	Motor síncrono de imanes permanentes	Es un motor de alta eficiencia que trabaja con técnica VVVF. Marca KDS, trifásico 220 V.
2	Frenos	Tipo electromagnéticos de doble zapata.
3	Poleas de tracción	Material: nylon.
4	Amortiguadores	Tipo hidráulicos tanto para la cabina y el contrapeso. Cantidad: 2.
5	Cabina	Medidas: ancho = 1.35 m, fondo = 1.40 m, altura = 2.35 m. Superficie útil máxima = 2.05 m ² .
6	Contrapeso	Carga nominal: 1400 Kg.
7	Guías	Material: acero, tanto para la cabina como para el contrapeso.
8	Cables de acero	Número de cables: 5, diámetro = 8 mm.
9	Limitador de velocidad	Su funcionamiento inicia cuando la velocidad nominal aumenta en un 25%, deteniendo el cable que circula por las poleas.
10	Paracaídas	Componente acoplado directamente a la cabina.
11	Finales de carrera	Establecen la posición en el que se encuentra la cabina del ascensor.
12	Puertas de cabina	Material: acero inoxidable. Su funcionamiento debe ser suave, sin golpes y sin raspaduras.
13	Puertas de pasillo	Se deben cerrar solas. Su funcionamiento debe ser suave, sin roces, sin ruidos y sin saltos.
14	Sensor de sismos	Enviar a la cabina al piso más próximo. Una vez situado ahí, abrir las puertas para una evacuación segura.
15	Citófono	Sistema de comunicación empleado para dar aviso a la persona encargada de emergencia a que habrá la puerta.

16	Sintetizador de voz	Avisar las paradas de los pisos respectivos.
17	Botoneras exteriores e interiores de la cabina	Material: acero inoxidable tanto para los botones y la placa. Deben contar con indicadores de posición y dirección del ascensor. Estos datos se observaran en un display de leds.
18	Pantalla	Tipo LCD.
19	Espejo	Medio cuerpo instalado sobre la pared posterior.
20	Piso	Material: porcelanato
21	Pasamanos y techo	Material: acero inoxidable
22	Marcos y puertas	Acabado: acero inoxidable cepillado
23	Iluminación en la cabina	Tipo LED.
24	Luz de emergencia	Trabaja con respaldo de baterías en caso de existir dificultad con la energía eléctrica.
25	Alarma	Se activará al presionar el botón ubicado en el panel de la cabina.

Fuente: El autor

3.3.2.3. Clasificación de los componentes

Tabla 10. Clasificación de los componentes.

Sistema mecánico	
N°	Denominación componente
1	Motor trifásico
2	Frenos
3	Poleas de tracción
4	Amortiguadores
5	Cabina
6	Contrapeso
7	Guías de cabina y contrapeso
8	Cables
9	Puertas de pasillo y de cabina
10	Limitador de velocidad

11	Paracaídas
12	Soportes guías – pared
Sistema eléctrico	
13	Sensor de sismos
14	Citófono
15	Sintetizador de voz
16	Variador de frecuencia
17	Stop de emergencia y botoneras de pasillo y cabina
18	Hilos conductores
19	Interruptores de servicios
20	Sensores de movimiento, de velocidad, de carga
21	Finales de carrera
22	Cable viajero
23	Contactores
24	Bordes sensitivos
Sistema electrónico	
25	Sistema de control de movimiento
26	Sistema de control de puertas
27	Sistema de control de nivelación

Fuente: El autor

3.3.2.4. Instrucciones de montaje

A continuación, se procederá a realizar una breve exposición de las diversas técnicas o métodos empleados en el montaje del ascensor, así como las comprobaciones que se debe llevar a cabo una vez que el montaje haya sido realizado [25].

- Guías de desplazamiento

Para el montaje de este componente estructural, el hueco del ascensor debe estar listo. En paralelo, se iniciará la instalación de las guías, las puertas exteriores, y de ser el caso, la sala de máquinas [25].

Lo primero que se debe hacer para instalar las guías es trazar su situación, es decir, se debe ubicar los soportes en los cuales se van a fijar las guías. Luego, se debe fijar las guías en los soportes. El paso anterior, se lo puede realizar mediante algún proceso de soldadura o a través de uniones desmontables [25].

Es importante, que la resistencia de las guías, así como de sus fijaciones y de las uniones empleadas para el montaje del mismo, sean lo suficientemente resistentes para soportar los esfuerzos resultantes [25].

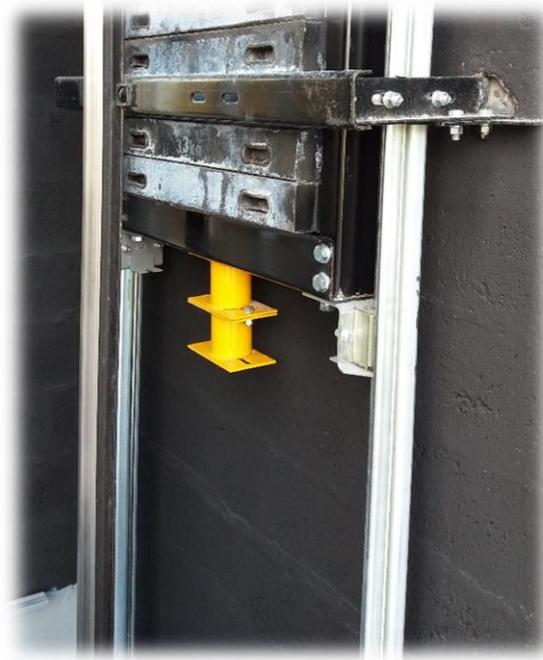


Figura 39. Guías de desplazamiento.

Fuente: El autor

– Dispositivos de elevación

Una vez finalizado la construcción de la obra civil, se procede a ubicar y a conectar el motor y demás componentes que contribuyen con el ascenso y descenso de la cabina [25].

En cuanto al motor síncrono de imanes permanentes, podemos decir que es uno de los componentes principales encargado de ejecutar el desplazamiento de la cabina. En este caso, verificar tanto el voltaje y la frecuencia con la cual va operar el motor, es

primordial para evitar que este sufra daño alguno. Por otro lado, los elementos de mando deben facilitar todos los datos necesarios al variador del motor, con la finalidad de poder definir la velocidad a la cual va a trabajar [25].

Una vez instalado el motor conjuntamente con los componentes que ayudan con el movimiento de la cabina, podemos hacer un sin número de comprobaciones básicas que aseguren con montaje correcto, por ejemplo: la alimentación del motor, el aislamiento empleado para los conductores de potencia y para el cuadro de maniobra, los conductores de seguridad utilizados, etc. [25].

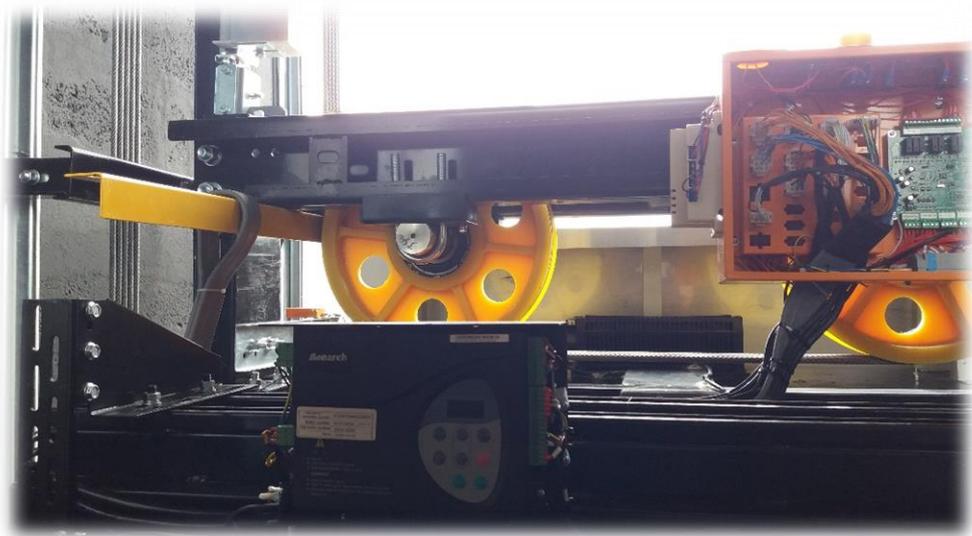


Figura 40. Dispositivos de elevación.

Fuente: El autor

– Cables de tracción

Los parámetros de instalación a tener en cuenta durante el montaje de los cables de tracción son los siguientes: el tipo de suspensión y el número de cables a utilizar, la relación entre el diámetro de las poleas y el de los cables, el coeficiente de seguridad con los cuales fueron diseñados los cables, la presión específica de los cables de suspensión, la tracción por adherencia de los cables, el reparto de la carga entre los cables y la protección utilizada para cada componente. Adicionalmente, para la fijación de los cables a la estructura del ascensor se emplean sujetacables y guardacables [25].



Figura 41. Cables de tracción.

Fuente: El autor

– Finales de carrera

Los finales de carrera determinan la posición en el que se encuentra la cabina del ascensor. Cuando esto ocurre, estos dispositivos eléctricos emiten una señal al sistema de mando para liberar las acciones correspondientes. Estos dispositivos se instalan en la parte superior e inferior del recorrido del ascensor. Es muy fácil su instalación, solo se debe de fijarlos a un punto fijo de tal manera que la cabina lo accione completamente una vez que esté llegue a la altura especificada [25].

– Cuadros de mando y maniobra

La instalación del sistema eléctrico y electrónico del ascensor presenta una elevada complejidad de montaje, es por esto que, acatar las indicaciones establecidas en el catálogo y en las normas de montaje de ascensores es primordial para evitar malas prácticas profesionales [25].

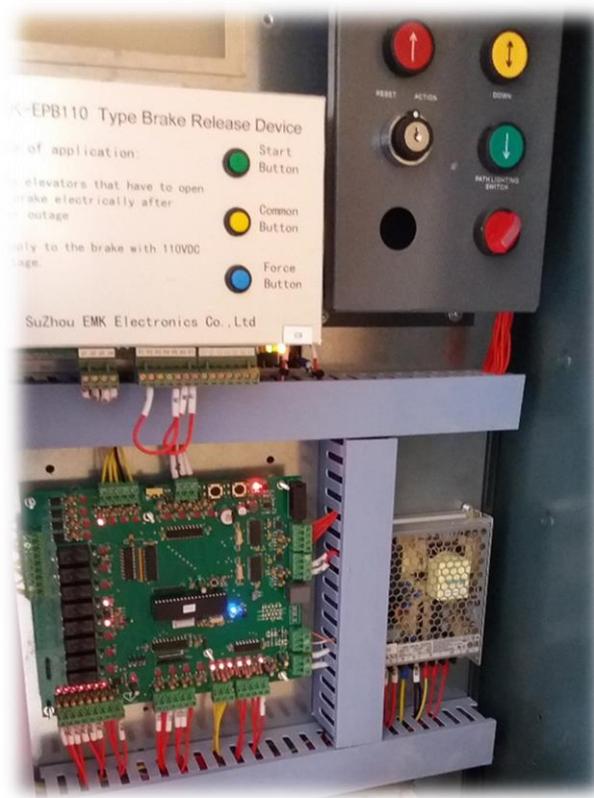


Figura 42. Cuadros de mando y maniobra.

Fuente: El autor

– Dispositivos de seguridad

Estos dispositivos al igual que la instalación de los cuadros de mando y maniobra del ascensor, obligatoriamente deben ser montados en función del catálogo y las normas otorgadas por el fabricante del ascensor. A continuación, se procederá a mencionar de manera rápida algunas especificaciones a tener en cuenta [25].

Realizado el montaje de los dispositivos de seguridad, lo primero que se debe hacer es verificar su funcionamiento. En cuanto a los dispositivos de enclavamiento, se debe comprobar que con el ascensor puesto en marcha, no sea posible abrir por ningún motivo las puertas de acceso; además, se comprobará también que con alguna de las puertas abiertas del ascensor, no exista posibilidad alguna de poner en funcionamiento al mismo. Por el contrario, se verificará que es viable ejecutar la maniobra de desenclavamiento de socorro, esto, haciendo que la cabina del ascensor se encuentre detenida entre pisos. De igual manera, se debe comprobar las condiciones en las que

se encuentra funcionando los dispositivos eléctricos de seguridad, los elementos de suspensión, los mandos de seguridad al final de la trayectoria de la cabina, y también, la actuación del limitador de velocidad [25].

– Frenos de seguridad

Estos componentes deben preverse de ciertos dispositivos o la combinación de ellos con sus sistemas de mando respectivos; esto ayudará, a que cuando caigan en caída libre y bajen a una velocidad fuera de la nominal tanto la cabina como el contrapeso, sean controlados de manera inmediata. Estos dispositivos que colaboran con la seguridad del ascensor son el paracaídas y el limitador de velocidad [25].

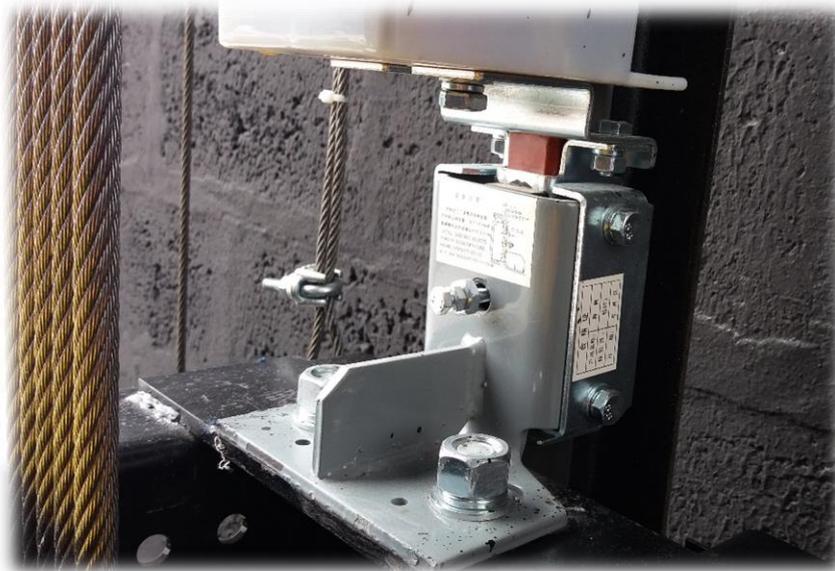


Figura 43. Frenos de doble zapata.

Fuente: El autor

– Botoneras y accesorios con memoria eléctrica y electrónica

Aparte de que estos componentes o accesorios sean los comisionados de enviar las órdenes de desplazamiento de la cabina, adicionalmente se instalan las botoneras de petición de socorro. Por lo general, todas las botoneras que se instalan en el ascensor obligatoriamente deben ser y estar montados siguiendo las normas establecidas en los planos de circuitos eléctricos y electrónicos elaborados por el fabricante. Una vez

montados las botoneras y demás accesorios correctamente, se verificara que funcionen adecuadamente poniendo en prueba práctica el ascensor [25].

– Ajuste de puertas y sus sistemas de seguridad

Para que este montaje sea satisfactorio, lo primero que se debe hacer es establecer el modo a través del cual va a trabajar las puertas, esto de acuerdo a especificaciones. Para lo anteriormente mencionado, se debe tener en cuenta los planos de diseño e instalación emitidos por parte del fabricante. Continuando con el montaje, inicialmente se debe montar los componentes estructurales en los cuales se va a mover la puerta. Una vez montado las puertas, se verificará su funcionamiento mediante su accionamiento manual. Además, se conectarán los demás componentes eléctricos (actuadores) encargados de llevar a cabo el desplazamiento de la cabina conjuntamente con los componentes de seguridad [25].



Figura 44. Puertas pasillo del ascensor.

Fuente: El autor

Finalmente, es fundamental que todas las recomendaciones de montaje establecidas en las normas, manuales y en los catálogos respectivos de cada fabricante sean cumplidos al pie de la letra, ya que de hacer caso omiso a alguna indicación, el porcentaje de que ocurra un accidente es inminentemente alto [25].

3.3.2.5. Normas de seguridad

En la actualidad, varias son las causas que llegan a librar accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Generalmente, algunas de estas causas son atribuibles a ciertos factores básicos y estructurales, que incorporado al desconocimiento y menosprecio que puede provocar el riesgo, incitan a un aumento del porcentaje de siniestralidad al sector. A continuación, se procederá a indicar algunas de las normas de seguridad que se debe tener en cuenta en la industria del ascensor [26].

a) Disposiciones generales para el ascensor

Por seguridad, todo tipo de anuncios, placas y carteles en los se exterioricen las instrucciones de maniobra del ascensor, estrictamente deben elaborarse con materiales sumamente resistentes. Estos carteles deben ser ubicados en zonas que sean visibles y de adecuada luminosidad, y también, deben ser impresos con caracteres que sean altamente legibles en el idioma que se habla en el país, u otros si se lo requiere [27].



Figura 45. Placa del interior de la cabina.

Fuente: El autor

- En la cabina, se debe indicar la carga nominal (unidades de masa) y el número máximo de personas que el ascensor puede movilizar. Además, se debería mostrar las indicaciones de maniobra que el ascensor este ejecutando cuanto este se encuentre o no en funcionamiento [27].



Figura 46. Capacidad y carga del ascensor.

Fuente: El autor

- En la zona exterior del recinto, específicamente en la cercanía de las puertas de acceso al mismo, obligatoriamente se debe ubicar un letrero en el que se mencione “Peligro – Recinto del ascensor”. Por otra parte, si existiera puertas de ingreso al ascensor únicamente para personas autorizadas, se debe ubicar un letrero que diga “Acceso restringido para personas no autorizadas” [27].
- En alguna parte visible de la armadura de la cabina, se debe colocar una leyenda en el que se mencione: el nombre del fabricante del ascensor, su carga nominal, el año en el que se ejecuta la instalación, el número de cables de tracción utilizados, así como su diámetro y su carga de rotura para cada cable instalado [27].
- Sobre el limitador de velocidad, se debe poner una placa en la que se indique el material, el diámetro y el tipo de cable del limitador de velocidad, así como su velocidad de actuación [27].
- En cuanto a los componentes constitutivos del ascensor (motor, contactores, etc.), hay que ubicar placas que mencionen su información técnica respectiva [27].

Finalmente, hay que identificar cada uno de los pisos que conforman el edificio en el cual se encuentra instalado el ascensor, esto mediante el uso de señaléticas

bastantemente visibles para que las personas quienes se encuentre en el interior de la cabina, sepan en que piso se han detenido [27].

b) Seguridad básica para el ascensor

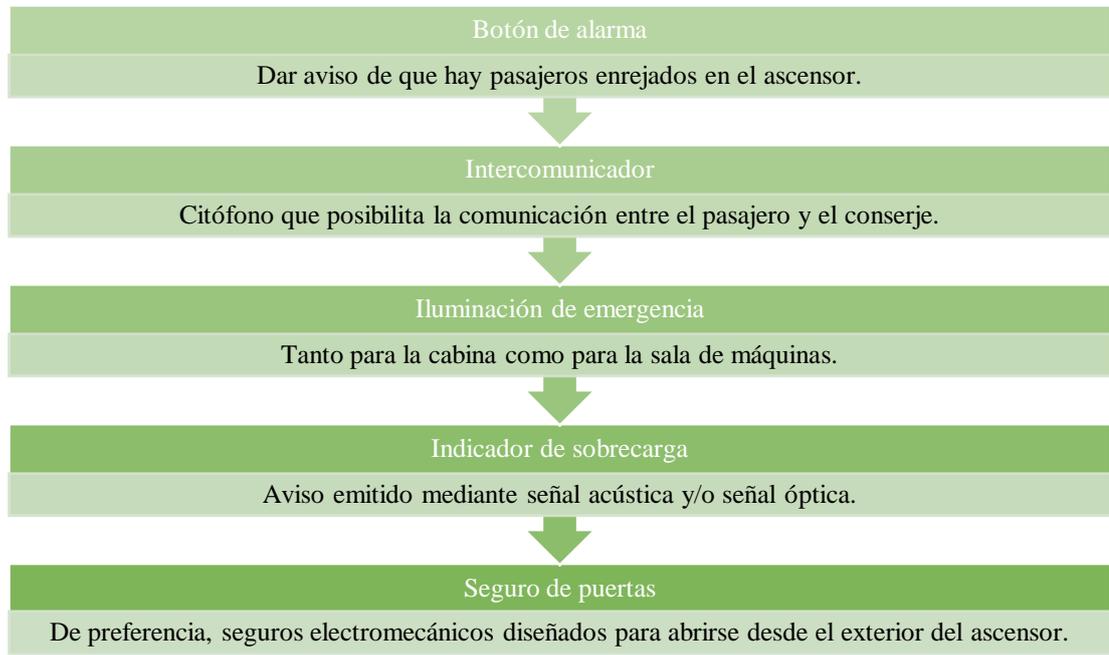


Figura 47. Seguridades del ascensor.

Fuente: [28]



Figura 48. Protección de caída del contrapeso.

