



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y
REHABILITACIÓN DE LOS ELEVADORES DE
FERROCARRILES DEL ECUADOR EMPRESA PÚBLICA
FILIAL SUR-ESTACIÓN RIOBAMBA”**

**ALEX ISRAEL PAREDES FIERRO
JOSÉ ROLANDO HUERTA TENEZACA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTOS TÉCNICOS**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**RIOBAMBA – ECUADOR
2017**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-12-07

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

ALEX ISRAEL PAREDES FIERRO

Titulado:

**“ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS
ELEVADORES DE FERROCARRILES DEL ECUADOR EMPRESA PÚBLICA
FILIAL SUR-ESTACIÓN RIOBAMBA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano
DIRECTOR

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
ASESOR

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-12-07

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

JOSÉ ROLANDO HUERTA TENEZACA

Titulado:

**“ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS
ELEVADORES DE FERROCARRILES DEL ECUADOR EMPRESA PÚBLICA
FILIAL SUR-ESTACIÓN RIOBAMBA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano
DIRECTOR

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALEX ISRAEL PAREDES FIERRO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS ELEVADORES DE FERROCARRILES DEL ECUADOR EMPRESA PÚBLICA FILIAL SUR-ESTACIÓN RIOBAMBA”

Fecha de Examinación: 2017-07-27

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JOSÉ ROLANDO HUERTA TENEZACA

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS ELEVADORES DE FERROCARRILES DEL ECUADOR EMPRESA PÚBLICA FILIAL SUR-ESTACIÓN RIOBAMBA”

Fecha de Examinación: 2017-07-27

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Alex Israel Paredes Fierro

José Rolando Huerta Tenezaca

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Alex Israel Paredes Fierro y José Rolando Huerta Tenezaca, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Alex Israel Paredes Fierro
Cédula de Identidad: 060402138-6

José Rolando Huerta Tenezaca
Cédula de Identidad: 030249699-7

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de titulación a lo fundamental y vital en mi vida; mis padres, Arturo Paredes y Martha Fierro, que con su ejemplo, guía y dedicación me enseñan hasta el día de hoy que los sueños se pueden alcanzar con esperanza y esfuerzo, que los límites son pensamientos retrógrados que no tienen fundamento cuando la actitud está de por medio. Les amo papás.

A mis hermanos; Enrique, Luis y Dario por enseñarme que el trabajo duro vence al talento natural y que mientras más problemas enfrentemos juntos, más fuertes serán nuestros lazos de hermandad. Les amo hermanos.

A Julia Arias, una mujer extraordinaria que se ha ganado el cariño incondicional de toda mi familia. Excelente mujer, excelente persona y la mejor abuelita de todo el mundo.

Todo el esfuerzo es inútil si no crees en ti mismo.

Alex Israel Paredes Fierro

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi familia quienes fueron el pilar principal en el transcurso y culminación de mi carrera profesional.

A mi madre María por ser mi amiga incondicional; me enseñó que con fe, humildad y perseverancia se puede realizar todos nuestros propósitos y metas.

A mi padre Raúl Clemente por crear en mí la iniciativa de tomar esta carrera profesional e incentivar me desde temprana edad al buen hábito del trabajo.

A mis hermanos Luis, Manuel, Sonia y Leandra por siempre estar prestos a brindarme su apoyo y ayuda en el momento que lo necesite.

José Rolando Huerta Tenezaca

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por las bendiciones que recibo cada día y por esta mentalidad de perseverancia para nunca rendirme en los objetivos que me trazo conforme sigo el camino que he escogido.

A la escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, que se ha ganado mi aprecio conforme ha transcurrido mi etapa estudiantil, para mi posterior formación como profesional.

A mis profesores Luis Fernando Buenaño y Marcelo Castillo por el apoyo brindado y la guía para la terminación de nuestro proyecto de titulación.

A la empresa Ferrocarriles del Ecuador por la iniciativa de brindarnos su apoyo desde el principio hasta la culminación del presente trabajo de titulación.

A mis amigos por su apoyo incondicional y por ayudarme a creer que aún existen personas que no te dejen caer y si así lo haces, serán los primeros en ayudarte a levantarte.

Alex Israel Paredes Fierro

Principalmente quiero dar gracias a Dios por haberme dado salud y fortaleza para salir adelante y culminar esta etapa estudiantil.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y en especial a la escuela de Ingeniería Automotriz por todo lo brindado para mi formación como persona profesional.

A los ingenieros Luis Buenaño y Marcelo Castillo quienes fueron guías principales desde un inicio en el desarrollo de nuestro proyecto.

A la empresa pública Ferrocarriles del Ecuador-feeep filial sur-estación Riobamba quienes nos brindaron todo el apoyo para hacer posible la realización de este trabajo.

José Rolando Huerta Tenezaca

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	<i>Objetivo genera</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Elevadores electromecánicos	4
2.1.1	<i>Definición</i>	4
2.2	Tipos de elevadores electromecánicos	4
2.2.1	<i>Elevadores electromecánicos de columnas móviles</i>	4
2.2.2	<i>Disposición técnica y estructural:</i>	5
2.2.3	<i>Elevador de dos columnas electromecánico.</i>	5
2.2.3.1	<i>Características</i>	6
2.2.4	<i>Elevador de 4 columnas electromecánico.</i>	6
2.2.5	<i>Sistemas portátiles elevadores de vagones</i>	7
2.2.5.1	<i>Generalidades</i>	7
2.2.5.2	<i>Beneficios claves de los gatos portátiles</i>	8
2.3	Principio de funcionamiento de los elevadores electromecánicos	9
2.3.1	<i>Puesta en marcha</i>	10
2.3.2	<i>Operación y generalidades</i>	10
2.4	Prestaciones de los elevadores	11
2.4.1	<i>Cambio de ruedas</i>	12
2.4.2	<i>Cambio de bogies</i>	13
2.5	Partes de los elevadores electromecánicos	14
2.5.1	<i>Parte mecánica</i>	14
2.5.1.1	<i>Bastidor guía</i>	14
2.5.1.2	<i>Husillo</i>	14
2.5.1.3	<i>Ruedas retractiles</i>	15
2.5.1.4	<i>Ruedas guías superiores</i>	15
2.5.1.5	<i>Ruedas guías inferiores</i>	16
2.5.1.6	<i>Brazo de carga</i>	16
2.5.1.7	<i>Carro porta brazo</i>	16
2.5.1.8	<i>Desplazamiento manual del brazo</i>	17
2.5.1.9	<i>Soporte de engranajes y motor eléctrico</i>	17
2.5.1.10	<i>Depósito de grasa</i>	18
2.5.1.11	<i>Engranaje recto principal</i>	18
2.5.1.12	<i>Engranaje recto secundario</i>	19
2.5.1.13	<i>Tornillo sin fin</i>	19
2.5.1.14	<i>Pasador de soporte</i>	19
2.5.1.15	<i>Engranaje helicoidal combinado con engranaje recto</i>	20
2.5.1.16	<i>Eje de soporte del engranaje helicoidal combinado con engranaje recto</i>	20
2.5.1.17	<i>Chumaceras</i>	20
2.5.1.18	<i>Juntas del eje de soporte y eje del tornillo sin fin</i>	21
2.5.1.19	<i>Palanca del eje de soporte</i>	21

2.5.2	<i>Parte electrónica</i>	22
2.5.2.1	<i>Motor eléctrico</i>	22
2.5.2.2	<i>Tablero de mando principal</i>	23
2.5.2.3	<i>Cajas de mando secundarios</i>	23
2.5.2.4	<i>Enchufe hembra de 220</i>	24
2.5.2.5	<i>Conexiones de 220</i>	24
2.5.2.6	<i>Enchufe macho por elevador de 220</i>	24
2.6	<i>Ensayos</i>	25
2.6.1	<i>Ensayos no destructivos</i>	25
2.6.1.1	<i>Introducción</i>	25
2.6.2	<i>Tipos de ensayos no destructivos</i>	26
2.6.2.1	<i>Inspección visual</i>	26
2.6.2.2	<i>Líquidos penetrantes</i>	27
2.6.2.3	<i>Partículas magnéticas</i>	27
2.6.2.4	<i>Ultrasonido</i>	28
2.6.3	<i>Ensayos para reconocimiento del material</i>	28
2.6.3.1	<i>Espectrometría</i>	28
2.7	<i>Análisis CAD</i>	29
2.7.1	<i>Ventajas del CAD</i>	29
2.7.1.1	<i>Producción de dibujos más rápida</i>	29
2.7.1.2	<i>Mayor precisión de los dibujos</i>	30
2.7.1.3	<i>Dibujos más limpios</i>	30
2.7.1.4	<i>Dibujos no repetidos</i>	30
2.7.1.5	<i>Análisis y cálculos de diseño más rápido</i>	30
2.7.1.6	<i>Superior estilo de diseño</i>	30
2.7.1.7	<i>Menores requisitos de desarrollo</i>	31
2.7.1.8	<i>Integración del diseño con otras disciplinas</i>	31

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS

3.1	<i>Situación actual de los elevadores electromecánicos</i>	32
3.1.1	<i>Situación actual de la estructura</i>	32
3.1.2	<i>Situación actual del universo de engranajes</i>	35
3.1.3	<i>Situación actual de los medios de sujeción</i>	38
3.1.4	<i>Situación actual del sistema eléctrico</i>	39
3.2	<i>Matriz de valoración</i>	41
3.2.1	<i>Matriz de valoración de la estructura</i>	41
3.2.2	<i>Matriz de valoración del universo de engranajes</i>	42
3.2.3	<i>Matriz de valoración de los medios de sujeción</i>	44
3.2.4	<i>Matriz de valoración del sistema eléctrico</i>	44
3.2.5	<i>Matriz de valoración de la señalización de seguridad</i>	45
3.3	<i>Análisis y resultados de los ensayos no destructivos</i>	46
3.3.1	<i>Inspección visual</i>	46
3.3.1.1	<i>Descripción del proceso de inspección visual para la soldadura del elevador electromecánico</i>	46
3.3.2	<i>Inspección por líquidos penetrantes</i>	48
3.3.2.1	<i>Descripción del proceso</i>	48
3.3.3	<i>Inspección por ultrasonido</i>	52
3.3.3.1	<i>Descripción del proceso</i>	52

4. DIGITALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN LOS ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS.

4.1	Ensayo de espectrometría para los elevadores electromecánicos de vagones y locomotoras.....	55
4.1.1	<i>Descripción del proceso</i>	55
4.1.2	<i>Resultados del ensayo de espectrometría</i>	57
4.2	Digitalización en Solidworks	58
4.2.1	<i>Cálculos del universo de engranajes</i>	58
4.2.1.1	<i>Nomenclatura y fórmulas utilizadas para los engranajes rectos</i>	58
4.2.1.2	<i>Engranaje del motor eléctrico</i>	59
4.2.1.4	<i>Engranaje recto principal</i>	61
4.2.1.5	<i>Engranaje recto</i>	62
4.2.1.6	<i>Cálculo de engranajes de dientes inclinados o helicoidales</i>	64
4.2.1.7	<i>Cálculos del engranaje helicoidal</i>	65
4.2.2	<i>Digitalización en Solidworks</i>	67
4.3	Análisis y Simulación de esfuerzos en CAD.....	67
4.3.1	<i>Pesos de las locomotoras y vagones disponibles en los Ferrocarriles del Ecuador</i> ..	68
4.3.2	<i>Análisis estático en el brazo</i>	68
4.3.3	<i>Mallado</i>	69
4.3.4	<i>Esfuerzos</i>	69
4.3.5	<i>Deformaciones</i>	71
4.3.6	<i>Factor de seguridad</i>	73
4.3.7	<i>Comparación del análisis estático del elevador</i>	76

5. ACCIONES DE REHABILITACIÓN A LOS ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS E IMPLEMENTACIÓN

5.1	Proceso de desmontaje del universo de engranajes.....	77
5.1.1	<i>Mangueras para cables</i>	79
5.1.2	<i>Cable eléctrico</i>	80
5.1.3	<i>Rectificación del eje del tornillo sin fin del elevador electromecánico 1</i>	81
5.2	Aplicación de pintura en los elevadores electromecánicos	81
5.2.1	<i>Preparación de la superficie para la aplicación de la pintura</i>	81
5.2.2	<i>Tratamiento y pintura en la superficie de los elevadores electromecánicos</i>	82
5.2.2.1	<i>Datos técnicos de la pintura</i>	83
5.2.3	<i>Proceso de pintura en los elevadores electromecánicos</i>	83
5.3	Montaje del universo de engranajes	84
5.4	Engrasado de las partes móviles y el depósito de grasa	85
5.4.1	<i>Datos técnicos de la grasa</i>	86
5.5	Dimensionamiento del área de trabajo	87
5.5.1	<i>Dimensionamiento del área de trabajo para los elevadores electromecánicos</i>	87
5.5.2	<i>Dimensionamiento del estacionamiento de la locomotora</i>	88
5.5.3	<i>Dimensionamiento para el área de trabajo del tablero de mando principal</i>	89
5.6	Prueba de funcionamiento del elevador electromecánico	90

6. PRESUPUESTO PARA LA REHABILITACIÓN DE LOS ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS

6.1	Fuentes de financiamiento.....	92
6.2	Costos directos	92
6.2.1	<i>Costo de la restauración del bastidor guía</i>	92
6.2.2	<i>Costo de la restauración del universo de engranajes</i>	93
6.2.3	<i>Costo de la rehabilitación de los elevadores electromecánicos</i>	94
6.2.4	<i>Costo de mano de obra</i>	95
6.2.5	<i>Costo de equipos y herramientas</i>	96
6.2.6	<i>Costo de transporte</i>	96

6.3	Costos indirectos	96
6.4	Costo total del proyecto.....	97
6.4.1	<i>Financiamiento por parte de la empresa ferrocarriles del Ecuador</i>	97
6.4.2	<i>Aportes personales</i>	97
6.4.3	<i>Costo total del proyecto</i>	97
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
7.1	Conclusiones	98
7.2	Recomendaciones.....	99

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-3: Situación actual de la estructura	32
Tabla 2-3: Situación actual del universo de engranajes	35
Tabla 3-3: Situación actual de los medio de sujeción	38
Tabla 4-3: Situación actual del sistema eléctrico	39
Tabla 5-3: Matriz de valoración estructura	41
Tabla 6-3: Matriz de valoración del universo de engranajes	42
Tabla 7-3: Matriz de valoración de los medios de sujeción.....	44
Tabla 8-3: Matriz de valoración del sistema eléctrico	44
Tabla 9-3: Matriz de valoración de la señalización de seguridad	45
Tabla 10-3: Tipos de discontinuidades.	46
Tabla 11-3: Indicación y proporciones para hallazgo de fallas.....	52
Tabla 1-4: Resultados del ensayo de espectrometría	58
Tabla 2-4: Pesos de las locomotoras y los vagones	68
Tabla 3-4: Comparación del análisis estático en los elevadores electromecánicos	76
Tabla 1-5: Especificaciones de la manguera tubo flex C40	80
Tabla 2-5: Datos técnicos de la pintura.....	83
Tabla 3-5: Datos técnicos de la grasa.....	86
Tabla 4-5: Datos del vagón panorámico	90
Tabla 5-5: Resultados con carga del vagón.....	90
Tabla 1-6: Costo de la restauración del bastidor guía.....	92
Tabla 2-6: Costo de la restauración del universo de engranajes	93
Tabla 3-6: Costo de la rehabilitación de los elevadores electromecánicos	94
Tabla 4-6: Costos de mano de obra.....	95
Tabla 5-6: Costo de equipos y herramientas.....	96

Tabla 6-6: Costo de transporte	96
Tabla 7-6: Costos indirectos	96

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2: Elevador electromecánico de columnas móviles	4
Figura 2-2: Elevador de columnas móviles con capacidad de 8,5 toneladas	5
Figura 3-2: Elevador de dos columnas electromecánico	6
Figura 4-2: Elevador de 4 columnas electromecánico	7
Figura 5-2: Conjunto de sistemas portátiles elevadores de vagones.....	7
Figura 6-2: Elevador de vagones	8
Figura 7-2: Conexión tablero principal con los elevadores	9
Figura 8-2: Ruedas y eje	12
Figura 9-2: Reperfilamiento.....	13
Figura 10-2: Bogie	13
Figura 11-2: Bastidor guía	14
Figura 12-2: Husillo.....	15
Figura 13-2: Ruedas retractiles	15
Figura 14-2: Rueda guía superior	15
Figura 15-2: Rueda guía inferior	16
Figura 16-2: Brazo de carga.....	16
Figura 17-2: Carro porta brazo	17
Figura 18-2: Desplazamiento manual del brazo	17
Figura 19-2: Soporte de engranaje y motor eléctrico.....	18
Figura 20-2: Depósito de grasa.....	18
Figura 21-2: Engranaje recto principal	18
Figura 22-2: Engranaje recto secundario	19
Figura 23-2: Tornillo sin fin	19

Figura 24-2: Eje de soporte.....	19
Figura 25-2: Engranaje helicoidal combinado con engranaje recto.....	20
Figura 26-2: Eje de soporte del engranaje helicoidal combinado con engranaje recto.....	20
Figura 27-2: Soportes de eje del tornillo sin fin	21
Figura 28-2: Conexiones del eje de soporte y eje del tornillo sin fin	21
Figura 29-2: Palanca del eje de soporte	21
Figura 30-2: Motor eléctrico.....	22
Figura 31-2: Placa de especificación del motor eléctrico	22
Figura 32-2: Tablero de mando principal	23
Figura 33-2: Cajas de mandos secundarios.....	23
Figura 34-2: Enchufe hembra de 220	24
Figura 35-2: Conexiones de 220.....	24
Figura 36-2: Enchufe macho por elevador de 220.....	25
Figura 37-2: Líquidos penetrantes	27
Figura 1-3: Bastidor guía.....	32
Figura 2-3: Ruedas retractiles.....	33
Figura 3-3: Ruedas guías superiores.....	33
Figura 4-3: Ruedas guías inferiores	33
Figura 5-3: Brazo de carga.....	33
Figura 6-3: Carro porta brazo	34
Figura 7-3: Desplazamiento manual del brazo	34
Figura 8-3: Soporte de engranajes y motor eléctrico	34
Figura 9-3: Depósito de grasa.....	34
Figura 10-3: Carcasa de recubrimiento de los engranajes	35
Figura 11-3: Engranaje recto principal	35
Figura 12-3: Husillo.....	35

Figura 13-3: Engranaje recto secundario	36
Figura 14-3: Tornillo sin fin	36
Figura 15-3: Pasador de soporte	36
Figura 16-3: Engranaje helicoidal combinado con engranaje recto.....	36
Figura 17-3: Eje de soporte del engraneje helicoidal combinado con engranaje recto.....	37
Figura 18-3: Chumaceras.....	37
Figura 19-3: Juntas del eje de soporte y eje del tornill sin fin	37
Figura 20-3: Rodamientos	37
Figura 21-3: Perno	38
Figura 22-3: Tuerca	38
Figura 23-3: Arandelas planas de hierro.....	38
Figura 24-3: Arandelas cuadradas	38
Figura 25-3: Arandela de bronce	39
Figura 26-3: Motor electrico.....	39
Figura 27-3: Tablero de mando principal	39
Figura 28-3: Cajas de mando secundarios	39
Figura 29-3: Enchufe hembra de 220V.....	40
Figura 30-3: Conexiones de 220V	40
Figura 31-3: Echufe macho de 220V	40
Figura 32-3: Cableado	40
Figura 33-3: Mangueras de protección	40
Figura 34-3: Cepillado y limpieza de superficie.....	47
Figura 35-3: Requisitos de distancia e inclinación para la inspección visual.....	47
Figura 36-3: Kit de tintas penetrantes.....	49
Figura 37-3: Cepillado y limpieza de la superficie.....	49
Figura 38-3: Aplicación de penetrante.....	49

