



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

“ANÁLISIS OPERACIONAL DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, MEDIANTE DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARA ESTABLECER EL ESTADO DEL FUNCIONAMIENTO DEL ASCENSOR DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**NÁJERA LUCIO CRISTIAN GEOVANY
PILATAXI CHUQUI JOSÉ DAVID**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2017**

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-05-12

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**NÁJERA LUCIO CRISTIAN GEOVANY
PILATAXI CHUQUI JOSÉ DAVID**

Titulado:

**“ANÁLISIS OPERACIONAL DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y
ELÉCTRICOS, MEDIANTE DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARA ESTABLECER
EL ESTADO DEL FUNCIONAMIENTO DEL ASCENSOR DEL EDIFICIOS DE
LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

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

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Eduardo Hernández D
DIRECTOR

Ing. Pablo Fiallos V
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: NÁJERA LUCIO CRISTIAN GEOVANY

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ANÁLISIS OPERACIONAL DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, MEDIANTE DIAGNOSTICO TÉCNICO PARA ESTABLECER EL ESTADO DEL FUNCIONAMIENTO DEL ASCENSOR DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2017-16-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Eduardo Hernández DIRECTOR			
Ing. Pablo Fiallos 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. Marco Santillán
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PILATAXI CHUQUI JOSÉ DAVID

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ANÁLISIS OPERACIONAL DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, MEDIANTE DIAGNOSTICO TÉCNICO PARA ESTABLECER EL ESTADO DEL FUNCIONAMIENTO DEL ASCENSOR DEL EDIFICIOS DE LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2016-16-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Eduardo Hernández DIRECTOR			
Ing. Pablo Fiallos 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. Marco Santillán
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.

Nájera Lucio Cristian Geovany

Pilataxi Chuqui José David

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Cristian Geovany Nájera Lucio y José David Pilataxi Chuqui, 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.

Nájera Lucio Cristian Geovany
Cédula de identidad:060432920-1

Pilataxi Chuqui José David
Cédula de identidad: 060462900-6

DEDICATORIA

Cristian Geovany Nájera Lucio.

Esta meta alcanzada la dedico a mis padres Segundo Exequiel Nájera Rivera y Edelma Beatriz Lucio Albiño quienes de una u otra forma supieron guiarme por el camino del bien con sus consejos, valores y enseñanzas para llegar a ser una persona de bien, con responsabilidad y humildad.

A mi hija Emilly Nájera, para que de esta forma tome como ejemplo mi esfuerzo y dedicación para que puede alcanzar sus metas y sueños que se proponga en su vida.

José David Pilataxi Chuqui.

Con mucho amor este logro lo dedico a mis padres José Gabriel Pilataxi Chicaiza y María Cruz Chuqui Guashpa, los dos pilares fundamentales de mi vida, quienes supieron guiarme por el camino correcto, inculcándome valores, responsabilidad, humildad y apoyándome en todos los momentos para cumplir mi sueño, quiero decirles gracias todo el sacrificio que han realizado por encaminarme a ser un hombre de bien que no alcanzara mi vida para agradecerles todo lo que han hecho por mí.

A mis hijos Heidy Pilataxi y David Sebastián para que de esta forma tenga presente que a base de esfuerzo y dedicación se puede alcanzar las metas y sueños que uno se propone.

A mi esposa Elsa Marisol Guashpa por comprenderme y apoyarme todo este momento ser mi complemento mostrando amor, apoyándome en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

Cristian Geovany Nájera Lucio.

Agradezco a mi Dios por darme la vida, acompañarme durante toda mi formación como ser humano y en mi carrera, por darme la fuerza y valor necesario para continuar sin perder la esperanza, a mis hermanos, Pedro, Édison, Maricela y Narcisa por estar siempre dándome la fuerza para seguir adelante con mis estudios, brindándome su apoyo con palabras correctas en el momento adecuado, además de su amistad y como ejemplos a seguir, a mi novia por estar junto a mí, en los buenos y malos momentos ser mi complemento mostrando amor apoyo y afecto.

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento y a los ingenieros Eduardo Hernández y Pablo Fiallos por todos los conocimientos teóricos y prácticos que me han impartido para que pudiera irme formando como profesional y persona de bien.

José David Pilataxi Chuqui.

Agradezco a mi Dios por darme la vida, acompañarme durante toda mi carrera, por darme fortaleza y valor necesario para continuar sin desmayar, a mis hermanos, Luis, Isaías y Samuel por estar siempre pendientes de mí, brindando su apoyo con palabras correctas en el momento justo, además de entregarme su confianza y que con su esfuerzo me han inspirado y ayudado a conseguir mis metas y seguir adelante

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento y a los ingenieros Eduardo Hernández y Pablo Fiallos por todos los conocimientos teóricos y prácticos que me han impartido para que pudiera irme formando como profesional y persona de bien.

CONTENIDO

Pag.

1.	INTRODUCCIÓN.	
1.1	Antecedentes	1
1.1	Justificación	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	<i>Objetivo general</i>	2
1.2.2	<i>Objetivo específicos</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO.	
2.1	Ascensor	3
2.1.1	<i>Tipos de ascensores</i>	3
2.1.1.1	<i>Los ascensores hidráulicos.</i>	3
2.1.1.2	<i>Los ascensores electromecánicos.</i>	4
2.2	Componentes de un ascensor	4
2.2.1	Tracción de los ascensores	5
2.2.1.1	<i>Grupo de tractor en ascensores electromecánico</i>	6
2.2.1.2	<i>Componentes de un tractor electromecánico</i>	6
2.2.2	<i>Grupo de maniobra o control del ascensor.</i>	7
2.2.2.1	<i>Componentes de maniobra o de control del ascensor.</i>	7
2.2.3	<i>Grupo de elevación</i>	7
2.2.3.1	<i>Cabina.</i>	7
2.2.3.2	<i>Puertas</i>	7
2.2.3.3	<i>Contrapeso</i>	7
2.2.3.4	<i>Guías</i>	7
2.2.3.5	<i>Zapatas.</i>	8
2.2.4	<i>Grupo de suspensión</i>	8
2.2.4.1	<i>Cables o correas de suspensión</i>	8
2.2.5	<i>Componentes de mando y señalización</i>	8
2.2.5.1	<i>Elementos de mando</i>	9
2.2.5.2	<i>Elementos de señalización</i>	9
2.2.6	<i>Componentes de seguridad</i>	9
2.2.6.1	<i>Línea o circuito de seguridad</i>	9
2.2.6.2	<i>Freno mecánico</i>	10
2.2.6.3	<i>Mando, control y estado de las puertas de cabina y pisos</i>	10
2.2.6.4	<i>Amortiguador</i>	10
2.2.6.5	<i>Finales de carrera o de emergencia</i>	11
2.2.6.6	<i>Limitador de velocidad</i>	11
2.3	Vibración.	11
2.3.1	<i>Características principales de la vibración.</i>	12
2.3.1.1	<i>Frecuencia natural</i>	12
2.3.1.2	<i>Amplitud</i>	12
2.3.1.3	<i>Fase</i>	12
2.3.1.4	<i>El periodo.</i>	12
2.3.1.5	<i>Frecuencia</i>	12
2.3.1.6	<i>Vibración lineal.</i>	12