Fuente: [28]

c) Protección en caso de sismos

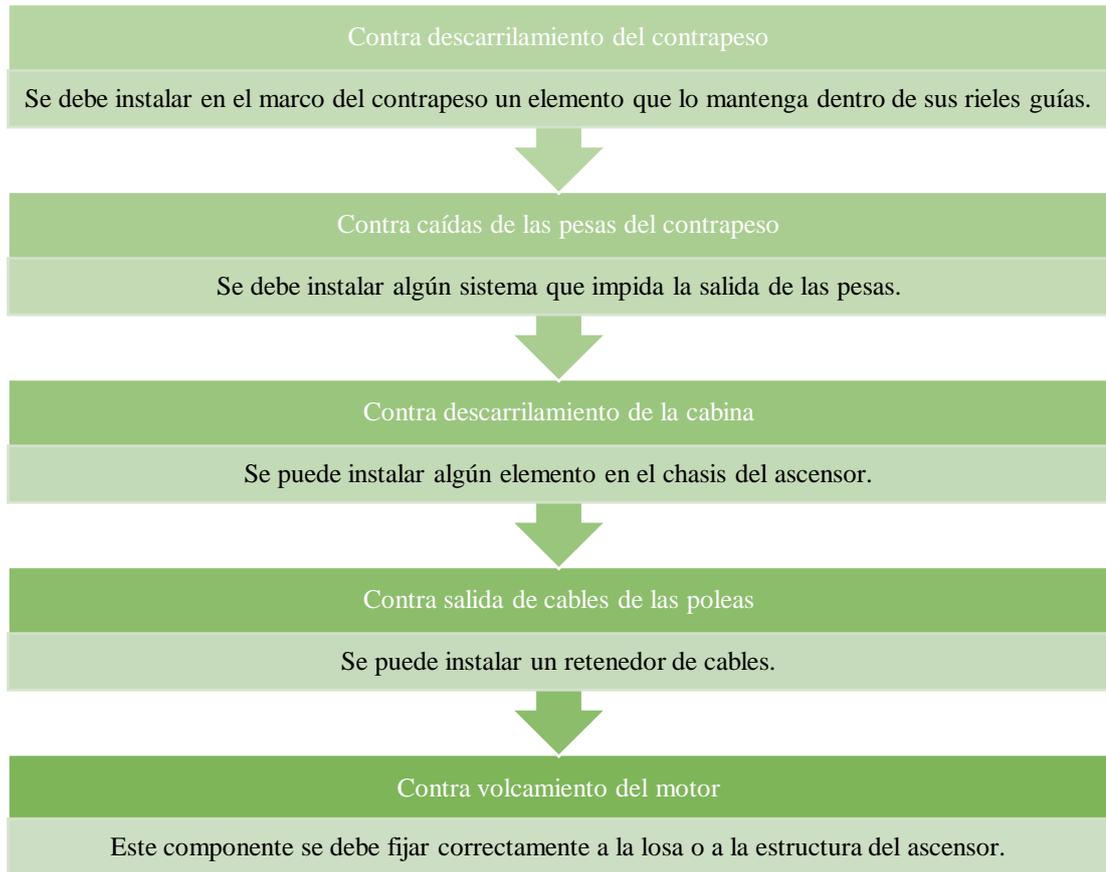


Figura 49. Proceso de protección para sismos.

Fuente: [28]



Figura 50. Retenedor de cables.

Fuente: El autor

d) Rescate de pasajeros

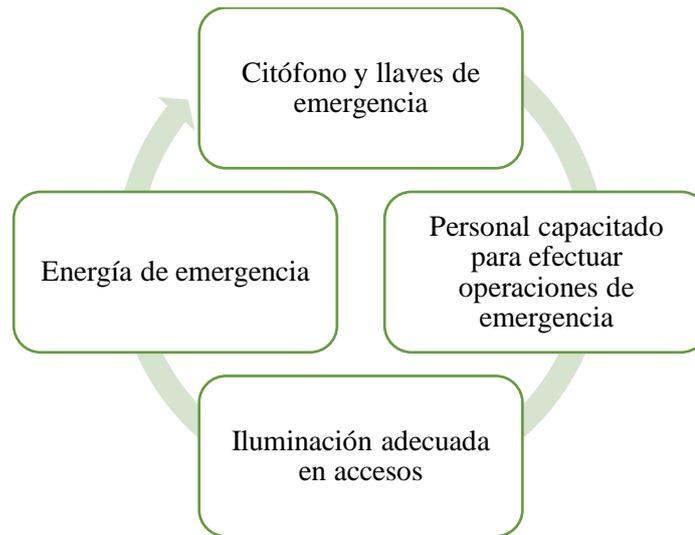


Figura 51. Actividades de rescate de pasajeros.

Fuente: [28]

3.3.2.6. Instrucciones de mantenimiento

Por lo general, todas estas instrucciones vienen incluidas en el manual del fabricante del ascensor, las mismas que necesariamente deben ser difundidas al personal técnico encargado de ejecutar las actividades de mantenimiento. Las actividades a realizarse deben seguir rigurosamente un proceso que permita facilitar la inspección y la reparación del mismo. Todas las actividades realizadas en el mantenimiento, deben ser archivadas periódica o eventualmente por el personal [28].



Figura 52. Mantenimiento de las guías del ascensor.

Fuente: [9]

3.4. Fichero técnico

Tabla 11. Fichero técnico del ascensor.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
	FICHERO TÉCNICO		
	Máquina	X	
	Equipo		
	Componente		
	 		
Nombre de la máquina/equipo:		Ascensor	
Código:		IC-ASC-01	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Tipo:	Electromecánico	Velocidad nominal:	1 m/s
Marca:	KEYCO	Número de paradas:	3
Capacidad:	800 kg	Con o sin sala de máquinas:	Sin
Carga:	10 Pasajeros	Obra civil:	Si
COMPONENTES PRINCIPALES			
Mecánicos	Eléctricos	Electrónicos	
Motor, frenos, paracaídas	Finales de carrera	S. maniobra de control	
Poleas de tracción, guías	Sensor de sismos y citófono	S. de movimiento	
Amortiguadores, cables	Sintetizador de voz	S. de puertas	
Cabina, contrapeso	Variador de frecuencia	S. de nivelación de cabina	
Limitador de velocidad	Sensores e hilos conductores	S. de velocidad	
Puertas de piso y de cabina	Botoneras de piso y de cabina	S. de seguridad	
FUNCIÓN DE LA MÁQUINA			
La función del ascensor es el de transportar personas de un piso a otro, esto mediante movimientos verticales de ascenso y descenso de la cabina.			

Fuente: El autor

3.5. Análisis de datos

3.5.1. Análisis AMFE

Como anteriormente se mencionó, el análisis AMFE permitirá establecer y/o proponer acciones o recomendaciones de solución ante la presencia de una falla funcional que pueda sufrir uno o varios componentes que conforman una máquina/equipo, de tal forma que, tanto el modo de fallo, su causa raíz y su efecto, no generen problemas complejos durante el funcionamiento del mismo.

En la actualidad, lo recomendable es que el mantenimiento no solo se enfoque en aumentar la disponibilidad continua de las máquinas, sino también debe velar por una mejor gestión y organización (preparación de trabajos y planificación) de las actividades de mantenimiento.

Por todo lo anteriormente mencionado, para el presente estudio se emplearán los componentes más comunes que todo tipo de ascensor maneja, así como los componentes más característicos del sistema mecánico, eléctrico y electrónico del ascensor.

Para este análisis, lo primero que se va a realizar es indicar el componente que se va a estudiar, luego describimos su función, así como su posible falla funcional, su modo de fallo, su causa raíz y sus posibles efectos que puedan generar. Una vez realizado todo lo anterior, identificamos el grado de severidad, frecuencia y detectabilidad de las fallas, para posteriormente calcular el NPR y establecer las acciones respectivas de solución.

Finalmente, se calculará una media (promedio) general de los NPR calculados para cada componente en cada sistema. Con el valor de la media se procederá a identificar aquellos componentes que estén por encima del mencionado valor. A estos componentes se les dará un seguimiento y control respectivo que garantice el cumplimiento de las recomendaciones establecidas en el análisis y en el posterior plan del mantenimiento.

3.5.1.1. Sistema mecánico

Tabla 12. Análisis AMFE del sistema mecánico del ascensor.

ANÁLISIS AMFE											
Sección:	Edificio Carrera de Ing. Civil	Marca:	KEYCO	Elaborado por:	Alex Amaguaña	Fecha de elaboración:	30/11/2020	Hoja N°:	1 de 6		
Máquina:	Ascensor electromecánico	Modelo:	-	Revisado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de revisión:	18/12/2020				
Sistema:	Mecánico	Serie:	-	Aprobado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de aprobación:	23/12/2020				
N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
1	Motor de tracción	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica. También es el encargado de generar el movimiento de ascenso y descenso	Recalentamiento de los bobinados; descargas electrostáticas en la carcasa del motor	Sobrecalentamiento	Falta de conexión a tierra; desconexión de una de las fases	El motor se puede fundir; existe riesgo de recibir descargar y/o alteración de la velocidad de funcionamiento	9	5	3	135	Operar dentro de los parámetros indicados por el fabricante; ajustar los bornes de la alimentación del motor y verificar la conexión a tierra
2	Freno	Detener al ascensor cuando sea necesario o cuando el pasajero lo requiera	Funcionamiento del mecanismo forzado; zapatas ubicadas fuera de su posición	Desgaste	Falta de lubricación en las guías de la cabina; pernos flojos	El freno puede quedar bloqueado; el solenoide puede quemarse	8	6	4	192	Limpieza y lubricación de la guías; ajustes del conjunto
3	Poleas de tracción	Dar movimiento vertical a la cabina	Garganta desgastada	Desgaste	Tensión excesiva de los cables	Rotura de las poleas	5	5	2	50	Tensar correctamente los cables
4	Cabina	Transportar a las personas	Piso estropeado	Desgaste	Uso frecuente	Resbalones	2	2	1	4	Reemplazo y mantenimiento del piso

ANÁLISIS AMFE

N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
5	Contrapeso	Compensar el peso de cabina, el chasis y la carga nominal, además de facilitar los movimientos de la misma	Trabas de las pesas en mal estado	Fisuras	Golpes fuertes	Pesas fuera de su lugar	5	2	1	10	Reparar o reemplazar las trabas de las pesas
6	Amortiguador de cabina y contrapeso	Parar a la cabina y al contrapeso, evitando daños a los pasajeros en caso de que la cabina y el contrapeso se pasen del recorrido y no frenen	Ubicación del amortiguador incorrecto	Desalineación	Sujeción defectuosa del amortiguador a la base	Seguridades mecánicas del ascensor deficientes	7	5	2	70	Anclar correctamente el amortiguador
7	Guías de cabina y de contrapeso	Componente rígido destinado a guiar a la cabina y al contrapeso en su trayectoria por el hueco del ascensor	Guías flojas y/o desalineadas	Deformación por flexión y pandeo	Vibraciones en el recorrido de la cabina	Desplazamiento ondulante de la cabina	7	5	2	70	Alinear las guías y ajustar los anclajes
8	Chasis de cabina y contrapeso	Soporta la cabina y alojar las pesas del contrapeso	Corrosión por contacto	Corrosión	Presencia de agua y/o la humedad normal del aire	Disminución del espesor de la estructura del chasis	5	4	1	20	Reparar el componente y/o sustituirla

FICM

Hoja N°: 2 de 6

ANÁLISIS AMFE

N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
9	Motor del operador de puertas	Dotar de movimiento al mecanismo de apertura y cierre del conjunto de las puertas del ascensor	Motor averiado y/o descalibración de la velocidad del motor	Sobrecalentamiento	Motor quemado y/o resistencias averiadas	El mecanismo de puertas no dispone de fuerza motriz y/o la apertura y cierre de puertas es brusco	8	9	2	144	Rebobinado del motor y reemplazo de las resistencias
10	Mecanismo del operador de puertas	Abrir las puertas suavemente de manera automática	Deslizamientos entre bandas y poleas; funcionamiento forzado y ruidoso	Desgaste	Bandas sin la tensión suficiente; elementos móviles sin lubricación	Puertas no se abren o no se cierran; posible remordimiento del mecanismo	8	9	2	144	Tensionar y ajustar las bandas; lubricar las articulaciones
11	Estribos	Estructura metálica destinada a sujetar la cabina y el contrapeso	Estribos flojos	Desajuste	Pernos aislados o con presencia de oxidación	Caída de la cabina o del contrapeso	8	3	7	168	Verificar estado de ajuste entre estribos y pernos
12	Rodamientos con cubierta de goma para la cabina y contrapeso	Disminuir el rozamiento y el ruido producido entre estribos y guías	Rodamientos flojos y/o desalineados	Desalineación	Cubierta de goma deteriorada	Desgaste prematuro de los elementos móviles	7	6	2	84	Sustitución de los rodamientos
13	Cables de limitador de velocidad	Cable auxiliar que tiene la finalidad de que el paracaídas actúe en caso de rotura de la suspensión	Remordimiento de los cables	Sobre esfuerzos	Mala instalación	El cable no activa el paracaídas	8	6	2	96	Inspeccionar estado de los cables

FICM

Hoja N°: 3 de 6

ANÁLISIS AMFE

N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
14	Cables de tracción	Contribuir con el movimiento de elevación de la cabina y del contrapeso	Cables deteriorados y/o la tensión de cada cable no es igual	Desgaste y falta de tensión	Rozamiento con algún componente atravesado en su longitud y/o ajustes defectuosos en los terminales de los cables	El ascensor no posee las condiciones óptimas para su uso	9	6	2	108	Reemplazo del conjunto de cables de tracción y revisión y ajuste de la tensión
15	Limitador de velocidad	Ordenar la parada inmediata del ascensor en caso de que la velocidad de funcionamiento sobrepase la programada	Funcionamiento forzado del mecanismo	Adherencias de partículas	Presencia de polvo en el mecanismo	El limitador no bloquea el movimiento de la cabina	8	6	4	192	Verificar estado del mecanismo del limitador
16	Puertas de pasillo y cabina	Evitar que los pasajeros intenten ingresar y salir de la cabina cuando este se encuentre en movimiento	Movimiento forzado del mecanismo que permite la apertura y cierre de las puertas y/o puertas remordidas	Deformación	Articulaciones sin lubricación	Apertura o cerrado de puertas deficiente	2	6	1	12	Limpieza, alineamiento y lubricación del mecanismo

FICM

Hoja N°: 4 de 6

ANÁLISIS AMFE

N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
17	Paracaídas	Parar e inmovilizar (en caso de exceso de velocidad o rotura de los cables de suspensión) a la cabina o al contrapeso sobre sus guías	Fuerza de acuíñamiento excesiva	Desconfiguración del mecanismo	Paradas fuertes	Rayados en las guías	9	5	4	180	Verificar la fuerza que ejerce las cuñas sobre las guías
18	Bancada del motor trifásico	Lugar en el que se sitúa el motor trifásico	Descascarado del recubrimiento	Corrosión	Presencia de agua y/o la humedad normal del aire	Reducción de espesor de la bancada	5	2	4	40	Dotar de recubrimiento a la bancada
19	Puente de contrapeso	Mantener la estructura de las guías (de cabina y contrapeso) en una posición constante a lo largo de su recorrido	Puente fuera de su posición	Desalineación	Golpes fuertes	Guías de cabina y contrapeso desalineadas	5	3	2	30	Alinear el puente de contrapeso
20	Soportes guías - pared	Permiten fijar las guías de la cabina y del contrapeso al hueco	Fijaciones (bridas, tornillos, tacos de hormigón, pasa muros) deterioradas	Desgaste	Falta de cuidados	Rotura de soportes	6	3	3	54	Reemplazar los soportes deteriorados

ANÁLISIS AMFE

N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
21	Pernos	Unir y fijar los componentes	Fallo en apriete	Cedencia	Fractura debido a la fatiga	Ajuste inadecuado entre componentes	6	5	4	120	Verificar estado de los pernos
22	Aceiteras	Lubricar las guías de cabina y contrapeso	Ruidos entre guías y deslizaderas	Adherencias, indentaciones	Falta de lubricante o lubricante mal seleccionado	Rozamiento entre las guías y deslizaderas de cabina y contrapeso	6	4	2	48	Completar el lubricante y/o seleccionar el lubricante adecuado
Media										89,59	
(Niveles críticos considerados sobre el valor de la media obtenida)											

Fuente: El autor

3.5.1.2. Sistema eléctrico

Tabla 13. Análisis AMFE del sistema eléctrico del ascensor.

ANÁLISIS AMFE											
Sección:	Edificio Carrera de Ing. Civil	Marca:	KEYCO	Elaborado por:	Alex Amaguaña	Fecha de elaboración:	30/11/2020	Hoja N°:	1 de 5		
Máquina:	Ascensor electromecánico	Modelo:	-	Revisado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de revisión:	18/12/2020				
Sistema:	Eléctrico	Serie:	-	Aprobado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de aprobación:	23/12/2020				
N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
1	Sensor de sismos	Enviar a la cabina a la planta más próxima y estacionarlo con las puertas abiertas	Sensado deficiente	Mala instalación	Cableados rotos y/o desconexión del sensor	No detecta los sismos	3	3	7	63	Revisar los cableados del sensor
2	Citófono	Medio de comunicación entre la cabina y el personal encargado de atender los avisos de emergencia	Sistema no emite señales de rescate	Desconexión de la alimentación eléctrica	Trabajos de limpieza o de mantenimiento	El sistema no tiene audio y/o no timbra	3	3	7	63	Verificar la conexión eléctrica
3	Sintetizador de voz	Anunciar las paradas de los pisos	Volumen bajo	Desconfiguración del componente	Sobretensiones	No emite locuciones	3	2	7	42	Verificar la configuración del componente
4	Variador de frecuencia	Regular la energía eléctrica que recibe el motor en función de la potencia o la velocidad que se desea obtener	Error durante el proceso de variación	Mala conexión	Parámetros mal configurados	El variador no ejecuta las ordenes requeridas por el usuario	5	5	4	100	Analizar el manual de manejo del variador

ANÁLISIS AMFE

ANÁLISIS AMFE											
Sección:	Edificio Carrera de Ing. Civil	Marca:	KEYCO	Elaborado por:	Alex Amaguaña	Fecha de elaboración:	30/11/2020	Hoja N°:	2 de 5	FICM	
Máquina:	Ascensor electromecánico	Modelo:	-	Revisado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de revisión:	18/12/2020				
Sistema:	Eléctrico	Serie:	-	Aprobado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de aprobación:	23/12/2020				
N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
5	Contactores	Energizar y desenergizar el circuito de freno	Bobina averiada o contactos sucios o en mal estado	Desgaste	Polvo y humedad del medio ambiente	El motor controlado por el contactor no funciona o el contactor no se activa	5	5	4	100	Limpieza y/o reemplazo del módulo de contactos; sustitución de la bobina del contactor
6	Stop de emergencia superior e inferior	Interrumpir la maniobra de control y cortar la alimentación del grupo tractor	Rotura del operador cabeza de hongo	Desgaste	Tiempo de uso	No se ejecuta la acción requerida	5	2	7	70	Cambiar el pulsador de stop de emergencia
7	Botoneras de pasillo o de rellano	Permiten llamar al ascensor desde el exterior del mismo; es decir, desde las plantas	Abolladuras en los pulsadores; iluminarias del indicador fuera de servicio	Desgaste	Uso frecuente	No se activa la orden requerida por el pasajero; o no se visualiza la señal de la ubicación de la cabina	6	5	3	90	Reemplazo de la botonera
8	Botoneras de cabina	Permite al pasajero seleccionar la parada en el que desea parar el ascensor, así como abrir las puertas, pulsar el botón de alarma, etc.	Abolladuras en los pulsadores; iluminarias del indicador fuera de servicio	Desgaste	Uso frecuente	No se activa la orden requerida por el pasajero o no se visualiza la señal de la ubicación de la cabina	6	5	3	90	Reemplazo de la botonera

ANÁLISIS AMFE

N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
9	Hilos conductores	Conducir la electricidad	Fuga de corriente	Mala instalación y/o desgaste	Pérdida del aislamiento	No hay continuidad de corriente en los hilos conductores	6	3	6	108	Reemplazar cableado
10	Sensor fotoeléctrico	Evitar que las puertas golpeen a los usuarios cuando se cierran; esto en caso de interrupción entre el emisor y el receptor	Desalineamiento entre el emisor y el receptor; conexiones flojas	Desalineación	Vibraciones cuando las puertas funcionan	La señal respectiva no es enviada al controlador	6	6	1	36	Alinear los dispositivos y revisar los conectores
11	Pantalla LCD	Transmitir o indicar la información de interés	Rayado de la pantalla	Desgaste	Tiempo de uso	Imágenes e información borrosa	2	2	1	4	Cambio de pantalla LCD
12	Encoder óptico	Dispositivo que controla la velocidad del motor	Datos erróneos de velocidad	Instalación deficiente	Acoplamiento encoder/eje del motor mal seleccionados	Problemas en la lectura de la velocidad	7	4	3	84	Cambio del acoplamiento encoder/eje del motor
13	Breaker trifásico	Proteger el circuito eléctrico contra una sobrecarga que se pueda presentar en el sistema	Disparos indebidos del breaker	Sobrecargas	Deficiente instalación	Cortocircuitos	2	2	4	16	Verificar los cableados del breaker
14	Finales de carrera	Permiten establecer la posición de un elemento determinado	Cabina fuera de posición	Descalibración	Desplazamiento frecuente de la cabina	Falla de enclavamiento al abrir y cerrar las puertas	8	8	3	192	Calibrar los finales de carrera

ANÁLISIS AMFE

N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
15	Iluminación	Otorgar visibilidad al pasajero	Conexiones y/o elementos flojos o defectuosos	Desgaste	Funcionamiento continuo	Inexistencia de iluminación en el interior de la cabina	4	5	1	20	Revisión de las conexiones y reemplazo de lámparas
16	Interruptores de servicios	Controlar los elementos que forman parte de la cabina del ascensor	Conexiones flojas o componentes en mal estado	Desgaste	Uso permanente	Dispositivos que se accionan por interruptores no se activan	5	4	4	80	Revisión de las conexiones y/o sustitución del dispositivo dañado
17	Cable viajero y cable de las botoneras de piso	Facilitar la conexión de todos los servicios eléctricos y/o datos de la cabina con el sistema de maniobra de control	Aislamiento deteriorado	Desgaste y/o sobrecalentamiento	Roce con la cabina	Posibilidad de que se produzcan cortocircuitos	3	2	7	42	Ajustar los anclajes del cable al pozo
18	Sensor de carga	Evitar que la cabina ejecute movimientos de ascenso y descenso cuando sobrepasa la carga nominal (>110%)	Sensibilidad baja	Descalibración	Uso frecuente	El valor de carga medido no es la correcta	6	5	3	90	Calibrar el sensor
19	Sensor de sobre velocidad	Controlar la velocidad a la que se desplaza la cabina (>125%)	Mediciones fallidas	Descalibración	Uso frecuente	El valor de velocidad medido no es el correcto	6	5	3	90	Calibrar el sensor

FICM

Hoja N°:

4 de 5

ANÁLISIS AMFE

Sección:	Edificio Carrera de Ing. Civil	Marca:	KEYCO	Elaborado por:	Alex Amaguaña	Fecha de elaboración:	30/11/2020	Hoja Nº:	5 de 5	FICM	
Máquina:	Ascensor electromecánico	Modelo:	-	Revisado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de revisión:	18/12/2020				
Sistema:	Eléctrico	Serie:	-	Aprobado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de aprobación:	23/12/2020				
N°	Componente	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
20	Sensor de nivel de pisos	Indicar dónde debe parar el ascensor	Sensibilidad baja	Descalibración	Polvo y humedad del medio ambiente	La cabina se ubica a desnivel del piso	5	4	3	60	Limpiar el exceso de polvo del sensor
21	Sensor de operador de puertas	Abrir y cerrar las puertas de la cabina en cada nivel	Funcionamiento forzado del mecanismo operador de puertas	Desalineación del mecanismo	Golpes en las puertas	Dificultad al abrir y cerrar puertas de cabina	9	8	1	72	Alinear el operador de puertas
22	Bordes sensitivos	Hacen que las puertas se abran al encontrar un obstáculo al cerrarse	Sensibilidad baja	Descalibración	Uso frecuente	Las puertas no se abren al encontrar un obstáculo	5	4	2	40	Calibrar el borde sensitivo
23	Banderolas	Láminas metálicas que activan los inductores y sensores	Banderolas fuera de posición	Desalineación	Pernos flojos	Daños de los inductores y los sensores	2	3	3	18	Ajustes de los dispositivos
Media										68,26	
(Niveles críticos considerados sobre el valor de la media obtenida)											

Fuente: El autor

3.5.1.3. Sistema electrónico

Tabla 14. Análisis AMFE del sistema electrónico del ascensor.