Figura 39-3: Penetrante en superficie	50
Figura 40-3: Limpieza de exceso de penetrante	50
Figura 41-3: Aplicación del revelador	51
Figura 42-3: Tipos de defectos superficiales	51
Figura 43-3: Medición de grietas.....	52
Figura 44-3: Calibración del medidor.....	53
Figura 45-3: Transductor en la suelda	53
Figura 46-3: Interpretación de resultados por ultrasonido	53
Figura 1-4: Muestra de un piñón del universo de engranajes.	55
Figura 2-4: Muestra de una porción de la estructura del bastidor guía.....	55
Figura 3-4: Preparación del piñón para el ensayo.....	56
Figura 4-4: Preparación de la porción de la estructura del bastidor guía.....	56
Figura 5-4: Espectrómetro	56
Figura 6-4: Muestra sometida al espectrómetro.....	57
Figura 7-4: Muestras sometidas al ensayo de espectrometría.....	57
Figura 8-4: Resultado de composición de la estructura del bastidor	57
Figura 9-4: Resultado del piñón del universo de engranajes.	58
Figura 10-4: engranaje recto	58
Figura 11-4: Engranaje del motor eléctrico	59
Figura 12-4: Engranaje recto secundario	60
Figura 13-4: Engranaje recto principal	61
Figura 14-4: Engranaje recto	62
Figura 15-4: Engranaje helicoidal.....	64
Figura 16-4: Engranaje helicoidal.....	65
Figura 17-4: Elevador electromecánico digitalizado en Solidworks	67
Figura 18-4: Fuerzas actuantes	68

Figura 19-4: Mallado	69
Figura 20-4: Esfuerzos con carga de 13 ,9 toneladas.....	70
Figura 21-4: Esfuerzos con carga de 15 toneladas.....	70
Figura 22-4: Esfuerzos con carga de 4.25 toneladas.....	71
Figura 23-4: Esfuerzos con carga de 10 toneladas.....	71
Figura 24-4: Deformación con carga de 13.9 toneladas	72
Figura 25-4: Deformación con carga de 15 toneladas	72
Figura 26-4: Deformación con carga experimental de 4,25 toneladas	73
Figura 27-4: Deformación con carga experimental de 10 toneladas	73
Figura 28-4: Factor de seguridad con carga de 13,9 toneladas.....	74
Figura 29-4: Factor de seguridad con carga de 15 toneladas.....	74
Figura 30-4: Factor de seguridad con carga de 4.25 toneladas.....	75
Figura 31-4: Factor de seguridad con carga de 10 toneladas.....	75
Figura 1-5: extracción del pasador de soporte	77
Figura 2-5: Extracción del tornillo sin fin	77
Figura 3-5: Desmontaje del motor eléctrico	78
Figura 4-5: Desmontaje de la carcasa de recubrimiento.....	78
Figura 5-5: Desmontaje del engranaje helicoidal combinado con el engranaje recto.	78
Figura 6-5: Partes del universo de engranajes	79
Figura 7-5: Manguera tubo flex C40 Fuente: Autores.....	80
Figura: 8-5: Cable eléctrico	81
Figura 9-5: Limpieza de la estructura del elevador electromecanico	82
Figura 10-5: Tarro de pintura.....	82
Figura 11-5: Estructura de los elevadores pintada.....	84
Figura 12-5: Limpieza del engranaje helicoidal combinado con el engranaje recto	84
Figura 13-5: Montaje del universo de engranajes.....	85

Figura 14-5: Engrasado de las partes móviles y el depósito de grasa.....	86
Figura 15-5: Ubicación de la locomotora en el área de elevación electromecánica	87
Figura 16-5: Dimensionamiento del área de trabajo de los elevadores	88
Figura 17-5: Pintado del área de trabajo de los elevadores electromecánicos.....	88
Figura 18-5: Dimensionamiento del estacionamiento de la locomotora.....	88
Figura 19-5: Dimensionamiento para el área de trabajo del tablero de mando principal	89
Figura 20-5: mesa de trabajo	89
Figura 21-5: Elevación del vagón panorámico	90

LISTA DE ABREVIACIONES

D_p = Diámetro primitivo

D_e = Diámetro exterior

D_i = Diámetro interior

P = Paso circular

Z = Número de dientes

M = Módulo

h = Altura del diente

h_c = Altura de la cabeza del diente

h_p = Altura del pie del diente

e = Espesor del diente

M = Módulo real

M_a = Módulo aparente

D₀ = Diámetro primitivo

D_i = Diámetro inferior

H = Altura del diente

H_k = Altura de la cabeza del diente

H_f = Altura del pie del diente

T = Paso

T_a = Paso aparente

S = Espacio entre dientes

E = Espesor del diente

B = Ancho del dientes

LISTA DE ANEXOS

A. PLANOS DE LOS ELEVADORES ELECTROMECA'NICOS

RESUMEN

El proyecto tuvo como objetivo analizar el funcionamiento y la posterior rehabilitación de los elevadores electromecánicos de la empresa Ferrocarriles del Ecuador, con el fin de realizar un análisis de esfuerzos para comprobar la carga a la cual puede estar sometido cada uno de los elevadores. El análisis para comprobar el estado en el que se encontraba en un principio cada uno de los elevadores fue a través de una matriz de valoración y los ensayos no destructivos (END). En el caso de la matriz de valoración, se identificó cada una de las anomalías y fallas que existían en los elementos de los elevadores. Los ensayos no destructivos se utilizaron para la identificación de discontinuidades en la soldadura empleada. Realizado el análisis de funcionamiento se procedió a la rehabilitación de los elevadores que consistía en el mantenimiento, la sustitución o la implementación de cada uno de los elementos inspeccionados previamente. La digitalización de los elevadores se realizó en Solidworks para posteriormente ser importados a Ansys para el análisis de esfuerzos. Para la comprobación del correcto funcionamiento de los elevadores electromecánicos se realizó una prueba de campo que consistía en la elevación de un vagón panorámico que tiene un peso de 17 toneladas, como resultado se obtuvo que cada uno de los elevadores tenía fiabilidad eficaz. Realizado el análisis de funcionamiento requerido, se rehabilitó los elevadores corroborando que en la puesta en marcha de los mismos no existía problema alguno, en el caso de que existiera una carga de 60 toneladas el factor de seguridad será de 1,05 siendo esta carga la máxima que pueden soportar los 4 elevadores. En el momento de la elevación de una locomotora o un vagón es recomendable elevarlos a una distancia prudencial de 0,8 metros para observar si existe equilibrio en los mismos.

PALABRAS CLAVE: <ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS>, < ANÁLISIS DE ESFUERZOS>, <MATRIZ DE VALORACIÓN>, <ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS>, <LOCOMOTORA ALSTHON>, <ASPECTOS MECÁNICOS>, <DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA>, <HOJAS DE CÁLCULOS>

ABSTRACT

The Project has the aim to analyze the working and the further rehabilitation of the electro mechanics elevators of the “Ferrocarriles del Ecuador “company, in order to perform an analysis of efforts, to check the load to which each of the elevators may be subjected. The analysis to check the state, in which it was initially, each of the elevators was through an assessment matrix and non-destructive testing (END). In the case of the assessment matrix, it was identified each one of the anomalies and failures that will exist in the elements of the elevators. The non-destructive testing was using for the identification of discontinuities in the weld used. Realizing the analysis of functioning, it was proceeded to the rehabilitation of the elevators that consist in its maintenance, the substitution or the implementation of each one of the previously elements inspected. The digitization of the elevators was realized in SolidWorks, for later was imported to Ansys for the analysis of efforts. For checking the correct functioning of the electro mechanics elevators, a field test was carried out consisting of the elevation of a panoramic car that has a weight of 17 tons, as a result, it was obtained that each of the elevators had effective reliability. Performing the analysis of required operation, the elevators are rehabilitated corroborating that in the commissioning of the same, there is no problem whatsoever, In any case, in the case of a load of 60 tons, the safety factor will be 1,05; this load being the maximum that can support the 4 elevators. At the time of the elevation of a locomotive or a wagon it is advisable to lift them at a reasonable distance of 0,8 meters to observe if there is equilibrium in them.

Clue Words: >ELECTROMECHANIC ELEVATORS>, <ANALYSIS OF EFFORTS >, <ASSESSMENT MATRIX>, <NON-DESTRUCTIVE TESTING>, <ALSTHON LOCOMOTIVE>, <MECHANICAL ASPECTS>, <DESISGN ASSISTED BY A COMPUTER>, <SPREADSHEETS>.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La empresa pública de ferrocarriles del Ecuador-feeep filial sur-estación Riobamba en la actualidad siendo una de las partes fundamentales de la matriz productiva en el campo de servicios de la transportación y siendo indispensable en el sector estratégico de vinculación con el turismo y el comercio se ha visto en la necesidad de fomentar un cambio en la unidad de mantenimiento, reutilizando y aplicando mejoras a los elevadores que prestaran un servicio óptimo para que sus unidades cumplan con la transportación de pasajeros.

De esta manera es importante realizar un “ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS ELEVADORES DE FERROCARRILES DEL ECUADOR EMPRESA PÚBLICA FILIAL SUR-ESTACIÓN RIOBAMBA” con el propósito del montaje y desmontaje de los vagones, puesto que la necesidad de contar con la utilidad absoluta de los elevadores en los ferrocarriles del Ecuador matriz Riobamba es fundamental para poder dar un mantenimiento factible a la maquinaria, ya que estos son propensos a tener fallas de tipo mecánico o eléctrico.

Los elevadores que se posee en la empresa son de tipo electromecánico, en principio fueron mecánicos, por lo que se utilizaba manivelas para su funcionamiento. Actualmente cuentan con unos motores eléctricos que ayudan a elevar y descender a los vagones; facilitando el trabajo de tal forma que ayuda en la optimización de tiempos muertos al momento de su utilización.

Al momento de realizar el análisis de funcionamiento que consistirá en someter a los elevadores a pruebas de ensayos no destructivos y la realización de análisis de esfuerzos por medio de los softwares CAD, se procederá a la rehabilitación de los elevadores y con ello tenerlos en óptimas condiciones para que cumplan con sus tareas de trabajo.

Como esto es un sistema que involucra directamente a las personas, debe ante todo prestar la mayor seguridad posible para que con ello no existan problemas que involucren a la integridad del personal que labora en el taller de los ferrocarriles matriz Riobamba.

1.2 JUSTIFICACION

El principal fundamento es la rehabilitación de los elevadores electromecánicos para que puedan brindar apoyo en el mantenimiento preventivo y correctivo en los vagones y de tal manera operar con normalidad ayudando al desarrollo de la transportación de pasajeros y al progreso en el campo turístico del país.

En la empresa ferrocarriles del Ecuador para la demanda de trenes en el campo turístico es esencial contar con la disponibilidad total de la flota pero, su disponibilidad se ve reducida por falta de un servicio eficiente y rápido que involucra directamente a sus elevadores en el taller. El desconocimiento de la carga máxima que pueden soportar cada uno de los elevadores electromecánicos puede causar averías serias a estos por cuanto no se tiene claro un factor de seguridad admisible para la utilización de los mismos.

Hoy en día la adquisición de elevadores para vagones resulta costosa, además de que la empresa no posee el presupuesto necesario para su compra, por lo cual es de mayor beneficio realizar la rehabilitación de los elevadores que se posee en la actualidad, dándoles mantenimiento. Para corroborar con su funcionamiento se tomara en cuenta los resultados obtenidos en los ensayos no destructivos a realizarse.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 *Objetivo genera*

Analizar el funcionamiento y rehabilitar los elevadores de ferrocarriles del Ecuador empresa pública filial sur-estación Riobamba.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Conocer los métodos de ensayos adecuados mediante investigaciones bibliográficas para la posterior aplicación al análisis de los elevadores electromecánicos.

- Diagnosticar la situación actual de los elevadores electromecánicos a través de una matriz de valoración y por medio de ensayos no destructivos para determinar el estado de funcionalidad.
- Digitalizar los elevadores electromecánicos mediante el software ANSYS y SOLIDWORKS para realizar el análisis de esfuerzos
- Rehabilitar los elevadores electromecánicos basándose en los resultados de las pruebas realizadas para la implementación de los mismos.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Elevadores electromecánicos

2.1.1 *Definición*

Es un mecanismo empleado para la elevación de cargas pesadas que se ayuda de la combinación mecánica y electrónica para cumplir con su función. Su finalidad principal es ascender y descender un vehículo para la realización de su respectivo mantenimiento.



Figura 1-2: Elevador electromecánico de columnas móviles

Fuente: (RAVAGLIOLI, 2015)

2.2 Tipos de elevadores electromecánicos

2.2.1 *Elevadores electromecánicos de columnas móviles*

Los elevadores de columnas móviles por lo general suelen ser hidráulicos o electrónicos que funcionan con electricidad, cuya función es la elevación de vehículos de alto tonelaje. Se

requieren de dos elevadores de columna para levantar un vehículo. Según el peso y el número de ejes del vehículo se utilizara la cantidad de elevadores adecuados para elevarlo. Por lo general se utilizan cuatro elevadores, uno principal y tres auxiliares. (MY.STERTIL, 2016)

2.2.2 Disposición técnica y estructural:

- Tornillos de elevación trapezoidales de acero laminado resistente al fuego. (OMCN, 2015)
- 4 rodillos deslizantes por carro más 4 zapatos deslizantes que garantizan una perfecta adherencia y fluidez. (OMCN, 2015)
- Dispositivo de parada mecánica cuando el cojinete y la tuerca se desgastan excesivamente. (OMCN, 2015)
- Motor eléctrico de gran tamaño con protección térmica. (OMCN, 2015)
- Dispositivo de funcionamiento compuesto por un microchip (PLC) para la regulación del sincronismo y la re-alineación automática así como modalidades de trabajo. (OMCN, 2015)
- Interruptor de emergencia enclavado en cada columna. (OMCN, 2015)
- Se suministra con engrasador. (OMCN, 2015)



Figura 2-2: Elevador de columnas móviles con capacidad de 8,5 toneladas

Fuente: (OMCN, 2015)

2.2.3 Elevador de dos columnas electromecánico.

Estos elevadores con ayuda de sus brazos suben y bajan los vehículos, se encuentran conectadas las columnas por un tornillo sinfín o conexión por cardan denominada técnicamente, este

elevador tiene más resistencia y además mayor duración que el de cadena. Para la prevención del desgaste del cardan este debe estar constantemente sumergido en aceite. (AUTOSOPORTE, 2013)



Figura 3-2: Elevador de dos columnas electromecánico

Fuente: (IBERISA, 2016)

2.2.3.1 *Características*

- Espirales portantes y de seguridad del material auto lubricador y anti-desgaste. (IBERISA, 2016)
- Deslizamiento de las vagonetas sobre ruedas. (IBERISA, 2016)
- Se puede descender los vehículos incluso sin energía eléctrica. (IBERISA, 2016)
- Brazos telescópicos con dispositivo automático de bloqueo de las rotaciones. (IBERISA, 2016)
- Protección salva pies. (IBERISA, 2016)
- Dispositivo eléctrico de seguridad. (IBERISA, 2016)
- Dispositivo mecánico de seguridad. (IBERISA, 2016)

2.2.4 *Elevador de 4 columnas electromecánico.*

Aportan mayor seguridad en el trabajo por los precisos cálculos estructurales que estos poseen, además de garantizar una vida útil de larga duración. Las características innovadoras de la tecnología empleada y las prestaciones de trabajo cumplen con todas las necesidades de servicio

para la inspección, reparación y mantenimiento de vehículos comerciales e industriales.
(BARTOLI, 2015)



Figura 4-2: Elevador de 4 columnas electromecánico

Fuente: (BARTOLI, 2015)

2.2.5 *Sistemas portátiles elevadores de vagones*

2.2.5.1 *Generalidades*

Los gatos portátiles se adaptan a cualquier lugar que pueda soportar cargas sobre el suelo para un área de trabajo en mantenimiento o en reparaciones.

Las unidades de elevación individuales del sistema portátil se pueden adecuar con facilidad a una variedad de puntos de apoyo en el vagón, estos operan de manera individual o en conjunto para la elevación de locomotoras o vagones. Cuando los gatos trabajan en conjunto estos se sincronizan para garantizar la elevación segura y uniforme. (MACTON, 2015)



Figura 5-2: Conjunto de sistemas portátiles elevadores de vagones

Fuente: (MACTON, 2015)

El sistema motriz con tornillo mecánico y alimentación eléctrica del gato tiene un bloqueo automático permanente para brindar la máxima seguridad durante la operación de elevación. Los gatos tienen ruedas que ayudan a posicionarse debajo del vehículo con mayor facilidad. (MACTON, 2015)

Las capacidades de carga que pueden soportar oscila de entre 10 y 50 toneladas por gato, y la altura de elevación puede ser ajustable. Los sistemas de control utilizan un controlador programable para integrar con interbloqueos de seguridad y sistemas de advertencia. Algunas de las funciones eléctricas son: interruptores de límite inferior y superior, sensores de carga en el apoyo para el gato, control de movimiento, operación individual -en pares o en grupos-, y operación mediante control remoto. (MACTON, 2015)



Figura 6-2: Elevador de vagones

Fuente: (MACTON, 2015)

2.2.5.2 *Beneficios claves de los gatos portátiles*

- El tornillo del gato portátil está dentro de la columna de acero, por eso está protegido de daños en el entorno del taller. (MACTON, 2015)
- Los rodillos guía del carro móvil elevador del gato están dentro de la columna de acero, y están protegidos de los daños. (MACTON, 2015)
- El motor del gato puede estar en la parte superior de la columna de elevación, o en la parte inferior, dependiendo si el motor está directamente conectado por la tuerca de elevación o por un sistema de engranajes en la parte inferior. (MACTON, 2015)

- La tuerca de elevación de bronce para el gato portátil está seguida de una tuerca de seguridad de acero que sostiene la carga en caso de que la tuerca de bronce falle. Un interruptor de desgaste de tuerca monitorea el desgaste de la tuerca de carga de bronce y evita que el gato se eleve cuando detecta un desgaste excesivo en la tuerca de bronce. (MACTON, 2015)
- Un Controlador Lógico Programable (PLC) monitorea la operación del elevador y controla los movimientos de todo el sistema elevador. Los gatos tienen un sensor de rotación que monitorea el giro del tornillo. Todos se detienen si lo hace alguno de los cuatro gatos. (MACTON, 2015)
- El conjunto de funcionamiento emparejado de cuatro gatos puede operar como conjunto de cuatro, en pares o individualmente con solo girar un interruptor de selección en la caja de control principal. (MACTON, 2015)

2.3 Principio de funcionamiento de los elevadores electromecánicos

Los elevadores electromecánicos tienen como fundamento la elevación, combinando la electrónica y mecánica para su fin. Un motor eléctrico con una potencia y revoluciones adecuadas está conectado por a un sistema universo de engranajes conectados entre sí para la disminución de fuerzas y así guiarse hacia el tornillo principal el cual está directamente en contacto con el brazo para la elevación del vagón o locomotora



Figura 7-2: Conexión tablero principal con los elevadores

Fuente: Autores

2.3.1 *Puesta en marcha*

Para iniciar la puesta en marcha se debe cerrar los contactos del guarda motor verificando que su corriente nominal sea de 16A pues cada motor trabaja a 15.8A. Para ello se pulsa su breaker al estado 1 de “Q1”, “Q2”, “Q3” y “Q4” dentro del tablero principal.

Se abastece de energía al tablero cambiando de estado a “F1”, poniéndole al estado “1” o de cierre de contactos.

Se revisa que los interruptores tipo hongo de color rojo del tablero principal y de las botoneras no se encuentren presionadas sino hacia afuera.

Se debe observar que el foco “V” debe encenderse si está puesto a punto para iniciar la operación del tablero o de las botoneras, en caso contrario si está encendido el foco “R” significa que alguno de los 5 interruptores de paro está presionado.

Con el selector “selec” se ubica en el estado que deseamos trabajar con los motores, sea en grupo o de manera individual. Inicialmente debe encontrarse en la posición del medio que implica no trabajar en ninguno de los estados mencionados anteriormente.

2.3.2 *Operación y generalidades*

Se puede operar en modo de operación de los motores individual o grupal, uno de los dos a la vez. No los dos simultáneamente.

Si se desea operar en el modo individual se ubica el selector “selec” en la posición individual.

En el modo “individual” se puede controlar cada uno de los motores desde el tablero así como desde las botoneras. Esto es necesario para calibrar la altura de cada uno de los soportes de los elevadores y nivelar así los vagones de carga.

En el modo “grupo” sólo es posible el control de todos los motores a la vez únicamente desde el tablero. En cambio el paro de todo el sistema es posible realizarlo en cualquier modo al pulsar cualquiera de los 5 paros tipo hongo, ubicados tanto en el tablero como en las 4 botoneras en los elevadores.

Se tiene luces piloto indicadoras del funcionamiento de los motores, sean en subida o bajada de los mismos. Cada vez que un motor se accione o se mueva se encenderá su luz piloto respectiva. Por ejemplo si el motor “M1” se mueve en dirección que genere la subida del elevador se encenderá la luz piloto “S1” que indicara la subida 1, si bajara el mismo se encenderá “B1” que

indicara la bajada 1. Si se accionan en grupo los motores para subida se encenderán las 4 luces piloto de subida de los 4 motores, sean: “S1”, “S2”, “S3” y “S4”. Lo mismo para la bajada de los 4 motores simultáneamente “B1”, “B2”, “B3” y “B4”.