2.3.1.7	<i>La resonancia</i>	12
2.3.2	<i>Vibración armónica</i>	12
2.3.3	<i>Vibración periódica</i>	13
2.3.4	<i>Vibración aleatoria</i>	13
2.4	Descripción de los niveles de vibraciones	14
2.4.1	<i>El desplazamiento</i>	14
2.4.2	<i>La velocidad</i>	14
2.4.3	<i>La aceleración</i>	14
2.5	Análisis de vibraciones en función del tiempo y la frecuencia	15
2.5.1	<i>Análisis en función del dominio de tiempo</i>	15
2.5.1.1	<i>El valor pico</i>	16
2.5.1.2	<i>El valor pico a pico</i>	16
2.5.1.3	<i>El valor RMS</i>	16
2.5.2	<i>Análisis en el dominio de la frecuencia</i>	16
2.5.2.1	<i>La velocidad en el dominio de la frecuencia</i>	16
2.5.2.2	<i>El desplazamiento en el dominio de la frecuencia</i>	16
2.5.2.3	<i>La aceleración en el dominio de la frecuencia</i>	16
2.5.3	<i>Unidades de medición para la vibración</i>	16
2.6	Mediciones de vibraciones en la maquinaria industrial	17
2.6.1	<i>Medición acústica en vibración de máquinas</i>	17
2.6.2	<i>Medición de superficies en vibración de máquinas</i>	17
2.6.2.1	<i>Medición de forma discreta para el análisis de vibraciones</i>	18
2.6.2.2	<i>Medición de forma directa para el análisis de vibraciones</i>	18
2.6.2.3	<i>Medición indirecta de superficie</i>	18
2.7	Normativas de vibración	18
2.7.1	<i>NORMA ISO 10816-1</i>	18
2.7.2	<i>Severidad de vibraciones</i>	18
2.7.3	<i>Cartas de Charlotte</i>	19
2.7.3.1	<i>Desbalanceo estático</i>	19
2.7.3.2	<i>Desbalanceo tipo par</i>	20
2.7.3.3	<i>Desbalanceo dinámico</i>	20
2.7.3.4	<i>Desalienación angular</i>	20
2.7.3.5	<i>Desalienación paralela</i>	20
2.7.3.6	<i>Desalienación en el rodamiento inclinado al eje</i>	21
2.7.3.7	<i>Desgaste en el diente del engranaje</i>	21
2.7.3.8	<i>Carga del diente de engranaje</i>	21
2.7.3.9	<i>Problemas en poleas y correas desgastadas, holgadas o mal acopladas</i>	22
2.7.3.10	<i>Desalineamiento de poleas</i>	22
2.7.3.11	<i>Excentricidad en poleas</i>	23
2.8	Termografía	23
2.8.1	<i>Características principales de la cámara termográfica</i>	23
2.8.1.1	<i>Emisividad</i>	24
2.8.1.2	<i>Reflectividad</i>	24
2.8.1.3	<i>Transmisividad</i>	24
2.8.2	<i>Aplicación de la termografía</i>	24
2.8.2.1	<i>Detección de conexiones eléctricas sueltas</i>	24
2.8.2.2	<i>Detección de desequilibrios y sobrecargas eléctricas</i>	24
2.8.3	<i>Normativa de termografía de tableros eléctricos</i>	25
2.9	Eficiencia energética en motores eléctricos	25
2.9.1	<i>Eficiencia</i>	25

2.9.2	<i>Eficiencia mínima asociada</i>	26
2.9.3	<i>Eficiencia nominal (η)</i>	26
2.9.4	<i>Motor eléctrico</i>	26
2.9.5	<i>Motor eléctrico trifásico</i>	26
2.9.6	<i>Potencia de entrada</i>	26
2.9.7	<i>Potencia de salida</i>	26
2.9.8	<i>Potencia nominal</i>	26
2.9.9	<i>Pérdidas totales</i>	26
2.9.10	<i>Requisitos específicos</i>	26
2.9.10.1	<i>Eficiencia nominal del motor</i>	26
2.9.10.2	<i>Eficiencia mínima asociada</i>	26

3. DESCRIPCIÓN TÉCNICO DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS DEL ASCENSOR.

3.1	Grupo de tracción.....	28
3.1.1	<i>Motor</i>	29
3.1.2	<i>Reductor</i>	29
3.1.3	<i>Polea</i>	30
3.2	Control de maniobras.....	31
3.2.1	<i>Tablero de control</i>	31
3.2.2	<i>Componentes</i>	32
3.3	Grupo de mando.....	34
3.3.1	<i>Caja térmica</i>	34
3.4	Grupo de elevación.....	34
3.5	Grupo de seguridad.....	34
3.5.1	<i>Circuito de seguridad</i>	35
3.5.2	<i>Regulador de velocidad</i>	35
3.5.3	<i>Interruptor del regulador de velocidad</i>	36

4. MEDIDAS DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, MEDIANTE VIBRACHECK 200ABG, SATIR E8 Y FLUKE 435 SERIES II.