ANÁLISIS AMFE											
Sección:	Edificio Carrera de Ing. Civil	Marca:	KEYCO	Elaborado por:	Alex Amaguaña	Fecha de elaboración:	30/11/2020	Hoja N°:	1 de 3		
Máquina:	Ascensor electromecánico	Modelo:	-	Revisado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de revisión:	18/12/2020				
Sistema:	Electrónico	Serie:	-	Aprobado por:	Ing. Christian Castro	Fecha de aprobación:	23/12/2020				
N°	Sistema	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
1	De maniobra de control	Controlar todas las acciones de funcionamiento que puede llevar a cabo un ascensor	Desconfiguración de los componentes electrónicos	Sobrecargas eléctricas	Subida o bajada de tensión	El sistema de maniobra de control puede quemarse	9	5	2	90	Instalar sistemas de aislamiento eléctrico
2	De control mediante microprocesadores	Administrar la respuesta a los pedidos de llamadas coordinando la operación de los diversos componentes	Componentes electrónicos deteriorados	Desgaste	Uso continuo	Llamadas no ejecutadas por los componentes	9	3	1	27	Verificar estado de los componentes electrónicos
3	De movimiento	Controlar la maniobra entre pisos, la aceleración o desaceleración de la cabina, así como la acción de frenado	Sensores descalibrados	Desconfiguración	Uso continuo	Lecturas y mediciones fallidas	8	5	2	80	Examinar la precisión de medición de los sensores
4	De puertas	Permite el acceso de los pasajeros a la cabina (abrir y cerrar puertas en función de los tiempos establecidos)	Sensores descalibrados	Desconfiguración	Uso continuo	Lecturas y mediciones fallidas	8	9	2	144	Examinar la precisión de medición de los sensores

ANÁLISIS AMFE

N°	Sistema	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
5	De nivelación de cabina	Medir la precisión a la que la cabina se detiene en un piso establecido y se mantiene durante la bajada y subida de pasajeros	Sensores descalibrados	Desconfiguración	Uso continuo	Lecturas y mediciones fallidas	8	5	4	160	Examinar la precisión de medición de los sensores
6	De alarma de emergencia	Enviar los avisos necesarios para que el personal de emergencia actúe	Sensores descalibrados	Desconfiguración	Uso continuo	Lecturas y mediciones fallidas	8	4	7	224	Examinar la precisión de medición de los sensores
7	De seguridad	Bloquear y parar al ascensor en caso de producirse una avería	Sensores descalibrados	Desconfiguración	Uso continuo	Lecturas y mediciones fallidas	8	7	5	280	Examinar la precisión de medición de los sensores
8	De velocidad	Medir la velocidad a la que la cabina asciende y desciende a los diferentes llamados de los pasajeros	Sensores descalibrados	Desconfiguración	Uso continuo	Lecturas y mediciones fallidas	8	1	2	16	Examinar la precisión de medición de los sensores

ANÁLISIS AMFE

N°	Sistema	Función	Fallo funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoración				Acciones propuestas
							S	O	D	NPR	
9	De rescate	Sistema encargado de poner en funcionamiento las baterías de emergencia en caso de corte de energía eléctrica	Baterías descargadas completamente	Ciclos totales de carga completos	Sistema de carga deteriorado	Sistema de emergencia sin funcionamiento	8	5	5	200	Verificar carga de batería
10	De ahorro de energía	Transcurrido un tiempo programable el ascensor automáticamente apagará las luces y los ventiladores al estar encendidos	Luces y ventiladores no se apagan	Desconfiguración del sistema	Desconexión del cableado	Mayor consumo de energía	5	5	3	75	Verificar el funcionamiento de ahorro de energía
Media										129,6	
(Niveles críticos considerados sobre el valor de la media obtenida)											

Fuente: El autor

3.5.2. Análisis de criticidad

En las siguientes tablas que se muestran a continuación, se citará los valores de criticidad calculados para cada componente que conforma el sistema mecánico, eléctrico y electrónico del ascensor. Al igual que en el análisis AMFE, se calculará una media general de los valores de criticidad obtenidos. Con el valor de la media se procederá a identificar aquellos componentes que estén por encima y por debajo del mencionado valor. A estos componentes se les asignará un nivel de criticidad alto, medio o bajo.

Posteriormente, se desarrollará una matriz de frecuencia por consecuencia de falla. Esta matriz permitirá identificar y jerarquizar las áreas de criticidad, tanto para la frecuencia como para los impactos al que se verían expuestos los componentes.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Figura 53. Matriz frecuencia por consecuencia de falla.

Fuente: [29]

En definitiva, al tener plenamente identificado cuales son los componentes más críticos del ascensor, se podrá desarrollar de una manera eficaz el plan de mantenimiento. Por otra parte, la prioridad de las actividades de mantenimiento para cada componente, estará en función del nivel de criticidad calculado, y por ende, las órdenes de trabajo a realizarse también.

3.5.2.1. Sistema mecánico

Tabla 15. Análisis de criticidad del sistema mecánico del ascensor.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD								
Responsable del proceso:	Alex Amaguaña				Máquina:	Ascensor electromecánico		
Sistema:	Mecánico				Fecha de elaboración:	10/12/2020		
Elaborado por:	Alex Amaguaña				Fecha de revisión:	23/12/2020		
Revisado por:	Ing. Christian Castro				Hoja:	1 de 2		
Componentes	Consecuencias					Frecuencia	Criticidad	Nivel de Criticidad
	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	Total Consecuencia			
01. Motor de tracción	10	2	2	8	30	1	30	Alta
02. Freno	6	2	2	8	22	2	44	Alta
03. Poleas de tracción	6	1	2	4	12	1	12	Media
04. Cabina	2	1	1	2	5	1	5	Baja
05. Contrapeso	2	1	1	2	5	1	5	Baja
06. Amortiguador de cabina y contrapeso	2	2	2	8	14	2	28	Alta
07. Guías de cabina y de contrapeso	2	1	1	4	7	1	7	Baja
08. Chasis de cabina y contrapeso	2	1	1	2	5	1	5	Baja
09. Motor del operador de puertas	6	2	2	4	18	3	54	Alta
10. Mecanismo del operador de puertas	6	2	2	4	18	2	36	Alta
11. Estribos	4	1	1	2	7	1	7	Baja
12. Rodamientos con cubierta de goma para la cabina y contrapeso	6	1	1	4	11	2	22	Alta

ANÁLISIS DE CRITICIDAD								
Responsable del proceso:	Alex Amaguaña				Máquina:	Ascensor electromecánico		
Sistema:	Mecánico				Fecha de elaboración:	10/12/2020		
Elaborado por:	Alex Amaguaña				Fecha de revisión:	23/12/2020		
Revisado por:	Ing. Christian Castro				Hoja:	2 de 2		
Componentes	Consecuencias					Frecuencia	Criticidad	Nivel de Criticidad
	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	Total Consecuencia			
13. Cables de tracción	6	1	1	8	15	2	30	Alta
14. Cables de limitador de velocidad	6	1	1	8	15	1	15	Media
15. Limitador de velocidad	10	2	2	8	30	2	60	Alta
16. Puertas de pasillo y cabina	6	1	1	4	11	3	33	Alta
17. Paracaídas	10	2	2	8	30	2	60	Alta
18. Bancada del motor trifásico	2	1	1	2	5	1	5	Baja
19. Puente de contrapeso	2	1	1	2	5	1	5	Baja
20. Soportes guías - pared	2	1	1	2	5	1	5	Baja
21. Pernos	2	1	1	2	5	1	5	Baja
22. Aceiteras	2	1	1	2	5	1	5	Baja
Media							21,73	
(Niveles críticos considerados sobre el valor de la media obtenida)								

Fuente: El autor

3.5.2.2. Sistema eléctrico

Tabla 16. Análisis de criticidad del sistema eléctrico del ascensor.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD								
Responsable del proceso:	Alex Amaguaña				Máquina:	Ascensor electromecánico		
Sistema:	Eléctrico				Fecha de elaboración:	10/12/2020		
Elaborado por:	Alex Amaguaña				Fecha de revisión:	23/12/2020		
Revisado por:	Ing. Christian Castro				Hoja:	1 de 2		
Componentes	Consecuencias					Frecuencia	Criticidad	Nivel de Criticidad
	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	Total Consecuencia			
01. Sensor de sismos	2	1	2	8	12	1	12	Baja
02. Citófono	6	1	2	8	16	1	16	Baja
03. Sintetizador de voz	1	1	2	4	7	1	7	Baja
04. Variador de frecuencia	10	1	2	8	20	2	40	Alto
05. Contactores	6	1	2	4	12	2	24	Media
06. Stop de emergencia superior e inferior	4	1	1	2	7	2	14	Baja
07. Botoneras de pasillo o de rellano	4	2	1	2	11	2	22	Media
08. Botoneras de cabina	4	2	1	2	11	2	22	Media
09. Hilos conductores	10	1	1	4	15	2	30	Alto
10. Sensor fotoeléctrico	10	1	2	8	20	2	40	Alto
11. Pantalla LCD	1	2	1	2	5	1	5	Baja
12. Encoder óptico	10	2	2	8	30	2	60	Alto
13. Breaker trifásico	6	1	2	4	12	1	12	Baja

ANÁLISIS DE CRITICIDAD								
Responsable del proceso:	Alex Amaguaña				Máquina:	Ascensor electromecánico		
Sistema:	Eléctrico				Fecha de elaboración:	10/12/2020		
Elaborado por:	Alex Amaguaña				Fecha de revisión:	23/12/2020		
Revisado por:	Ing. Christian Castro				Hoja:	2 de 2		
Componentes	Consecuencias					Frecuencia	Criticidad	Nivel de Criticidad
	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	Total Consecuencia			
14. Finales de carrera	10	1	2	8	20	2	40	Alto
15. Iluminación	2	2	1	2	7	2	14	Baja
16. Interruptores de servicios	10	1	2	8	20	2	40	Alto
17. Cable viajero y cable de las botoneras de piso	2	1	1	2	5	1	5	Baja
18. Sensor de carga	10	1	2	8	20	2	40	Alto
19. Sensor de sobre velocidad	10	1	2	8	20	2	40	Alto
20. Sensor de nivel de pisos	10	1	2	8	20	2	40	Alto
21. Sensor de operador de puertas	10	1	2	8	20	3	60	Alto
22. Bordes sensitivos	10	2	2	8	30	2	60	Alto
23. Banderolas	2	1	1	2	5	1	5	Baja
Media							28,17	
(Niveles críticos considerados sobre el valor de la media obtenida)								

Fuente: El autor

3.5.2.3. Sistema electrónico

Tabla 17. Análisis de criticidad del sistema electrónico del ascensor.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD								
Responsable del proceso:	Alex Amaguaña				Máquina:	Ascensor electromecánico		
Sistema:	Electrónico				Fecha de elaboración:	10/12/2020		
Elaborado por:	Alex Amaguaña				Fecha de revisión:	23/12/2020		
Revisado por:	Ing. Christian Castro				Hoja:	1 de 1		
Sistemas	Consecuencias					Frecuencia	Criticidad	Nivel de Criticidad
	Impacto Operacional	Flexibilidad	Costos Mtto	Impacto SAH	Total Consecuencia			
01. De maniobra de control	10	2	2	8	30	2	60	Alta
02. De control mediante microprocesadores	10	2	2	8	30	1	30	Alta
03. De movimiento	10	1	1	8	19	1	19	Baja
04. De puertas	6	1	1	8	15	2	30	Alta
05. De nivelación de cabina	6	1	1	4	11	2	22	Media
06. De alarma de emergencia	10	1	1	4	15	1	15	Baja
07. De seguridad	6	1	1	8	15	2	30	Alta
08. De velocidad	6	1	1	8	15	2	30	Alta
09. De rescate	10	1	1	4	15	1	15	Baja
10. De ahorro de energía	2	1	1	4	7	1	7	Baja
Media							25,80	
(Niveles críticos considerados sobre el valor de la media obtenida)								

Fuente: El autor

– **Criterios empleados para el análisis de criticidad**

Para determinar el nivel de criticidad de cada componente del ascensor, se parte del valor de la media calculada para cada sistema.

– Sistema mecánico

Tabla 18. Nivel de criticidad sistema mecánico.

Nivel de jerarquización de criticidad	
Alta	Mayor a 21
Media	De 10 a 21
Baja	Menor a 10

Fuente: El autor

– Sistema eléctrico

Tabla 19. Nivel de criticidad sistema eléctrico.

Nivel de jerarquización de criticidad	
Alta	Mayor a 28
Media	De 20 a 28
Baja	Menor a 20

Fuente: El autor

– Sistema electrónico

Tabla 20. Nivel de criticidad sistema electrónico.

Nivel de jerarquización de criticidad	
Alta	Mayor a 25
Media	De 20 a 25
Baja	Menor a 20

Fuente: El autor

A continuación, se indican las características que los distinguen a cada nivel de criticidad.

Tabla 21. Características de los niveles de criticidad.

Nivel de criticidad	Característica
Alta	La máquina/equipo se torna no operable y por ende se debe trabajar en su máxima disponibilidad. Las actividades de mantenimiento son imprescindibles.
Media	Las actividades de mantenimiento pasan a ser importantes debido a que las fallas producidas generan disconformidad parcial con el proceso o servicio que ofrece la máquina/equipo. Los costos de mantenimiento son reducidos en comparación al nivel de criticidad anterior.
Baja	Las actividades de mantenimiento son poco prescindibles debido a que las fallas pueden ocasionar trastornos leves y poco apreciables en el funcionamiento y operatividad de la máquina/equipo.

Fuente: [12]

3.5.2.4. Matriz de frecuencia por consecuencia de falla

– Sistema mecánico

Tabla 22. Matriz frecuencia vs consecuencia (sistema mecánico).

FRECUENCIA	4															
	3	B	B	M	M	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	2	B	B	B	M	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	1	B	B	B	B	M	M	M	M	A	A	A	A	A	A	A
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
		CONSECUENCIA														

Fuente: El autor

– Sistema eléctrico

Tabla 23. Matriz frecuencia vs consecuencia (sistema eléctrico).

FRECUENCIA	4																
	3	B	B	B	B	B	M	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	2	B	B	B	B	B	M	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	1	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
		CONSECUENCIA															

Fuente: El autor

– Sistema electrónico

Tabla 24. Matriz frecuencia vs consecuencia (sistema electrónico).

FRECUENCIA	4																
	3																
	2	B	B	B	B	B	M	M	A	A	A	A	A	A	A	A	
	1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
		CONSECUENCIA															

Fuente: El autor

3.6. Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo

En función de las recomendaciones hecha en la norma UNE-EN 13015:2002+A1:2008 (Anexo 3), en la experiencia adquirida y recogida por parte del docente tutor y del personal encargado en ese momento del montaje e instalación del ascensor de la Carrera de Ingeniería Mecánica, y en base al estudio realizado de la literatura correspondiente al mantenimiento, se elaborará el presente plan de mantenimiento. Este plan se fundamenta en las actividades primarias que ejecutará el personal encargado del mantenimiento.

Las inspecciones periódicas a realizarse estarán previamente planificadas, esto con el objetivo de descubrir posibles defectos que puedan llevar a numerosas paradas

imprevistas del ascensor; o de ser el caso, a la ocurrencia de daños altamente graves que atenten con la vida útil del mismo. Es necesario mencionar, que las inspecciones a realizarse se dividen en actividades de carácter mecánico, eléctrico y electrónico. Las de carácter mecánico lo ejecutará el ingeniero o técnico mecánico, y en cuanto a las de carácter eléctrico y electrónico, únicamente las realizará un ingeniero o técnico eléctrico o electrónico. En cuanto a las actividades de aseo y limpieza del ascensor lo ejecutará el conserje del edificio.

3.6.1. Bitácoras de mantenimiento

Tras haber identificado los componentes críticos, a continuación se establecerá la planificación de las tareas de mantenimiento preventivo para el ascensor.

La planificación de las tareas de mantenimiento se documentará mediante bitácoras y gamas de mantenimiento. Estas últimas se lo ejecutará ya sea de manera diaria, semanal, mensual, semestral, trimestral o anual; todo esto de acuerdo a las especificaciones que se mencionen en las gamas respectivas. Es necesario mencionar, que los componentes considerados para elaborar las bitácoras de mantenimiento son únicamente los que en el análisis AMFE superaron el valor promedio calculado; en cambio los que se consideraran por parte del análisis de criticidad, serán aquellos cuyo nivel de criticidad es alto y medio.

Previo al desarrollo de las gamas de mantenimiento, es importante describir la frecuencia de mantenimiento mediante código de colores como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Código de colores y frecuencias de mantenimiento.

Color	Frecuencia
	Diaria o Semanal
	Quincenal o Mensual
	Semestral o Trimestral
	Anual

Fuente: El autor

3.6.1.1. Sistema mecánico

Tabla 26. Bitácora de mantenimiento (sistema mecánico).