Para el accionamiento de subida de los elevadores de cada motor en modo “selec” se escoge la opción “individual”. Se tiene los controles del motor “M1”:

- Control en el Tablero: Se pulsara “M1ST” para que el motor 1 de subida al elevador desde el mando en el tablero.
- Control en la Botonera: Se pulsara “SB1” para que el motor 1 de subida al elevador desde la botonera 1.

Lo mismo aplica para los restantes 3 motores.

Para el accionamiento de bajada de los elevadores de cada motor en modo “selec” se escoge la opción “individual”. Se tiene los controles del motor “M1”:

- Control en el Tablero: Se pulsara “M1BT” para que el motor 1 de bajada al elevador desde el mando del tablero.
- Control en la Botonera: Se pulsara “BB1” para que el motor 1 de bajada al elevador desde el mando de la botonera 1.

Lo mismo aplica para los restantes 3 motores.

En el modo grupal se controla la subida o bajada de los 4 motores simultáneamente y únicamente desde el tablero.

Se mueve el selector “selec” a la opción “grupal”. Para subir los 4 motores a la vez se aprieta el pulsador “SG” para dar subida grupal a los 4 motores y para la bajada de los mismos “BG” para dar bajada grupal a los 4 motores de los elevadores.

2.4 Prestaciones de los elevadores

Los gatos de elevación garantizan un proceso de trabajo seguro, además del ahorro de tiempo en la operación en la cual se establezcan en los talleres ferroviarios. Estos permiten todo tipo de operaciones de reparación y mantenimiento, por ejemplo el equipamiento extracción de:

- Bogies
- Ejes de ruedas
- Ruedas

Además ayudan para los trabajos de mantenimiento y servicio, reparación de los frenos y trabajo de soldadura en la carrocería de los vagones.

2.4.1 *Cambio de ruedas*

Se levanta el vagón que posee un peso estimado de 45 toneladas aproximadamente, con ayuda de un elevador o una grúa, para el cambio de ruedas de los trenes. Una vez que se hace esta tarea, un equipo tiene que desmontar la parte que contiene las ruedas al punto que sólo quedan éstas y el eje. Las viejas ruedas de acero se cortan con una sierra y las nuevas se instalan. (ARREDONDO, 2013)

Los largos recorridos, las paradas continuas y las curvas pronunciadas en las vías son las principales causas del desgaste de las ruedas de acero de las locomotoras y los vagones. Las ruedas de los trenes se reemplazan a una media de recorrido de 700,000 millas. Es algo bueno porque el cambio puede tomar más de una semana. (ARREDONDO, 2013)



Figura 8-2: Ruedas y eje

Fuente: Autores

El “reperfilamiento” de una rueda de acero es el proceso de remover una delgada capa de acero con una rectificadora. Esta máquina restaura la redondez de la rueda, el dibujo y el espesor para que se pueda maniobrar con facilidad. (ARREDONDO, 2013)



Figura 9-2: Reperfilamiento

Fuente: (ARREDONDO, 2013)

Después del proceso de reparación o a su vez del remplazo de las ruedas estas se vuelven a colocar con ayuda de una presa que aplica miles de libras de presión para que entre la rueda dentro del espacio que tiene para ello, que es más pequeño que el diámetro del eje. (ARREDONDO, 2013)

2.4.2 *Cambio de bogies*

Un bogie es un dispositivo giratorio dotado de dos o más ejes, cada uno con dos ruedas, sobre los que se apoya un vehículo ferroviario. Los ejes son paralelos y solidarios entre sí, y en general están situados en ambos extremos de los vehículos, destinados a circular sobre los carriles. El vehículo se apoya en cada bogie por medio de un eje vertical mediante un pivote, gracias al que puede describir curvas muy cerradas. Podemos encontrar bogies tractores y bogies remolcados, estos últimos sin fuerza de tracción. (FERROPEDIA, 2013)



Figura 10-2: Bogie

Fuente: Autores

La utilización de bogies es muy común en sistemas de suspensión de vehículos ferroviarios. Los elementos elastoméricos presentes en estos dispositivos tienen una vida útil limitada de acuerdo a las condiciones de operación del vehículo. (MARTINEZ, 2010)

2.5 Partes de los elevadores electromecánicos

2.5.1 Parte mecánica

2.5.1.1 Bastidor guía

Es una estructura rígida que es la encargada de soportar la carga a la cual está sometido el elevador.



Figura 11-2: Bastidor guía

Fuente: Autores

2.5.1.2 Husillo

Los husillos transforman un movimiento de rotación en uno de traslación y viceversa; esto último solo es cierto dependiendo del tipo de husillo y sus dimensiones. Los elevadores a husillo se convierten muchas veces en la solución técnica y económicamente óptima, para aplicaciones que requieren un movimiento lineal preciso y seguro, tanto si es de traslación como de elevación, principalmente en aquellas con cargas medias/bajas a velocidades medias/bajas. (NIASA, 2014)



Figura 12-2: Husillo

Fuente: Autores

2.5.1.3 *Ruedas retractiles*

Ayudan al movimiento total o parcial del elevador.



Figura 13-2: Ruedas retractiles

Fuente: Autores

2.5.1.4 *Ruedas guías superiores*

Conducen y dirigen al carro porta brazo para la elevación o descenso del mismo.



Figura 14-2: Rueda guía superior

Fuente: Autores

2.5.1.5 *Ruedas guías inferiores*

Conducen y dirigen al carro porta brazo para la elevación o descenso del mismo.



Figura 15-2: Rueda guía inferior

Fuente: Autores

2.5.1.6 *Brazo de carga*

Es el soporte de carga principal, que está directamente relacionado con el objeto que será elevado.



Figura 16-2: Brazo de carga

Fuente: Autores

2.5.1.7 *Carro porta brazo*

Bastidor que soporta el brazo de carga y que se dirige por ruedas guías.



Figura 17-2: Carro porta brazo

Fuente: Autores

2.5.1.8 *Desplazamiento manual del brazo*

Posee un volante el cual tiene un engranaje que está conectado con una cremallera para el desplazamiento del brazo.



Figura 18-2: Desplazamiento manual del brazo

Fuente: Autores

2.5.1.9 *Soporte de engranajes y motor eléctrico*

Es una estructura soldada que soporta el juego de engranajes y el motor eléctrico.



Figura 19-2: Soporte de engranaje y motor eléctrico

Fuente: Autores

2.5.1.10 *Depósito de grasa*

Suministro de grasa que lubrica al husillo para el desplazamiento y para disminuir el rozamiento para la elevación.



Figura 20-2: Depósito de grasa

Fuente: Autores

2.5.1.11 *Engranaje recto principal*

Engranaje que está conectado directamente con el husillo para dar movimiento giratorio al mismo.



Figura 21-2: Engranaje recto principal

Fuente: autores

2.5.1.12 *Engranaje recto secundario*

Engranaje con dientes rectos y cuyos ejes son paralelos, que esta articulado con el engranaje del motor de arranque.



Figura 22-2: Engranaje recto secundario

Fuente: Autores

2.5.1.13 *Tornillo sin fin*

Es un tornillo que transmite movimiento entre ejes, que por lo general engrana con una rueda dentada helicoidal.

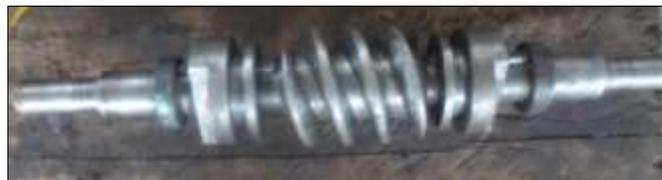


Figura 23-2: Tornillo sin fin

Fuente: Autores

2.5.1.14 *Pasador de soporte*

Es un eje que se mantiene como guía para el soporte del tornillo sin fin.



Figura 24-2: Eje de soporte

Fuente: Autores

2.5.1.15 *Engranaje helicoidal combinado con engranaje recto*

Esta combinación cumple con una doble función que es el engranar con el tornillo sin fin y transmitir esta fuerza y movimiento a al engranaje recto principal.



Figura 25-2: Engranaje helicoidal combinado con engranaje recto

Fuente: Autores

2.5.1.16 *Eje de soporte del engranaje helicoidal combinado con engranaje recto*

Este eje ayuda a mantener estabilizado al engranaje combinado a una distancia óptima para que engrane con el engranaje recto principal.



Figura 26-2: Eje de soporte del engranaje helicoidal combinado con engranaje recto

Fuente: Autores

2.5.1.17 *Chumaceras*

Estos soportes se encuentran en los extremos de la estructura y mantienen estable al sistema de engranajes, en los cuales se encuentra adentrado el eje del tornillo sin fin.



Figura 27-2: Soportes de eje del tornillo sin fin

Fuente: Autores

2.5.1.18 *Juntas del eje de soporte y eje del tornillo sin fin*

Estas juntas mantienen conectados al eje de soporte con el eje del tornillo sin fin para mantener estabilidad en el sistema.



Figura 28-2: Conexiones del eje de soporte y eje del tornillo sin fin

Fuente: autores

2.5.1.19 *Palanca del eje de soporte*

La palanca ayuda a que el eje de soporte se mantenga firme y no tenga ningún desplazamiento.



Figura 29-2: Palanca del eje de soporte

Fuente: Autores

2.5.2 Parte electrónica

2.5.2.1 Motor eléctrico

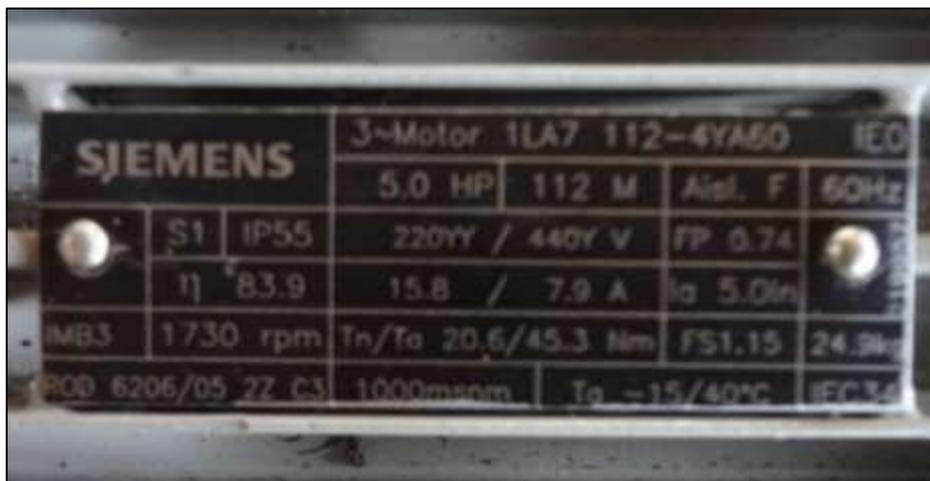
El motor eléctrico, mediante campos magnéticos, transforma la energía eléctrica en energía mecánica. No todos los motores eléctricos son iguales, algunos son reversibles. Se les llama así porque pueden convertir la energía mecánica en energía eléctrica, actuando así como un auténtico generador. (HERGOROS, 2016)



Figura 30-2: Motor eléctrico

Fuente: Autores

Especificaciones del motor eléctrico



SIEMENS		3-Motor 1LA7 112-4YA60 IEC		
	5.0 HP	112 M	Alst. F	60Hz
S1	IP55	220V / 440V V	FP 0.74	
η	83.9	15.8 / 7.9 A	I_n 5.0In	
MB3	1730 rpm	T_n/T_a 20.6/45.3 Nm	FS1.15	24.9kg
POD 6206/05 2Z C3	1000mm	T_a -15/40°C	IEC 34	

Figura 31-2: Placa de especificación del motor eléctrico

Fuente: Autores

2.5.2.2 *Tablero de mando principal*

El tablero de mando principal es el encargado de dar órdenes de funcionalidad a cada uno de los motores eléctricos para que cumplan con su función en los elevadores electromecánicos.



Figura 32-2: Tablero de mando principal

Fuente: Autores

2.5.2.3 *Cajas de mando secundarios*

Son los controles individuales para cada elevador, los cuales dan órdenes al motor de arranque para su funcionalidad.



Figura 33-2: Cajas de mandos secundarios

Fuente: Autores

2.5.2.4 *Enchufe hembra de 220*

El enchufe hembra tiene como función la toma de corriente o la recepción de corriente por parte de un enchufe de función complementaria a la suya.



Figura 34-2: Enchufe hembra de 220

Fuente: Autores

2.5.2.5 *Conexiones de 220*

Son las primeras conexiones que están en la parte inferior del tablero de mando principal, se sitúan en esta posición para que haya facilidad de movimiento para con el tablero.



Figura 35-2: Conexiones de 220

Fuente: Autores

2.5.2.6 *Enchufe macho por elevador de 220*

También llamado clavija, es el elemento que se fusiona con el enchufe hembra con el fin del traspaso de corriente.



Figura 36-2: Enchufe macho por elevador de 220

Fuente: Autores

2.6 ENSAYOS

2.6.1 *Ensayos no destructivos*

2.6.1.1 *Introducción*

Los ensayos no destructivos (NDT, por sus siglas en inglés) se efectúan de manera que la integridad del producto y la textura superficial permanezcan sin cambios. Estas técnicas suelen requerir una habilidad considerable del operario y tal vez sea difícil interpretar los resultados de las pruebas con precisión, debido a que las observaciones pueden ser subjetivas. Sin embargo el uso de graficas de computadora y otras técnicas de mejoramiento ha reducido de manera considerable la posibilidad de error humano. (KALPAKJIAN, 2008 pág. 1132)

Los ensayos no destructivos se utilizan para detectar discontinuidades en piezas metálicas y no metálicas. Las discontinuidades son interrupciones en la estructura física, y en algunos casos pueden haber sido introducidas intencionalmente. (PEINADO, 2006 pág. 291)

Algunas veces la discontinuidad constituye un defecto. Los defectos son aquellas discontinuidades que se ajustan a los criterios de aceptación porque menoscaban la utilidad de la pieza. (PEINADO, 2006 pág. 291)

Los ensayos no destructivos no ocasionan daño a los materiales ensayados, por lo cual después del examen dichos materiales pueden ser utilizados. (PEINADO, 2006 pág. 291)

Estas pruebas permiten la identificación de materiales defectuosos antes de que sean confortados, maquinados ensamblados o puestos en servicio. El recazo o aceptación de una pieza con defectos depende del uso del componente. (PEINADO, 2006 pág. 291)

Las pruebas también se utilizan para la inspección periódica de componentes en servicio. La ocurrencia de una falla muchas veces puede ser evitada con el uso de estos ensayos. (PEINADO, 2006 pág. 291)

2.6.2 *Tipos de ensayos no destructivos*

2.6.2.1 *Inspección visual*

La inspección visual es el método de END más común y más básico. Es de aplicación a una gran variedad de tipos de materiales y productos. Las posibilidades de detección de esta técnica se limitan, obviamente, a aquellos defectos que son visibles, tales como grietas, poros, desgaste, cavitación, decoloraciones, corrosión, etc., así como al control dimensional. (GOMEZ DE LEON, 2015)

La inspección mediante inspección visual cuenta con un amplio abanico de posibilidades y capacidades, confiriéndole una versatilidad única en los controles de calidad de los productos, tanto en fabricación, como en servicio. (INTERTEK, 2017)

Dentro del extenso rango de aplicación de inspección visual de la industria, cabe destacar los siguientes ámbitos:

- Inspección visual de soldadura en fabricación (control de calidad del acabado, forma y tamaño). (INTERTEK, 2017)
- Inspección mecánica de todo tipo de soportes de tubería en el montaje y en la operación. (INTERTEK, 2017)
- Inspección en servicio de equipos y componentes, desde intercambiadores de calor hasta tornillería. (INTERTEK, 2017)
- Detección de fugas en sistemas de tuberías y juntas embridadas. (INTERTEK, 2017)
- Detección de corrosión, erosión y/o degradaciones propias del servicio en bombas, válvulas, tuberías, estructuras, etc. (INTERTEK, 2017)
- Control del acabado de componentes durante la fabricación: condición superficial, ausencia de defectos, ensamblaje, embalaje, etc. (INTERTEK, 2017)
- Detección de objetos extraños en el interior de equipos y componentes que puedan afectar a su función. (INTERTEK, 2017)

2.6.2.2 *Líquidos penetrantes*

En esta técnica se aplican fluidos a las superficies de la parte para que penetren en grietas, costuras y poros. Por la acción de capilaridad, el penetrante puede introducirse en grietas has 0.1 μm (4 μpulg) de anchura. Dos tipos comunes de líquidos utilizados para esta prueba son (a) los penetrantes fluorescentes con diversas sensibilidades, con fluorescencia bajo la luz ultravioleta, y (b) los penetrantes visibles que utilizan tinturas (por lo común de color rojo), que aparecen como líneas brillantes en la superficie de trabajo. (KALPAKJIAN, 2008 pág. 1132)

Este método se puede utilizar para detectar varios defectos superficiales. El equipo es simple y de uso sencillo, puede utilizar para detectar varios defectos superficiales. Puede ser portátil y su operación es menos costosa que la de otros métodos. Sin embargo, solo puede detectar defectos que se encuentran abiertos a la superficie o que son externos. (KALPAKJIAN, 2008 pág. 1132)



Figura 37-2: Líquidos penetrantes

Fuente: Autores

2.6.2.3 *Partículas magnéticas*

Método aplicado con la finalidad de detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales de la pieza. El método de Partículas Magnéticas es utilizado en materiales ferromagnéticos, tiene la ventaja de ser un ensayo que permite mayor sensibilidad para detectar discontinuidades pequeñas, portátil y en la mayoría de los casos un bajo costo. (SYE, 2013)

Las operaciones básicas a realizar secuencialmente son:

- Preparación de la superficie de la pieza a ensayar. (SERRANO, 2016)
- Magnetización de la pieza. (SERRANO, 2016)
- Aplicación de las partículas magnéticas. (SERRANO, 2016)
- Observación, interpretación y registro de las indicaciones. (SERRANO, 2016)

- Limpieza final. (SERRANO, 2016)
- Des magnetización de la pieza. (SERRANO, 2016)

2.6.2.4 *Ultrasonido*

Optimiza el efecto de resonancia de las ondas para conseguir mediciones precisas de espesor de pared en tuberías, tanques, etc. Permite la detección de pérdidas de espesor producidas por fenómenos degradatorios como erosión, corrosión, Flow Accelerated Corrosion (FAC), etc. (INTERTEK, 2017)

El método de ensayo mediante ultrasonidos presenta un amplio rango de aplicaciones dentro de la industria, tanto en fabricación como en servicio:

- Inspección del volumen completo de soldaduras y recargues para detección de defectos como faltas de fusión, grietas, escorias, inclusiones, etc. (INTERTEK, 2017)
- Inspección de componentes para detección de defectos como grietas, cavidades, inclusiones, etc. (INTERTEK, 2017)
- Medición de espesores. Para comprobar erosiones o desgastes, vigilar envejecimientos, etc. (INTERTEK, 2017)
- Detección de bolsas de aire o gas en tuberías de proceso para evitar cavitación en el arranque de bombas. (INTERTEK, 2017)

2.6.3 *Ensayos para reconocimiento del material*

2.6.3.1 *Espectrometría*

La espectroscopia surgió con el estudio de la interacción entre la radiación y la materia como función de la longitud de onda (λ). En un principio se refería al uso de la luz visible dispersada según su longitud de onda, por ejemplo por un prisma. Más tarde el concepto se amplió enormemente para comprender cualquier medida en función de la longitud de onda o de la frecuencia. (ESPECTROMETRIA, 2017)

Por tanto, la espectroscopia puede referirse a interacciones con partículas de radiación o a una respuesta a un campo alternante o frecuencia variante (ν). Una extensión adicional del alcance de

la definición añadió la energía (E) como variable, al establecerse la relación $E=hf$ para los fotones. Un gráfico de la respuesta como función de la longitud de onda (o más comúnmente la frecuencia) se conoce como espectro. (ESPECTROMETRIA, 2017)

La espectrometría es la técnica espectroscópica para tasar la concentración o la cantidad de especies determinadas. En estos casos, el instrumento que realiza tales medidas es un espectrómetro o espectrógrafo. (ESPECTROMETRIA, 2017)