4.1	Introducción.....	37
4.1.1	<i>Metodología</i>	37
4.1.2	<i>Equipos y accesorios utilizados para la adquisición de datos</i>	37
4.1.2.1	<i>Equipo de diagnóstico vibracional VIBRACHEK 200 AGB</i>	37
4.1.2.2	<i>Equipo de diagnóstico termográfico Satir E8</i>	39
4.1.2.3	<i>Equipo de diagnóstico de la calidad de energía FLUKE 435 SERIES II</i>	41
4.1.3	<i>Creación y configuración de las rutas de medición</i>	43
4.1.4	<i>Identificación y determinación de los puntos de medición</i>	45
4.1.4.1	<i>Identificación y determinación de los puntos de medición</i>	45
4.2	Medición de vibraciones en el ascensor a diferentes cargas.....	46
4.2.1	<i>Determinación de las frecuencias del sistema de transmisión del ascensor</i> ..	46
4.2.1.1	<i>Frecuencia fundamental del motor</i>	46
4.2.1.2	<i>Frecuencia fundamental del reductor</i>	46
4.2.1.3	<i>Frecuencia fundamental del freno mecánico</i>	47
4.2.1.4	<i>Frecuencia fundamental de la polea</i>	47
4.2.2	<i>Medición realizada en la etapa de subida del ascensor</i>	48
4.2.2.1	<i>Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en el motor</i> ..	49
4.2.2.2	<i>Mediciones realizadas con el equipo en el reductor</i>	49
4.2.2.3	<i>Mediciones realizadas con el equipo en el freno mecánico</i>	50

4.2.2.4	<i>Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en la polea.</i>	50
4.2.3	<i>Medición realizada en la etapa de bajada del ascensor.</i>	51
4.2.3.1	<i>Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en el motor.</i>	51
4.2.3.2	<i>Mediciones realizadas con el equipo en el reductor.</i>	52
4.2.3.3	<i>Mediciones realizadas con el equipo en el freno mecánico.</i>	52
4.2.3.4	<i>Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en la polea.</i>	53
4.3	<i>Mediciones de análisis termográfico en el ascensor a diferentes cargas.</i>	54
4.3.1	<i>Parámetros principales para el análisis termográfico.</i>	54
4.3.1.1	<i>Pasos a seguir para realizar la inspección termográfica.</i>	55
4.3.2	<i>Recolección y análisis de termograma del tablero de control del ascensor.</i>	55
4.3.2.1	<i>Inspección termográfica del tablero de control del ascensor.</i>	55
4.3.2.2	<i>Análisis de cada uno de los termogramas en el software.</i>	56
4.3.3	<i>Severidad de temperatura de cada elemento inspeccionado.</i>	56
4.4	<i>Mediciones de la calidad de energía del ascensor a diferentes cargas.</i>	58
4.4.1	<i>Calidad energética de caja térmica y el tablero de control</i>	58
4.4.2	<i>Calidad energética del motor.</i>	58
4.4.2.1	<i>Cálculo de la potencia eléctrica absorbida por el motor eléctrico.</i>	59
4.4.2.2	<i>Cálculo del rendimiento del sistema de transmisión.</i>	60
4.4.2.3	<i>Cálculo de la potencia desarrollada por el motor eléctrico</i>	59
4.4.2.4	<i>Cálculo de carga del motor eléctrico.</i>	61
4.4.3	<i>Medición de la calidad energética en la etapa de subida del ascensor.</i>	61
4.4.4	<i>Medición de la calidad energética en la etapa de bajada del ascensor.</i>	61

5. DIAGNOSTICO TÉCNICO DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, MEDIANTE ANÁLISIS VIBRACIONAL, TERMOGRÁFICO, Y CALIDAD DE LA ENERGÍA.

5.1	<i>Análisis vibracional de los sistemas mecánicos del ascensor.</i>	63
5.1.1	<i>Espectros del motor en la etapa de subida del lado libre vertical.</i>	63
5.1.1.1	<i>Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.</i>	65
5.1.2	<i>Espectros del reductor en la etapa de subida del lado libre vertical.</i>	66
5.1.2.1	<i>Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.</i>	68
5.1.3	<i>Espectros de la polea en la etapa de subida del lado libre vertical.</i>	70
5.1.3.1	<i>Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.</i>	72
5.1.4	<i>Espectros del motor en la etapa de bajada del ascensor.</i>	73
5.1.4.1	<i>Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.</i>	75
5.1.5	<i>Espectros del reductor en la etapa de bajada del ascensor.</i>	77
5.1.5.1	<i>Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.</i>	79
5.1.6	<i>Espectros de la polea en la etapa de bajada del ascensor.</i>	80
5.1.6.1	<i>Análisis de tendencias en función a la carga aplicada</i>	82
5.2	<i>Diagnostico termográfico de los sistemas eléctricos del ascensor.</i>	84
5.2.1	<i>Análisis termográfico en la caja térmica.</i>	84
5.2.2	<i>Análisis termográfico en elementos de seguridad.</i>	85
5.2.3	<i>Análisis termográfico de la tarjeta electrónica.</i>	85
5.2.4	<i>Análisis termográfico de elementos de control.</i>	86
5.2.4.1	<i>Análisis termográfico del transformador de control</i>	87
5.2.5	<i>Análisis termográfico del elementos de protección.</i>	88
5.2.6	<i>Análisis termográfico del transformador de control.</i>	89
5.2.7	<i>Análisis termográfico de los guarda motor</i>	89
5.3	<i>Análisis de calidad de energía en el sistema transmisión del ascensor.</i>	91
5.3.1	<i>Análisis de potencia en función de la carga aplicada en la etapa de subida.</i>	91

5.3.2	<i>Análisis de intensidad con la carga aplicada en la etapa de subida.....</i>	92
5.3.3	<i>El voltaje en función de la carga aplicada en la etapa de subida.....</i>	93
5.3.4	<i>Factor de potencia en función de la carga en la etapa de subida.....</i>	94
5.3.5	<i>Factor de carga en el sistema de transmisión.</i>	95
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
6.1	Conclusiones.....	96
6.2	Recomendaciones	97

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Pag.