BITÁCORA DE MANTENIMIENTO						
Equipo:	Ascensor	Ubicación:	Edificio Ingeniería Civil	Código bitácora:	BIT-MEC-001	FICM
Tipo:	Electromecánico	Sistema:	Mecánico	Hoja:	1 de 3	
Marca:	KEYCO	Responsable:		Edición:	01	
N°	Fecha de reporte	Componente	Descripción de la falla	Actividad realizada	Fecha de finalización	Observaciones
1		Motor de tracción	Recalentamiento de los bobinados y/o descargas electrostáticas en la carcasa del motor	Ajuste los bornes de la alimentación del motor y verificación de la conexión a tierra		
2		Freno	Zapatas ubicadas fuera de su posición habitual y/o funcionamiento forzado del mecanismo	Ajustes del conjunto y limpieza y lubricación de las guías		
3		Poleas de tracción	Garganta desgastada	Reemplazo de la polea y tensado correcto de los cables		
4		Amortiguador de cabina y contrapeso	Ubicación incorrecta del amortiguador	Anclaje del amortiguador a su posición adecuada		
5		Motor del operador de puertas	Motor averiado y/o descalibración de la velocidad del motor	Rebobinado del motor y reemplazo de resistencias		

BITÁCORA DE MANTENIMIENTO						
Equipo:	Ascensor	Ubicación:	Edificio Ingeniería Civil	Código bitácora:	BIT-MEC-001	FICM
Tipo:	Electromecánico	Sistema:	Mecánico	Hoja:	2 de 3	
Marca:	KEYCO	Responsable:		Edición:	01	
N°	Fecha de reporte	Componente	Descripción de la falla	Actividad realizada	Fecha de finalización	Observaciones
6		Mecanismo del operador de puertas	Funcionamiento forzado y ruidoso del mecanismo; deslizamiento entre cables y poleas	Lubricación de las articulaciones; ajuste adecuado de los cables		
7		Estribos	Estribos flojos	Ajuste apropiado entre estribos y pernos		
8		Rodamientos con cubierta de goma para la cabina y el contrapeso	Rodamientos flojos y/o desalineados	Sustitución de los rodamientos		
9		Cables de tracción	Tensión desigual de cada cable	Revisión y ajuste apropiado de la tensión de los cables		
10		Cables de limitador de velocidad	Remordimiento de los cables	Verificación del estado y tensado de los cables		
11		Limitador de velocidad	Funcionamiento forzado y ruidoso del mecanismo	Comprobación del estado del mecanismo (poleas y cables)		
12		Puertas de pasillo y cabina	Puertas remordidas y/o funcionamiento forzado y ruidoso del mecanismo	Limpieza, alineamiento y lubricación del mecanismo		

BITÁCORA DE MANTENIMIENTO						
Equipo:	Ascensor	Ubicación:	Edificio Ingeniería Civil	Código bitácora:	BIT-MEC-001	FICM
Tipo:	Electromecánico	Sistema:	Mecánico	Hoja:	3 de 3	
Marca:	KEYCO	Responsable:		Edición:	01	
N°	Fecha de reporte	Componente	Descripción de la falla	Actividad realizada	Fecha de finalización	Observaciones
13		Paracaídas	Fuerza de acñamiento excesiva	Comprobación de la fuerza que ejercen las cuñas sobre las guías		
14		Pernos	Fallo en apriete	Revisión del estado de los pernos y/o reemplazo		
Observaciones generales:						
Firma del responsable						

Fuente: El autor

3.6.1.2. Sistema eléctrico

Tabla 27. Bitácora de mantenimiento (sistema eléctrico).

BITÁCORA DE MANTENIMIENTO						
Equipo:	Ascensor	Ubicación:	Edificio Ingeniería Civil	Código bitácora:	BIT-ELEC-001	FICM
Tipo:	Electromecánico	Sistema:	Eléctrico	Hoja:	1 de 2	
Marca:	KEYCO	Responsable:		Edición:	01	
N°	Fecha de reporte	Componente	Descripción de la falla	Actividad realizada	Fecha de finalización	Observaciones
1		Variador de frecuencia	Error durante el proceso de variación	Revisión de la configuración del variador		
2		Contactores	Bobina averiada y contactos sucios en mal estado	Sustitución de la bobina y limpieza de los módulos de contactos		
3		Stop de emergencia superior e inferior	Rotura del operador cabeza de hongo	Reemplazo del pulsador de stop de emergencia		
4		Botoneras de pasillo o de rellano	Abolladuras en los pulsadores	Reemplazo de la botonera		
5		Botoneras de cabina	Abolladuras en los pulsadores	Reemplazo de la botonera		
6		Hilos conductores	Fuga de corriente	Reemplazo del cableado		
7		Encoder óptico	Toma de datos erróneos de velocidad	Cambio del acoplamiento encoder/eje del motor		
8		Finales de carrera	Cabina fuera de posición	Calibración de los finales de carrera		

BITÁCORA DE MANTENIMIENTO						
Equipo:	Ascensor	Ubicación:	Edificio Ingeniería Civil	Código bitácora:	BIT-ELEC-001	FICM
Tipo:	Electromecánico	Sistema:	Eléctrico	Hoja:	2 de 2	
Marca:	KEYCO	Responsable:		Edición:	01	
N°	Fecha de reporte	Componente	Descripción de la falla	Actividad realizada	Fecha de finalización	Observaciones
9		Interruptores de servicios	Conexiones flojas y componentes en mal estado	Revisión de las conexiones y sustitución de los dispositivos dañados		
10		Sensor de carga	Sensibilidad baja	Calibración del sensor		
11		Sensor de sobre velocidad	Mediciones fallidas	Calibración del sensor		
12		Sensor de operador de puertas	Funcionamiento forzado del mecanismo operador	Alineación del operador de puertas		
13		Sensor fotoeléctrico	Desalineamiento entre el emisor y el receptor	Alineación del dispositivo		
14		Sensor de nivel de pisos	Sensibilidad baja	Limpieza de polvo del sensor		
15		Bordes sensitivos	Sensibilidad baja	Calibración de los bordes		
Observaciones generales:						
Firma de responsable						

Fuente: El autor

3.6.1.3. Sistema electrónico

Tabla 28. Bitácora de mantenimiento (sistema electrónico).

BITÁCORA DE MANTENIMIENTO						
Equipo:	Ascensor	Ubicación:	Edificio Ingeniería Civil	Código bitácora:	BIT-ELECTN-001	FICM
Tipo:	Electromecánico	Sistema:	Electrónico	Hoja:	1 de 1	
Marca:	KEYCO	Responsable:		Edición:	01	
N°	Fecha de reporte	Sistema	Descripción de la falla	Actividad realizada	Fecha de finalización	Observaciones
1		De maniobra de control	Desconfiguración de los componentes electrónicos	Revisión de los sistemas de aislamiento eléctrico		
2		De puertas	Sensores descalibrados	Revisión de la precisión de medición del sensor		
3		De nivelación de cabina	Sensores descalibrados	Revisión de la precisión de medición del sensor		
4		De alarma de emergencia	Sensores descalibrados	Revisión de la precisión de medición del sensor		
5		De seguridad	Sensores descalibrados	Revisión de la precisión de medición del sensor		
6		De velocidad	Sensores descalibrados	Revisión de la precisión de medición del sensor		
7		De rescate	Baterías descargadas	Cargar la batería		
Observaciones generales:						
Firma del responsable						

Fuente: El autor

3.6.2. Gamas de mantenimiento

3.6.2.1. Sistema mecánico

Tabla 29. Gama de mantenimiento (sistema mecánico).

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - SISTEMA MECÁNICO							
Máquina:	Ascensor	Código Gama:	GMP-MEC-FICM-001				FICM
Tipo:	Electromecánico	Hoja:	1 de 4				
Marca:	KEYCO	Edición:	01				
N°	Componente	Actividad/Tarea	Frecuencia de inspección				Observaciones
			Diaria o Semanal	Quincenal o Mensual	Semestral o Trimestral	Anual	
1	Limitador de velocidad y polea tensora	Verificar el estado de las partes móviles en cuanto a libre movimiento y desgaste					
		Revisar su funcionamiento					
		Comprobar interruptor de accionamiento					
2	Guías de cabina y contrapeso	Verificar la película de aceite donde se requiera en todas las superficies de la guía					
		Comprobar las fijaciones					
3	Guiaderas de cabina y contrapeso	Comprobar guiaderas/rodaderas en cuanto a desgaste					
		Comprobar fijaciones					
		Verificar la lubricación si es necesario					
4	Poleas de tracción	Comprobar que giren adecuadamente					
		Revisar el estado y las gargantas en cuanto al desgaste					

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – SISTEMA MECÁNICO							
Máquina:	Ascensor	Código Gama:	GMP-MEC-FICM-001			FICM	
Tipo:	Electromecánico	Hoja:	2 de 4				
Marca:	KEYCO	Edición:	01				
N°	Componente	Actividad/Tarea	Frecuencia de inspección				Observaciones
			Diaria o Semanal	Quincenal o Mensual	Semestral o Trimestral	Anual	
5	Freno	Comprobar el sistema de frenado					
		Regular y ajustar el freno					
		Revisar la presión de la parada					
6	Cabina	Revisar el estado general de la cabina y sus componentes superficiales					
		Comprobar alumbrado de emergencia, botonera de cabina, llavines					
		Verificar fijaciones de paneles y techo					
		Revisar holguras entre las guías y la cabina				Máx. 10 mm	
7	Contrapeso	Comprobar su estado de funcionamiento					
		Revisar estado de las pesas					
8	Paracaídas y medios de protección contra sobrevelocidad en subida	Examinar el estado de las partes móviles en cuanto a libre movimiento y desgaste					
		Comprobar el estado de las fijaciones					
		Verificar su funcionamiento					
		Revisar la lubricación					
9	Cables de tracción y de limitador de velocidad	Revisar desgaste, tensión y alargamiento					
		Inspeccionar toda su longitud, incluidas las fijaciones de los mismos					
		Verificar su estado y corrosión					

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – SISTEMA MECÁNICO							
Máquina:	Ascensor	Código Gama:	GMP-MEC-FICM-001			FICM	
Tipo:	Electromecánico	Hoja:	3 de 4				
Marca:	KEYCO	Edición:	01				
N°	Componente	Actividad/Tarea	Frecuencia de inspección				Observaciones
			Diaria o Semanal	Quincenal o Mensual	Semestral o Trimestral	Anual	
10	Finales de cables	Examinar el deterioro y desgaste					
		Revisar amarres					
11	Amortiguadores de cabina y de contrapeso	Revisar estado de las fijaciones del amortiguador al pedestal					
		Verificar la solidez del anclaje del pedestal al piso del foso					
12	Puertas de cabina y de pasillo	Comprobar las holguras de la puerta					
		Verificar interruptores de puertas					
		Verificar funcionamiento de cierre y apertura de puertas					
		Revisar tornillos de fijación de puertas					
		Limpiar y lubricar rieles y rodamientos					
		Verificar estado de los parantes, umbrales y cabezales					
13	Aceiteras	Revisar que exista libre movimiento de las puertas					
		Verificar los niveles de aceite					
		Rellenar las aceiteras de engrase de guías					
		Revisar posibles fugas					

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – SISTEMA MECÁNICO							
Máquina:	Ascensor	Código Gama:	GMP-MEC-FICM-001			FICM	
Tipo:	Electromecánico	Hoja:	4 de 4				
Marca:	KEYCO	Edición:	01				
N°	Componente	Actividad/Tarea	Frecuencia de inspección				Observaciones
			Diaria o Semanal	Quincenal o Mensual	Semestral o Trimestral	Anual	
14	Motor de tracción	Comprobar su funcionamiento					
		Revisar las conexiones eléctricas					
		Comprobar que no exista caídas de tensión en la línea principal					
		Verificar que se encuentre sujetado correctamente a la bancada					
15	Soportes guías - pared	Comprobar estado de las fijaciones					
		Verificar la solidez del anclaje de los soportes de guías a la pared					
16	Mecanismo del operador de puertas	Limpiar y ajustar los mecanismos de puertas					
		Verificar la apertura de las puertas con la llave de emergencia					
17	Estribos	Verificar fijación de la cabina al estribo					
18	Ventiladores y extractores de aire	Revisar funcionamiento					
Observaciones generales:							

Fuente: El autor

3.6.2.2. Sistema eléctrico y electrónico

Tabla 30. Gama de mantenimiento (sistema eléctrico y electrónico).

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO							
Máquina:	Ascensor	Código Gama:	GMP-ELEC&ELECTN-FICM-001			FICM	
Tipo:	Electromecánico	Hoja:	1 de 2				
Marca:	KEYCO	Edición:	01				
N°	Componente/Sistema	Actividad/Tarea	Frecuencia de inspección				Observaciones
			Diaria o Semanal	Quincenal o Mensual	Semestral o Trimestral	Anual	
1	Finales de carrera e interruptor de corte	Verificar su funcionamiento					
		Comprobar el buen estado y su conexión					
		Limpiar los contactos eléctricos					
2	Cableado eléctrico	Revisar aislamiento					
3	Mando e indicadores de piso	Comprobar su funcionamiento					
4	Sensores	Verificar su funcionamiento y estado físico					
5	Citófono	Comprobar que se realiza la llamada telefónica al desconectar el interruptor general y presionar el pulsador de la botonera de cabina					
6	Botoneras de pasillo y de cabina	Verificar los contactos de botones de llamadas de piso y cabina					
		Destapar, revisar y limpiar las botoneras					
		Comprobar funcionamiento de las botoneras y de las flechas direccionales					
7	Tomas de tierra	Comprobar estado y conexión de la tomas					
8	Cable viajero	Revisar su estado físico					
10	Bordes sensitivos	Comprobar funcionamiento					

GAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO							
Máquina:	Ascensor	Código Gama:	GMP-ELEC&ELECTN-FICM-001				FICM
Tipo:	Electromecánico	Hoja:	2 de 2				
Marca:	KEYCO	Edición:	01				
N°	Componente/Sistema	Actividad/Tarea	Frecuencia de inspección				Observaciones
			Diaria o Semanal	Quincenal o Mensual	Semestral o Trimestral	Anual	
9	Iluminación en el interior de la cabina	Verificar la intensidad de las lámparas					
		Revisar líneas de instalación y cables					
11	Sistema de maniobra de control	Revisar que el armario este limpio, seco y sin polvo					
		Verificar estado de las conexiones, bobinas, inversores, contactores, etc.					
12	Sistema de puertas	Comprobar que tanto las puertas de pasillo y de cabina se cierren al mismo tiempo					
13	Sistema de nivelación de cabina	Verificar sistema de nivelación					
14	Sistema de alarma de emergencia	Comprobar funcionamiento					
		Revisar que los cables estén correctamente ubicados y separados para evitar cortocircuitos					
15	Sistema de velocidad	Comprobar que no exista acción brusca entre el arranque y parada de cabina					
16	Sensor de movimiento	Cargar a la cabina por encima de la carga nominal y verificar que se encienda la señal luminosa y que no responda los mandos de control hasta que no se descargue la cabina					
Observaciones generales:							

Fuente: El autor

3.6.3. Instrucciones para un mantenimiento seguro

Antes de dar inicio a la ejecución de las actividades de mantenimiento, es imprescindible conocer las instrucciones de seguridad. Estas instrucciones están dirigidas para el personal encargado de realizar el mantenimiento, para los usuarios que ocupan el ascensor y para el personal distinto de la empresa (conserje).

3.6.3.1. Instrucciones generales

- El mantenimiento del ascensor únicamente lo ejecutará una empresa autorizada, el mismo que deberá poseer personal altamente capacitado.
- El correcto funcionamiento del ascensor depende principalmente del mantenimiento que se lo realice.
- Al momento de reemplazar algún componente del ascensor, hacerlo siempre por refacciones originales, de preferencia que sean homologados.
- Si el propietario observa un funcionamiento raro o anormal del ascensor, este inmediatamente deberá comunicar a la empresa comisionada del mantenimiento.

3.6.3.2. Para el personal técnico de mantenimiento

Antes de iniciar el mantenimiento:

- Ubicar rótulo de aviso de mantenimiento.
- Usar los EPP adecuados.
- Alistar y seleccionar las herramientas, aparatos y accesorios apropiados.
- Comprobar que al menos un sistema de seguridad se encuentre activado.
- Indagar al encargado del edificio sobre posibles problemas que ha presentado el ascensor.

Durante el mantenimiento:

- Viajar en la cabina y analizar las condiciones de arranque y parada, de nivelación, del estado de los botones, de intensidad de luz y de ruidos en puertas.
- Verificar visualmente el estado del ascensor y de sus componentes.
- Ejecutar las actividades de mantenimiento considerando su seguridad.

Al finalizar el mantenimiento:

- Limpiar las manchas ocasionadas y recoger los desechos.
- Retirar herramientas, aparatos y accesorios utilizados.
- Quitar rótulos de aviso de mantenimiento.
- Avisar al encargado del edificio que el mantenimiento ha finalizado
- Comprobar que el ascensor funcione correctamente.

3.6.3.3. Para el personal distinto de la empresa

Como anteriormente se mencionó, las actividades de limpieza del ascensor son tareas que les corresponde realizar a los encargados del edificio. Como por ejemplo, la limpieza del interior de la cabina y de las partes vecinas al hueco del ascensor.

Al realizar el aseo de los pasillos se debe impedir que se introduzcan cosas extrañas en las ranuras por las que se mueven las puertas. De igual forma, se debe evitar que el agua no se introduzca en las ranuras de las puertas, pues pueden ocasionar cortocircuitos e indicios de corrosión. Adicionalmente, para limpiar el acero inoxidable se debe emplear un trapo seco. Esta limpieza se lo debe hacer en sentido del satinado. Lo recomendable es utilizar un paño empapado en agua jabonosa con el fin de evitar ralladuras.

Es importante mencionar, que por ningún motivo se debe utilizar alcohol, disolventes, combustibles u otro tipo de corrosivos para la limpieza de las botoneras de cabina, pues podrían deteriorarse rápidamente los pulsadores como los elementos de indicación.

3.6.3.4. Para los usuarios

- Por ningún motivo brincar o realizar movimientos violentos dentro de la cabina.
- Respetar la capacidad máxima de pasajeros.
- No abra ni trate de abrir las puertas del ascensor cuando esté en funcionamiento.
- Evitar hacer llamadas innecesarias, mantener la calma, esperar y no desesperarse.
- Evite pararse en el umbral de la cabina, así se encuentren abiertas las puertas de cabina y de pasillo.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El ascensor es uno de los medios de transporte más utilizados en la actualidad, y por este motivo, el desarrollo y ejecución de un plan de mantenimiento es fundamental para asegurar su correcto funcionamiento. Con el presente proyecto, se consigue una mejor práctica del mantenimiento preventivo para el ascensor ubicado en el edificio de la Carrera de Ingeniería Civil de la UTA, el cual da inicio con un análisis detallado de sus generalidades, para luego continuar con el análisis del funcionamiento que cumple cada uno de los componentes, y finalmente establecer las actividades y frecuencias de manteniendo que se debe realizar al ascensor.
- Tras haber identificado y realizado un análisis minucioso de los componentes comunes y/o principales que caracterizan al ascensor electromecánico de los demás, se ejecutó el análisis modal de fallos y efectos empleando la NTP 679, el cual proporciona parámetros cualitativos y cuantitativos para la evaluación de los fallos posibles con sus derivados efectos. Para este apartado, se clasifico a los componentes del ascensor en sistemas mecánico, eléctrico y electrónico respectivamente. Los componentes que son susceptibles a producir falla en el sistema mecánico lo conforma el motor de tracción con un NPR = 135, el freno con un NPR = 192, el motor y el mecanismo operador de puertas con un NPR = 144, los estribos con un NPR = 168, los rodamientos con cubierta de goma para la cabina y contrapeso con un NPR = 84, los cables del limitador de velocidad con un NPR = 96, los cables de tracción con un NPR = 108, el limitador de velocidad con un NPR = 192, el paracaídas con un NPR = 180 y los pernos con un NPR = 120. En cambio para los componentes del sistema eléctrico tenemos al variador de frecuencia y a los contactores con un NPR = 100, a los pulsadores de stop de emergencia con un NPR = 70, a las botoneras de pasillo y de cabina con un NPR

= 90, a los hilos conductores con un NPR = 108, al encoder óptico con un NPR = 84, a los finales de carrera con un NPR = 192, a los interruptores de servicio con un NPR = 80, a los sensores de carga y velocidad con un NPR = 90 y a los sensores de operador de puertas con un NPR = 72. Mientras que para los componentes que conforman el sistema electrónico se tiene el de puertas con un NPR = 144, el de nivelación de cabina con un NPR = 160, el de alarma de emergencia con un NPR = 224, el de seguridad con un NPR = 280 y el de rescate con un NPR = 200.

- Al igual que en el análisis AMFE, el análisis de criticidad se realizó para los componentes comunes y/o principales que caracterizan a un ascensor electromecánico de los diferentes tipos; para lo cual, se empleó parámetros de evaluación de consecuencias provocadas por la ocurrencia de fallas. Como resultado tenemos que para el sistema mecánico de un total de 22 componentes, 10 resultan tener un nivel de criticidad alto, 2 un nivel de criticidad medio y 10 un nivel de criticidad bajo. En cambio, para el sistema eléctrico se tienen un total de 23 componentes, de los cuales 11 tienen un nivel de criticidad alto, 3 un nivel de criticidad medio y 9 un nivel de criticidad bajo. Mientras que para el sistema electrónico se tiene 10 componentes, 5 con un nivel alto de criticidad, 1 con un nivel medio y 4 con un nivel bajo de criticidad.
- Las bitácoras de mantenimiento se elaboraron a partir de los datos registrados en el análisis AMFE como en el análisis de criticidad. Las actividades indicadas en las bitácoras, son posibles y comunes fallas que se suelen presentar en el ascensor. De esta manera, se pretende tener un registro previo de averías con la finalidad de anticiparnos a posibles fallos que puedan generar grandes siniestros durante el funcionamiento del ascensor.
- En cuanto a las gamas de mantenimiento, estas se elaboraron acorde a los requerimientos y lineamientos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y a los que proporciona la norma UNE-EN 13015:2002+A1:2008. (Mantenimiento de ascensores y escaleras. Reglas para instrucciones de mantenimiento); de tal modo que dichas tareas se ejecuten en el tiempo apropiado, con el personal correcto y las instrucciones de seguridad adecuadas.