La espectrometría a menudo se usa en física y química analítica para la identificación de sustancias mediante el espectro emitido o absorbido por las mismas. (ESPECTROMETRIA, 2017)

La espectrometría también se usa mucho en astronomía y detección remota. La mayoría de los telescopios grandes tienen espectrómetros, que son usados para medir la composición química y propiedades físicas de los objetos astronómicos, o para medir sus velocidades a partir del efecto Doppler de sus líneas espectrales. (ESPECTROMETRIA, 2017)

2.7 Análisis CAD

El acrónimo CAD (computer aided design) o en español; diseño asistido por ordenador, se impuso desde que el desarrollo de los microprocesadores hizo posible crear, modificar y manipular gráficos complejos editados sobre la pantalla de un VDU (unidad de edición visual). (HAWKES, 1989 pág. 11)

CAD significa proceso de diseño que emplea sofisticadas técnicas gráficas de ordenador. Apoyadas en paquetes de software para ayuda en los problemas analíticos, de desarrollo, de coste y ergonómicos asociados con el trabajo de diseño. (HAWKES, 1989 pág. 11)

2.7.1 Ventajas del CAD

2.7.1.1 Producción de dibujos más rápida

Esto acelera la velocidad total del proceso de diseño e introduce el producto en el mercado con mayor rapidez. También puede significar una respuesta más rápida a consultas de precios. (HAWKES, 1989 pág. 12)

2.7.1.2 *Mayor precisión de los dibujos*

La precisión de un dibujo convencional está en función de la vista del dibujante y del grosor del lápiz con el que lo dibuja. Por el contrario tanto los detalles como los conjuntos dibujados producidos con CAD son completamente precisos. Con CAD no se requiere nunca una diagramación exacta separada. (HAWKES, 1989 pág. 12)

2.7.1.3 *Dibujos más limpios*

El trazador gráfico de un sistema CAD produce líneas y textos de mayor calidad cualquiera que sea el operario del sistema. CAD permite eliminar rápidamente cualquier número de líneas sin dejar rastro alguno en el dibujo final. (HAWKES, 1989 pág. 12)

2.7.1.4 *Dibujos no repetidos*

Cuando se termina un dibujo o parte de un dibujo, este se puede almacenar en la memoria del ordenador para posteriores usos. Se puede llamar a cualquier dibujo almacenado para diseñar útiles y montajes, analizar cortes de herramientas y diseñar troqueles. (HAWKES, 1989 pág. 12)

2.7.1.5 *Análisis y cálculos de diseño más rápido*

Existe hoy en día una amplia gama de software para llevar a cabo cálculos de diseño en un tiempo mínimo. (HAWKES, 1989 pág. 13)

2.7.1.6 *Superior estilo de diseño*

Las potentes técnicas de modelado con ordenador han liberado a los diseñadores de los impedimentos de las restricciones convencionales y les permiten desarrollar formas más innovadoras. (HAWKES, 1989 pág. 13)

2.7.1.7 *Menores requisitos de desarrollo*

Las técnicas de análisis y de simulación CAD pueden ahorrar drásticamente el tiempo y dinero invertidos en desarrollos y pruebas de prototipos que constituyen la etapa más cara del proceso de diseño. (HAWKES, 1989 pág. 13)

2.7.1.8 *Integración del diseño con otras disciplinas*

El amplio campo de telecomunicaciones disponibles en redes de ordenadores integrados posibilita que el CAD trabaje más estrechamente con otros departamentos de ingeniería que lo que anteriormente era posible en los antiguos tipos de organizaciones de diseño. (HAWKES, 1989 pág. 13)

CAPITULO III

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ELEVADORES ELECTROMECÁNICOS

El presente capitulo muestra el estado con el que se inició el trabajo de campo en cada uno de los elementos de los elevadores electromecánicos, dando como primer plano una inspección general que ayudara al reconocimiento del estado actual de cada uno de sus componentes.

3.1 Situación actual de los elevadores electromecánicos.

Los elevadores electromecánicos presentaban deterioro estructural porque fueron dados de baja durante un tiempo y con ello presentaban anomalías en cada uno de sus elementos, estos serán descritos a continuación:

3.1.1 Situación actual de la estructura

Tabla 1-3: Situación actual de la estructura

SITUACION ACTUAL DE LOS ELEVADORES ELECTROMECÁNICOS		
ESTRUCTURA		
Elemento	Fotografía	Estado
Bastidor guía	 <p>Figura 1-3: Bastidor guía Fuente: Autores</p>	El bastidor guía presentaba alto nivel de corrosión a más del deterioro en la pintura del mismo.

Tabla 1-3: (Continua). Situación actual de la estructura

<p>Ruedas retractiles</p>	 <p>Figura 2-3: Ruedas retractiles</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>El eje de las ruedas requería lijado y posteriormente necesitaba limpieza y pintura.</p>
<p>Ruedas guías superiores</p>	 <p>Figura 3-3: Ruedas guías superiores</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>El lado frontal presentaba corrosión por lo cual se convenía lijar y pintar además, debía ser lubricado.</p>
<p>Ruedas guías inferiores</p>	 <p>Figura 4-3: Ruedas guías inferiores</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>El lado frontal presentaba corrosión por lo cual se convenía lijar y pintar además, debía ser lubricado.</p>
<p>Brazo de carga</p>	 <p>Figura 5-3: Brazo de carga</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>El brazo de carga presentaba su pintura desgastada y con ello estaba propenso a la corrosión, además su desplazamiento no era cómodo ya que la cremallera no tenía la lubricación adecuada.</p>

Tabla 1-3: (Continua). Situación actual de la estructura

<p>Carro porta brazo</p>	 <p>Figura 6-3: Carro porta brazo</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>A más del deterioro de la pintura en el carro porta brazo este ya presentaba corrosión en su estructura.</p>
<p>Desplazamiento manual del brazo</p>	 <p>Figura 7-3: Desplazamiento manual del brazo</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>El volante presentaba deterioro en la pintura y la cremallera de desplazamiento no estaba engrasada, por lo cual el deslizamiento del brazo era dificultoso.</p>
<p>Soporte de engranajes y motor eléctrico</p>	 <p>Figura 8-3: Soporte de engranajes y motor eléctrico</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Tenía exceso de corrosión y desgaste total en su pintura.</p>
<p>Depósito de grasa</p>	 <p>Figura 9-3: Depósito de grasa</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>La estructura del depósito de grasa poseía desgaste de pintura y corrosión en el mismo. La grasa que poseía en su interior debía ser cambiada.</p>

Tabla 1-3: (Continua). Situación actual de la estructura

<p>Carcasa de recubrimiento de los engranajes</p>	 <p>Figura 10-3: Carcasa de recubrimiento de los engranajes</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>La carcasa presentaba corrosión y fallos en la pintura.</p>
---	---	--

Fuente: Autores

3.1.2 Situación actual del universo de engranajes

Tabla 2-3: Situación actual del universo de engranajes

SITUACION ACTUAL DE LOS ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS		
UNIVERSO DE ENGRANAJES		
<p>Engranaje recto principal</p>	 <p>Figura 11-3: Engranaje recto principal</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Se encontraba en un estado deplorable en cuestión de suciedad, esto se debía al exceso de grasa lubricante que existía en el engranaje.</p>
<p>Husillo</p>	 <p>Figura 12-3: Husillo</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Requería limpieza, lubricación y engrase.</p>

Tabla 2-3: (Continua). Situación actual del universo de engranajes

<p>Engranaje recto secundario</p>	 <p>Figura 13-3: Engranaje recto secundario</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>De la misma manera que el engranaje recto principal, existía mucha suciedad y debía ser lubricado para que no exista excesivo rozamiento con el engranaje del motor eléctrico.</p>
<p>Tornillo sin fin</p>	 <p>Figura 14-3: Tornillo sin fin</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>El tornillo sin fin que tiene una combinación con juntas que ayudan a mantenerlo en contacto tanto con el engranaje recto secundario como con el engranaje recto que esta combinado con el engranaje helicoidal necesitaba limpieza y engrasado.</p>
<p>Pasador de soporte</p>	 <p>Figura 15-3: Pasador de soporte</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>El pasador no estaba uniforme por lo que era dificultoso el paso por los agujeros que lo sostenían y debió someterse a un rectificado.</p>
<p>Engranaje helicoidal combinado con engranaje recto</p>	 <p>Figura 16-3: Engranaje helicoidal combinado con engranaje recto</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Presentaba suciedad y las juntas para la unión del engranaje helicoidal con el engranaje recto estaban deterioradas por lo cual tuvieron que ser remplazadas.</p>

Tabla 2-3: (Continua). Situación actual del universo de engranajes

<p>Eje de soporte del engranaje helicoidal combinado con engranaje recto</p>	 <p>Figura 17-3: Eje de soporte del engraneje helicoidal combinado con engranaje recto</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Requería de limpieza y lubricación.</p>
<p>Chumaceras</p>	 <p>Figura 18-3: Chumaceras</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Debía ser limpiado y lijado para posteriormente ser pintado.</p>
<p>Juntas del eje de soporte y eje del tornillo sin fin</p>	 <p>Figura 19-3: Juntas del eje de soporte y eje del tornill sin fin</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Necesitaba de limpieza y los tornillos de ajuste debían ser remplazados.</p>
<p>Rodamientos</p>	 <p>Figura 20-3: Rodamientos</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Los rodamientos poseían desgaste por la utilización de lubricación inadecuada y por ello presentaba corrosión.</p>

Fuente: Autores

3.1.3 Situación actual de los medios de sujeción

Tabla 3-3: Situación actual de los medio de sujeción

SITUACION ACTUAL DE LOS ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS		
SITUACIÓN ACTUAL DE LOS MEDIOS DE SUJECIÓN		
Pernos	 <p>Figura 21-3: Perno</p> <p>Fuente: Autores</p>	Los pernos presentaban desgaste y deterioro en la parte roscada por lo que lo más óptimo era su inmediato reemplazo.
Tuercas	 <p>Figura 22-3: Tuerca</p> <p>Fuente: Autores</p>	Las tuercas debían ser cambiadas ya que se tenía desperfectos en la parte roscada.
Arandelas planas de hierro	 <p>Figura 23-3: Arandelas planas de hierro</p> <p>Fuente: Autores</p>	Necesitaba reemplazo por desgaste
Arandelas de presión		No se poseía arandelas de presión por lo cual se debió implementarlas.
Arandelas cuadradas	 <p>Figura 24-3: Arandelas cuadradas</p> <p>Fuente: Autores</p>	Las arandelas cuadradas tenían excesivo desgaste y se procedió al cambio.

Tabla 3-3: (Continua). Situación actual de los medio de sujeción

Arandela de bronce	 <p>Figura 25-3: Arandela de bronce</p> <p>Fuente: Autores</p>	Las arandelas de bronce son las que están entre la carcasa de recubrimiento de los engranajes y el engranaje helicoidal, por lo que presentaba un cierto nivel de desgaste y se procedió a su sustitución.
--------------------	--	--

Fuente: Autores

3.1.4 Situación actual del sistema eléctrico

Tabla 4-3: Situación actual del sistema eléctrico

SITUACION ACTUAL DE LOS ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS		
SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO		
Motor eléctrico	 <p>Figura 26-3: Motor electrico</p> <p>Fuente: Autores</p>	Los motores eléctricos en la actualidad se encuentran obsoletos por cuanto ya han cumplido su vida útil y deben ser remplazados.
Tablero de mando principal	 <p>Figura 27-3: Tablero de mando principal</p> <p>Fuente: Autores</p>	Se conectó el cable bifásico a una toma de 220 V y posteriormente se acciono el interruptor y se comprobó que hay perfecto funcionamiento en el tablero de mando principal.
Cajas de mando secundarios	 <p>Figura 28-3: Cajas de mando secundarios</p> <p>Fuente: Autores</p>	Se midió la tensión en cada uno de las cajas para comprobar el funcionamiento de los mismos.

Tabla 4-3: (Continua) Situación actual del sistema eléctrico

<p>Enchufe hembra de 220V</p>	 <p>Figura 29-3: Enchufe hembra de 220V</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Se midió el voltaje para comprobar que el enchufe hembra estaba en perfectas condiciones de uso.</p>
<p>Conexiones de 220V</p>	 <p>Figura 30-3: Conexiones de 220V</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Las conexiones de 220 voltios que se encuentran cercanas al tablero de mando principal no presentaban fallos en la medición de voltaje que fueron sometidas por lo cual no existía posibilidad de fallo alguno.</p>
<p>Enchufe macho de 220V</p>	 <p>Figura 31-3: Enchufe macho de 220V</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Se realizó la toma de caídas de tensión para ver qué tan sólida y fiable era la fuente.</p>
<p>Cableado</p>	 <p>Figura 32-3: Cableado</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>El cableado al interior de la manguera de acordeón tenía ya rupturas por lo cual se cambió parcialmente el cableado.</p>
<p>Mangueras de protección</p>	 <p>Figura 33-3: Mangueras de protección</p> <p>Fuente: Autores</p>	<p>Las mangueras de tipo acordeón no son las más óptimas para el cubrimiento del cableado por lo que se tuvieron que cambiar.</p>

Tabla 4-3: (Continua) Situación actual del sistema eléctrico

Soportes de mangueras		No tenía soporte para las mangueras por lo cual se tuvo que implementar.
-----------------------	--	--

Fuente: Autores

3.2 Matriz de valoración

La matriz de valoración ayuda a la calificación del desempeño de cada elemento sometiéndole a pruebas en criterios de calidad a cada uno de los componentes que forman parte de los elevadores electromecánicos.

3.2.1 Matriz de valoración de la estructura

Tabla 5-3: Matriz de valoración estructura

MATRIZ DE VALORACIÓN					
Elementos estructurales	Estructura				Acciones de rehabilitación
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	
Bastidor guía		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar.
Ruedas retractiles		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar.
Ruedas guías superiores		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar, engrasar.
Ruedas guías inferiores		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar, engrasar.

Tabla 5-3: (Continua). Matriz de valoración estructural

Brazo de carga		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar, engrasar.
Carro porta brazo		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar.
Desplazamiento manual del brazo		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar.
Soporte de engranaje y motor eléctrico		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar.
Depósito de grasa		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar, engrasar.
Carcasa de recubrimiento de los engranajes		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar.

Fuente: Autores

3.2.2 Matriz de valoración del universo de engranajes

Tabla 6-3: Matriz de valoración del universo de engranajes

Elementos del universo de engranajes	Universo de engranajes				Acciones de rehabilitación
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	
Engranaje recto principal		X			Remoción de pintura, limpiar, engrasar.
Husillo		X			Limpicar, engrasar.

Tabla 6-3: (Continua). Matriz de valoración del universo de engranajes

Engranaje recto secundario		X			Remoción de pintura, limpiar, engrasar.
Tornillo sin fin		X			Remoción de pintura, limpiar, engrasar.
Pasador de soporte			X		Remoción de pintura, limpiar, lijar, rectificar, engrasar.
Engranaje helicoidal combinado con engranaje recto		X			Remoción de pintura, limpiar, engrasar.
Eje de soporte del engranaje helicoidal combinado con engranaje recto		X			Remoción de pintura, limpiar, engrasar.
Soportes de eje del tornillo sin fin			X		Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar.
Juntas del eje de soporte y eje del tornillo sin fin		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar.

Fuente: Autores

3.2.3 Matriz de valoración de los medios de sujeción

Tabla 7-3: Matriz de valoración de los medios de sujeción

Elementos de sujeción	Medios de sujeción				Acciones de rehabilitación
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	
Palanca del eje de soporte		X			Remoción de pintura, limpiar, lijar, pintar.
Pernos				X	Reemplazar
Tuercas				X	Reemplazar
Arandelas planas de hierro				X	Reemplazar
Arandelas de presión				X	Reemplazar
Arandelas cuadradas				X	Reemplazar
Arandela de bronce				X	Reemplazar

Fuente: Autores

3.2.4 Matriz de valoración del sistema eléctrico

Tabla 8-3: Matriz de valoración del sistema eléctrico

Elementos del sistema eléctrico	Sistema eléctrico				Acciones de rehabilitación
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	
Motor eléctrico			0	X	Reemplazar
Tablero de mando principal		X			Revisar y comprobar funcionalidad.
Cajas de mando secundarios		X			Revisar y comprobar funcionalidad.

Tabla 8-3: (Continua). Matriz de valoración del sistema eléctrico

Enchufe hembra de 220		X			Revisar y comprobar funcionalidad.
Conexiones de 220		X			Revisar y comprobar funcionalidad.
Enchufe macho por elevador de 220		X			Revisar y comprobar funcionalidad.
Cableado		X			Cambio parcial
Mangueras de protección			X		Reemplazar
Soportes de mangueras				X	Implementar

Fuente: Autores

3.2.5 Matriz de valoración de la señalización de seguridad

Tabla 9-3: Matriz de valoración de la señalización de seguridad

Señalética	Señalización de seguridad			Acciones
	Tiene		No tiene	
	Buen estado	Mal estado		
Señalética principal			X	Implementar
Señalética individual		X		Reemplazar e implementar
Señalética eléctrica			X	Implementar

Fuente: Autores

3.3 Análisis y resultados de los ensayos no destructivos

Los presentes ensayos se realizaron para la identificación de discontinuidades en la soldadura de la estructura, centralizándonos en el análisis de los puntos más críticos del bastidor guía que es la zona donde más concentración de esfuerzos existe, con ello se determina resultados que abalicen la calidad de suelda que fue utilizada para la unión y fijación de las partes del bastidor y que serán encargadas de soportar los esfuerzos a los cuales serán sometidos.

Los métodos que serán empleados para el análisis son:

3.3.1 Inspección visual

Este método es el más común de los ensayos no destructivos siendo el protagonista el ojo humano que ayuda a la identificación de discontinuidades en la soldadura del elevador electromecánico, si es necesario se utiliza dispositivos ópticos que faciliten a la visualización de fallas en los cordones de suelda.

Para la inspección visual se toma en cuenta dos tipos de discontinuidades que son:

Tabla 10-3: Tipos de discontinuidades.

Tipo de discontinuidad	Definición
No relevantes	Es aquella que por su tamaño forma o focalización requiere de ser interpretada, pero no es necesario evaluarla.
Relevantes	Es aquella que por su tamaño forma o localización requiere de ser interpretada y evaluada.

Fuente: (DIAZ, 2009)

3.3.1.1 Descripción del proceso de inspección visual para la soldadura del elevador electromecánico

En primera instancia se cepillan y limpian todas las áreas a ser inspeccionadas, ya que la presencia de pintura en la soldadura dificulta la inspección.



Figura 34-3: Cepillado y limpieza de superficie

Fuente: Autores

Con los cordones de soldadura listos para el reconocimiento de discontinuidades en caso de que estas existan, se procede a la inspección para llegar a una conclusión con la evaluación realizada. Se recomienda una distancia de 150 mm a 600 mm desde el ojo hasta la superficie a inspeccionar con un grado de inclinación de 30°, siendo esta una inspección visual directa. (METALLURGY, 2004)

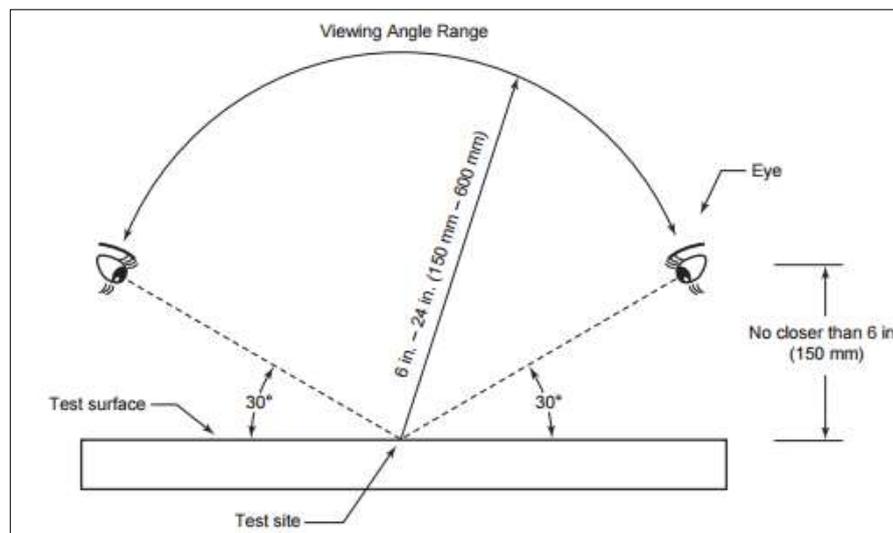


Figura 35-3: Requisitos de distancia e inclinación para la inspección visual.