1.	Unidades de medición para la vibración -----	17
2.	Clasificación de equipos-----	18
3.	Severidad de vibraciones-----	19
4.	Acciones sugeridas basadas en el aumento de la temperatura -----	25
5.	Valores de eficiencia nominal para motores trifásicos-----	27
6.	Componentes mecánicos y eléctricos para el diagnóstico técnico.-----	28
7.	Datos técnicos del motor -----	29
8.	Datos técnicos del reductor -----	30
9.	Datos técnicos de la polea-----	31
10.	Componentes de mando y control del ascensor-----	32
11.	Datos técnicos del regulador de velocidad-----	36
12.	Datos técnicos del interruptor del regulador de velocidad -----	36
13.	Accesorios del vibracheck 200 ABG-----	38
14.	Partes de la cámara termográfica SATIR E8-----	40
15.	Partes y accesorios del FLUKE SERIES II 435 -----	42
16.	Frecuencia fundamental de cada componente del ascensor -----	48
17.	Frecuencias generadas en el lado vertical del motor de subida-----	49
18.	Frecuencia generada en el lado horizontal del motor de subida -----	49
19.	Frecuencia generada en lado vertical del reductor de subida -----	49
20.	Frecuencia generada en lado horizontal del reductor de subida -----	50
21.	Frecuencia generada en el lado vertical del freno mecánico de subida-----	50
22.	Frecuencia generada en el lado horizontal del freno mecánico de subida -----	50
23.	Frecuencia generada en el lado vertical de la polea de subida-----	51
24.	Frecuencia generada en el lado horizontal de la polea de subida-----	51
25.	Frecuencia generada en el lado vertical del motor de bajada -----	51
26.	Frecuencia generada en el lado horizontal del motor de bajada -----	52
27.	Frecuencia generada en el lado vertical del reductor de bajada -----	52
28.	Frecuencia generada en el lado horizontal del reductor de bajada -----	52
29.	Frecuencia generada en el lado vertical del freno mecánico de bajada-----	53
30.	Frecuencia generada en el lado horizontal del freno mecánico de bajada -----	53
31.	Frecuencia generada en el lado vertical de la polea de bajada-----	53
32.	Frecuencia generada en el lado horizontal de la polea de bajada-----	53
33.	Análisis de la inspección termográfica de los elementos del tablero de control --	57
34.	Calidad energética del tablero de control -----	58
35.	Valores de medición en el motor en la etapa de subida-----	61
36.	Valores de medición en el motor en la etapa de bajada-----	62
37.	Diagnóstico de la severidad de la caja térmica-----	85
38.	Diagnóstico de severidad de la resistencia de cemento-----	85
39.	Diagnóstico de severidad del relé de estado solido-----	86
40.	Diagnóstico de severidad del banco de seguridad de potencia -----	87
41.	Diagnóstico de severidad del transformador -----	88
42.	Diagnóstico de severidad del banco de seguridad de potencia 2 -----	88
43.	Diagnóstico de severidad del transformador de control -----	89
44.	Diagnóstico de severidad del guarda motor -----	90

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
1. Ascensor sin cuarto de máquinas -----	5
2. Ascensor electromecánico -----	6
3. Vibración temporal desde un punto-----	11
4. Vibración armónica -----	13
5. Vibración periódica -----	13
6. Vibración aleatoria -----	13
7. Parámetros característicos-----	15
8. Desbalanceo estático -----	19
9. Desbalanceo tipo par. -----	20
10. Desbalanceo dinámico -----	20
11. Desalienación angular -----	20
12. Desalienación paralela -----	21
13. Desalienación en el rodamiento -----	21
14. Desgaste en el diente del engrane. -----	21
15. Carga del diente de engrane -----	22
16. Poleas y correas desgastadas o mal acopladas -----	22
17. Desalineamiento de poleas -----	22
18. Excentricidad en poleas -----	23
19. Emisión, reflexión y transmisión. -----	23
20. Inspección termográfica en tableros eléctricos -----	24
21. Inspección en tableros de control -----	25
22. Motor del ascensor -----	29
23. Reductor acoplada al motor -----	30
24. Polea de tracción -----	30
25. Tablero de control -----	31
26. Caja térmica de alimentación -----	34
27. Circuito de seguridad -----	35
28. Regulador de velocidad -----	35
29. Interruptor del regulador de velocidad. -----	36
30. Vibracheck 200 -----	38
31. Cámara termográfica SATIR E8 -----	39
32. Analizador de energía eléctrica -----	41
33. Contenido del kit del analizador -----	42
34. Conexión de las entradas y salidas del sistema a analizar -----	43
35. Creación de rutas de medición -----	44
36. Configuración de los puntos de medición -----	44
37. Determinación de puntos de medición -----	45
38. Frecuencia fundamental del motor -----	46
39. Frecuencia fundamental del reductor -----	47
40. Frecuencia fundamental del freno mecánico -----	47
41. Frecuencia fundamental de la polea -----	48
42. Tablero principal de control del ascensor -----	54
43. Termograma tomado en inspección del tablero -----	55
44. Toma del termograma -----	56
45. Software Satir report (STD) -----	56
46. Toma y adquisición de datos -----	59

47.	Espectro de velocidad del motor en la etapa de subida sin carga -----	63
48.	Espectro de velocidad del motor en la etapa de subida con carga media -----	64
49.	Espectro de velocidad del motor en la etapa de subida con carga máxima -----	64
50.	Gráfica de la frecuencia del motor a diferentes cargas aplicadas -----	65
51.	Gráfica de la amplitud en función a la carga aplicada en el motor-----	66
52.	Valores globales RMS totales en función a la carga aplicada en el motor-----	66
53.	Espectro de velocidad del reductor en la etapa de subida sin carga-----	67
54.	Espectro de velocidad del reductor en la etapa de subida con carga media-----	67
55.	Espectro de velocidad del reductor en la etapa de subida con carga máxima -----	68
56.	Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en el reductor -----	69
57.	Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en el reductor -----	69
58.	Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en el reductor -----	70
59.	Espectro de velocidad de la polea en la etapa de subida sin carga -----	70
60.	Espectro de velocidad de la polea en la etapa de subida con carga media -----	71
61.	Espectro de velocidad de la polea en la etapa de subida con carga máxima-----	71
62.	Gráfica de la frecuencia (CPM) en función de la carga aplicada en la polea -----	72
63.	Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en la polea -----	73
64.	Gráfica de los valores RMS en función de la carga aplicada en la polea -----	73
65.	Espectro de velocidad del motor en la etapa de bajada sin carga -----	74
66.	Espectro de velocidad del motor en la etapa de bajada con carga media -----	74
67.	Espectro de velocidad del motor en la etapa de bajada con carga máxima -----	75
68.	Gráfica de la frecuencia (CPM) en función a carga aplicada en el motor-----	76
69.	Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en el motor. -----	76
70.	Gráfica de los valores RMS en función de la carga aplicada en el motor-----	77
71.	Espectro de velocidad del reductor en la etapa de bajada sin carga-----	77
72.	Espectro de velocidad del reductor en la etapa de bajada con carga media-----	78
73.	Espectro de velocidad del reductor en la etapa de bajada con carga máxima -----	78
74.	Gráfica de la frecuencia (CPM) en función de la carga aplicada en el reductor.--	79
75.	Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en el reductor -----	80
76.	Gráfica de los valores RMS en función de la carga aplicada en el reductor-----	80
77.	Espectro de velocidad de la polea en la etapa de bajada sin carga -----	81
78.	Espectro de velocidad de la polea en la etapa de bajada con carga media -----	81
79.	Espectro de velocidad de la polea en la etapa de bajada con carga máxima-----	82
80.	Gráfica de la frecuencia (CPM) en función de la carga aplicada en la polea -----	83
81.	Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en la polea -----	83
82.	Gráfica de los valores RMS de la polea en función de la carga aplicada.-----	84
83.	Caja térmica-----	84
84.	Fusible y banco de condensados -----	85
85.	Tarjeta electrónica-----	86
86.	Relés, Breakers y Contactores-----	87
87.	Transformador -----	87
88.	Elementos de protección -----	88
89.	Transformador de control -----	89
90.	Guarda motor -----	90
91.	Resultados de severidad de todos los elementos inspeccionados -----	90
92.	Gráfico de la calidad de energía de la potencia en función a la carga -----	92
93.	Gráfico de la calidad de energía de la intensidad en función a la carga -----	93
94.	Gráfico de la calidad de energía del voltaje en función a la carga -----	94
95.	Gráfico de la calidad de energía del voltaje en función a la carga -----	94
96.	Factor de carga en el sistema de transmisión -----	95