4.2. Recomendaciones

- Para desarrollar con éxito un plan de mantenimiento preventivo es importante buscar y recoger toda la información posible de la máquina/equipo, esto con la finalidad de implantar las bases necesarias contra las que se puedan posteriormente comparar los beneficios que ha otorgado el desarrollo del plan. Es importante aclarar, que no se puede esperar resultados significativos y satisfactorios hasta después de un año de implementación del plan de mantenimiento.
- Debido a que la norma UNE-EN 13015:2002+A1:2008. (Mantenimiento de ascensores y escaleras. Reglas para instrucciones de mantenimiento), no contiene mucha información de los pasos o procedimientos necesarios que se debe seguir para ejecutar un plan mantenimiento eficiente del ascensor, es recomendable y necesario inmiscuirse y buscar información técnica actualiza; por tal razón, la parte de la realización de tablas de análisis AMFE, de criticidad, de bitácoras y gamas de mantenimiento preventivo, ha sido lo más novedoso de este proyecto técnico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Á. Peña Gil, "Diseño del sistema de mantenimiento de un ascensor eléctrico", de *Tesis de maestría*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2017.
- [2] J. Schiavone, "Elevator and Escalator Maintenance and Safety Practices", *National Academies of Sciences, Engineering and Medicine*, pp. 9-67, 2012.
- [3] D. A. Arias Carrillo, "Análisis del impacto en la aplicación de la norma CPE INEN 018:2013 (CÓDIGO DE SEGURIDAD DE ASCENSORES PARA PASAJEROS. REQUISITOS DE SEGURIDAD) para edificios con equipos de transporte vertical en la ciudad de Cuenca", de *Tesis de maestría*, Universidad del Azuay, Cuenca, 2016.
- [4] J. C. Valdivieso Torres, "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa EXTRUPLAS S.A", de *Tesis de pregrado*, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, 2010.
- [5] A. Miravete y E. Larrodé, *Elevadores: Principios e innovaciones*, Barcelona: Reverté, S. A, 2012.
- [6] E. Navas Cuenca, *Tarjeta profesional de la construcción sector metal (TPM). Instalación de ascensores*, Málaga: Interconsulting Bureau (ICB), S.L., 2012.
- [7] VILOBOX, "Tipos de elevadores y cómo seleccionar el adecuado", [Online]. Available:
https://vilobox.mx/libreria/recursos/eBook_Tipos_de_elevadores_V2.pdf.
[Último acceso: 19 Octubre 2020].
- [8] ThyssenKrupp Elevadores, "Ascensores: Adaptabilidad en forma de tecnología", [Online]. Available: <https://promateriales.com/pdf/PM71-08.pdf>. [Último acceso: 19 Octubre 2020].
- [9] F. Caro, J. Ruíz y M. Sánchez, "Rescate en ascensores. Manual para bomberos", 2016. [Online]. Available: <https://archivoypublicaciones.dipusevilla.es/>. [Último acceso: 18 Octubre 2020].
- [10] J. A. Galiano Hernández, "Instalación de un transporte vertical (ascensor de tracción) de marca EUROLIFT para el edificio Orlando, con la colaboración del

equipo personal técnico de la empresa ASGOCAL CIA LTDA", de *Tesis de pregrado*, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2010.

- [11] L. A. Mora Gutiérrez, *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios*, Medellín: AMG, 2005.
- [12] J. Á. Medrano Márquez, V. L. González Ajuech y V. M. Díaz de León Santiago, *Mantenimiento. Técnicas y aplicaciones industriales*, México: Grupo Editorial Patria, S.A. de C.V., 2017.
- [13] C. A. Montilla Montaña, *Fundamentos de mantenimiento industrial*, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2016.
- [14] S. García Garrido, *Organización y gestión integral de mantenimiento*, Madrid: Díaz de Santos, S. A., 2003.
- [15] E. Nieto Vilardell, *Mantenimiento industrial práctico*, Fidestec Ediciones, 2013.
- [16] J. Moubray, *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*, Asheville: Aladon LLC, 2004.
- [17] L. A. Tavares, *Administración moderna de mantenimiento*, Brasil: Novo Polo Publicaciones, 2013, p. 29.
- [18] T. Muñoz Sánchez, MF1806_2: *Manejo y mantenimiento de equipos de siembra y plantación*, España: Elearning S.L., pp. 223-225.
- [19] L. A. Mora Gutiérrez, *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*, México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2009.
- [20] UNE Normalización Española, *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento*, Ecuador Documents, 11 07 2018. [Online]. Available: <https://fddocuments.ec/document/norma-une-en-13306-terminos.html>. [Último acceso: 29 10 2020].
- [21] S. L. Com y S. E. Ackerman, *Metodología de la Investigación*, Buenos Aires: Del Aula Taller, 2013, pp. 40-41.
- [22] R. R. Rios Ramirez, *Metodología para la investigación y redacción*, Málaga: Servicios Académicos Intercontinentales S.L, 2017, p. 89.
- [23] L. E. Allauca Caisaguano y E. A. Cullay Ashqui, "Pronóstico de la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad, mediante la norma ISO 3977-9 para optimizar la operación y mantenimiento del ascensor de la Facultad de

- Mecánica", de *Tesis de pregrado*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2017.
- [24] L. H. Espinosa Velásquez, "Implementación de un plan de mantenimiento preventivo planificado mediante software en el taller del Municipio del Cantón Otavalo", de *Tesis de pregrado*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2014.
- [25] P. Comesaña Costas, Montaje e instalación de ascensores y montacargas. Conocimientos para montar y manipular dispositivos de automatismos eléctricos, Vigo: Ideaspropias, 2008.
- [26] J. M. Aizcorbe Sáez, Instalador de ascensores y montacargas, Navarra: Litografía IPAR, S.L., 2006.
- [27] CIRA, "Normas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores y montacargas eléctricos". Ginebra Patente 43999, 16 Marzo 2000.
- [28] Cámara Chilena de la Construcción, "Manual de Ascensores", [Online]. Available: https://portal.ondac.com/601/articles-59588_doc_pdf.pdf. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [29] C. A. Parra Márquez y A. Crespo Márquez, Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos, Sevilla: INGEMAN, 2012.

ANEXOS

Anexo 1. NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.

Anexo 2. Catálogo electrónico ascensor edificio carrera de Ingeniería Civil.

Anexo 3. Norma UNE-EN 13015:2002+A1:2008. (Mantenimiento de ascensores y escaleras. Reglas para instrucciones de mantenimiento).

Anexo 4. Formatos para la Gestión del Mantenimiento del ascensor.

Anexo 5. Visita a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica durante la instalación y montaje del ascensor ubicado en el edificio de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Anexo 1. NTP 679:

Análisis modal de

fallo y efectos.

AMFE.

NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

Analyse des modes de défauts et effets. AMDE

Failure Mode and Effect Analysis. FMEA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactores:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

Rosa M^a Orriols Ramos
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Carles Mata París
Ingeniero Técnico

SEAT, S.A.

La presente NTP tiene por objeto exponer el método de análisis modal de fallos y efectos de elementos clave de procesos o productos. Esta herramienta es una de las tradicionales empleadas en el ámbito de la Calidad para la identificación y análisis de potenciales desviaciones de funcionamiento o fallos, preferentemente en la fase de diseño. Se trata de un método cualitativo que por sus características, resulta de utilidad para la prevención integral de riesgos, incluidos los laborales.

1. INTRODUCCIÓN

El AMFE fue aplicado por vez primera por la industria aeronáutica en la década de los 60, e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 titulada "Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad". En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método también puede recogerse con la denominación de AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad), al introducir de manera remarcable y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos.

Aunque la técnica se aplica fundamentalmente para analizar un producto o proceso en su fase de diseño, este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación, entendiéndose que los procesos se encuentran en todos los ámbitos de la empresa, desde el diseño y montaje hasta la fabricación, comercialización y la propia organización en todas las áreas funcionales de la empresa. Evidentemente, este método a pesar de su enorme sencillez es usualmente aplicado a elementos o procesos clave en donde los fallos que pueden acontecer, por sus consecuencias puedan tener repercusiones importantes en los resultados esperados. El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de efectos potenciales, si se aplica de manera sistemática.

La aplicación del AMFE por los grupos de trabajo implicados en las instalaciones o procesos productivos de los que son en parte conductores o en parte usuarios en sus diferentes aspectos, aporta un mayor conocimiento de los mismos y sobre todo de sus aspectos más débiles, con las consiguientes medidas preventivas a aplicar para su necesario control. Con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejoramiento de la calidad de productos y procesos reduciendo costes.

En la medida que el propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales. Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la Seguridad en el Trabajo, como la posibilidad de acontecimiento de los fallos o hechos indeseados y la severidad o gravedad de sus consecuencias. Ahora bien, el AMFE introduce un factor de especial interés no utilizado normalmente en las evaluaciones simplificadas de riesgos de accidente, que es la capacidad de detección del fallo producido por el destinatario o usuario del equipo o proceso analizado, al que el método originario denomina cliente. Evidentemente tal cliente o usuario podrá ser un trabajador o equipo de personas que receptionan en un momento determinado un producto o parte del mismo en un proceso productivo, para intervenir en él, o bien en último término, el usuario final de tal producto cuando haya de utilizarlo en su lugar de aplicación. Es sabido que los fallos materiales suelen estar mayoritariamente asociados en su origen a la fase de diseño y cuanto más se tarde en detectarlos más costosa será su solución. De ahí la importancia de realizar el análisis de potenciales problemas en instalaciones, equipos y procesos desde el inicio de su concepción y pensando siempre en las diferentes fases de su funcionamiento previsto. A continuación se aportan una serie de definiciones sobre los conceptos asumidos por este método.

Este método no considera los errores humanos directamente, sino su correspondencia inmediata de mala operación en la situación de un componente o sistema. En definitiva, el AMFE es un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso.

2. DEFINICIONES DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES DEL AMFE

Como paso previo a la descripción del método y su aplicación es necesario sentar los términos y conceptos fundamentales, que a continuación se describen.

Cliente o usuario

Solemos asociar la palabra cliente al usuario final del producto fabricado o el destinatario-usuario del resultado del proceso o parte del mismo que ha sido analizado. Por lo tanto, en el AMFE, el cliente dependerá de la fase del proceso o del ciclo de vida del producto en el que apliquemos el método. La situación más crítica se produce cuando un fallo generado en un proceso productivo que repercute decisivamente en la calidad de un producto no es controlado a tiempo y llega en tales condiciones al último destinatario o cliente.

Si uno de los aspectos determinantes del método es asegurar la satisfacción de las necesidades de los usuarios, evitando los fallos que generan problemas e insatisfacciones, para conocerlas es necesario tener herramientas que nos permitan registrarlas. Para ello disponemos, entre otras, de dos herramientas: los cuestionarios de satisfacción de necesidades de clientes o usuarios y la doble matriz de información para comprobar como los resultados esperados de productos/procesos responden a las expectativas de sus usuarios.

El propósito del diseño, o sea lo que se espera se consiga o no del mismo, debe estar acorde con las necesidades y requisitos que pide el usuario; con lo que al realizar el AMFE y aplicarlo en la fase de diseño siempre hay que pensar en el cliente-usuario, ese "quien", es el que nos marca el objetivo final.

Es por eso que las funciones prioritarias al realizar el AMFE son las denominadas "funciones de servicio", este tipo de funciones nos permitirán conocer el susodicho grado de satisfacción del cliente tanto de uso del producto como de estimación (complacencia). Las "funciones de servicio" son necesidades directas de los sistemas analizados y no dependen solo de la tecnología, es por eso que para determinarlas hay que analizar, como se ha dicho, dos aspectos: las necesidades que se tienen que satisfacer y el impacto que tienen sobre el cliente dichas necesidades. Esto nos permitirá determinar y priorizar las funciones de servicio y a partir de ahí realizar el AMFE.

Producto

El producto puede ser una pieza, un conjunto de piezas, el producto final obtenido de un proceso o incluso el mismo proceso. Lo importante es poner el límite a lo que se pretende analizar y definir la función esencial a realizar, lo que se denomina identificación del elemento y determinar de que subconjuntos / subproductos está compuesto el producto

Por ejemplo: podemos analizar un vehículo motorizado en su conjunto o el sistema de carburación del mismo. Evidentemente, según el objetivo del AMFE, podrá ser suficiente revisar las funciones esenciales de un producto o profundizar en alguna de sus partes críticas para analizar en detalle sus modos de fallo.

Seguridad de funcionamiento

Hablamos de seguridad de funcionamiento como concepto integrador, ya que además de la fiabilidad de respuesta a sus funciones básicas se incluye la conservación, la disponibilidad y la seguridad ante posibles riesgos de daños tanto en condiciones normales en el régimen de funcionamiento como ocasionales. Al analizar tal seguridad de funcionamiento de un producto/proceso, a parte de los mismos, se habrán de detectar los diferentes modos o maneras de producirse los fallos previsible con su detectabilidad (facilidad de detección), su frecuencia y gravedad o severidad, y que a continuación se definen.

Detectabilidad

Este concepto es esencial en el AMFE, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de evaluación de riesgos de accidente.

Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier "output" defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo "detectemos", pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente – usuario final.

Cuanto más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectarlo más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

Frecuencia

Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo.

Gravedad

Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente - usuario. También cabe considerar el daño máximo esperado, el cual iría asociado también a su probabilidad de generación.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Tal índice está basado en los mismos fundamentos que el método histórico de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T., si bien el índice de prioridad del AMFE incorpora el factor detectabilidad. Por tanto, tal índice es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tanto debe ser calculado para todas las causas de fallo.

$$IPR = D.G.F$$

Es de suma importancia determinar de buen inicio cuales son los puntos críticos del producto/proceso a analizar. Para ello hay que recurrir a la observación directa que se realiza por el propio grupo de trabajo, y a la aplicación de técnicas generales de análisis desde el "brainstorming" a los diagramas causa-efecto de Isikawa, entre otros, que por su sencillez son de conveniente utilización. La aplicación de dichas técnicas y el grado de profundización en el análisis depende de la composición del propio grupo de trabajo y de su cualificación, del tipo de producto a analizar y como no, del tiempo hábil disponible.

3. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A continuación se indican de manera ordenada y esquemática los pasos necesarios con los correspondientes informaciones a cumplimentar en la hoja de análisis para la aplicación del método AMFE de forma genérica. El esquema de presentación de la información que se muestra en esta NTP tiene un valor meramente orientativo, pudiendo adaptarse a las características e intereses de cada organización. No obstante, el orden de cumplimentación sigue el mismo en el que los datos deberán ser recabados. Al final se adjunta una sencilla aplicación práctica, a modo de ejemplo. En primer lugar habría que definir si el AMFE a realizar es de proyecto o de producto/proceso. Cuando el AMFE se aplica a un proceso de-

terminado, hay que seleccionar los elementos clave del mismo asociados al resultado esperado. Por ejemplo, supongamos que se trata de un proceso de intercambio térmico para enfriar un reactor químico, los elementos clave a aplicar entonces en el AMFE podrían ser el propio intercambiador y la bomba de suministro de fluido refrigerante. En todo caso, hablemos de producto o proceso, en el AMFE nos centraremos en el análisis de elementos materiales con unas características determinadas y con unos modos de fallo que se trata de conocer y valorar.

Denominación del componente e identificación

Debe identificarse el PRODUCTO o parte del PROCESO incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto/proyecto o del proceso propiamente dicho. Es útil complementar tal identificación con códigos numéricos que eviten posibles confusiones al definir los componentes.

Parte del componente. Operación o función

Se completa con distinta información dependiendo de si se está realizando un AMFE de diseño o de proceso.

Para el AMFE de diseño se incluyen las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes. Para el AMFE de proceso se describirán todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

Fallo o Modo de fallo

El "Modo de Fallo Potencial" se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente.

Los modos de fallo potencial se deben describir en términos "físicos" o técnicos, no como síntoma detectable por el cliente. El error humano de acción u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable numerarlos correlativamente.

Un fallo puede no ser detectable inmediatamente, ello como se ha dicho es un aspecto importante a considerar y por tanto no debería nunca pasarse por alto.

Efecto/s del fallo

Normalmente es el síntoma detectado por el cliente/usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema. Se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo haría el propio usuario.

Cuando se analiza solo una parte se tendrá en cuenta la repercusión negativa en el conjunto del sistema, para así poder ofrecer una descripción más clara del efecto.

Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves.

Causas del modo de fallo

La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo.

Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas.

Ejemplo de AMFE de diseño:

Supongamos que estamos analizando el tubo de escape de gases de un automóvil en su proceso de fabricación.

- Modo de fallo: Agrietado del tubo de escape
Efecto: Ruido no habitual
Causa: Vibración – Fatiga

Ejemplo AMFE de proceso:

Supongamos que estamos analizando la función de refrigeración de un reactor químico a través de un serpentín con aporte continuo de agua.

- Modo de fallo 1: Ausencia de agua.
Causas: fallo del suministro, fuga en conducción de suministro, fallo de la bomba de alimentación.
- Modo de fallo 2: Pérdida de capacidad refrigerante.
Causas: Obstrucciones calcáreas en el serpentín, perforación en el circuito de refrigeración.

Efecto en ambos modos de fallo: Incremento sustancial de temperatura. Descontrol de la reacción

Medidas de ensayo y control previstas

En muchos AMFE suele introducirse este apartado de análisis para reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso. La fiabilidad de tales medidas de ensayo y control condicionará a su vez a la frecuencia de aparición de los modos de fallo. Las medidas de control deberían corresponderse para cada una de las causas de los modos de fallo.

Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación.

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones en el diseño, y no deberían afectarlo los controles derivados de la propia aplicación del AMFE o de revisiones periódicas de calidad.

El cuadro de clasificación de tal índice debería diseñarlo cada empresa en función del producto, servicio, proceso en concreto. Generalmente el rango es con números enteros, en la tabla adjunta la puntuación va del 1 al 10, aunque a veces se usan rangos menores (de 1 a 5), desde una pequeña insatisfacción, pasando por una degradación funcional en el uso, hasta el caso más grave de no adaptación al uso, problemas de seguridad o infracción reglamentaria importante. Una clasificación tipo podría ser la representada en la tabla 1

TABLA 1. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la gravedad valora las consecuencias de la materialización del riesgo, entendiéndolas como el accidente o daño más probable/habitual. Ahora bien, en el AMFE se enriquece este concepto introduciendo junto a la importancia del daño del tipo que sea en el sistema, la percepción que el usuario-cliente tiene del mismo. Es decir, el nivel de gravedad del AMFE nos está dando también el grado de importancia del fallo desde el punto de vista de sus peores consecuencias, tanto materiales como personales u organizacionales.

Siempre que la gravedad esté en los niveles de rango de gravedad superior a 4 y la detectabilidad sea superior a 4, debe considerarse el fallo y las características que le corresponden como importantes. Aunque el IPR resultante sea menor al especificado como límite, conviene actuar sobre estos modos de fallo. De ahí que cuando al AMFE se incorpora tal atención especial a los aspectos críticos, el método se conozca como AMFEC, correspondiendo la última letra a tal aspecto cuantificable de la criticidad

Estas características de criticidad se podrían identificar con algún símbolo característico (por ej. Un triángulo de diferentes colores) en la hoja de registro del AMFE, en el plan de control y en el plano si corresponde.

Frecuencia

Es la Probabilidad de que una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo.

Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos. Si en la empresa existe un Control Estadístico de Procesos es de gran ayuda para poder objetivar el valor. No obstante, la experiencia es esencial. La frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones clave de seguridad, adquirido a un proveedor, debería ser suministrada al usuario, como punto de partida, por dicho proveedor. Una posible clasificación se muestra en la tabla 2.

La única forma de reducir el índice de frecuencia es:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que el fallo pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

Controles actuales

En este apartado se deben reflejar todos los controles existentes actualmente para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Detectabilidad

Tal como se definió anteriormente este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los "controles actuales" existentes a tal fin. Es decir, la capacidad de de-

TABLA 2. Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

TABLA 3. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

detectar el fallo antes de que llegue al cliente final. Inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente Índice de Riesgo, determinante para priorizar la intervención. Ver la tabla 3.

Se hace necesario aquí puntualizar que la detección no significa control, pues puede haber controles muy eficaces pero si finalmente la pieza defectuosa llega al cliente, ya sea por un error, etc., la detección tendrá un valor alto. Aunque está claro que para reducir este índice sólo se tienen dos opciones:

- Aumentar los controles. Esto supone aumentar el coste con lo que es una regla no prioritaria en los métodos de Calidad ni de Prevención.
- Cambiar el diseño para facilitar la detección.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Es el producto de los tres factores que lo determinan. Dado que tal índice va asociado a la prioridad de intervención, suele llamarse Índice de Prioridad del Riesgo. Debe ser calculado para todas las causas de fallo. No se establece un criterio de clasificación de tal índice. No obstante un IPR inferior a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuiría a mejorar aspectos de calidad del producto, proceso o trabajo. El ordenamiento numérico de las causas de modos de fallo por tal índice ofrece una primera aproximación de su importancia, pero es la reflexión detenida ante los factores que las determinan, lo que ha de facilitar la toma de decisiones para la acción preventiva. Como todo método cualitativo su principal aportación es precisamente el facilitar tal reflexión.

Acción correctora

Se describirá en este apartado la acción correctora propuesta. Generalmente el tipo de acción correctora que elegiremos seguirá los siguientes criterios, de ser posible:

- Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general.
- Cambio en el proceso de fabricación.
- Incremento del control o la inspección.

Siempre hay que mirar por la eficiencia del proceso y la minimización de costes de todo tipo, generalmente es más económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo que dedicar recursos a la detección de fallos. No obstante, la gravedad de las consecuencias del modo de

fallo debería ser el factor determinante del índice de prioridad del riesgo. O sea, si se llegara al caso de dos situaciones que tuvieran el mismo índice, la gravedad sería el factor diferencial que marcaría la prioridad.

Responsable y plazo

Como en cualquier planificación de acciones correctoras se deberá indicar quien es el responsable de cada acción y las fechas previstas de implantación.