Fuente: (METALLURGY, 2004 pág. 26)

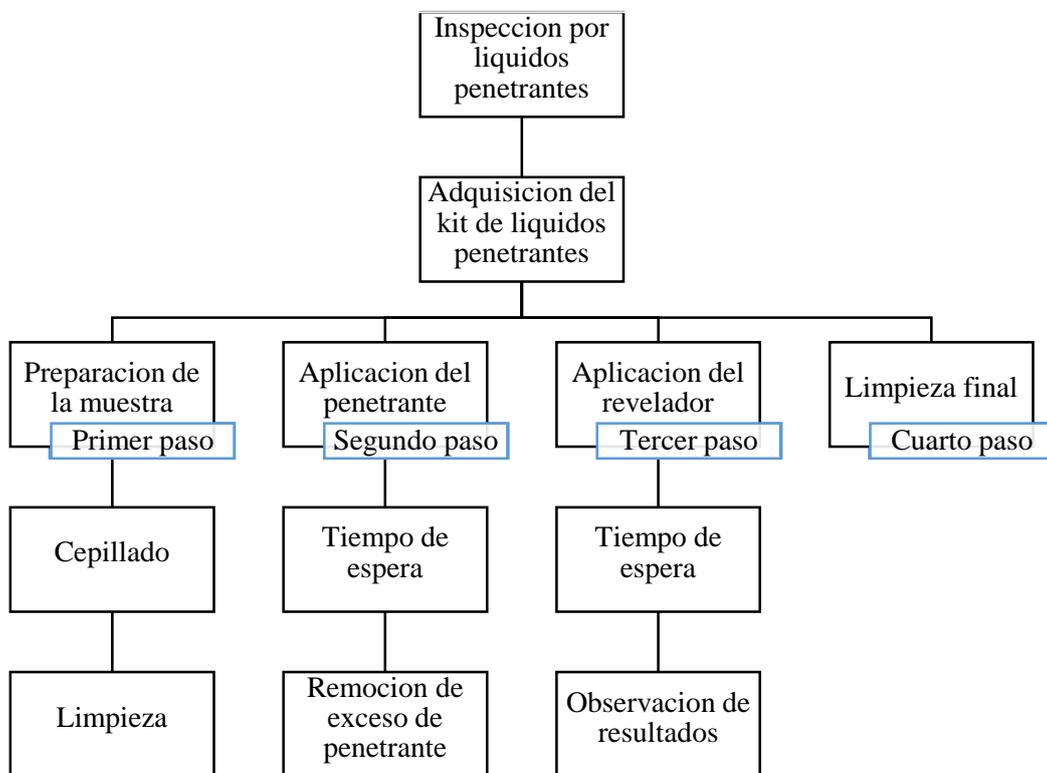
Como resultado general y después de la inspección visual realizada en los cordones de soldadura en la estructura del elevador, lo más relevante que se pudo observar fue que existen geometrías variables en los cordones de soldadura, esto se debe a un avance lento o rápido en la realización del cordón o el empleo de electrodos gruesos o delgados para la ejecución de la soldadura, esto es comprensible ya que no todas las zonas de unión serán sometidas a esfuerzos iguales, determinando que la soldadura tiene una valoración aceptable por lo cual se determina que los cordones de soldadura están bien ejecutados.

3.3.2 Inspección por líquidos penetrantes

La inspección por líquidos penetrantes presenta la ventaja de que es un método con gran sensibilidad a la identificación de fisuras, discontinuidades, porosidad, etc. dichos fallos pueden encontrarse en materiales ferrosos y no ferrosos.

Se utiliza la norma ASTM E 165, que especifica el proceso para realizar el ensayo por líquidos penetrantes.

3.3.2.1 Descripción del proceso



El kit de tintas penetrantes que se utiliza consta de:

- Penetrante
- Revelador
- Removedor



Figura 36-3: Kit de tintas penetrantes

Fuente: Autores

Cepillar y limpiar el área a ser inspeccionada con la utilización del removedor o diluyente.



Figura 37-3: Cepillado y limpieza de la superficie

Fuente: Autores

Aplicar al área seleccionada el líquido penetrante cuando ya se ha cumplido con la limpieza de la superficie.



Figura 38-3: Aplicación de penetrante

Fuente: Autores

Una vez aplicado el líquido, el tiempo estimado de espera es de 5 a 10 minutos, dependiendo el estado climático en donde se realice el ensayo.



Figura 39-3: Penetrante en superficie

Fuente: Autores

Posteriormente se procede a retirar el exceso de penetrante con removedor o diluyente.



Figura 40-3: Limpieza de exceso de penetrante

Fuente: Autores

Después de la remoción del exceso de penetrante, como acto seguido se aplica el revelador, con un tiempo de espera de 5 a 10 minutos, dependiendo el estado climático.



Figura 41-3: Aplicación del revelador

Fuente: Autores

Después de la aplicación del revelador se podrá observar las discontinuidades en caso de que existan en el cordón de soldadura.

Los tipos de defectos superficiales que se pueden encontrar al momento de la determinación de resultados son los siguientes:

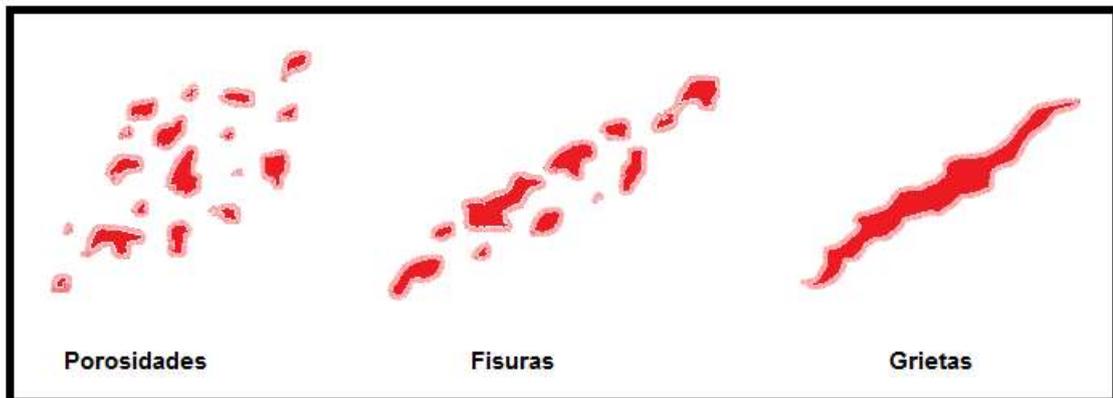


Figura 42-3: Tipos de defectos superficiales

Fuente: Autores

Después de realizar el proceso completo para la aplicación de tintas penetrantes, se puede observar en la figura 41-3, que tanto porosidades como fisuras no existen en el cordón seleccionado para efectuar el ensayo sin embargo, la presencia de grietas en el borde del cordón de soldadura es visible pero en proporción inferior al permisible en soldaduras.



Figura 43-3: Medición de grietas

Fuente: Autores

Tabla 11-3: Indicación y proporciones para hallazgo de fallas

Indicaciones	Proporción
Relevantes	Dimensión mayor a 1,5 mm
Lineales	Longitud mayor a 3 veces su ancho
Redondeadas	Longitud igual o menor 3 veces su ancho

Fuente: autores

En este caso se tiene una indicación de tipo lineal por las grietas que se presentan en los bordes de la soldadura. El cordón de soldadura inspeccionado tiene un ancho de 10 mm y la grieta con mayor longitud en dicho cordón es de 14 mm, siendo menor a 30 mm que sería el límite para que la soldadura apruebe el ensayo. En conclusión la técnica de soldadura empleada para la unión de los elementos que conforman los elevadores tiene aceptabilidad.

3.3.3 *Inspección por ultrasonido*

Todos los cordones de suelda tienen una constante vibración que es generada ya que los átomos poseen electrones que giran constantemente a su alrededor, desprendiendo un sonido de alta frecuencia que se registrara mediante sondas ultrasónicas.

3.3.3.1 *Descripción del proceso*

Como primer punto se calibra el medidor de ultrasonido, en este caso se utiliza un equipo de Huatec FD 201B. Con un bloque de calibración establecemos el rango en el medidor y el material de la pieza con la que calibraremos el equipo.



Figura 44-3: Calibración del medidor

Fuente: Autores

Procedemos a la medición de ultrasonido. Una vez que el entorno del cordón de soldadura haya sido lubricado con aceite, pasamos el transductor alrededor de la suelda.



Figura 45-3: Transductor en la suelda

Fuente: Autores

Para la interpretación de resultados se considera que la prueba se realizó en una calidad superficial rugosa por lo cual la ganancia del eco se mantendrá en un rango de 50% como máximo y un 0% como mínimo.



Figura 46-3: Interpretación de resultados por ultrasonido

Fuente: Autores

Al realizar la prueba de escaneo por ultrasonido se observó en la pantalla que después de que el transductor se haya desplazado en toda el área de barrido de la suelda, el eco de ultrasonido no excedía el 50% establecido, por lo tanto el cordón de soldadura inspeccionado no tenía discontinuidades a tomar en consideración o de mayor relevancia.

CAPITULO IV

4. DIGITALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN LOS ELEVADORES ELECTROMECÁNICOS.

En el presente capitulo se procedió a realizar el análisis de esfuerzos que puede soportar cada uno de los elevadores electromecánicos, identificando la composición del material del bastidor guía y el universo de engranajes, que conforman todo el sistema a digitalizar.

4.1 Ensayo de espectrometría para los elevadores electromecánicos de vagones y locomotoras

El tipo de espectrometría que se utiliza para la identificación del material es la espectrometría de plasma de corriente continua (DCP). Un plasma de corriente continua se crea por una descarga eléctrica entre dos electrodos. Es necesario un gas de apoyo al plasma, y el más común es el argón. Las muestras pueden ser depositadas en uno de los electrodos. (ESPECTROMETRIA, 2017)

4.1.1 Descripción del proceso

Se obtienen las muestras para la realización de la espectrometría de plasma de corriente continua.



Figura 1-4: Muestra de un piñón del universo de engranajes.

Fuente: Autores



Figura 2-4: Muestra de una porción de la estructura del bastidor guía.

Fuente: Autores

Se prepara la muestra, dejando su superficie lisa para someterla al ensayo.



Figura 3-4: Preparación del piñón para el ensayo

Fuente: Autores



Figura 4-4: Preparación de la porción de la estructura del bastidor guía

Fuente: Autores

Utilización del espectrómetro para el posterior análisis de resultados.



Figura 5-4: Espectrómetro

Fuente: Autores



Figura 6-4: Muestra sometida al espectrómetro

Fuente: Autores



Figura 7-4: Muestras sometidas al ensayo de espectrometría

Fuente: Autores

4.1.2 *Resultados del ensayo de espectrometría*

Bruker Analysis Report					
Sample:					
Analysis Time: 21.06.2017 10:16:42			Method: Fe110		
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,210	0,337	0,711	0,018	0,026
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,290	0,077	0,211	0,235	0,041
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	0,014	<0,0050	0,0035	0,0082	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	<0,0010	0,037	97,78		

Figura 8-4: Resultado de composición de la estructura del bastidor

Fuente: Autores

Bruker Analysis Report					
Sample:					
Analysis Time: 12.05.2017 17:50:07			Method: Fe110		
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
⊗	0,498	0,388	0,635	<0,0030	0,010
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
⊗	0,113	0,051	0,079	0,068	0,050
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
⊗	0,0096	0,0057	0,0085	0,0050	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
⊗	<0,0010	0,0052	98,07		

Figura 9-4: Resultado del piñón del universo de engranajes.

Fuente: Autores

Tabla 1-4: Resultados del ensayo de espectrometría

MATERIAL	
Estructura del bastidor	Acero AISI 1020
Tornillo sin fin	Acero AISI 1045
MÓDULO DE YOUNG	
Acero AISI 120	209 giga pascales
Acero AISI 1045	211 giga pascales

Fuente: Autores

4.2 Digitalización en Solidworks

4.2.1 Cálculos del universo de engranajes

4.2.1.1 Nomenclatura y fórmulas utilizadas para los engranajes rectos

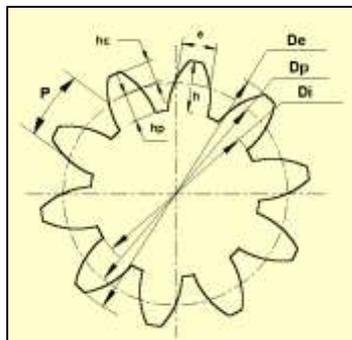


Figura 10-4: engranaje recto

Fuente: (POMALU, 2016)

Nomenclatura

Dp = Diámetro primitivo

De = Diámetro exterior

Di = Diámetro interior

P = Paso circular

Z = Número de dientes

M = Módulo

h = Altura del diente

hc = Altura de la cabeza del diente

hp = Altura del pie del diente

e = Espesor del diente

4.2.1.2 Engranaje del motor eléctrico

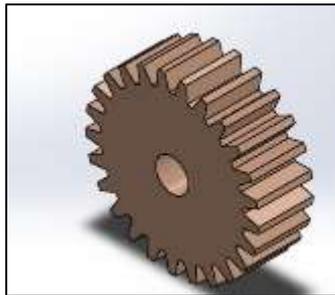


Figura 11-4: Engranaje del motor eléctrico

Fuente: Autores

Datos

H = 0,9cm

Z = 25 dientes

Dp = 9,11 cm

M = ?

P = ?

Hc = ?

De = ?

Di = ?

$$m = \frac{dp}{z} \quad (1)$$

$$m = \frac{9,11}{25}$$

$$m = 0,3$$

$$P = \pi * m \quad (2)$$

$$P = \pi * 0,36$$

$$P = 1,13\text{cm}$$

$$hc = m \quad (3)$$

$$hc = 0,36\text{cm}$$

$$Di = dp - 2hp \quad (4)$$

$$Di = (9,11 - 2 * 0,9 * 1,13)\text{cm}$$

$$Di = 7\text{cm}$$

$$De = (9,11 + 2 * 0,9 * 1,13)\text{cm}$$

$$De = 11$$

4.2.1.3 Engranaje recto secundario

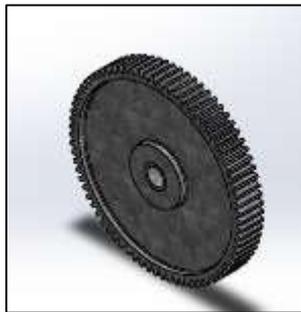


Figura 12-4: Engranaje recto secundario

Fuente: Autores

Datos

$$M = 0,36$$

$$H = 0,9\text{cm}$$

$$Z = 75 \text{ dientes}$$

$$Dp = ?$$

$$P = ?$$

$$Hc = ?$$

$D_i = ?$

$D_e = ?$

$$D_p = m * z \quad (5)$$

$$D_p = (0,36 * 75)cm$$

$$D_p = 27cm$$

$$P = \pi * m \quad (6)$$

$$P = \pi * 0,36$$

$$P = 1,13cm$$

$$h_c = m \quad (7)$$

$$h_c = 0,36cm$$

$$D_i = d_p - 2h_p \quad (8)$$

$$D_i = (27 - 2 * 0,9 * 1,13)cm$$

$$D_i = 25cm$$

$$D_e = (27 + 2 * 0,9 * 1,13)cm$$

$$D_e = 29cm$$

4.2.1.4 Engranaje recto principal



Figura 13-4: Engranaje recto principal

Fuente: Autores

Datos

$$H = 1,48cm$$

$$Z = 40 \text{ dientes}$$

$$D_p = 30,52cm$$

$$M = 0,37$$

$$P = ?$$

$$Hc = ?$$

$$Di = ?$$

$$De = ?$$

$$m = \frac{dp}{z} \quad (9)$$

$$m = \frac{30,52}{40}$$

$$m = 0,76\text{cm}$$

$$P = \pi * m \quad (10)$$

$$P = (\pi * 0,76)\text{cm}$$

$$P = 2,40\text{cm}$$

$$hc = m \quad (11)$$

$$hc = 2,40\text{cm}$$

$$Di = dp - 2hp \quad (12)$$

$$Di = (30,52 - 2 * 1,48 * 2,40)\text{cm}$$

$$Di = 23\text{cm}$$

$$De = dp + 2hp \quad (13)$$

$$De = (30,52 + 2 * 1,48 * 2,40)\text{cm}$$

$$De = 38\text{cm}$$

4.2.1.5 Engranaje recto

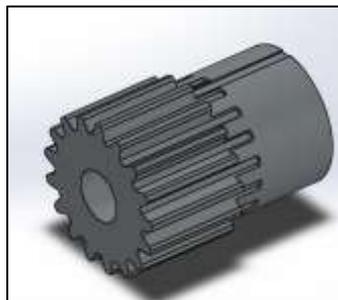


Figura 14-4: Engranaje recto

Fuente: Autores

Datos

$$H = 1,48\text{cm}$$

$$Z = 17 \text{ dientes}$$

$$M = 0,76$$

$$P = ?$$

$$Hc = ?$$

$$Di = ?$$

$$De = ?$$

$$Dp = ?$$

$$Dp = m * z \quad (14)$$
$$Dp = (0,76 * 17)\text{cm}$$

$$Dp = 13\text{cm}$$

$$P = \pi * m \quad (15)$$
$$P = (\pi * 0,76)\text{cm}$$

$$P = 2,39\text{cm}$$

$$hc = m \quad (16)$$

$$hc = 2,39\text{cm}$$

$$Di = dp - 2hp \quad (17)$$
$$Di = (13 - 2 * 1,48 * 2,39)\text{cm}$$

$$Di = 5,9\text{cm}$$

$$De = dp + 2hp \quad (18)$$
$$De = (13 + 2 * 1,48 * 2,39)\text{cm}$$

$$De = 20\text{cm}$$

4.2.1.6 Cálculo de engranajes de dientes inclinados o helicoidales

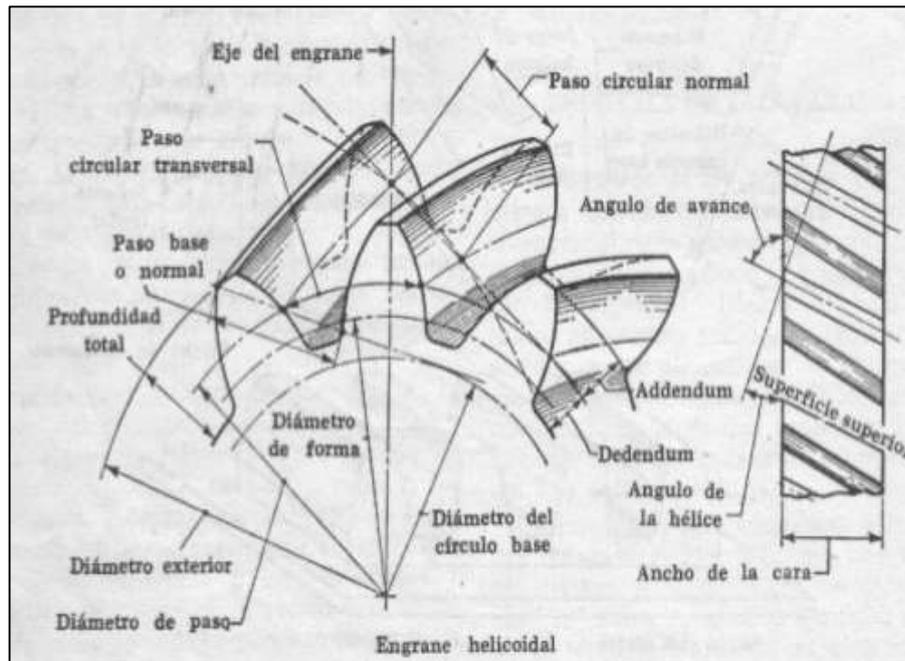


Figura 15-4: Engranaje helicoidal

Fuente: (MAUNAS, 2014)