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Corriente alterna
CD	Corriente directa
RPM	Revoluciones por minuto
ISO	Organización Internacional De Normalización
INEN	Instituto Ecuatoriano De Normalización
RMS	Nivel de vibración global (valor eficaz)
M	Frecuencia fundamental del motor
R	Frecuencia fundamental del reductor
FNC	Frecuencia natural del cable
P	Frecuencia de la polea
GMF	Frecuencia natural del engrane
ΔT	Variación de temperatura
Tmax	Temperatura máxima
Tmin	Temperatura mínima

LISTA DE ANEXOS

- A Plan de mantenimiento del ascensor
- B Gráficos de los espectros de velocidad en la posición horizontal

RESUMEN

El análisis operacional de los sistemas mecánicos y eléctricos mediante diagnóstico técnico para establecer el estado del funcionamiento del ascensor de los laboratorios de la Facultad de Mecánica. Verificamos el contexto operacional del ascensor y los componentes que lo conforman, para utilizar técnicas basadas en la condición, para analizar y diagnosticar que cada elemento cumpla con los requerimientos establecidos de funcionamiento. A cada sistema se le asignó la técnica adecuada termografía, con la utilización del equipo SATIR E8, para elementos eléctricos los cuales trabajan a distintas temperaturas en el tablero de control. Análisis vibracional utilizando el equipo VIBRACHECK 200 ABG para componentes mecánicos, donde muestra la variación en frecuencia y amplitud cuando el ascensor trabaja a baja, media y máxima carga, si los parámetros varían pueden afectar cada elemento presente en los componentes mecánicos del ascensor. Por último la técnica de análisis de calidad de energía utilizando el equipo FLUKE 435 SERIES II, contribuye al diagnóstico del buen equilibrio y distribución de tensión a los sistemas eléctricos y mecánicos, ya que la variación de estos sistemas podría llevar a la pérdida de uno de estos elementos que conforman el ascensor y pueden generar la inseguridad en los usuarios. Luego del análisis y diagnóstico de las mediciones se obtuvo resultados que presentan variaciones mínimas que no afectan al sistema de transmisión, por lo tanto el ascensor actualmente se encuentra en un estado de buen funcionamiento, sin descartar que en un futuro puedan presentar fallas que serán evitadas con este tipo de análisis, se recomienda utilizar de manera adecuada cada técnica para llegar a tener datos correctos y se pueda realizar un diagnóstico adecuado.

PALABRAS CLAVES: <CALIDAD DE ENERGÍA> <TERMOGRAFÍA>
<DIAGNÓSTICO TÉCNICO> <ANÁLISIS DE VIBRACIONES> <MOTOR ELÉCTRICO> <SEVERIDAD> <EFICIENCIA DEL SISTEMA> <ESPECTRO>

ABSTRACT

The operational analysis of the mechanical and electric systems, through technical diagnosis to establish, the state of operation of the elevator of the laboratories in the Faculty of Mechanics. We verify the operational context of the elevator and the components that make it up, to use techniques based on the condition, to analyze and diagnose that each element meets the requirements for which they were acquired without exceeding the established operating parameters. Each system was assigned the appropriate thermography technique, using the SATIR E8 equipment, for electrical elements which work at different temperatures in the control board. Vibration analysis using the VIBRACHECK 200 ABG equipment for mechanical components, showing the variation in frequency and amplitude when the elevator works at low, medium and maximum loads, if the parameters vary can affect each element present in the mechanical components of the elevator. Finally the technique of energy quality analysis using the FLUKE 435 SERIES II equipment contributes to the diagnosis of good balance and voltage distribution to the electrical and mechanical systems, since the variation of these systems could lead to the loss of one of these elements that make up the elevator and can generate the insecurity in the users. After the analysis and diagnosis of the measurements were obtained results that present minimal variations that do not affect the transmission system, so the elevator is now in good condition, without ruling out that in the future could present failures that would be avoided with this type of analysis, it is recommended to use each technique in an appropriate way to get the correct data and therefore a correct diagnosis will be obtained.

KEYWORDS: < ENERGY QUALITY> <THERMOGRAPHY> <TECHNICAL DIAGNOSTICS> <VIBRATION ANALYSIS> <ELECTRICAL ENGINE> <SEVERITY> <SYSTEM EFFICIENCY> <SPECTRUM>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, acorde al adelanto tecnológico y científico del mundo. Tienen la necesidad de formar profesionales capaces de formarse en el campo laboral e industrial donde la escuela de Ingeniería de Mantenimiento forma un pilar fundamental en la industria. Utilizando técnicas y equipos de mantenimiento de forma eficaz garantizando el funcionamiento adecuado de los activos.