Acciones implantadas

Este apartado es opcional, no siempre lo contienen los métodos AMFE, pero puede ser de gran utilidad recogerlo para facilitar el seguimiento y control de las soluciones adoptadas. Se deben reflejar las acciones realmente im-

TABLA 4. Proceso de actuación para la realización de un AMFE de proceso

1. Disponer de un esquema gráfico del proceso productivo (lay-out).
2. Seleccionar procesos/operaciones clave para el logro de los resultados esperados.
3. Crear grupo de trabajo conocedor del proceso en sus diferentes aspectos. Los miembros del grupo deberían haber recibido previamente conocimientos de aplicación de técnicas básicas de análisis de fallos y del AMFE.
4. Recabar información sobre las premisas generales del proceso, funciones de servicio requeridas, exigencias de seguridad y salud en el trabajo y datos históricos sobre incidentes y anomalías generadas.
5. Disponer de información sobre prestaciones y fiabilidad de elementos clave del proceso.
6. Planificar la realización del AMFE, conducido por persona conocedora de la metodología.
7. Aplicar técnicas básicas de análisis de fallos. Es esencial el diagrama causa- efecto o diagrama de la espina de Isikawa.
8. Cumplimentar el formulario del AMFE, asegurando la fiabilidad de datos y respuestas por consenso.
9. Reflexionar sobre los resultados obtenidos y emitir conclusiones sobre las intervenciones de mejora requeridas.
10. Planificar las correspondientes acciones de mejora.

TABLA 5. Ejemplo de formulario de AMFE cumplimentado parcialmente para el análisis de operaciones de soldadura y marcado del proceso de prensas y chapistería

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE				Hoja:			
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:			
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO Nº	FALLOS POTENCIALES			CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	ESTADO ACTUAL			ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA			
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	EFFECTOS			F	G	D			IPR	F	G	D
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez		Defectos de acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128	Previstos grupos y aprietes en zona MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto			
	1.2				Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128	Pestañas bien diseñadas para garantizar geometría	Proyectos / Anteproyecto			
	1.3	Soldadura defectuosa	Agujeros en chapa		Desacoplamiento chapas	Ninguna	8	8	2	128	Garantizar geometrías y acoplamientos	Proceso Chapa / Anteproyecto			
	1.4	Mala calidad de soldadura	Retrabajos, ruidos, grietas		Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144	Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los mismos.	Proceso Chapa / Anteproyecto			
	1.5	Proyecciones suciedad poros	Óxido, suciedad en bajos en pinturas		Falta de gas. Malos parámetros	Ninguna	6	8	7	336	Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad.	Proceso Chapa / Anteproyecto			
	1.6	Deslumbramiento	Problemas de visión de los operarios		Ausencia de vallas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto			
	1.7				Ausencia de puertas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar puertas de protección para no deslumbrar	Proceso Chapa / Anteproyecto			
	1.8	Exceso de humos	Exposición a agentes químicos		Campanas de humos ubicadas muy alejadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	6	8	4	192	Colocar campanas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa / Anteproyecto			
	1.9	Exceso de fuego	Proyecciones		No hay protección	Ninguna	6	5	6	180	Caja de latón que protege chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa / Anteproyecto			

plantadas que a veces puede ser que no coincidan exactamente con las propuestas inicialmente. En tales situaciones habría que recalcular el nuevo IPR para comprobar que está por debajo del nivel de actuación exigido.

A modo de resumen los puntos más importantes para llevar a cabo el procedimiento de actuación de un AMFE son los descritos en la tabla 4.

A título de ejemplo se muestra en la tabla 5 una hoja para la recogida de informaciones y datos de un AMFE, de acuerdo al contenido de esta Nota Técnica de Prevención. Se ha cumplimentado para una hipotética situación de análisis de la operación de soldadura mix en el proceso de prensas y chapistería de una empresa de fabricación de automóviles.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) PAUL JAMES.
Gestión de la Calidad Total
Prentice Hall, 1996
- (2) PATRICK LYONNET
Los métodos de la Calidad Total
Ediciones Diaz de Santos, 1989
- (3) DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL
Métodos cualitativos para el análisis de riesgos. Guía Técnica.
Madrid, 1994

Nuestro agradecimiento a los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales y de Calidad de la empresa SEAT, de Martorell (Barcelona), por su colaboración.

**Anexo 2. Catálogo
electrónico ascensor
edificio carrera de
Ingeniería Civil.**

ProcesoNombre: OSCAR VIRGILIO
LOPEZ GORDONNombre: DOCTOR GALO
NARANJO LOPEZNombre: GALO OSWALDO
NARANJO LOPEZ**DETALLE**

CPC	Descripción	Cant	V. unitario	Descuento	Sub. Total	Impuesto (%)	V. Total	Partida Presup.
4354000150	<p>ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO 3 PARADAS, 800 KG, 1 M/S, 11 PASAJEROS SIN SALA DE MÁQUINAS CON OBRA CIVIL</p> <p>ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO 3 PARADAS, 800 KG, 1 M/S, 11 PASAJEROS SIN SALA DE MÁQUINAS CON OBRA CIVIL</p> <ul style="list-style-type: none"> - BOTONERAS EXTERIORES: Será en placa de acero inoxidable con botones en acero inoxidable, con indicación de la dirección se iluminarán cuando la llamada sea registrada, contarán con sistema braille para no videntes. Varios modelos a elección de la entidad contratante empotrada o sobrepuesta. - TIPO: Central / automática - ESPEJO: Medio Cuerpo en la pared posterior. - PISO: Porcelanato a elección de la entidad contratante - PASAMANOS: Acero Inoxidable / Varias alternativas a elección de la entidad contratante - TECHO: En acero inoxidable con iluminación tipo LED. Varias alternativas a elección de la entidad contratante. - MEDIDAS: 1.35 m de ancho x 1.40 m de fondo x 2.35 de altura. - TRABAJOS DE OBRA CIVIL: Construcción de ducto para 3 paradas con estructura metálica (provisión, configuración y colocación), desalojo de escombros, nueva cimentación en hormigón armado para PIT, mampostería de bloque prensado en los lados enlucido interior y exterior, acabado similar al existente, pintura sobre estructura metálica interior y exterior, piso de porcelanato en cabina color a elegir, colocación de cajetines para botoneras, colocación de acceso seguro al ducto y la máquina, limpieza general de la obra. Se establece una responsabilidad civil por defectos de construcción sobre la estructura de Diez (10) años. - SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA: Transcurrido un tiempo programable el ascensor apagará las luces y los ventiladores al estar encendidos, entrando en modo de bajo consumo. - SEGURIDADES: El ascensor estará provisto de todos los dispositivos de seguridad exigidos por las normas entre los que están: Amortiguadores Hidráulicos para cabina y contrapeso con sensor de activación, regulador de velocidad, enclavamiento de puertas que impide que el ascensor se mueva al estar una puerta abierta, paracaídas progresivo. - REAPERTURA DE PUERTAS CON BOTÓN DE PISO: Si las puertas se están cerrando, estas reabrirán inmediatamente al presionar el botón de piso. - PLAZO DE ENTREGA: 240 días, contados a partir de la adjudicación de la orden de compra. En caso de existir anticipo, el plazo de entrega se contará desde la fecha de notificación de que el mismo se encuentra disponible. - OPERACIÓN EN MANTENIMIENTO: El ascensor será operado a baja velocidad mediante comandos manuales para tareas de mantenimiento. - OPERADOR DE PUERTAS: Automático de operación suave con variador de velocidad y técnica VVVF. - OPERACIÓN: Full simplex colectivo selectivo subiendo y bajando. - LUZ DE EMERGENCIA: En caso de una interrupción de la energía eléctrica principal, la cabina dispondrá de una luz de emergencia, se encenderá 							

evitando el efecto de claustrofobia. Operará con respaldo de baterías.

- LUZ DE APERTURA CIERRE DE PUERTAS: Cuando el botón de abrir o cerrar puertas sea presionado, éste se iluminará informando que ha registrado tal orden.
- LLAVE DE ACTIVACIÓN: El equipo cuenta con una llave de activación o desactivación del ascensor desde la parte exterior en la planta principal.
- INDICADOR EN CABINA: Se dispondrá de un indicador de posición y dirección integrado en el comando de cabina.
- GARANTÍA DE INSTALACIÓN Y MONTAJE: Garantía contra defectos de fabricación, instalación y montaje de al menos 4 años en componentes mecánicos y 10 años en componentes electrónicos.
- FUNCIONES DE AUTODIAGNÓSTICO: El ascensor tiene funciones de autodiagnóstico en su operación. Códigos de verificación y falla se presentan en los displays.
- FUNCIÓN DE PUERTAS NORMALMENTE ABIERTAS: El ascensor luego de atender una llamada mantiene sus puertas abiertas brindando iluminación al pasillo, de gran utilidad al estar quemadas o apagadas las luces del pasillo del edificio. Además ahorra energía al minimizar las operaciones de apertura y cierre. Función programable.
- CANCELACIÓN DE LLAMADAS DE CARRO: Todas las llamadas registradas detrás de la posición actual de la cabina en la dirección de movimiento del ascensor serán canceladas para evitar paradas falsas.
- BOTÓN DE RE - APERTURA DE PUERTAS: Integrado en el panel de cabina permitirá la reapertura de puertas al ser presionado.
- BOTÓN DE CIERRE DE PUERTAS: Integrado en el panel de cabina cortará el tiempo de puertas y cerrará las puertas al ser presionado.
- ASCENSORISTA: Mediante un interruptor el ascensor podrá ser operado de forma exclusiva desde la cabina atendiendo únicamente estas llamadas.
- APERTURA DE ESTACIONAMIENTO: Las puertas de cabina empezarán a abrirse cuando el ascensor se haya estacionado.
- ALARMA: Integrada en el panel de cabina operará con respaldo de baterías se activará mediante botón integrado en el panel de cabina.
- ADICIONALES: Sistema de rescate automático ARD en el cual se envía la cabina a la planta más próxima y queda estacionado con las puertas abiertas para permitir la evacuación segura de los pasajeros en un evento de corte de energía de emergencia. (UPS). Sintetizador de Voz para anunciar las paradas de los pisos. Pantalla LCD para transmisión de información de interés.
- ACOMETIDA ELÉCTRICA: Se instalará nueva acometida
- VELOCIDAD: 1m/s
- PISOS / ENTRADAS: 3 Pisos y 3 entradas por el mismo lado
- UBICACIÓN DE LA SALA DE MÁQUINAS: El ascensor será sin sala de máquinas.
- SOBRE RECORRIDO (OH): 4,6 metros
- RECORRIDO: 10 metros aproximadamente
- PROFUNDIDAD DEL DUCTO (PIT): 1,5 metros
- DIMENSIONES DEL DUCTO POR ASCENSOR: 2,05 metros de ancho por x 1,8 metros de fondo.
- CAPACIDAD: 800 Kg.
- ALIMENTACION ELÉCTRICA: 208 - 220V, trifásica, 60 Hz
- ACABADOS MARCOS Y PUERTAS: Marcos y puertas de hall acabados en acero inoxidable otros pisos en acero inoxidable cepillado Marco tipo angosto en todos los pisos
- ACABADOS TIPO DE CABINA: PUERTAS: Acero inoxidable cepillado PANELES FRONTALES: Acero inoxidable cepillado, PAREDES LATERALES: Acero inoxidable cepillado PANEL POSTERIOR: Acero inoxidable cepillado.
- BOTONERA DE CABINA: Será en placa completa de acero inoxidable con botones en acero inoxidable, tendrá botones de los pisos y los botones

de alarma, citófono, abrir puertas y cerrar puertas. Tendrá acceso a los interruptores para ascensorista y otras opciones, deberán tener braille para no videntes en todos los botones.

- CONTROL: Sistema microprocesado que monitoree las variables de operación para que al equipo funcione de acuerdo a las llamadas requeridas por los usuarios. Operará con un variador con técnica VVVF VECTORIAL controlando la velocidad del ascensor mediante control en lazo cerrado con el uso de encoder óptico acoplado al eje del motor.

Protección de sobre voltaje, bajo voltaje, (+-10%), falta de fase, motor bloqueado, falla de encoder, giro incorrecto. Calibración de curvas independientes de aceleración y desaceleración especiales para ascensores, sistema de nivelación directa. Varias opciones programables como puerta normalmente abierta, retorno a piso principal, tiempo de ahorro. Comunicación serial con cabina y botoneras de hall.

- DIMENSIONES: 90cm de ancho por 2.1m de alto

- ENTREGABLES: Manual de uso del ascensor, mantenimiento y cuidados. Llave de puertas, llave de gabinete, llave de parqueo, llave de compuerta de botonera de cabina. Garantía escrita.

- FACILIDADES: La entidad contratante brindará las facilidades necesarias para realizar los trabajos dentro de los horarios laborables. Proporcionará una bodega cerrada de 30m² por ascensor nuevo, ubicada dentro de la obra lo más cercana posible al pozo, deberá ser segura y adecuada para los equipos. La entidad contratante deberá definir los acabados en un plazo no mayor de cinco días a partir de la compra. Caso contrario el proveedor escogerá los mejores acabados acordes al proyecto.

- GONG DE LLEGADA A PISO: El equipo dispone de un gong que anuncie el arribo del ascensor al piso a ser servido.

- INTERCOMUNICADOR: Integrado en la botonera tipo manos libres operará en conjunto con intercomunicador en recepción o puesto de guardianía y con el ubicado en el gabinete de control. Se activará mediante botón integrado en el panel de cabina. Operará en caso de falla de energía con respaldo de baterías.

- MANTENIMIENTO GRATUITO: Posterior a la entrega recepción se brinda DOCE MESES de mantenimiento incluidos en el costo de los equipos.

- OPERACIÓN BOMBEROS: El ascensor dispone de un interruptor que en caso de incendios pueda ser activado manualmente o al activarse una alarma en la central de incendios (Cuando la entidad entregue el punto cableado desde la central de incendios cuyo trabajo y programación deberá realizar la empresa encargada de la central) de tal forma que el ascensor retorne al piso principal y evite su uso.

- REAPERTURA DE PUERTAS: Mediante cortina de haces de luz que cubran toda la altura del ascensor. Emite una señal sonora, transcurrido un tiempo con obstrucción.

- REPETICIÓN DE CERRADO DE PUERTAS: Si las puertas no pudiesen cerrarse debido a la presencia de obstáculos pequeños, éstas repetirán la acción de cerrar con el fin de lograrlo hasta un número programable de intentos para no dañar las puertas.

- SENSOR DE SISMOS: El cual se envía la cabina a la planta más próxima y queda estacionado con las puertas abiertas para permitir la evacuación segura de los pasajeros en un evento de sismo

- SEÑALIZACIÓN: En las botoneras exteriores para todos los pisos contará con indicadores de posición y dirección del ascensor con displays de leds tipo matriz de puntos con efecto de movimiento según la dirección del ascensor, permitirán mostrar caracteres especiales bajo ciertas condiciones del ascensor. En cabina se deberá tener indicación de posición y dirección del ascensor en matriz de puntos tipo led.

- SOBRECARGA: El equipo dispondrá de un sistema de sobrecarga que operará cuando la carga supere el 110% de su carga nominal, mantendrá la puerta abierta y emitirá una señal sonora y visual en el

display de cabina hasta que la carga este dentro del rango normal de operación. - TIPO DE MÁQUINA: Sincrónica de imanes permanentes de alta eficiencia diseñada para trabajar con técnica VVVF, no requiere aceite, menor consumo de energía al no tener reductor mecánico. GEARLESS Sin Engranajes. Diseñada para ascensores trabajo pesado. Frenos electromagnéticos de doble zapata con sistema de frenado monitoreado por el control. Es capaz de detener la máquina cuando baje a una velocidad nominal y cuando esta pase el 125% de la carga nominal. En el modo de emergencia se puede liberar para mover la cabina a una parada cercana. - VENTILACIÓN: Ventilador incorporado en el tumbado el cual se acciona mediante un interruptor propio. Se apagará automáticamente al entrar en ahorro de energía.							
---	--	--	--	--	--	--	--

Subtotal	
Impuesto al valor agregado (12%)	
Total	
Número de Items	
Flete	
Total de la Orden	

Fecha de Impresión: viernes 10 de noviembre de 2017, 08:50:03

**Anexo 3. Norma
UNE-EN 13015:
2002+A1:2008.**

Noviembre 2008

TÍTULO

Mantenimiento de ascensores y escaleras mecánicas
Reglas para instrucciones de mantenimiento

Maintenance for lifts and escalators. Rules for maintenance instructions.

Maintenance pour les ascenseurs et les escaliers mécaniques. Règles pour les instructions de maintenance.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 13015:2001+A1:2008.

OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a la Norma UNE-EN 13015:2002 el 2009-12-29.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 58 *Maquinaria de elevación y transporte* cuya Secretaría desempeña FEM-AEM.

Versión en español

Mantenimiento de ascensores y escaleras mecánicas Reglas para instrucciones de mantenimiento

**Maintenance for lifts and escalators. Rules
for maintenance instructions.**

**Maintenance pour les ascenseurs et les
escaliers mécaniques. Règles pour les
instructions de maintenance.**

**Instandhaltung von Aufzügen und
Fahrtreppen. Regeln für
Instandhaltungsanweisungen.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2001-06-21 e incluye la Modificación 1 aprobada por CEN el 2008-06-29.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO.....	5
0 INTRODUCCIÓN.....	6
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	6
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	6
3 DEFINICIONES.....	7
4 ELABORACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO.....	8
4.1 Generalidades.....	8
4.2 Elementos a considerar en las instrucciones de mantenimiento.....	9
4.3 Información a incluir en las instrucciones de mantenimiento.....	9
4.3.1 Generalidades.....	9
4.3.2 Información para el propietario de la instalación.....	9
4.3.3 Información para la organización de mantenimiento.....	12
5 EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	13
5.1 Generalidades.....	13
5.2 Información para la organización de mantenimiento.....	14
6 INFORMACIÓN PARA EL PROPIETARIO SOBRE OPERACIONES DE RESCATE EN EL ASCENSOR.....	15
7 MARCAS, SIGNOS, PICTOGRAMAS Y ADVERTENCIAS ESCRITAS.....	15
8 FORMATO DEL MANUAL DE LAS INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO....	15
ANEXO A (Informativo) EJEMPLOS TÍPICOS DE COMPROBACIONES A CONSIDERAR EN LAS INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO.....	17
ANEXO B (Informativo) EJEMPLOS DE ELEMENTOS A CONSIDERAR EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO.....	22
ANEXO ZA (Informativo) {A1►} CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LA DIRECTIVA 98/37/CE {◄A1}.....	24
ANEXO ZB (Informativo) {A1►} CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LA DIRECTIVA 2006/42/CE {◄A1}.....	25
ANEXO ZC (Informativo) {A1►} CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LA DIRECTIVA 95/16/CE {◄A1}.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27

PRÓLOGO

Esta Norma EN 13015:2001+A1:2008 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 10 *Ascensores y montacargas*, cuya Secretaría desempeña AFNOR.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de enero de 2009, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de enero de 2009.

Esta norma incluye la Modificación 1 aprobada por CEN el 2008-06-29.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN 13015:2001.

El comienzo y el final del texto introducido o modificado se indica por los símbolos {A1►} {◄A1}.

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, y sirve de apoyo a los requisitos esenciales de las Directivas europeas.

{A1►} La relación con las Directivas UE se recoge en los anexos informativos ZA, ZB y ZC que forman parte integrante de esta norma {◄A1}.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

0 INTRODUCCIÓN

Esta norma europea es una norma del tipo C, como se indica en la Norma EN 1070.

Sólo el mantenimiento correcto y preventivo realizado por una persona competente de mantenimiento en conformidad con las instrucciones de mantenimiento puede asegurar el funcionamiento seguro deseado de una instalación.

Se asume en esta norma que la instalación a mantener se puso legalmente en el mercado.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea especifica los elementos necesarios para la preparación de instrucciones para las operaciones de mantenimiento, como en el apartado 3.1, que se proporcionan para nuevas instalaciones de ascensores de pasajeros, de pasajeros y mercancías, de sólo accesibles para mercancías, minicargas, escaleras mecánicas y andenes móviles.

Esta norma europea no cubre:

- instrucciones para el montaje y el desmontaje;
- cualquier comprobación legal y ensayos basados en reglamentaciones nacionales.

Las instalaciones existentes no se cubren por esta norma, pero puede tomarse como referencia.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones).

EN 81-1 *Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Parte 1: Ascensores eléctricos.*

EN 81-2 *Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Parte 2: Ascensores hidráulicos.*

EN 81-3 *Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Parte 3: Minicargas eléctricos e hidráulicos.*

{A1►} *texto eliminado* {◄A1}

prEN 81-7 *Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Parte 7: Ascensores de cremallera y de piñón.*

{A1►} *texto eliminado* {◄A1} EN 81-28 *Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Parte 28: Alarmas remotas en ascensores de pasajeros y de carga.*

{A1►} EN 115-1 {◄A1} *Normas de seguridad para la construcción e instalación de escaleras mecánicas y andenes móviles. Parte 1: Construcción e instalación.*

{A1►} EN ISO 14121-1:2007 *Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1: Principios (ISO 14121-1:2007)* {◄A1}

ISO 3864 {A1►} series {◄A1} *Colores y señales de seguridad.*

3 DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en las Normas EN 81-1, EN 81-2, EN 81-3, {A1►} *texto eliminado* {◄A1} prEN 81-7, {A1►} *texto eliminado* {◄A1} EN 81-28, {A1►} EN 115-1 {◄A1}, {A1►} EN ISO 14121 {◄A1} además de los siguientes:

3.1 mantenimiento:

Todas las operaciones necesarias para asegurar el funcionamiento seguro y deseado de la instalación y sus componentes tras la finalización de la instalación y durante todo un ciclo de vida.