Nomenclatura

M = módulo real

Ma = módulo aparente

Z = número de dientes

D0 = diámetro primitivo

De = diámetro exterior

Di = diámetro inferior

H = altura del diente

Hk = altura de la cabeza del diente

Hf = altura del pie del diente

T = paso

Ta = paso aparente

S = espacio entre dientes

E = espesor del diente

B = ancho del dientes

4.2.1.7 Cálculos del engranaje helicoidal

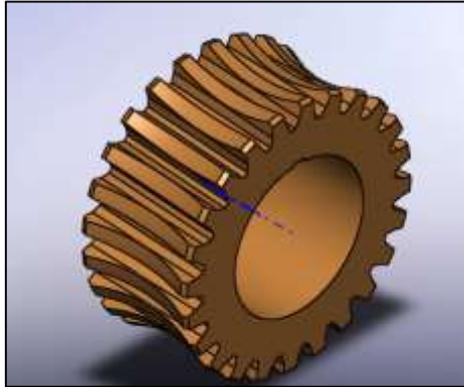


Figura 16-4: Engranaje helicoidal

Fuente: Autores

Datos

$Z = 24$ dientes

$M = 2$

15°

$De = 23\text{cm}$

$Do = ?$

$Di = ?$

$H = ?$

$Hk = ?$

$Hf = ?$

$T = ?$

$Ta = ?$

$S = ?$

$E = ?$

$B = ?$

$$Do = De - 2 * m \quad (19)$$

$$Do = (23 - 2 * 2)\text{cm}$$

$$Do = 19\text{cm}$$

$$h = 2,1677 * m \quad (20)$$

$$h = (2,1677 * 2)\text{cm}$$

$$h = 4,33cm$$

$$Di = De - 2 * h \quad (21)$$

$$Di = (23 - 2 * 4,33)cm$$

$$Di = 14,34cm$$

$$hf = 1,167 * m \quad (22)$$

$$hf = (1,167 * 2)cm$$

$$hf = 2,33cm$$

$$hk = m \quad (23)$$

$$hk = 2cm$$

$$t = m * 3,145 \quad (24)$$

$$t = (2 * 3,145)cm$$

$$t = 6,29cm$$

$$ta = t/\cos(15^0) \quad (25)$$

$$ta = 6,29/\cos(15^0)$$

$$ta = 6,51cm$$

$$s = e = \frac{t}{2} = m * \frac{3,145}{2} \quad (26)$$

$$s = 2 * 3,145/2$$

$$e = s = 3,145cm$$

$$b = (10a15) * m \quad (27)$$

$$b = (12,5 * 2)cm$$

$$b = 25cm$$

4.2.2 Digitalización en Solidworks

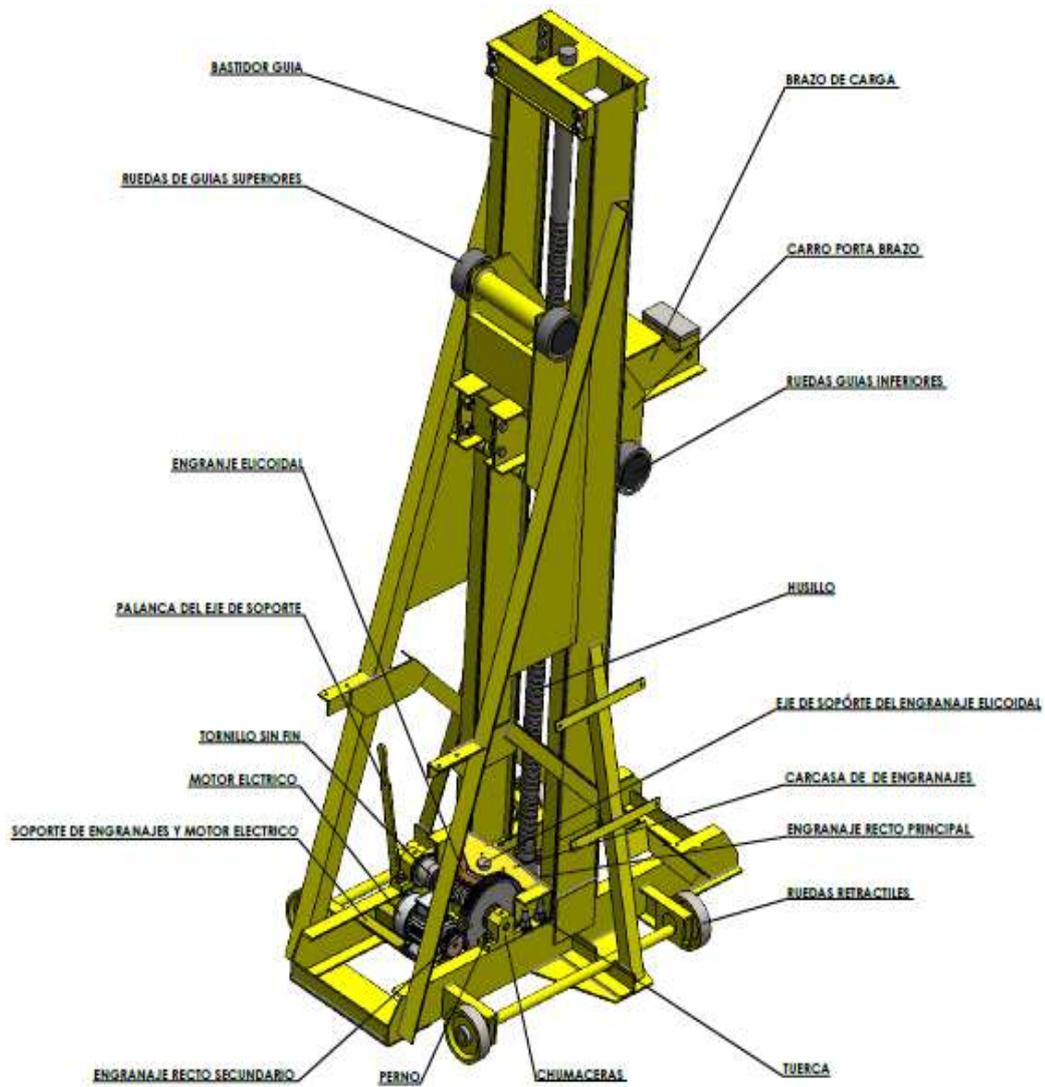


Figura 17-4: Elevador electromecánico digitalizado en Solidworks

Fuente: Autores

4.3 Análisis y Simulación de esfuerzos en CAD

Con la recolección de datos obtenidos de la estructura y después de la digitalización en Solidworks, se procede a realizar un análisis estático de esfuerzos en Ansys, aplicando diferentes cargas en el lugar más crítico del elevador electromecánico el cual es el brazo de carga para evaluar la resistencia optima que puede soportar el elevador electromecánico.

4.3.1 Pesos de las locomotoras y vagones disponibles en los Ferrocarriles del Ecuador

Tabla 2-4: Pesos de las locomotoras y los vagones

Tipo de locomotora/vagón	Peso	Cantidad de maquinas
Alsthon	55,665 toneladas	1
Crucero	17 toneladas	4
Panorámico	17 toneladas	3
Colonial	13 toneladas	6
Td 2000	40 toneladas	1

Fuente: Autores

4.3.2 Análisis estático en el brazo.

Para analizar la resistencia que el bastidor guía conjuntamente con el carro porta brazo puede soportar, se utiliza el software ANSYS, con ello se somete a diferentes cargas al elevador electromecánico, centrándose principalmente en el brazo de carga que es el lugar más crítico.

En la figura 18-4 se puede visualizar que la fuerza actuante está siendo aplicada en el apoyo del brazo de carga, simulando el soporte del peso distribuido de la locomotora o el vagón ferroviario.

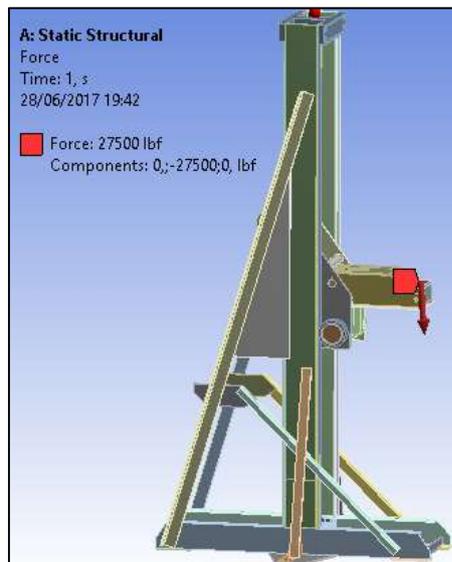


Figura 18-4: Fuerzas actuantes

Fuente: Autor

4.3.3 *Mallado*

La importancia de escoger un buen mallado para el análisis de esfuerzos es fundamental, por cuanto se realiza un estudio puntual en cada sitio de la estructura a ser analizada. Esto con el fin de determinar los esfuerzos, las deformaciones y finalmente el factor de seguridad que tendrá el sistema a ser evaluado.

Se utiliza el mallado triangular, calidad del elemento (Element quality) para las diferentes cargas aplicadas en la estructura, se escogió este tipo de mallado porque la estructura de diseño tiene curvaturas y el mallado Element quality posee contornos de borde pequeños que se adaptan al diseño del elevador electromecánico, mejorando la calidad en toda la estructura.

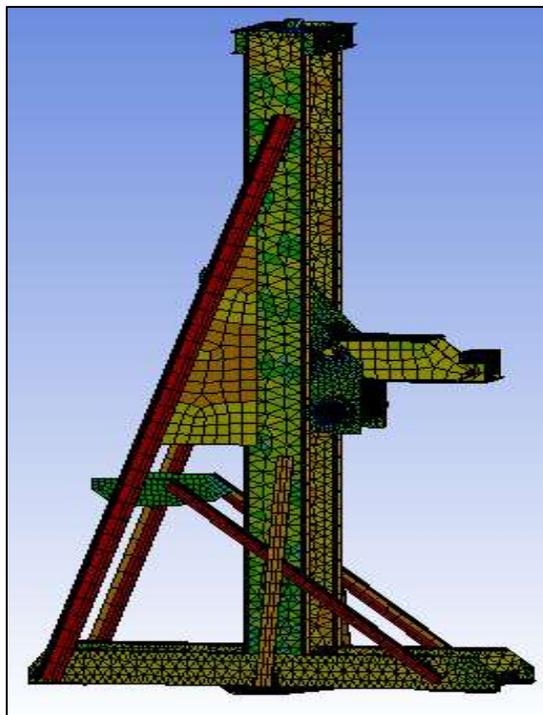


Figura 19-4: Mallado

Fuente: Autores

4.3.4 *Esfuerzos.*

En las figuras 20-4, 21-4, 22-4 y 23-4 se observa una escala de colores que van desde el azul que representa mayor fiabilidad en cuanto a esfuerzos que se puede resistir la estructura, hasta el rojo que sería la parte más crítica del estudio de la estructura. El elevador electromecánico es sometido a una iteración de cargas que serán de 4.25, 10, 13.9 y 15 toneladas.

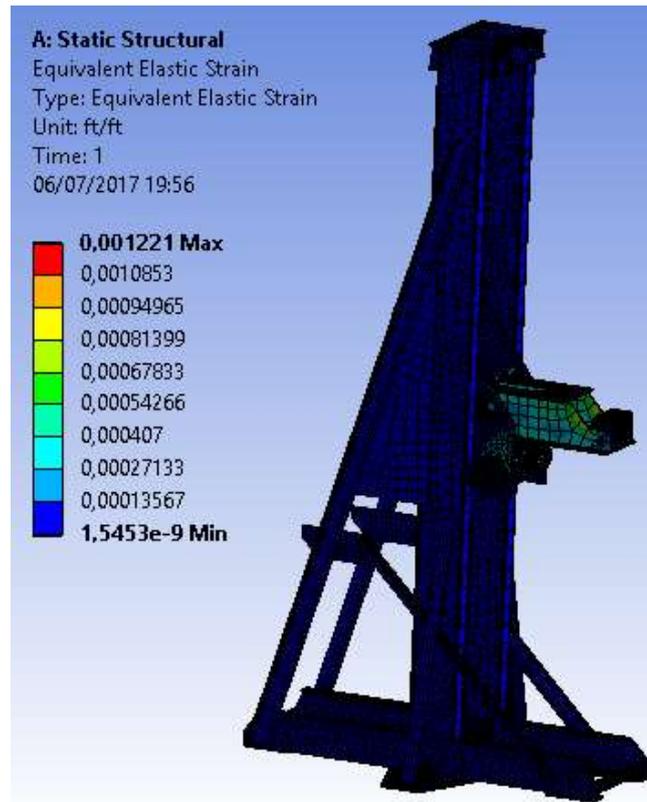


Figura 20-4: Esfuerzos con carga de 13 ,9 toneladas

Fuente: Autores

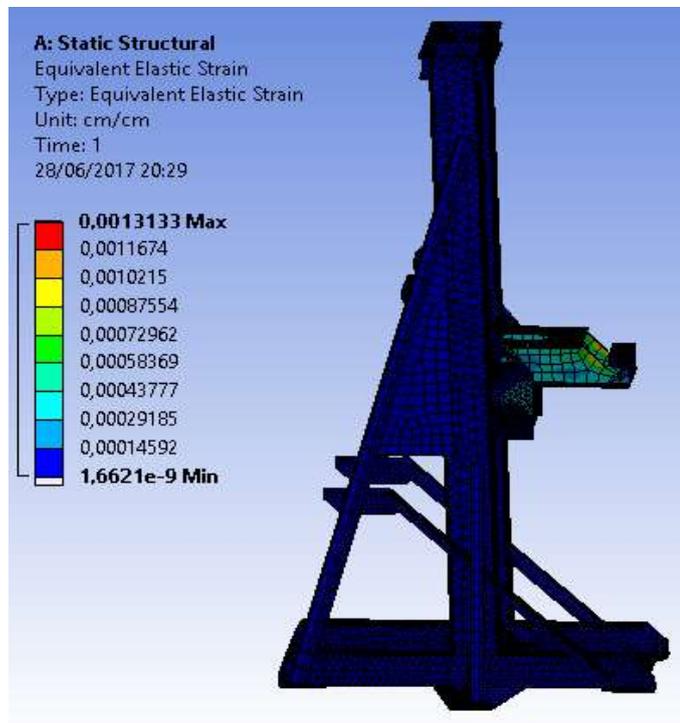


Figura 21-4: Esfuerzos con carga de 15 toneladas

Fuente: Autores

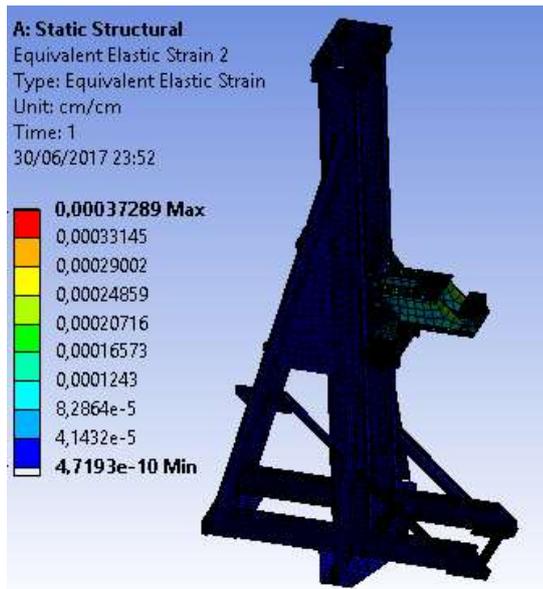


Figura 22-4: Esfuerzos con carga de 4.25 toneladas

Fuente: Autores

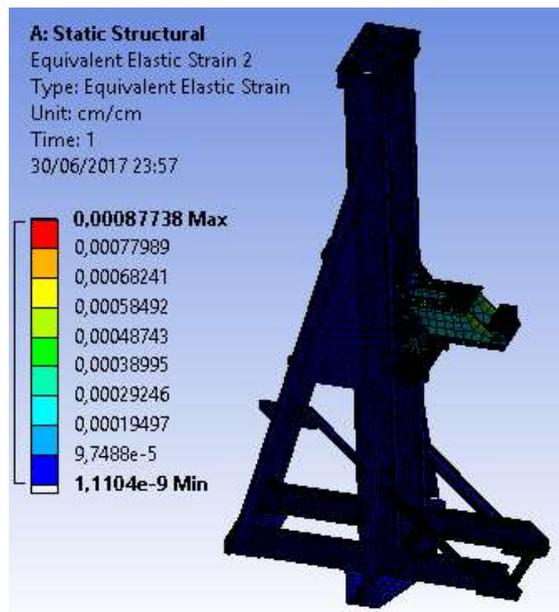


Figura 23-4: Esfuerzos con carga de 10 toneladas

Fuente: Autores

4.3.5 *Deformaciones.*

Como se puede observar en las figuras 24-4, 25-4, 26-4 y 27-4 la zona más crítica y donde más deformaciones relevantes existen al aplicar los diferentes tipos de carga está presente en el brazo del elevador electromecánico.

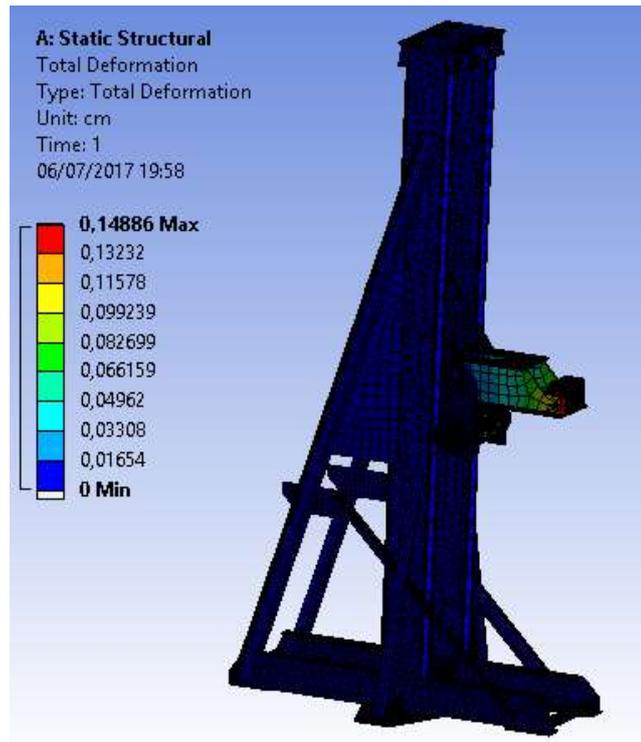


Figura 24-4: Deformación con carga de 13.9 toneladas

Fuente: Autores

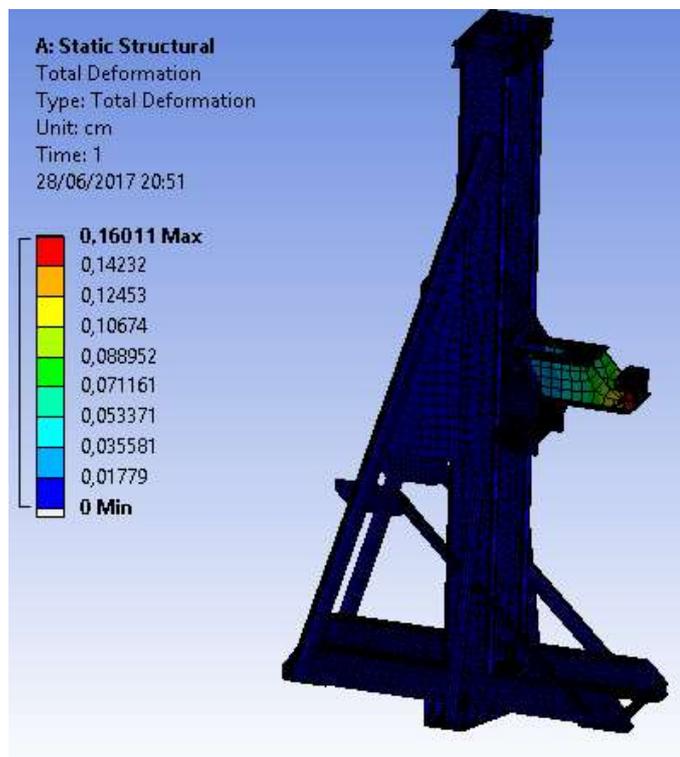


Figura 25-4: Deformación con carga de 15 toneladas

Fuente: Autores

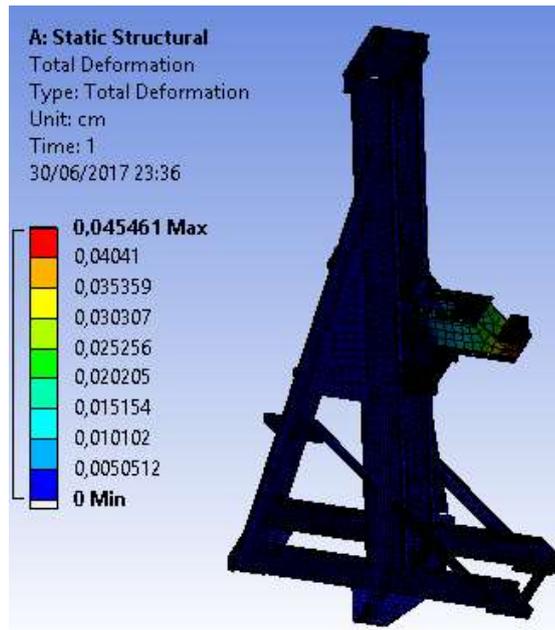


Figura 26-4: Deformación con carga experimental de 4,25 toneladas

Fuente: Autores

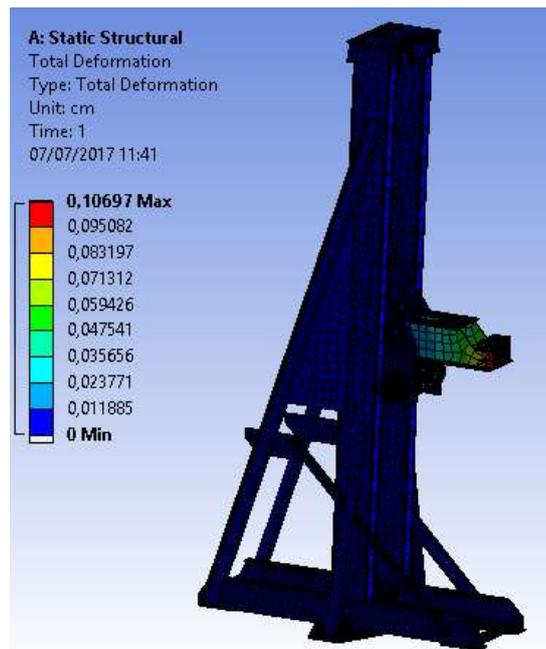


Figura 27-4: Deformación con carga experimental de 10 toneladas

Fuente: Autores

4.3.6 Factor de seguridad

El factor de seguridad provee confianza en la fiabilidad de cualquier tipo de mecanismo, debiendo ser mayor a 1.