Donde los modos de fallos que pueden presentar en un ascensor durante su funcionamiento nos lleva tener en cuenta las diferentes problemáticas que puede tener en los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, donde las diferentes técnicas de mantenimiento puedan mitigar el problema, con la aplicación de un análisis mediante diagnóstico técnico podemos verificar el estado técnico de funcionamiento y garantizar el funcionamiento óptimo del ascensor. Todos los problemas que pueden presentarse durante el estado operacional del ascensor podrían ser medidos y analizados su severidad utilizando técnicas predictivas y la utilización de equipos, lo cual nos garantiza el funcionamiento adecuado del ascensor.

1.1 Justificación

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Mecánica se procederá a realizar un análisis operacional basado en el diagnóstico técnico del ascensor utilizando equipos predictivos para complementar un estado técnico y adecuado en su funcionamiento, con el fin de mejorar la accesibilidad de las personas.

Los equipos mecánicos y eléctricos tienen la probabilidad de presentar fallos en la etapa inicial, donde el funcionamiento de un ascensor debe estar en un estado adecuado, con la finalidad de garantizar la seguridad y evitar accidentes catástrofes al momento de operar los mismos, se debe tener en cuenta que al operar un ascensor este debe estar en las condiciones fiables que puedan ser utilizados por las personas necesarias. El presente trabajo se pretende realizar un análisis operacional de los sistemas mecánicos y eléctricos

mediante el diagnóstico técnico, con la ayuda de equipos predictivos y la adquisición de datos que ayudaran a verificar los parámetros fundamentales que el ascensor debería cumplir, donde nos permita verificar el estado técnico de funcionamiento y garantizar la seguridad de las personas durante la movilidad o accesibilidad en el campo institucional y de forma continua contribuir con el crecimiento socio-económico de la institución.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo general.* Analizar el estado operacional de los sistemas mecánicos y eléctricos, mediante diagnóstico técnico para establecer el estado del funcionamiento del ascensor del edificio de laboratorios de la Facultad de Mecánica.

1.2.2 *Objetivos específicos:*

Conocer las características de los diferentes componentes, equipos y elementos del sistema mecánico y eléctrico.

Realizar análisis basados en la condición de cada uno de los componentes mecánicos y eléctricos, mediante las técnicas: termografía, análisis vibracional, análisis de la calidad de energía del ascensor.

Realizar las respectivas mediciones de los componentes mecánicos y eléctricos que cumplan con las características principales para garantizar el funcionamiento.

Diagnosticar los datos obtenidos, mediante los diferentes análisis realizados en los componentes mecánicos y eléctricos.

Realizar acciones preventivas mediante el análisis de la condición de los componentes mecánicos y eléctricos para establecer el estado de buen funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Ascensor

“Un ascensor o elevador es un conjunto de mecanismos que generan movimiento vertical planteado y estructurado para el transporte de las personas o cargas a diferentes alturas para las que fue diseñada. También es utilizada para elevar y descender de un cimiento o una construcción de edificación a diferentes alturas, constituida por partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que actúan como un sistema de transmisión para lograr un medio en la movilidad de las personas". (MOLINA , 2013)

De las diferentes tecnologías utilizadas en la instalación y operación de los ascensores ha generado un nivel elevado para el funcionamiento, el progreso con las técnicas modernas no se puede dar por finalizado ya que cada uno de los ascensores instalados originan demandas en las prestaciones de bienes o servicios que son las siguientes:

- Rapidez del recorrido más alta (0.2 hasta 1.2 m/s).
- Fiabilidad y seguridad en la operación.
- Equilibrios más puntuales e diferentes de las personas y cargas.
- Disminución en el tiempo de espera para cualquier contexto de emergencia.
- Adquirir componentes flexibles que optimicen las tareas de tráfico.
- Prevención y control de su funcionamiento.
- Comodidad en la demanda de servicio de los usuarios.

2.1.1 *Tipos de ascensores.* De acuerdo a su técnica de funcionamiento existen dos tipos: los ascensores hidráulicos y electromecánicos.

2.1.1.1 *Los ascensores hidráulicos.* Su funcionamiento depende de un sistema de elevación con elementos hidráulicos. La ventaja fundamental es que la central hidráulica no tiene que estar montada en el mismo sitio del ascensor, lo cual nos genera una ganancia importante en la instalación. Una de las principales ventajas es la instalación en estructuras que no están previamente preparadas para instalar el ascensor.

2.1.1.2 *Los ascensores electromecánicos.* Los sistemas de transmisión en el grupo de tracción son los diferentes componentes eléctricos combinados con sistemas mecánicos.

La instalación más usual, es el que forma el grupo de tracción mediante la composición de un motor eléctrico y un sistema de cables o cadenas de elevación animadas por poleas o piñones respectivamente.

Los ascensores electromecánicos tienen las diferentes ventajas en el trabajo de mayor capacidad, fiabilidad y seguridad en el funcionamiento que los hidráulicos optimizando el tiempo en el movimiento mediante el uso de la electrónica, conformado de diferentes sistemas integrados de variación de velocidad de los motores, mediante elementos estáticos de variadores de frecuencia etc. (COMESAÑA COSTAS, 2008)