El mantenimiento incluye:

a) lubricación, limpieza, etc.;

Sin embargo, las siguientes operaciones de limpieza pueden no considerarse como mantenimiento:

- 1) limpieza de las partes externas del hueco,
- 2) limpieza de las partes externas de la escalera mecánica o el andén móvil,
- 3) limpieza del interior de la cabina,

b) comprobaciones;

c) operaciones de rescate de pasajeros;

d) operaciones de colocación y ajuste;

e) reparación o cambio de componentes que pueden ocurrir debido a desgaste o rotura y que no afectan a las características de la instalación.

Lo siguiente no se considera como operaciones de mantenimiento:

a) cambio de componentes principales tales como máquina, cabina, cuadro de maniobra, etc., o componentes de seguridad como paracaídas, etc., incluso si las características del nuevo componente son iguales a las del original;

b) reemplazamiento de la instalación;

c) modernización de la instalación, incluyendo el cambio de cualquiera de sus características (tales como velocidad, cargas, etc.);

d) operaciones de rescate realizadas por bomberos.

3.2 organización de mantenimiento:

Compañía o parte de ella en la que persona(s) competente(s) de mantenimiento realiza(n) operaciones de mantenimiento en representación del propietario de la instalación.

3.3 persona competente de mantenimiento:

Persona designada, convenientemente formada (véase la serie de Normas EN ISO 9000), cualificada por su conocimiento y experiencia práctica, dotada con las instrucciones necesarias y apoyada por su organización de mantenimiento para lograr que las operaciones de mantenimiento requeridas se realicen de forma segura.

3.4 fabricante:

Persona natural o legal que se responsabiliza del diseño, fabricación y puesta en el mercado de componentes de seguridad para ascensores u otros equipos (escalera mecánica, andén móvil, minicargas y ascensor sólo accesible a mercancías).

3.5 instalador:

Persona natural o legal que se responsabiliza del diseño, fabricación, instalación y puesta en el mercado de ascensores.

3.6 instalación:

Ascensor de pasajeros, de pasajeros y mercancías, sólo accesible a mercancías, minicargas, escalera mecánica o andén móvil completamente instalado.

3.7 propietario de la instalación:

Persona natural o legal que tiene el poder de disponer de la instalación y que se responsabiliza de su funcionamiento y uso.

3.8 operación de rescate:

Acción que comienza cuando se recibe el aviso de persona(s) atrapada(s) en un ascensor y que finaliza con la liberación de la(s) persona(s) atrapada(s).

4 ELABORACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO**4.1 Generalidades**

Las instalaciones cubiertas por esta norma europea deben mantenerse en buena condición de funcionamiento de acuerdo con las instrucciones del instalador. Para ello, se debe realizar un mantenimiento regular para asegurar, en particular, la seguridad de la instalación. La seguridad de una instalación debe tener en cuenta la posibilidad de mantenerse sin causar daños o problemas de salud.

Se debe realizar un mantenimiento regular en la instalación para asegurar su fiabilidad.

El acceso y entorno asociados se debe mantener en un buen orden de funcionamiento de acuerdo con las instrucciones del instalador.

Las instrucciones de mantenimiento de una instalación de acuerdo con la Directiva de Ascensores deben proporcionarse por el instalador, tal como se define en el apartado 3.5, tras completar la instalación y como resultado de una evaluación de riesgos.

Las instrucciones para el mantenimiento de los componentes de seguridad de los ascensores deben proporcionarse al instalador por el fabricante, como se define en los apartados 3.4 y 3.5, respectivamente.

Cuando se ponga en el mercado, y según el resultado de una evaluación de riesgos, las instrucciones para el mantenimiento de una instalación de acuerdo con la Directiva de Máquinas deben proporcionarse por el fabricante, como se define en el apartado 3.4.

Para que se consiga el objetivo de las instrucciones de mantenimiento, debe formularse de forma que puedan ser claras y fácilmente comprendidas por personas competentes de mantenimiento.

Dentro de la organización de mantenimiento, la competencia de la persona de mantenimiento debe actualizarse continuamente.

NOTA El propietario de la instalación debería ser informado de que la cualificación de la organización de mantenimiento cumple con la reglamentaciones aplicables en el país en el que funciona la instalación; si no existe reglamentaciones, la cualificación puede asegurarse mediante un sistema certificado de calidad según la Norma EN ISO 9001, completado si es necesario para considerar las características específicas de la instalación.

El instalador/fabricante debe proporcionar instrucciones de mantenimiento pensadas para el propietario de la instalación (véase 4.3.2) incluyendo información dirigida a la organización de mantenimiento (véase 4.3.3).

4.2 Elementos a considerar en las instrucciones de mantenimiento

Cuando se prepare el contenido de las instrucciones de mantenimiento (véase 4.3 y capítulos 5 y 6) se deben considerar los siguientes elementos:

- a) las especificaciones y el uso esperado de la instalación (tipo de instalación, comportamiento, clase de mercancías a transportar, tipo de usuarios, etc.);
- b) el entorno en el que se instale el equipo y sus componentes (condiciones meteorológicas, vandalismo, etc.);
- c) cualquier restricción de uso;
- d) el resultado de la evaluación de riesgos (véase el capítulo 5) por cada área de trabajo y cada tarea a realizar;
- e) las instrucciones de mantenimiento específicas proporcionadas por el fabricante de los componentes de seguridad;
- f) para los demás componentes que no sean de seguridad, y cuando el mantenimiento sea necesario, las instrucciones de mantenimiento proporcionadas por el fabricante de estos componentes.

4.3 Información a incluir en las instrucciones de mantenimiento

4.3.1 Generalidades

Las instrucciones de mantenimiento deben contener información relativa a las tareas del propietario y respectivamente de la organización de mantenimiento.

4.3.2 Información para el propietario de la instalación

La información relativa a las tareas del propietario debe incluir lo siguiente:

4.3.2.1 La necesidad para el propietario de mantener la instalación en condiciones seguras de funcionamiento. Para conseguirlo, el propietario debe utilizar una organización de mantenimiento que cumpla los requisitos de esta norma.

NOTA Se recomienda informar al propietario de la instalación acerca de la necesidad de utilizar una organización de mantenimiento con una cobertura de seguro propia y adecuada suministrada por una compañía de seguros.

4.3.2.2 La necesidad para el propietario de cumplir cualquier reglamentación nacional y otros requisitos que sean relevantes, y su implicación en mantenimiento.

4.3.2.3 La necesidad de un mantenimiento planificado realizado por una organización de mantenimiento como más tarde cuando la instalación sea puesta en servicio o, si va a permanecer sin utilizarse por un largo periodo de tiempo, antes de ponerse de nuevo en servicio.

4.3.2.4 La importancia para el propietario de tener la misma organización de mantenimiento en el caso de varias instalaciones compartiendo huecos/espacios y/o cuartos de máquinas.

4.3.2.5 La necesidad para un propietario de un ascensor para personas/mercancías o personas de mantener, como se describe {A1 ►} *texto eliminado* {◀A1} EN 81-28, un medio eficiente de comunicación bidireccional y ligado a un servicio de rescate 24 h durante todo el tiempo de utilización de la instalación.

4.3.2.6 La necesidad para el propietario de dejar fuera de servicio el ascensor para personas/mercancías o personas cuando el sistema de comunicación bidireccional no esté operativo.

4.3.2.7 La necesidad para el propietario de dejar fuera de servicio la instalación en caso de situaciones peligrosas.

4.3.2.8 La necesidad para el propietario de la instalación de informar a la organización de mantenimiento:

- a) inmediatamente, acerca de cualquier funcionamiento percibido como anormal, o cambios anormales en su entorno directo;
- b) inmediatamente, después de dejar fuera de servicio la instalación por una situación peligrosa;
- c) después de realizar cualquier intervención de rescate por su(s) persona(s) autorizadas e instruidas (véase el capítulo 6);
- d) antes de realizar cualquier modificación relacionada con la instalación, su uso y/o su entorno;

NOTA El propietario de la instalación debería obtener de la compañía que realiza la modificación importante las instrucciones de mantenimiento para la organización del mantenimiento.

- e) antes de realizar cualquier inspección por una tercera parte, u otros trabajos distintos de los de mantenimiento, en la instalación;
- f) antes de poner la instalación fuera de servicio durante un periodo de tiempo prolongado;
- g) antes de poner de nuevo la instalación en servicio después de un prolongado periodo de tiempo parada.

4.3.2.9 La necesidad para el propietario de considerar las consecuencias de la evaluación de riesgos realizada por la organización de mantenimiento (véanse 4.3.3.4 y 5.1).

4.3.2.10 La necesidad para el propietario de la instalación de asegurarse de que la evaluación de riesgos para el mantenimiento se realiza:

- a) si se cambia la organización de mantenimiento;
- b) si cambia el uso del edificio y/o de la instalación;
- c) tras una modificación importante de la instalación o del edificio;
- d) si es el caso, tras un accidente involucrando a la instalación.

4.3.2.11 La necesidad para el propietario de asegurar, mediante una evaluación de riesgos, que:

- a) sus locales son seguros y libres de riesgo para la salud tanto como sea factible. Esto incluye el acceso a los locales y a un equipo de instalación, y que los artículos o sustancias se utilizan de acuerdo con la reglamentación para el uso de equipos en los lugares de trabajo;
- b) las personas que utilicen los locales están informadas de cualquier riesgo residual;
- c) se lleva a cabo cualquier acción a realizar como consecuencia de la evaluación de riesgos del propietario.

En cuanto a las vías de acceso a las zonas reservadas para el personal de mantenimiento, la necesidad para el propietario de la instalación de informar a la organización de mantenimiento, en particular, sobre:

- 1) las vías de acceso a utilizar y los procedimientos de evacuación en caso de incendio del edificio;
- 2) el lugar donde pueden encontrarse las llaves de las zonas reservadas;
- 3) si es necesario, las personas que deben acompañar al personal de mantenimiento a la instalación;
- 4) si es necesario, el equipo de protección personal a utilizar en las vías de acceso y, posiblemente, donde puede encontrarse.

La información debe disponerse para la organización de mantenimiento también en el edificio.

4.3.2.12 La necesidad para el propietario de la instalación de que el nombre y número de teléfono de la organización de mantenimiento estén siempre disponibles para el usuario de la instalación, permanentemente estampado y claramente visible.

4.3.2.13 La necesidad para el propietario de la instalación de asegurar que las llaves de las puertas de los cuartos de máquinas y poleas (trampillas) y de las de inspección y emergencia (trampillas) están permanentemente disponibles en el edificio, y que se utilizan sólo por personas autorizadas para el acceso.

4.3.2.14 La necesidad para el propietario de la instalación de proporcionar en toda circunstancia el acceso seguro al edificio y a la instalación al personal de mantenimiento involucrado en el rescate de personas.

4.3.2.15 La necesidad para el propietario de mantener libre y seguro el acceso a las zonas y salas de trabajo al personal de mantenimiento y la de informar a la organización de mantenimiento sobre cualquier peligro o cambio en las áreas de trabajo y/o las vías de acceso (alumbrado, obstrucciones, condiciones del suelo etc.).

4.3.2.16 Adicionalmente a aquellos exámenes y ensayos que el propietario de la instalación confía a la organización de mantenimiento, la necesidad para el propietario de realizar periódicamente, en su propio interés, lo siguiente:

a) para ascensores:

Viajes completos en subida y en bajada para asegurarse de cualquier cambio en la calidad del viaje o daño del equipo.

Los elementos típicos a comprobar que están en su sitio, sin daño y funcionando correctamente son:

- puertas de piso y ralles inferiores;
- precisión de parada;
- indicadores que no están colocados en una zona reservada;
- botoneras de piso;
- mandos en cabina;
- mandos de apertura de puertas;
- medios de comunicación bidireccional en cabina que proporcionen un contacto permanente con un servicio de rescate;
- alumbrado normal de cabina;
- dispositivo de reapertura de puertas;
- signos/pictogramas de seguridad.

Para ascensores sólo para mercancías y minicargas las comprobaciones a realizar son las mismas, cuando sea pertinente.

b) para escaleras mecánicas/andenes móviles:

Un viaje completo en ambas direcciones, si existen, para asegurarse de cualquier cambio en la calidad del viaje o daño del equipo.

Los elementos típicos a comprobar que están en su sitio, sin daño y funcionando correctamente son:

- todo alumbrado e indicador;
- dispositivo de parada de emergencia;
- pasamanos;
- dispositivos de faldones/deflectores;
- peines;

- signos/pictogramas de seguridad;
- diferencia de velocidad entre pasamanos y escalones/paletas;
- escalones/paletas;
- laterales;
- protección de cabeza y cubierta;
- accesos seguros y sin obstrucciones a las zonas de entrada y salida.

4.3.3 Información para la organización de mantenimiento

La información relativa a las tareas de la organización de mantenimiento debe incluir lo siguiente:

4.3.3.1 La necesidad de realizar las tareas de mantenimiento según las instrucciones de mantenimiento y basadas en comprobaciones de mantenimiento sistemático.

Tras estas comprobaciones, la organización de mantenimiento debe decidir de acuerdo con las instrucciones de mantenimiento lo que se requiere realizar.

Un listado de ejemplos típicos de comprobaciones de mantenimiento para mantener la instalación se muestra en el **anexo A**.

NOTA Debido a que los componentes pueden ser diferentes en diseño y funcionamiento, no es posible por lo tanto dar directivas específicas en esta norma.

4.3.3.2 La necesidad de actualizar las instrucciones de mantenimiento originales si la instalación cambia su uso previsto y/o las condiciones medioambientales existentes en la finalización de la instalación.

NOTA El propietario de la instalación debería proporcionar a la organización de mantenimiento las instrucciones de mantenimiento pertinentes si se realizan modificaciones en la instalación.

4.3.3.3 La necesidad para la organización de mantenimiento de asegurarse de que se haya llevado a cabo una evaluación de riesgos para cualquier zona de trabajo y para cualquier operación de mantenimiento, considerando las instrucciones de mantenimiento del instalador y toda la información suministrada por el propietario de la instalación.

4.3.3.4 La necesidad para la organización de mantenimiento de informar al propietario de la instalación de cualquier trabajo a realizar como consecuencia de una evaluación de riesgos, especialmente para el acceso y/o el entorno relacionado con el edificio/instalación.

4.3.3.5 La necesidad de realizar un plan de mantenimiento para minimizar el tiempo no operativo de la instalación de forma que el mantenimiento preventivo sea conveniente y el tiempo de mantenimiento sea tan corto como sea razonablemente factible, sin reducir la seguridad de las personas.

4.3.3.6 La necesidad de adaptar el plan de mantenimiento para considerar cualquier fallo predecible, por ejemplo los debidos a mal uso, mal manejo, deterioro, etc.

NOTA Para este propósito un sistema de control remoto, basado en la Norma EN 627 y que sea capaz de informar de acontecimientos o defectos, ayuda a proporcionar información.

4.3.3.7 La necesidad de llevar a cabo operaciones de mantenimiento por personal competente de mantenimiento (véase el apartado 3.3) y suministrado con el equipo y las herramientas necesarios.

4.3.3.8 La necesidad de mantener la competencia del personal de mantenimiento.

4.3.3.9 La necesidad de realizar un mantenimiento periódico.

NOTA La frecuencia real de las intervenciones de mantenimiento puede determinarse de forma más precisa si se conecta a la instalación un sistema de control remoto.

En la determinación de la frecuencia de las intervenciones de mantenimiento, la lista no exhaustiva siguiente debería considerarse:

- número de viajes por año, tiempo de funcionamiento y cualquier período sin funcionar;
- edad y condición de la instalación;
- localización y tipo de edificio en el que se sitúa la instalación, así como las necesidades de los usuarios y/o la clase de mercancías transportadas;
- entorno local en el que se sitúa la instalación, así como elementos externos medioambientales, por ejemplo: condiciones meteorológicas (lluvia, calor, frío, etc.) o vandalismo.

4.3.3.10 La necesidad de proporcionar un servicio de 24 h permanente de llamada para el rescate de personas.

NOTA Puede utilizarse un sistema de control remoto para proporcionar información para mejorar la respuesta a una llamada.

4.3.3.11 La necesidad de mantener registros con el resultado de cada intervención debida a un fallo de la instalación. Estos registros deben incluir el tipo de fallo para detectar cualquier repetición. Deben estar disponibles a petición del propietario de la instalación.

4.3.3.12 La necesidad de poner fuera de servicio la instalación si la organización de mantenimiento es consciente de una situación peligrosa detectada durante el mantenimiento y que no puede eliminarse inmediatamente, e informar al propietario de la instalación de la necesidad de mantenerla fuera de servicio hasta que se repare.

4.3.3.13 La necesidad de organizarse para suministrar las piezas de repuesto necesarias en cada reparación.

4.3.3.14 La posible necesidad de presencia de personal competente de mantenimiento, para ser razonablemente informado, en cualquier inspección realizada por una tercera parte autorizada o en trabajos de mantenimiento en el edificio llevados a cabo en las zonas reservadas a la organización de mantenimiento.

4.3.3.15 La necesidad de informar al debido tiempo al propietario de la instalación de cualquier mejora progresiva necesaria en la instalación.

4.3.3.16 La necesidad de organizar operaciones de rescate, incluso con subcontratas, y prever circunstancias tales como incendio, pánico, etc.

5 EVALUACIÓN DE RIESGOS

5.1 Generalidades

Antes de situar una instalación en el mercado, es necesario que el instalador/fabricante realice una evaluación de riesgos cumpliendo la Directiva de Ascensores (95/16/CEE) y la de Máquinas (98/37/CEE) respectivamente. Cada riesgo se debe limitar lo razonablemente posible mediante medidas de seguridad e instrucciones convenientes. Estas instrucciones no reemplazarán nunca una medida de seguridad, pero pueden darse para reducir el riesgo.

Es necesario determinar los diferentes procedimientos de intervención de las operaciones de mantenimiento y fijar las medidas de seguridad apropiadas para cada procedimiento.

El uso de sistemas de diagnóstico (por ejemplo: sistemas de control remoto basados en la Norma EN 627) puede apoyar la búsqueda de fallos, mejorar la mantenibilidad de la instalación y reducir la exposición a los peligros del personal de mantenimiento.

La seguridad en las operaciones de mantenimiento de la instalación se asegura adoptando medidas de seguridad y suministrando instrucciones. Las medidas de seguridad en la instalación y en el edificio deben proporcionarse por el instalador y el propietario de la instalación respectivamente.

Para toda área de trabajo es necesario identificar la lista de los peligros específicos relacionados con la seguridad y la salud, y realizar una evaluación de riesgos para cada operación de mantenimiento, incluyendo el acceso a la zona de trabajo.

Para este propósito, debería considerarse lo siguiente:

- presencia de una o más personas de mantenimiento en un área de trabajo;
- acciones previsibles de personas que no sean de mantenimiento (por ejemplo: personas conectando o desconectando los circuitos de potencia y circuitos dependientes, o los circuitos de alumbrado, o tratando de usar la instalación durante las operaciones de mantenimiento, etc.);
- estados posibles de la instalación (normales o anormales debidos a fallos previsibles de sus partes componentes, perturbaciones externas o perturbaciones de su suministro de emergencia, etc.).

El **anexo B** da un listado de ejemplos de elementos a considerar en cualquier evaluación de riesgos para operaciones de mantenimiento. No obstante, se dispone de algunos métodos¹⁾ para una evaluación de riesgos sistemática. Un ejemplo aparece en el anexo B de la Norma {A1 ►} EN ISO 14121-1:2007 {◄ A1}.

5.2 Información para la organización de mantenimiento

Para un mantenimiento seguro y proporcionar instrucciones pertinentes, es necesario, en primer lugar, identificar las operaciones de mantenimiento.

En particular, las operaciones de mantenimiento son:

- aquellas operaciones consideradas necesarias para un funcionamiento seguro y correcto de la instalación y sus componentes tras completar la instalación.
- aquellas operaciones consideradas necesarias durante la “vida” de algunos componentes, determinando, en lo más posible, la condición o el tiempo tras el cual no se puede asegurar el funcionamiento o la integridad del componente, incluso si ha estado convenientemente mantenido.

Al realizar operaciones específicas de mantenimiento si es necesario neutralizar algunas funciones de seguridad (por ejemplo: un dispositivo eléctrico de seguridad), debe considerarse la identificación del peligro para esa situación.

Es necesario informar y advertir al personal de mantenimiento sobre:

- riesgos residuales, es decir, aquellos en los que la reducción del riesgo por diseño y técnicas de protección no son – o no son totalmente – efectivas;
- riesgos derivados de la necesaria eliminación de ciertas protecciones para llevar a cabo operaciones específicas de mantenimiento.

Las instrucciones de mantenimiento y advertencias deben prescribir los procedimientos y modos de operación previstos para superar esos riesgos y, si es necesario, especificar el equipo personal de protección, los instrumentos, las herramientas y las provisiones a utilizar.

1) ISO TS14798 *Ascensores, escaleras mecánicas y andenes móviles. Metodología para evaluación de riesgos* puede utilizarse como una referencia específica para realizar la evaluación de riesgos.