En el estudio realizado podemos evidenciar que al momento de aplicar una carga de 15 toneladas, el factor de seguridad tiene un valor de 1.05 el cual está en el límite del rango permisible, demostrando que dicha carga está dentro del régimen de seguridad y que a la larga provocará un déficit en la resistencia de la estructura, mientras que con las cargas de 4.25, 10 y 13.9 toneladas los factores de seguridad garantizan prestaciones sin dificultades de la estructura de los elevadores electromecánicos.

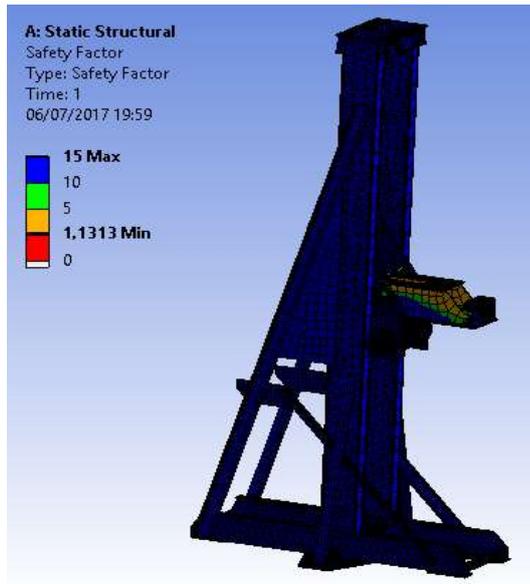


Figura 28-4: Factor de seguridad con carga de 13,9 toneladas

Fuente: Autores

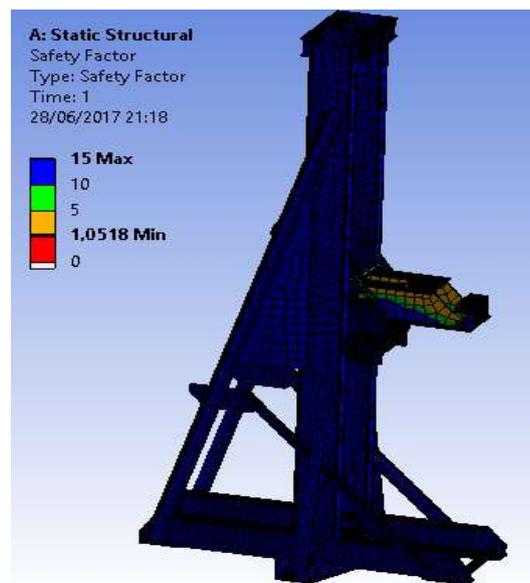


Figura 29-4: Factor de seguridad con carga de 15 toneladas

Fuente: Autores

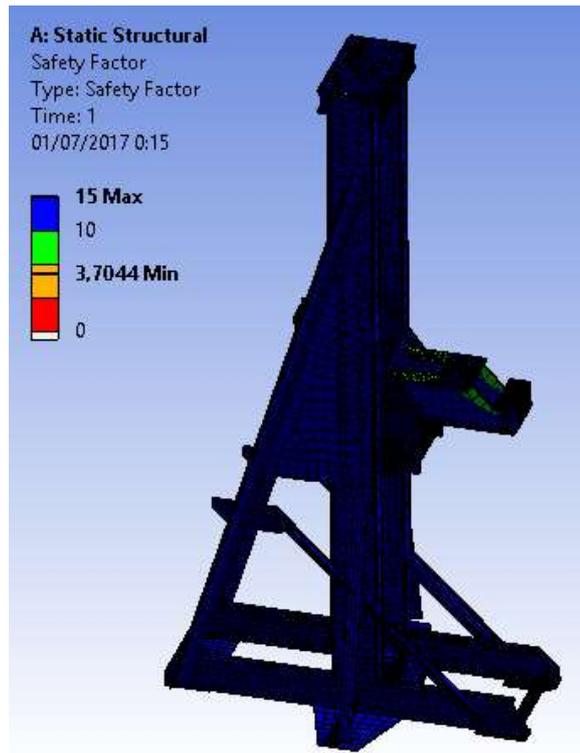


Figura 30-4: Factor de seguridad con carga de 4.25 toneladas

Fuente: Autores

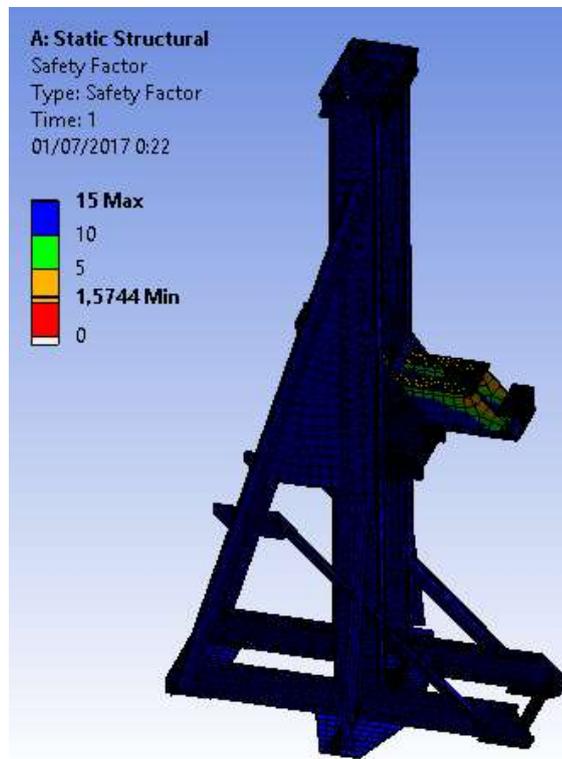


Figura 31-4: Factor de seguridad con carga de 10 toneladas

Fuente: Autores

4.3.7 Comparación del análisis estático del elevador

Tabla 3-4: Comparación del análisis estático en los elevadores electromecánicos

Carga	Mallado	Esfuerzo	Deformación	Factor de seguridad	Rango permitido de resistencia
13,9 Tn	Element quality	0,001221	0,14886 cm	1,13	Adecuado
15 Tn	Element quality	0,0013133	0,16011cm	1,05	Adecuado
4,25 Tn	Element quality	0,00037289	0,045461cm	3,7	Adecuado
10 Tn	Element quality	0,00087738	0,10697cm	1,57	Adecuado

Fuente: Autores

De acuerdo con los resultados del análisis de esfuerzos, las deformación tienden a elevarse cuando el brazo del elevador electromecánico está sometido a mayores cargas, con la entrevista realizada al jefe de taller de la empresa pública Ferrocarriles del Ecuador filial sur-estación Riobamba las cargas que experimentaran los elevadores electromecánicos tienen factores de seguridad que garantizan la utilización confortable de los mismos pero, si se aplica una carga de 15 toneladas al brazo de soporte, su factor de seguridad será de 1,05 que está al límite de lo permitido, recomendándose que en este caso es factible la incorporación de 2 elevadores adicionales para que su factor de seguridad garantice seguridad.

CAPITULO V

5. ACCIONES DE REHABILITACIÓN A LOS ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capitulo se detallará las acciones de rehabilitación después de haber realizado una matriz de valoración, que ayudo a verificar la situación actual en la que se encontraban los elevadores electromecánicos, para su posterior implementación y funcionamiento correcto.

5.1 Proceso de desmontaje del universo de engranajes.

En primera instancia se retira el pasador de soporte, destornillando inicialmente las juntas del eje de soporte y eje del tornillo sin fin.



Figura 1-5: extracción del pasador de soporte

Fuente: Autores

Para la extracción del tornillo sin fin que esta acoplado con el engranaje recto secundario, se desmontan sus respectivas chumaceras y procedemos a su retiro.



Figura 2-5: Extracción del tornillo sin fin

Fuente: Autores

Se desmonta el motor eléctrico, destornillando las tuercas de sujeción de los pernos.



Figura 3-5: Desmontaje del motor eléctrico

Fuente: Autores

Para la extracción del engranaje helicoidal combinado con el engranaje recto, se retira la carcasa de recubrimiento de los engranajes.



Figura 4-5: Desmontaje de la carcasa de recubrimiento

Fuente: Autores

Después de retirar la carcasa de recubrimiento se desmonta el engranaje helicoidal combinado con el engranaje recto.



Figura 5-5: Desmontaje del engranaje helicoidal combinado con el engranaje recto.

Fuente: Autores

Una vez desmontado todo el universo de engranajes, se procede a realizar cada una de las acciones de rehabilitación que se propuso en la matriz de valoración.



Figura 6-5: Partes del universo de engranajes

Fuente: Autores

Elección y sustitución de piezas y componentes por rehabilitar para los elevadores electromecánicos.

5.1.1 *Mangueras para cables*

Para la selección de la manguera de recubrimiento del cableado, se debe tener en cuenta la flexibilidad y deformación que esta debe poseer, para el desplazamiento a cada uno de los elevadores electromecánicos, sin tener el riesgo de que esta sufra algún tipo de agrietamiento o rotura.

En el capítulo 3, en la tabla 4-3 se menciona que para la protección del cableado se utilizó manguera de tipo acordeón, la cual no fue eficiente para la protección del cableado, por su falta de flexibilidad y deformación, además de ser propensa a sufrir fracturas por la distorsión a la cual está sometida.

Por tal razón se sustituyó por una manguera tubo flex C40, que es fabricada por una mezcla de polietileno de baja y alta densidad. La C40 se utiliza para flujo de baja presión. Gracias a los diferentes calibres que se comercializan y a la mezcla de polietilenos, se pueden soportar diferentes presiones de trabajo. (TUBOFLEX, 2017)

Tabla 1-5: Especificaciones de la manguera tubo flex C40

MEDIDA mm	NOMINAL PULGADAS	DIAMETRO EXTERIOR mm	DIAMETRO INTERIOR mm	ESPESOR PARED mm	AREA INTERIOR mm	PESO kg/100 mts
13	1/2"	20.4	17.4	1.5	266	10
15	1/2"	20.5	16.9	1.8	266	12
19	3/4"	26.7	22.3	2.2	445	17
25	1"	32	26.2	2.9	730	30
32	1 1/4"	41.4	34.8	3.3	1200	40
38	1 1/2"	49	42.4	3.4	1569	50
50	2"	59	49.6	4.7	2453	65
75	3"	91.5	76.6	7.4	5500	65

Fuente: (SKY-FORT, 2016)



Figura 7-5: Manguera tubo flex C40

Fuente: Autores

5.1.2 Cable eléctrico

Al momento de retirar el cable eléctrico de la manguera, se percató que algunos cables de los elevadores eléctricos 1 y 2 estaban deteriorados por lo cual se procedió a su cambio parcial, escogiendo el mismo componente del conductor que en este caso fueron hilos de cobre.



Figura: 8-5: Cable eléctrico

Fuente: Autores

5.1.3 *Rectificación del eje del tornillo sin fin del elevador electromecánico 1*

El eje se encontraba aprisionado en la parte del engranaje recto secundario, por lo cual fue difícil desacoplarlos. Al momento del desacople se pudo evidenciar que existía deformación evidente en el eje y con ello un rozamiento excesivo con los soportes del eje del tornillo sin fin que dificultaba la transmisión de fuerza hacia el engranaje helicoidal combinado con el engranaje recto, que a su vez transmite potencia al engranaje recto principal para la elevación del carro portabrazo.

El rectificado del eje fue de 8 micrometros en sus extremos y con ello el rozamiento con los soportes se redujo de tal forma que era evidente que la transmisión de fuerzas en los engranajes disminuyó.

5.2 Aplicación de pintura en los elevadores electromecánicos

5.2.1 *Preparación de la superficie para la aplicación de la pintura.*

Para la remoción de pintura y la preparación de la superficie a ser pintada se siguió el siguiente procedimiento:

- Limpiar toda la estructura que conforma el elevador con thinner.

- Aplicar removedor de pintura en toda la superficie para la extracción de los restos de pintura que fue empleada anteriormente en los elevadores electromecánicos.
- Con ayuda de un cepillo de acero acoplado a una amoladora se procede a la remoción de la pintura.
- Con lija número 60 se erradica los restos de pintura.
- Con aire a presión proveniente de un compresor se expulsa todo despojo de pintura.
- Se aplica anticorrosivo en todas las áreas que presenten corrosión u oxidación.
- Con gasolina se realiza la limpieza final para tener lista la superficie a ser pintada.
- Finalmente con aire a presión proveniente de un compresor, se seca toda la superficie.



Figura 9-5: Limpieza de la estructura del elevador electromecánico

Fuente: Autores

5.2.2 *Tratamiento y pintura en la superficie de los elevadores electromecánicos*

Para la adquisición de la pintura se optó por una que sea anticorrosiva a más de tener alta adherencia, resistencia y cubrimiento.



Figura 10-5: Tarro de pintura

Fuente: Autores

5.2.2.1 Datos técnicos de la pintura

Tabla 2-5: Datos técnicos de la pintura

Acabado	Brillante
Brillo	85 ± 5° Medido a 60° con Microtrigloss Byk Gardner
Densidad	1,05 ± 0,10 Kg/l a 20 ± 2°C, según color
Viscosidad	1600 ± 400 mPa·s a 20 ± 2°C (Brookfield, H3, 20rpm)
COVs (compuesto orgánico volátil)	Contenido máx. en COV: 495 g/l. Valor límite de UE(Cat. A/i): 500 g/l. (2010).
Contenidos solidos	59 ± 5 % peso.
Ligante	Resina alquídica.
Pigmentos	Pigmentos sólidos a la luz y a la intemperie.
Rendimiento teórico	Aprox. 13,1 m ² por litro en función del soporte, para 35 micras de espesor seco y según color
Tiempo de secado y repintado	Al tacto, 2 horas. Repintado superior a 24 horas.
Teñido	Los colores son entremezclables y se pueden teñir con tintes universales
Colores	Blanco, negro y 24 colores más, según su correspondiente carta de colores.

Fuente: (DURACOLOR, 2015)

5.2.3 Proceso de pintura en los elevadores electromecánicos

- Utilizar equipamiento de protección personal para proceder a pintar los elevadores electromecánicos.
- Realizar una mezcla adecuada entre la pintura y el thinner.
- Llenar el depósito de la pistola de pintura de alta presión.
- Empezar a pintar el bastidor guía desde la parte superior hasta la parte inferior del bastidor incluido el soporte de engranajes.



Figura 11-5: Estructura de los elevadores pintada

Fuente: Autores

5.3 Montaje del universo de engranajes

Una vez que se ha pintado todo el bastidor guía incluido el soporte y la carcasa de recubrimiento de los engranajes se procede al montaje del universo de engranajes. Pero primero deben ser limpiadas cada una de las partes que conforman el universo de engranajes.



Figura 12-5: Limpieza del engranaje helicoidal combinado con el engranaje recto

Fuente: Autores

- Se monta el motor eléctrico realizando un ajuste correcto de los pernos y tuercas de sujeción.
- Se coloca el pasador de soporte, con las juntas del eje de soporte y eje del tornillo sin fin.

- Se cambia los rodamientos se que encuentran en los soportes del tornillo sin fin ya que estos tenían deterioro por su desgaste.
- Posteriormente y ya acoplado el tornillo sin fin con el engranaje recto secundario, se monta el mismo sobre las juntas y ajustamos los pernos de sujeción de las juntas sobre el pasador de soporte, una vez instalado el eje del tornillo sin fin en las dos chumaceras.
- Se introduce el engranaje helicoidal combinado con el engranaje recto en el eje de los mismos.
- Se ajusta la carcasa de recubrimiento de los engranajes con las arandelas planas de hierro y además con las arandelas cuadradas que ayudarán para que exista mayor sujeción con el bastidor guía.



Figura 13-5: Montaje del universo de engranajes

Fuente: Autores

5.4 Engrasado de las partes móviles y el depósito de grasa

Para seleccionar la grasa adecuada para la lubricación de los elevadores electromecánicos se consideró que debía tener las siguientes características y beneficios:

- Excelente rendimiento en un amplio rango de temperatura. (KENDALL, 2016)
- Alta capacidad de carga. (KENDALL, 2016)
- Excelente protección contra el desgaste. (KENDALL, 2016)
- Protege contra el óxido y la corrosión. (KENDALL, 2016)
- Excelente resistencia al lavado de agua. (KENDALL, 2016)

5.4.1 Datos técnicos de la grasa

Tabla 3-5: Datos técnicos de la grasa

Grado NLGI	2
Espesante	Complejo de litio
Color	Azul
Punto de caída, ° C (° F)	260 (500)
Densidad, lbs / gal	7,5
Textura	Liso/pegajoso
Estabilidad de la oxidación, ASTM D942, 100 horas, Caída de presión, psi (kPa)	5 (35)
Propiedades del Aceite Base:	
Viscosidad	
CSt (centistokes) unidad de viscosidad cinemática @ 40 ° C	155
CSt @ 100 ° C	19
SUS (Segundos. Saybolt Universal) @ 100 ° F	801
SUS @ 210 ° F	97
Índice de viscosidad	139

Fuente: (KENDALL, 2016)

Se seleccionó la grasa Kendall L-427 SUPER BLUE que es la que cumple con las características necesarias para la lubricación de las partes móviles del elevador electromecánico.



Figura 14-5: Engrasado de las partes móviles y el depósito de grasa

Fuente: Autores

5.5 Dimensionamiento del área de trabajo

5.5.1 Dimensionamiento del área de trabajo para los elevadores electromecánicos

Para el dimensionamiento del área de trabajo de los elevadores electromecánicos se tomó en cuenta los siguientes parámetros.

- Para la ubicación específica del sitio de trabajo se estaciona la locomotora en el área de elevación electromecánica, para establecer una guía de distancia que ayuda a la ubicación de los elevadores electromecánicos.



Figura 15-5: Ubicación de la locomotora en el área de elevación electromecánica

Fuente: Autores

- Según el artículo 74 (Separación de las máquinas) numeral 2 (Cuando el operario deba situarse para trabajar entre una pared del local y la máquina, la distancia entre las partes más salientes fijas o móviles de ésta y dicha pared no podrá ser inferior a 800 milímetros.) del REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO, las áreas de trabajo seleccionada se encuentra a 2800 milímetros de las paredes cumpliendo con la norma establecida. (TRABAJO, 2016)
- Una vez estacionada la locomotora, tenemos una referencia exacta para la ubicación de los elevadores electromecánicos, se tendrá en cuenta tanto el ancho (1.83m) como el largo (2.05m) de los mismos.