2.2 Componentes de un ascensor

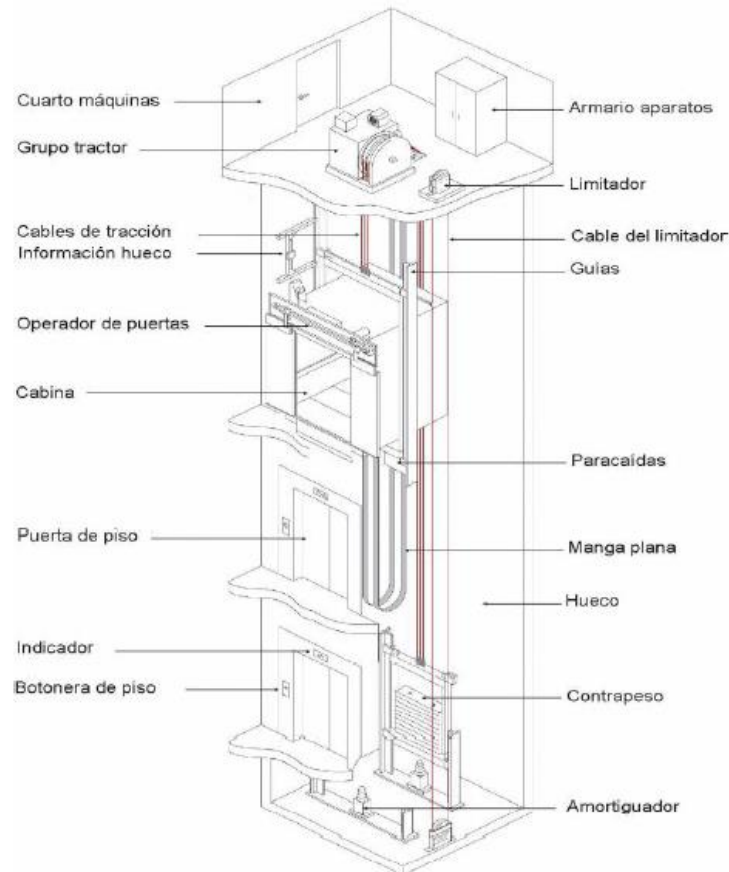
Los ascensores de acuerdo al tipo de funcionamiento e instalación están conformados por diferentes componentes mecánicos y eléctricos que conjuntamente actúan entre sí para generar un movimiento determinado, cada componente está conformado por múltiples elementos individuales que se los puede agrupar por grupos:

- Grupo de tracción.
- Grupo de maniobra o control.
- Grupo de elevación.
- Grupo de suspensión.
- Dispositivos de mando y señalización.
- Componentes de seguridad.

En función a los elementos, componentes o grupos del ascensor debemos agrupar en sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, lo cual nos permite utilizar una técnica correcta para cada componente donde se pueda realizar un análisis mediante el diagnóstico técnico con la ayuda de los equipos predictivos, donde el desarrollo nos garantice la fiabilidad, seguridad y mantenibilidad del ascensor en la operación. (MIRAVETE, y otros, 2007)

El tipo de ascensor que vamos a analizar para nuestro estudio es de una instalación con cuarto de máquinas, donde podemos verificar los siguientes componentes.

Figura 1. Ascensor con cuarto de máquinas



Fuente: (Manual Schindler)

2.2.1 *Grupo de tracción de los ascensores.* Uno de los mecanismos más principales en la instalación y funcionamiento del ascensor es el mencionado grupo o conjunto tractor.

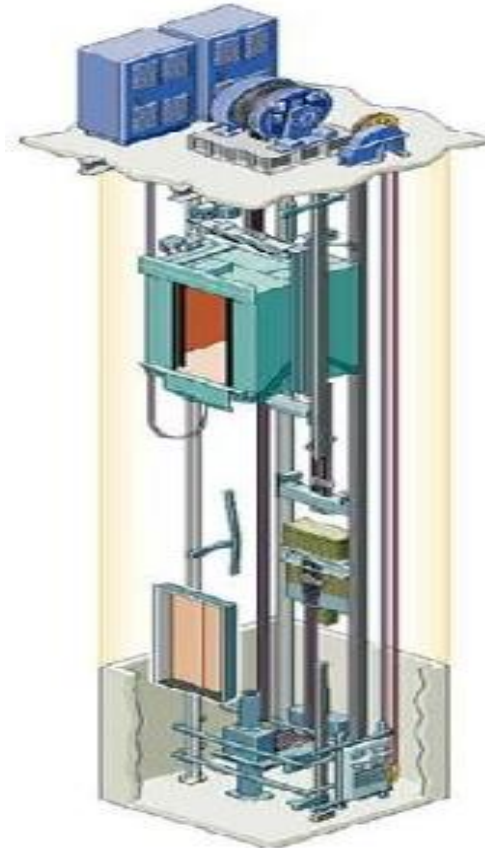
Este componente tiene la función principal de ascender y descender la cabina y el contrapeso, por lo tanto su grupo tractor depende de su función y del tipo de energía utilizada en su operación y se agrupan en los siguientes:

- Ascensores electromecánicos.
- Ascensores hidráulicos.

Para nuestro análisis debemos verificar el contexto operacional de los diferentes componentes del grupo de tracción de los ascensores electromecánicos.

2.2.1.1 *Grupo de tractor en ascensores electromecánicos.* Dentro del grupo electromecánico la función que debe cumplir es de generar una velocidad angular, en función de un motor eléctrico trifásico, donde se transmite por medio del reductor a la polea y junto a los cables generan un movimiento lineal. (MOLINA , 2013)

Figura 2. Ascensor electromecánico



Fuente: (Manual Schindler)

2.2.1.2 *Componentes de un tractor electromecánico.* En función del reductor los componentes del grupo tractor son:

- Motor: Frecuentemente se utiliza de corriente alterna asíncrona trifásica.
- Reductor: Tornillo sin fin o de tipo corona.
- Freno mecánico: De accionamiento eléctrico por medio de electroimanes o discos.
- Polea tractora: Acoplada al eje del engranaje o tornillo sin fin.
- Polea desvió: Acoplada a los cables del contrapeso.
- Bancada: Soporte metálico donde se apoya todo el conjunto.
- Dispositivo adicionales: Para el accionamiento manual del grupo tractor: en función de existir el cuarto de máquinas. (MOLINA , 2013)

2.2.2 *Grupo de maniobra o control del ascensor.* El grupo de maniobra es la parte fundamental en la instalación y operación del ascensor.

Su objetivo principal es ascender y descender a los usuarios con facilidad y seguridad durante el tiempo de operación a las diferentes niveles para las que fue instalada, del mismo modo decide si la cabina está disponible y en que continuidad las llamadas son brindadas por las personas o cargas establecidas. (MOLINA , 2013)

2.2.2.1 *Componentes de maniobra o de control del ascensor.* Dentro de los elementos principales de maniobra y de control del ascensor son los siguientes: Relés, conmutadores, logos, transistores y circuitos lógicos programables.

2.2.3 *Grupo de elevación.* Es la parte fundamental destinado a transportar y elevar a los usuarios y las cargas al piso de destino. (MOLINA , 2013)

En el grupo de elevación existen una serie de componentes mecánicos y eléctricos que son: Cabina, puertas, contrapeso, guías y zapatas.