6 INFORMACIÓN PARA EL PROPIETARIO SOBRE OPERACIONES DE RESCATE EN EL ASCENSOR

La información para el propietario debe incluir, como mínimo:

6.1 La necesidad de que el personal autorizado por el propietario de la instalación para rescatar pasajeros atrapados sea entrenado por la organización de mantenimiento.

NOTA Como alternativa, el propietario de la instalación puede organizar la formación de su personal autorizado por una tercera parte, de acuerdo con las instrucciones de mantenimiento.

6.2 La necesidad de asegurar que la formación es apropiada a la instalación específica y actualizada.

6.3 La necesidad de asegurarse de que su personal autorizado realice el rescate de las personas únicamente a través de las puertas de los pisos.

6.4 La necesidad de asegurarse de que se llame a la organización de mantenimiento cuando el personal autorizado por el propietario no sea capaz de mover la cabina a través de los dispositivos manuales y/o eléctricos de emergencia.

6.5 La necesidad de informar a su personal autorizado de cualquier condición por la que únicamente la organización de mantenimiento debe llevar a cabo una operación de rescate.

7 MARCAS, SIGNOS, PICTOGRAMAS Y ADVERTENCIAS ESCRITAS

Si la evaluación de riesgos de la organización de mantenimiento indica que se requieren avisos específicos adicionales para el propósito de mantenimiento, estos deben fijarse directamente en la instalación/componente o, cuando esto no sea posible, en su vecindad próxima.

Las marcas, signos, pictogramas y advertencias escritas deben ser fácilmente comprensibles y no deben contener ambigüedades. Los signos y pictogramas de fácil comprensión se deben utilizar con preferencia a las advertencias escritas.

No se deben utilizar signos o advertencias escritas incluyendo sólo la palabra "PELIGRO".

La información fijada directamente en la instalación/componente debe ser permanente y legible.

Cualquier marca, signo, pictograma y advertencia escrita fijada en la instalación debe renovarse si llega a ser ilegible.

Las advertencias escritas deben escribirse en la(s) lengua(s) oficial(es) del país en el que se sitúa la instalación.

8 FORMATO DEL MANUAL DE LAS INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO

El manual de instrucciones de mantenimiento de cualquier instalación debe contener al principio al menos lo siguiente:

- a) tipo de instalación, con su número de serie, a la que aplican las instrucciones;
- b) título del manual;
- c) fecha de emisión;
- d) nombre y dirección del instalador/fabricante;
- e) nombre del editor, si es diferente del instalador/fabricante.

En el manual:

- a) todas las unidades utilizadas deben ser del sistema SI;
- b) todas las páginas deben disponer de medios de detectar si faltan páginas (números);
- c) todas las referencias a otros documentos deben ser completas.

Las advertencias deben indicar el peligro, los riesgos relacionados y la medida de seguridad apropiada.

El tipo y tamaño de impresión deben asegurar la legibilidad mejor posible. Los avisos y/o precauciones sobre seguridad se deben enfatizar mediante la utilización de colores, símbolos y/o grandes caracteres. Siempre que sea posible, los signos deben cumplir la Norma ISO 3864:1984.

Las instrucciones de mantenimiento deben darse en la(s) lengua(s) oficial(es) del país en el que se localiza la instalación. Si se utiliza más de una lengua, cada una se debe distinguir fácilmente de la(s) otra(s), y deben realizarse esfuerzos para mantener juntos el texto traducido y la ilustración pertinente.

Los documentos que proporcionan las instrucciones de mantenimiento deben hacerse para larga duración (por ejemplo: deben ser capaces de aguantar a un manejo frecuente) o deben suministrarse copias por triplicado.

ANEXO A (Informativo)

EJEMPLOS TÍPICOS DE COMPROBACIONES A CONSIDERAR EN LAS INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO

A.1 Ascensores eléctricos

Generalidades	Comprobar que todos los componentes están limpios y mantenidos sin polvo ni corrosión.
Zona del foso	Comprobar el exceso de aceite/grasa en la parte baja de las guías. Comprobar que la zona del foso está limpia, seca y sin basuras.
Dispositivo anti-rebote y conmutador (cuando se instale)	Comprobar el libre movimiento y el funcionamiento. Comprobar la igualdad de tensión de los cables. Comprobar el conmutador cuando se instale. Comprobar la lubricación.
Amortiguadores	Comprobar el nivel de aceite. Comprobar la lubricación. Comprobar el conmutador cuando se instale. Comprobar las fijaciones.
Motor de accionamiento/Generador	Comprobar rodamientos en cuanto al desgaste. Comprobar la lubricación. Comprobar el estado del conmutador.
Reductor	Comprobar el engranaje en cuanto al desgaste. Comprobar la lubricación.
Polea tractora	Comprobar el estado y las ranuras en cuanto al desgaste.
Freno	Comprobar el sistema de frenado. Comprobar las piezas en cuanto al desgaste. Comprobar la presión de la parada.
Cuadro de maniobra	Comprobar que el armario está limpio, seco y sin polvo.
Limitador de velocidad y polea tensora	Comprobar las partes móviles en cuanto a libre movimiento y desgaste. Comprobar el funcionamiento. Comprobar el interruptor.
Polea(s) deflector(a)s	Comprobar el estado y el desgaste de las ranuras. Comprobar el ruido anormal y/o vibraciones en los rodamientos. Comprobar las protecciones. Comprobar la lubricación.
Guías de cabina/contrapeso	Comprobar la película de aceite donde se requiera en todas las superficies de la guía. Comprobar las fijaciones.
Guiaderas de cabina/contrapeso	Comprobar guiaderas/rodaderas en cuanto al desgaste. Comprobar las fijaciones. Comprobar la lubricación si es necesario.

Cablado eléctrico	Comprobar el aislamiento.
Cabina	Comprobar alumbrado de emergencia, botonera de cabina, llavines. Comprobar fijaciones de paneles y techo.
Paracaídas/Medios de protección contra sobrevelocidad en subida	Comprobar el libre movimiento y el desgaste de las partes móviles. Comprobar la lubricación. Comprobar las fijaciones. Comprobar el funcionamiento. Comprobar el interruptor.
Cables/cadenas de suspensión	Comprobar desgaste, alargamiento y tensión. Comprobar la lubricación, sólo cuando se prevea.
Finales de cables/cadenas	Comprobar el deterioro y el desgaste. Comprobar las fijaciones.
Puertas de piso	Comprobar el funcionamiento de las cerraduras. Comprobar el libre movimiento de las puertas. Comprobar el guiado de la puerta. Comprobar las holguras de la puerta. Comprobar la integridad del cable, cadena o cinta cuando se utilicen. Comprobar el dispositivo de apertura de emergencia. Comprobar la lubricación.
Puerta de cabina	Comprobar el contacto de puerta cerrada o la cerradura. Comprobar el libre movimiento de las puertas. Comprobar el guiado de la puerta. Comprobar las holguras de la puerta. Comprobar la integridad del cable o cadena cuando se utiliza. Comprobar el dispositivo protector de puerta para el pasajero. Comprobar la lubricación.
Nivel de piso	Comprobar la precisión de parada en el piso.
Interruptor de final de recorrido	Comprobar el funcionamiento.
Limitador del tiempo de funcionamiento del motor	Comprobar el funcionamiento.
Dispositivos eléctricos de seguridad	Comprobar el funcionamiento. Comprobar la cadena de seguridad. Comprobar que los fusibles son los correctos.
Dispositivo de alarma de emergencia	Comprobar el funcionamiento.
Mandos e indicadores de piso	Comprobar el funcionamiento.
Alumbrado de hueco	Comprobar el funcionamiento.

A.2 Ascensores hidráulicos

Generalidades	Comprobar que todos los componentes están limpios y mantenidos sin polvo ni corrosión.
Zona de foso	Comprobar el exceso de aceite/grasa en la parte baja de las guías. Comprobar que la zona del foso está limpia, seca y sin basuras.
Amortiguadores	Comprobar el nivel de aceite. Comprobar la lubricación. Comprobar el conmutador cuando se instale. Comprobar las fijaciones.
Tanque	Comprobar el nivel del fluido hidráulico. Comprobar pérdidas en el tanque y bloque de válvulas.
Cilindro	Comprobar pérdidas de aceite.
Cilindro telescópico	Comprobar el sincronismo.
Cuadro de maniobra	Comprobar que el armario está limpio, seco y sin polvo.
Limitador de velocidad y polea tensora	Comprobar las partes móviles en cuanto a libre movimiento y desgaste. Comprobar el funcionamiento. Comprobar el interruptor.
Poleas tractoras	Comprobar el estado y el desgaste de las ranuras. Comprobar el ruido anormal y/o vibraciones en los rodamientos. Comprobar las protecciones. Comprobar la lubricación.
Guías de cabina/masa de equilibrado/ cilindro	Comprobar la película de aceite donde se requiera en todas las superficies de la guía. Comprobar las fijaciones.
Guiaderas de cabina/masa de equilibrado/ cilindro	Comprobar guiaderas/rodaderas en cuanto al desgaste. Comprobar las fijaciones. Comprobar la lubricación si es necesario.
Cableado eléctrico	Comprobar el aislamiento.
Cabina	Comprobar alumbrado de emergencia, botonera de cabina, llavines. Comprobar fijaciones de paneles y techo.
Paracaídas/Trinquete/Dispositivo de abrazadera	Comprobar el libre movimiento y el desgaste de las partes móviles. Comprobar la lubricación. Comprobar las fijaciones. Comprobar el funcionamiento. Comprobar el interruptor.
Cables/cadenas de suspensión	Comprobar desgaste, alargamiento y tensión. Comprobar la lubricación, sólo cuando se prevea.
Finales de cables/cadenas	Comprobar el deterioro y el desgaste. Comprobar las fijaciones.

Puertas de piso	<p>Comprobar el funcionamiento de las cerraduras.</p> <p>Comprobar el libre movimiento de las puertas.</p> <p>Comprobar el guiado de la puerta.</p> <p>Comprobar las holguras de la puerta.</p> <p>Comprobar la integridad del cable, cadena o cinta cuando se utilicen.</p> <p>Comprobar el dispositivo de apertura de emergencia.</p> <p>Comprobar la lubricación.</p>
Puerta de cabina	<p>Comprobar el contacto de puerta cerrada o la cerradura.</p> <p>Comprobar el libre movimiento de las puertas.</p> <p>Comprobar el guiado de la puerta.</p> <p>Comprobar las holguras de la puerta.</p> <p>Comprobar la integridad del cable o cadena cuando se utilicen.</p> <p>Comprobar el dispositivo protector de puerta para el pasajero.</p> <p>Comprobar la lubricación.</p>
Nivel de piso	Comprobar la precisión de parada en el piso.
Interruptor de final de recorrido	Comprobar el funcionamiento.
Limitador del tiempo de funcionamiento del motor	Comprobar el funcionamiento.
Dispositivos eléctricos de seguridad	<p>Comprobar el funcionamiento.</p> <p>Comprobar la cadena de seguridad.</p> <p>Comprobar que los fusibles instalados son correctos.</p>
Dispositivo de alarma de emergencia	Comprobar el funcionamiento.
Mandos e indicadores de piso	Comprobar el funcionamiento.
Alumbrado de hueco	Comprobar el funcionamiento.
Dispositivo anti-deriva	Comprobar el funcionamiento.
Válvula paracaídas/Limitador de una vía	Comprobar el funcionamiento.
Válvula de liberación de presión	Comprobar el funcionamiento.
Válvula manual de bajada	Comprobar el funcionamiento.
Bomba manual	Comprobar el funcionamiento.
Mangueras/Tuberías	Comprobar el deterioro y las pérdidas de aceite.

A.3 Escaleras mecánicas y andenes móviles

Cuadro de maniobra	Comprobar que el armario está limpio, seco y sin polvo.
Reductor	Comprobar el engranaje y partes asociadas. Comprobar la lubricación.
Motor de accionamiento	Comprobar rodamientos en cuanto al desgaste. Comprobar la lubricación.
Freno	Comprobar el sistema de frenado. Comprobar desgaste de las piezas.
Freno auxiliar	Comprobar el sistema de frenado. Comprobar desgaste de las piezas
Reductor intermedio	Comprobar el engranaje y sus partes asociadas. Comprobar la lubricación.
Cadena principal de accionamiento	Comprobar la tensión y el desgaste. Comprobar la lubricación.
Cadenas de escalones/plataformas	Comprobar la tensión y el desgaste. Comprobar la lubricación.
Escalón/plataforma	Comprobar la integridad de los escalones/plataformas y sus ruedas.
Cinta transportadora	Comprobar estado y tensión.
Cinta de accionamiento	Comprobar estado y tensión.
Holguras	Comprobar las holguras entre escalones y escalones y faldones laterales.
Peines	Comprobar estado. Comprobar el engranado con escalones, placas o cintas.
Placa de peines	Comprobar holguras y funcionamiento.
Pasamanos	Comprobar el libre funcionamiento y el estado. Comprobar la tensión. Comprobar el sincronismo entre la banda de escalones/plataformas y el pasamanos.
Sistema de vías	Comprobar estado y desgaste. Comprobar las fijaciones.
Dispositivos de seguridad	Comprobar el funcionamiento.
Dispositivos deflectores	Comprobar el estado.
Alumbrado	Comprobar el funcionamiento.
Visualización	Comprobar el funcionamiento.
Signos/pictogramas	Comprobar el estado.
Barandilla	Comprobar el estado de los paneles. Comprobar las fijaciones de interiores.

ANEXO B (Informativo)

EJEMPLOS DE ELEMENTOS A CONSIDERAR EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

Tabla B.1 – Ascensor

Elementos	Áreas de mantenimiento					
	Cabina	Espacios para maquinaria	Espacios para poleas	Zonas externas al ascensor ²⁾	Foso	Techo de cabina
Acceso no conveniente (escalas no seguras, falta de pasamanos, trampilla inadecuada, obstáculo en el techo de la cabina, etc.)						
Entrada no autorizada						
Alumbrado inadecuado (incluyendo acceso)						
Suelos de superficies irregulares (agujeros, salientes)						
Suelos de superficies deslizantes						
Resistencia del piso						
Medidas no convenientes (pasillos, lugares de mantenimiento)						
Identificación de la posición de la cabina						
Contacto indirecto con la electricidad						
Interruptores						
Contactos con partes móviles (cables, poleas)						
Movimientos inesperados						
Aplastamiento por piezas móviles (cabina, contrapeso, masa de equilibrado, cilindro, otros ascensores)						
Espacios entre cabina y hueco						
Más de un ascensor en la misma zona						
Vigas y poleas por encima						
Volumen(es) de refugio						
Manejos manuales						
Más de una persona de mantenimiento trabajando						
Ausencia de un medio de comunicación						
Ventilación y temperatura para personas						
Agua/suciedad inesperada						
Sustancias peligrosas						
Caída de objetos						
Atrapamiento						
Medios/maniobras para operaciones de rescate						
Incendio						



Relevante



No relevante

2) Zonas para realizar operaciones de mantenimiento en el equipo externo del ascensor, en las partes exteriores de los cerramientos y, desde el exterior, en el equipo situado en el hueco y cuartos de máquinas o poleas.

Tabla B.2 – Escaleras mecánicas/andenes móviles

Elementos	Zonas de mantenimiento					
	Espacios para maquinaria	Sobre la banda de escalones/placas	Dentro de la banda de escalones /plataformas	Pisos superior e inferior	Cuadro de maniobra	Cuarto de máquinas (accionamientos externos)
Acceso y entrada						
Alumbrado inadecuado (incluyendo acceso)						
Caidas/resbalones						
Caidas sobre la maquinaria						
Caidas por encima de la barandilla						
Contactos con la maquinaria móvil						
Contactos indirectos con la electricidad						
Aplastamiento y cizallamiento (escalón a escalón o peine/escalón a faldón)						
Holguras en la barandilla						
Intersección entre suelos y/o escaleras mecánicas						
Personas en la banda de escalones						
Interruptores de seguridad y dispositivo(s) de parada de emergencia						
Control de inspección						
Intersección entre partes fijas y móviles						
Arranque/parada no intencionado						
Máquina moviéndose (que no sea bajo potencia)						
Más de una persona de mantenimiento trabajando						
Operación manual						
Caída de objetos						
Agua/suciedad inesperadas						
Contaminación por aceite y grasa						
Sustancias peligrosas						
Incendio						
Escalones/plataformas que faltan						



Relevante



No relevante

ANEXO ZA (Informativo)**{A1►} CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LA DIRECTIVA 98/37/CE**

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, para proporcionar un medio de dar cumplimiento a los requisitos esenciales de la Directiva 98/37/CE modificada por la Directiva 98/79/CE.

Una vez que esta norma se cite en el Diario Oficial de la Unión Europea bajo esta directiva, y se implemente como norma nacional en al menos un Estado Miembro, el cumplimiento de los capítulos de esta norma, excepto los apartados 4.3.2.11, 4.3.2.14, 4.3.2.15, 4.3.3.5, 4.3.3.13, 4.3.3.14 y 4.3.3.15 dentro de los límites del campo de aplicación de esta norma, es un medio para dar presunción de conformidad con los requisitos esenciales específicos 1.7.4 del Anexo I de esta directiva y los reglamentos de la AELC asociados.

ADVERTENCIA: Los productos incluidos en el campo de aplicación de esta norma pueden estar afectados por otros requisitos o directivas de la UE. {◄A1}

ANEXO ZB (Informativo)**{A1►} CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LA DIRECTIVA 2006/42/CE**

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, para proporcionar un medio de dar cumplimiento a los requisitos esenciales de la Directiva 2006/42/CE.

Una vez que esta norma se cite en el Diario Oficial de la Unión Europea bajo esta directiva, y se implemente como norma nacional en al menos un Estado Miembro, el cumplimiento de los capítulos de esta norma, excepto los apartados 4.3.2.11, 4.3.2.14, 4.3.2.15, 4.3.3.5, 4.3.3.13, 4.3.3.14 y 4.3.3.15 dentro de los límites del campo de aplicación de esta norma, es un medio para dar presunción de conformidad con los requisitos esenciales específicos 1.7.4 del Anexo I de esta directiva y los reglamentos de la AELC asociados.

ADVERTENCIA: Los productos incluidos en el campo de aplicación de esta norma pueden estar afectados por otros requisitos o directivas de la UE. {◄A1}

ANEXO ZC (Informativo)**{A1►} CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LA DIRECTIVA 95/16/CE**

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, para proporcionar un medio de dar cumplimiento a los requisitos esenciales de la Directiva 95/16/CE.

Una vez que esta norma se cite en el Diario Oficial de la Unión Europea bajo esta directiva, y se implemente como norma nacional en al menos un Estado Miembro, el cumplimiento de los capítulos de esta norma, excepto los apartados 4.3.2.11, 4.3.2.14, 4.3.2.15, 4.3.3.5, 4.3.3.13, 4.3.3.14 y 4.3.3.15 dentro de los límites del campo de aplicación de esta norma, es un medio para dar presunción de conformidad con los requisitos esenciales específicos 6 del Anexo I de esta directiva y los reglamentos de la AELC asociados.

ADVERTENCIA: Los productos incluidos en el campo de aplicación de esta norma pueden estar afectados por otros requisitos o directivas de la UE. {◄A1}

BIBLIOGRAFÍA

EN 627, *Specification for data logging and monitoring of lifts, escalators and passenger conveyors.*

EN 1070, *Safety of machinery. Terminology.*

EN ISO 9001, *Quality management systems. Requirements (ISO 9001:2000).*

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

**Anexo 4. Formatos
para la Gestión del
Mantenimiento del
ascensor.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
INFORME DE DAÑOS Y LLAMADAS	Código:	INF-DAÑ-01	
	Fecha:		
	Edición:	01	
	Página: de	
1. Información general			
Edificio:		Máquina/equipo:	
Ciudad:		Tipo/marca	
Fecha:		Código:	
2. Condiciones encontradas u observaciones del administrador de edificio			
¿Hubo personas atrapadas?	Si		No
3. Causas/motivos del daño			
4. ¿Cómo se corrigió?			
5. Hora de llamada y atención de emergencia			
De llamada h		
De llegada al edificio: h		
De finalización: h		
Nombre del Administrador	F. del Administrador		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Código:	REP-MNTTO-01	
	Fecha:		
	Edición:	01	
	Página: de	
1. Información general			
Máquina/Equipo:			
Área:			
Código:			
Responsable del mantenimiento:			
2. Descripción del mantenimiento realizado			
3. Materiales y/o herramientas utilizadas			
Cantidad	Denominación	Fecha	Proveedor
4. Mano de obra utilizada			
Cargo	Nombre/Apellido	Fecha	Total horas
5. Costos del mantenimiento			
Materiales			
Mano de obra			
Total			
6. Entrega y recepción de la máquina/equipo			
Entregado por:		Fecha de entrega:	
Recibido por:		Fecha de recepción:	
F. Administrador		F. Técnico de mantenimiento	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REGISTRO DE COMPONENTES Y REPUESTOS DE MANTENIMIENTO			Código:	REG-REP-01	
			Fecha:		
			Edición:	01	
			Página: de	
1. Información general					
Máquina/Equipo:					
Área:					
Código:					
Responsable:					
2. Componentes y repuestos de mantenimiento					
N°	Descripción	Cantidad	Marca	Modelo	Características
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
F. del Responsable					

**Anexo 5. Instalación
y montaje del
ascensor edificio
carrera Ingeniería
Mecánica.**