Figura 16-5: Dimensionamiento del área de trabajo de los elevadores

Fuente: Autores

- Posteriormente se pinta el área de trabajo establecida



Figura 17-5: Pintado del área de trabajo de los elevadores electromecánicos

Fuente: Autores

5.5.2 *Dimensionamiento del estacionamiento de la locomotora*

Para que el maquinista tenga una guía clara de estacionamiento se trazara referencias en los bordes de la locomotora.



Figura 18-5: Dimensionamiento del estacionamiento de la locomotora

Fuente: Autores

5.5.3 Dimensionamiento para el área de trabajo del tablero de mando principal

Para el área de trabajo del tablero de mando principal, se realizó lo siguiente:

- La mesa de trabajo que se encontraba en la parte inferior del tablero de mando principal estaba deteriorada por lo cual se optó por un cambio con otra mesa más adecuada.



Figura 19-5: Dimensionamiento para el área de trabajo del tablero de mando principal

Fuente: Autores

- Una vez ubicada la mesa, se establece y pinta un área de trabajo para la misma.



Figura 20-5: mesa de trabajo

Fuente: Autores

5.6 Prueba de funcionamiento del elevador electromecánico

Se realizó una prueba con carga en los elevadores electromecánicos, dicha carga fue de un vagón panorámico de 17 toneladas de peso aproximadamente, los elevadores electromecánicos se ubicaron en la parte media de cada bogie para equilibrar las cargas del vagón.

Tabla 4-5: datos del vagón panorámico

Modelo del vagón	Panorámico
Peso	17 toneladas
Altura	3,1 metros
Longitud	15,2 metros
Ancho	2,3 metros
Color	Rojo con negro

Fuente: Autores

Resultados con carga del vagón panorámico

Tabla 5-5: Resultados con carga del vagón

Funcionamiento del sistema mecánico (universo de engranajes)	Eficiente
Funcionamiento del sistema eléctrico	Eficiente
Tiempo de ascenso	1 metro en 1,28 segundos
Tiempo de descenso	1 metro en 1,28 segundos
Fiabilidad total del elevador	Eficaz

Fuente: Autores



Figura 21-5: Elevación del vagón panorámico

Fuente: Autores

Después de realizada la prueba con carga, de una vagón panorámico de 17 toneladas de peso aproximadamente y sabiendo que el factor de seguridad para dicha prueba es de 3,7 se demuestra que los elevadores electromecánicos cumplen con los requisitos de operación, teniendo una fiabilidad eficaz que garantiza el perfecto funcionamiento de los elevadores electromecánicos.

CAPITULO VI

6. PRESUPUESTO PARA LA REHABILITACIÓN DE LOS ELEVADORES ELECTROMECAÑICOS

En el presente capítulo se identifica el presupuesto del proyecto, en el cual se desglosa el costo total en costos directos e indirectos para la rehabilitación de los elevadores electromecánicos, detallando los aportes Ferrocarriles del Ecuador-ESPOCH.

6.1 Fuentes de financiamiento

Para la puesta en marcha del proyecto “ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS ELEVADORES DE FERROCARRILES DEL ECUADOR EMPRESA PÚBLICA FILIAL SUR-ESTACIÓN RIOBAMBA” las principales fuentes de financiamiento son los aportes personales y el apoyo financiero de la empresa de ferrocarriles del Ecuador.

6.2 Costos directos

Son todas aquellas inversiones que se efectúan directamente para el proceso productivo, en las cuales podemos identificar la materia prima y mano de obra.

6.2.1 Costo de la restauración del bastidor guía

Tabla 1-6: Costo de la restauración del bastidor guía

Detalle	Aporte personal				Empresa Ferrocarriles del Ecuador			
	Unidad	Cantidad	P/U (USD)	P/T (USD)	Unidad	Cantidad	P/U (USD)	P/T (USD)
Lijas para hierro	-	20	0,75	15	-	-	-	-
Cepillos de acero	-	2	2,50	5	-	-	-	-

Tabla 1-6: (Continua). Costo de la restauración del bastidor guía

Cepillos de acero para la amoladora	-	4	10	40	-	-	-	-	
Removedor de pintura	Litros	10	5	50	-	-	-	-	
Anticorrosivos	Galón	4	15,50	62	-	-	-	-	
Discos de corte de 5 plg	-	1	0,65	0,65	-	1	0,65	0,65	
Brochas de 5 plg	-	2	1,85	3,75	-	-	-	-	
		Subtotal		176,40			Subtotal		0,65

Fuente: Autores

6.2.2 Costo de la restauración del universo de engranajes**Tabla 2-6:** Costo de la restauración del universo de engranajes

Detalle	Aporte personal				Empresa Ferrocarriles del Ecuador				
	Unidad	cantidad	P/U (USD)	P/T (USD)	unidad	cantidad	P/U (USD)	P/T (USD)	
Anticorrosivos	Galón	1	15,50	15,50	-	-	-	-	
Gasolina para limpieza	Galón	6	1,48	8,88	-	-	-	-	
Removedor de pintura	Litros	4	5	20	-	-	-	-	
Grasa Kendall L-427 SUPER BLUE	Litros	4	6	24					
Lijas para hierro	-	4	0,75	3	-	-	-	-	
Limas	-	-	-	-	-	3	1,25	3,75	
Brochas de 4 plg	-	4	1,75	7					
Espátulas	-	2	1,15	2,30					
		Subtotal		80,68			Subtotal		3,75

Fuente: Autores

6.2.3 Costo de la rehabilitación de los elevadores electromecánicos

Tabla 3-6: Costo de la rehabilitación de los elevadores electromecánicos

detalle	Aporte personal				Empresa Ferrocarriles del Ecuador			
	Unidad	cantidad	P/U (USD)	P/T (USD)	unidad	cantidad	P/U (USD)	P/T (USD)
Motores eléctricos	-	-	-	-		4	425	1700
Tintas penetrantes	-	2 kits	65	130	-	-	-	-
Grasa Kendall L-427 SUPER BLUE	Litros	20	6	120	-	-	-	-
Aceite hidráulico ISO 46	Galón	1	23	23	-	-	-	-
Pintura sintética anticorrosiva amarilla	-	-	-	-	Galón	5	25	125
Pintura sintética anticorrosiva azul	Galón	3	25	75	-	-	-	-
Gasolina para limpieza	Galón	4	1,48	5,92	-	-	-	-
Tiñer	Galón	8	8,50	68	-	-	-	-
Cable eléctrico	Metros	20	0,50	10	-	-	-	-
Manguera tubo flex C40	Metros	120	0,80	96	-	-	-	-
Alambre de acero galvanizado 8	Metros	20	0.50	10	-	-	-	-
Rectificado del eje del tornillo sin fin		4	10	40	-	-	-	-

Tabla 3-6: (Continua). Costo de la rehabilitación de los elevadores electromecánicos

Rectificado del pasador de soporte		4	10	40	-	-	-	-
Rodamientos de bolas	-	8	1,25	10	-	-	-	-
Pernos removibles de acero con cabeza hexagonal	-	56	0,35	19,60	-	-	-	-
Tuercas hexagonales	-	56	0,25	14	-	-	-	-
Arandelas planas de hierro	-	112	0,15	16,80	-	-	-	-
Arandelas de presión	-	56	0,15	8,40	-	-	-	-
Arandelas cuadradas	-	32	0,50	16	-	-	-	-
Arandelas de bronce	-	4	4,50	18	-	-	-	-
Mesa metálica de trabajo	-	1	60	60	-	-	-	-
Señalética	-	-	-	100	-	-	-	-
		Subtotal		880,72		Subtotal		1825

Fuente: Autores

6.2.4 *Costo de mano de obra***Tabla 4-6:** Costos de mano de obra

Descripción	Horas/hombre	Costo horario (USD)	Costo (USD)
Asesoramiento técnico (elevador)	-	200	200
Electricista	-	40	40
		Subtotal	240

Fuente: Autores

6.2.5 Costo de equipos y herramientas

Tabla 5-6: Costo de equipos y herramientas

Descripción	Horas/máquina	Costo horario (USD)	Costo (USD)
Taladro de banco	3	-	-
Compresor	12	-	-
Taladro manual	2	-	-
Caja de herramientas	48	135	135
Amoladora	12	-	-
		Subtotal	135

Fuente: Autores

6.2.6 Costo de transporte

Tabla 6-6: Costo de transporte

Costo de transporte	Costo (USD)
Transporte de materiales para la rehabilitación	20

Fuente: Autores

6.3 Costos indirectos

Son los gastos que actúan indirectamente en el proceso productivo, teniendo falta de identificación plena en la rehabilitación de los elevadores electromecánicos.

Tabla 7-6: Costos indirectos

Descripción	Cantidad	Costo (USD)
Material de investigación (normas)	-	100
Impresiones y copias	-	50
Movilización personal	2	200
Costo ingenieril	-	200
Imprevistos	-	50
Utilidad	-	-
	TOTAL	600

Fuente: Autores

6.4 Costo total del proyecto

El costo total del proyecto se obtiene de la suma de los costos directos e indirectos, por parte del financiamiento de la empresa ferrocarriles del Ecuador y los aportes personales.

6.4.1 *Financiamiento por parte de la empresa ferrocarriles del Ecuador*

Costo total de financiamiento = costo de la restauración del bastidor guía + costo de la restauración del universo de engranajes + costo de la rehabilitación de los elevadores electromecánicos

$$\text{Costo total de financiamiento} = 0,65 + 3,75 + 1825$$

$$\text{Costo total de financiamiento} = 1829,4 \text{ USD}$$

6.4.2 *Aportes personales*

Costo total de aportes personales = costos directos + costos indirectos

Costo total de aportes personales = (costo de la restauración del bastidor guía + costo de la restauración del universo de engranajes + costo de la rehabilitación de los elevadores electromecánicos + costos de mano de obra + costo de equipos y herramientas + costo de transporte) + (valor de costos indirectos)

$$\text{Costo total de aportes personales} = (176,40 + 80,68 + 880,72 + 240 + 135 + 20) + (600)$$

$$\text{Costo total de aportes personales} = (1532,80) + (600)$$

$$\text{Costo total de aportes personales} = 2132,80 \text{ USD}$$

6.4.3 *Costo total del proyecto*

Costo total del proyecto = costo total de financiamiento + costo total de aportes personales

$$\text{Costo total del proyecto} = 1829,40 + 2132,80$$

$$\text{Costo total del proyecto} = 3962,20 \text{ USD}$$

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se conoció los métodos de ensayos no destructivos convenientes para diagnosticar la soldadura de la estructura de los elevadores electromecánicos, en este caso la aplicación de líquidos penetrantes y ultrasonido asistieron para la posterior aprobación de los cordones de soldadura, esto se realizó por las investigaciones bibliográficas que ayudaron al desempeño para la ejecución de los ensayos.

Se revisó cada uno de los elementos que conforman los elevadores electromecánicos con su respectiva funcionalidad, para elaborar una matriz de valoración con la asistencia de una adecuada inspección visual y ayuda proporcionada por los resultados de los ensayos no destructivos, para analizar la situación actual en la que se encontraban los elevadores electromecánicos.

Se analizó en el software ANSYS y SOLIDWORKS la resistencia óptima que pueden soportar los elevadores electromecánicos a través de los resultados del factor de seguridad admisible que se obtuvo, utilizando las diferentes cargas que poseen los vagones ferroviarios y así proporcionar con los resultados obtenidos mayor seguridad y funcionabilidad de trabajo en la estructura

Con una carga de 15 toneladas por elevador electromecánico, su factor de seguridad es de 1,05 estando al margen de lo permitido y cuyo peso es el máximo que puede soportar cada elevador electromecánico por razones de infalibilidad.

Se rehabilitó los elevadores electromecánicos una vez validadas las pruebas y ensayos a los elementos que los conforman, y ya montado el universo de engranajes se verificó el correcto funcionamiento de todo el mecanismo, para su posterior empleo en el campo laboral.

7.2 Recomendaciones

Los elevadores electromecánicos no deben sobrepasar la capacidad máxima permitida que es de 15000 kg por elevador y en conjunto 60000 kg

En caso de que se requiera elevar más de 60000kg se recomienda la implementación de dos elevadores nuevos, para que la distribución de cargas por elevador disminuya considerablemente y aumente su factor de seguridad.

Para poner en marcha de trabajo a los elevadores electromecánicos se recomienda la utilización de equipos de protección personal que conforman: Casco, guantes de carnaza, gafas de plástico, calzado de protección con puntera, esto para la protección de la integridad física del operador.

Proteger y dar mantenimiento preventivo al tablero de mando principal así como a la unidad de potencia para evitar posibles daños y riesgos eléctricos.

El operador al momento de poner en marcha de trabajo a los elevadores electromecánicos, tendrá que elevar a la locomotora o a los vagones primero un aproximado de 80cm del suelo para ver si el equilibrio de posición es el adecuado. En caso de que no lo sea, se descenderá cuidadosamente a la maquinaria y se rectificará la posición de los elevadores electromecánicos.

BIBLIOGRAFIA

TUBOFLEX. Manguera hidráulica C40. [En línea] 14 de febrero de 2017. [Consulta: 20 de junio de 2017.] Disponible en: <http://www.tuboflex.com.mx/manguera-hidraulica.htm>.

ARREDONDO, Maria Luisa. Elpasajero. [En línea] 07 de enero de 2013. [Consulta: 25 de abril de 2017.] Disponible en: <http://elpasajero.metro.net/2013/01/07/como-cambian-las-ruedas-de-los-trenes/>.

DONADO, Armando. Autosoporte. [En línea] 20 de 05 de 2013. [Consulta: 12 de 04 de 2017.] Disponible en: <http://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/258-sistema-de-elevacion-de-dos-columnas>.

BARTOLI. Elevadores de 4 columnas. [En línea] 06 de mayo de 2015. [Consulta: 16 de abril de 2017.] Disponible en: <http://www.bartolisrl.com/herramientas/elev4colm.htm>.

DIAZ, Gustavo. Inspección y control de calidad, en la aplicación de soldadura de elementos estructurales. [En línea] (tesis). (Maestría) Instituto Politecnico Nacional. México. 22 de junio de 2009. pp. 165-19 [Consulta: 29 de mayo de 2017.] Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/3756/1/INSPECCIONYCONTROL.pdf>.

DURACOLOR. Productos de pintura. [En línea] 10 de octubre de 2015. [Consulta: 15 de junio de 2017.] Disponible en: http://www.duracolor.es:8081/on-line/productos/fichaN2.asp?prd=D-700__.

ESPECTROMETRIA. Métodos de espectrometría. [En línea] 03 de junio de 2017. [Consulta: 04 de julio de 2017.] Disponible en: http://www.espectrometria.com/mtodos_espectromtricos

FERROPEDIA. Bogie. [En línea] 21 de marzo de 2013. [Consulta: 28 de abril de 2017.] Disponible en: <http://ferropedia.es/wiki/Bogie>.

GOMEZ DE LEON, Felix. Universidad de Murcia. [En línea] 10 de octubre de 2015. [Consulta: 16 de mayo de 2017.] Disponible en: <http://ocw.um.es/ciencias/resistencia-de-materiales-y-calculo-de-estructuras/material-de-clase-1/tema07.pdf>.

HAWKES, Barry. *CAD/CAM*. Madrid : Paraninfo, 1989. Pp. 37-48

HERGOROS. El motor eléctrico, su funcionamiento e historia. [En línea] 15 de febrero de 2016. [Consulta: 15 de mayo de 2017.] Disponible en: <http://www.hergoros.com/el-motor-electrico-su-funcionamiento-e-historia/>.

IBERISA. Elevador electro-mecánico de dos columnas. [En línea] 28 de agosto de 2016. [Consulta: 14 de abril de 2017.] Disponible en: https://iberisasl.com/archivos/hofmann-megaplan/elevadores/megalift_z41.pdf.

INTERTEK. Ensayos no destructivos por ultrasonido. [En línea] 26 de junio de 2017. [Consulta: 15 de junio de 2017.] Disponible en: <http://www.intertek.es/ensayos-no-destructivos/ultrasonidos/>.

KALPAKJIAN. *Manufactura, Ingeniería Y Tecnología*. Mexico : Person education, 2008. Pp. 1132-1136

INTERTEK. Ensayos no destructivos mediante inspeccion visual. [En línea] 26 de junio de 2017. [Consulta: 22 de mayo de 2017.] Disponible en: <http://www.intertek.es/ensayos-no-destructivos/inspeccion-visual/>.

KENDALL. L-427 Super Blue. [En línea] 16 de noviembre de 2016. [Consulta: 22 de junio de 2017.] Disponible en: <https://kendallmotoroil.com/product/l-427-super-blu-grease>.

MACTON. Portable Electric Jacks. [En línea] 2015. [Consulta: 17 de abril de 2017.] Disponible en: <http://www.macton.com/httpswwwfontsqquirrelcomfontsquicksand>.

MARTINEZ, Arnold. Rediseño de un dispositivo elastomérico de suspensión ferroviaria para mejorar el desempeño de un vehículo de pasajeros de un sistema metro. [En línea] (tesis). (Maestría) Universidad EAFIT, Medellin, Colombia. 2010. pp. 23-27 [Consulta: 30 de abril de 2017.] Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/2643/MartinezGuarin_ArnoldRafael_2010.pdf?sequence=1.

MAUNAS, Ever. Engranaje Helicoidal. [En línea] 04 de noviembre de 2014. [Consulta: 07 de julio de 2017.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/evermaunaswidmer/fresadora-universal-engranaje-helicoidal>.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Welding Inspection and Metallurgy. [En línea] octubre de 2004. [Consulta: 10 de junio de 2017.] Disponible en: <http://lecturer.ppns.ac.id/munir/wp-content/uploads/sites/14/2015/09/41099933-Welding-Inspection-and-Metallurgy.pdf>.

MY.STERTIL. Elevador de columnas moviles. [En línea] octubre de 2016. [Consulta: 11 de abril de 2017.] Disponible en: https://my.stertil.com/uploads/2016/10/spanish_installation_st1082f-r_32708005-0.pdf.

NIASA. Elevadores a Husillo. [En línea] 2014. [Consulta: 10 de mayo de 2017.] Disponible en: <http://www.niasa.es/documentos/archivos/catalogos/Catalogo%202014%20ES.pdf>.

OMCN. SOLLEVATORI A COLONNE MOBILI. [En línea] 02 de febrero de 2015. [Consulta: 12 de abril de 2017.] Disponible en: http://www.omcn.it/wp-content/uploads/2015/02/10_Ponti-sollevatori-a-colonne-mobili.pdf,

PAZOS, Norma. *Tecnología de los metales y procesos de manufactura.* [En línea] Caracas-Venezuela : Publicaciones UCAB, 2006. [Consulta: 15 de mayo de 2017.] Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=Sx3GrOhecS4C&pg=PA2&lpg=PA2&dq=980-244-427-8.&source=bl&ots=pZZ1qv95d8&sig=VJsiuN9bkEQUIlnSRQKbK1yiFo8&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjD1pT7y9fVAhVC1oMKHaLxAe0Q6AEIKTAB#v=onepage&q=980-244-427-8.&f=false>

POMALU. Engranajes. [En línea] 23 de noviembre de 2016. [Consulta: 07 de julio de 2017.] Disponible en: <http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/engranajes.htm>.

RAVAGLIOLI. Elevadores de columnas moviles de vagones. [En línea] 05 de marzo de 2015. [Consulta: 10 de abril de 2017.] Disponible en: https://ravaglioli.com/wp-content/uploads/2015/03/05_versione-U-658x278.jpg.

SERRANO, Raquel. Ensayos no destructivos Partículas Magnéticas. [En línea] 23 de noviembre de 2016. [Consulta: 02 de junio de 2017.] Disponible en: http://www.raquelserrano.com/wp-content/files/ciencias_t8.2_particulas_magnticas.pdf.

SKY-FORT. Manguera tubo flex C-40. [En línea] 04 de noviembre de 2016. [Consulta: 15 de junio de 2017.] Disponible en: <http://www.skyfort.com/mangueras/tubo-flex-c-40/index.html>.

SYE. Particulas Magnéticas. [En línea] 08 de junio de 2013. [Consulta: 30 de mayo de 2017.] Disponible en: http://www.sye.com.es/pdf_informacion/SYE_indust_01.pdf.

MINISTERIO DEL TRABAJO. Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. [En línea] 19 de noviembre de 2016. [Consulta: 25 de junio de 2017.] Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393.pdf>.

ANEXOS