2.2.3.1 *Cabina.* Es un elemento fundamental donde se elevan personas o cargas en general está compuesto por una estructura metálica, plataforma de suelo y las puertas correspondientes. (MOLINA , 2013)

2.2.3.2 *Puertas.* Es una estructura de superficie sin perforaciones que tienen como función cerrar bien el acceso al hueco, o bien el acceso a la cabina. En función de la instalación y montaje las puertas se dividen en los siguientes: Puertas de piso y cabina. (MOLINA , 2013)

2.2.3.3 *Contrapeso.* Son bloques de la masa de diferentes kilogramos, que asegura la tracción en los ascensores. Por lo principal está formado por una armadura o bastidor realizado con partes de acero, donde se apilan los bloques para el equilibrio de la instalación entre la cabina y el contrapeso sea el adecuado. (MOLINA , 2013)

2.2.3.4 *Guías.* Son mecanismos rígidos que son destinados a guiar la cabina, el contrapeso en un equilibrio durante el funcionamiento. Tanto la cabina como el contrapeso deben estar guiados cada uno por lo menos por dos guías. (MOLINA , 2013)

De acuerdo a las características de la instalación y de funcionamiento, tanto las guías de la cabina y del contrapeso pueden estar instalado bajo los dos parámetros importantes:

- Guías apoyadas: Son los que permanecen fijos sobre el suelo del foso.
- Guías suspendidas: Se enganchan de la losa a una carga del cuarto de máquinas.

2.2.3.5 *Zapatas*. También llamadas rozadores, son componentes combinados de un soporte que se forma para su fijación al elemento móvil de la instalación (cabina y contrapeso). (MIRAVETE, y otros, 2007)

2.2.4 *Grupo de suspensión*. Forman la parte esencial del ascensor, conformado de un conjunto de cables, correas, cadenas y accesorios, que de una u otra forma descienden y elevan la cabina y el contrapeso del parte superior a la parte inferior o viceversa, a lo largo del recorrido de las mismas. Y estos generan movimiento por la polea tractora del grupo tracción. (MOLINA , 2013)

2.2.4.1 *Cables o correas de suspensión*. Los cables de la cabina y el contrapeso en los ascensores tienden a estar suspendidas a través de cables o correas de suspensión. Los cables de tracción están conformados por cuerdas cruzados helicoidalmente sobre una base de textil o metálica. (MOLINA , 2013)

Las correas de tracción de perfil en V, están conformados de un sistema de cables de acero de diámetro pequeño, para hacerla más elásticas y son revestidos de goma sintética. Los cables de suspensión y elevación de una instalación conviene tener un diámetro mayor a 8 mm y los cables en los ascensores de una etapa inicial de operación deben ser como mínimo menor a 2mm. (MOLINA , 2013)

2.2.5 *Componentes de mando y señalización*. Son grupos que conforman la parte principal del mando y control de toda la instalación del ascensor y que son necesarios para que las personas puedan dirigir su funcionamiento al sitio correspondiente de forma segura y se agrupan de acuerdo a su operación.

- Elementos de mando.
- Elementos de señalización.

2.2.5.1 *Elementos de mando.* Son necesarios para indicar al control de un ascensor para poner en funcionamiento.

Estos elementos son distinguidos normalmente como botoneras donde podemos clasificar dependiendo de su disposición y la función necesaria:

- Botoneras de piso.
- Botoneras de cabina.

2.2.5.2 *Elementos de señalización.* Aquellos que son necesarios para mostrar a las personas, la verificación del ascensor de las siguientes partes:

- Posición de la cabina.
- Dirección del sentido de recorrido.
- Disponibilidad de la instalación.

2.2.6 *Componentes de seguridad.* Entre los dispositivos y componentes principales en el campo de la seguridad del ascensor controlados por el mando son los siguientes:

- La línea o circuito de seguridad
- El freno mecánico.
- Mando, control y estado de las puertas de cabina y pisos.
- Amortiguador.
- Finales de carrera o de emergencia.

2.2.6.1 *Línea o circuito de seguridad.* Es uno de los sistemas eléctricos formados por diversos acercamientos eléctricos que se reflejan en el estado de los componentes de seguridad correspondientes y conectadas en serie.

La línea seguridad tiene como función u objetivo principal controlar de forma permanente el paro del ascensor e informar de cualquier anomalía que se detecta o se puede encontrar, en un tiempo desarrollado o de operación, donde la tracción es parada y el freno mecánico es activado. (MOLINA , 2013)

2.2.6.2 *Freno mecánico.* Forma parte del grupo de tracción de toda la instalación y operación del ascensor, pero forma como parte principal de la seguridad y se utiliza para detener el movimiento de la cabina cuando el ascensor está en funcionamiento o bloquearla cuando la instalación está en reposo o sin alimentación. (MOLINA , 2013)

El freno mecánico se produce a efectos de seguridad de tal forma a una ausencia de la alimentación en el ascensor se lo puede realizar por la acción de los muelles.

2.2.6.3 *Mando, control y estado de las puertas de cabina y pisos.* Conformados como parte de la seguridad y están formados por: Control de estado de las puertas de piso, control de estado de las puertas de cabina.

El control de estado de las puertas de piso son accionados de forma manual, semiautomático o automático, sirven como barreras de seguridad al separar los pisos con el foso del ascensor. Donde un dispositivo de bloqueo conocido como cerraje, asegura que la apertura de puerta sea un piso destinado. Adicionalmente el proceso de bloqueo es indicado al mando, por el estado de los contactos eléctricos de la cerraje que se encuentran integrados en la línea de seguridad. (MOLINA , 2013)

El control de estado de las puertas de cabina son accionados de forma manual o automático, sirven como barreras de seguridad ya que evitan que los usuarios puedan contactar con las paredes del foso. Durante el viaje las puertas han de estar cerradas, ofreciendo una gran resistencia a su apertura manual o bloqueo mecánico, a la vez que un contacto eléctrico indica al mando su estado. Parte del contacto se monta en zona fija de la puerta, y otra parte se monta en zona móvil. El contacto está conectado en la línea o circuito de seguridad, por lo que el funcionamiento verifica el estado puerta.

2.2.6.4 *Amortiguador.* Componente de seguridad seleccionado a servir de tope de la cabina y el contrapeso, amortiguando en el final de recorrido y constituido por un sistema de frenado por muelle. (MOLINA , 2013)

Tienen la función principal de asegurar la parada de la cabina con una desaceleración no peligrosa para los usuarios, cuando esta sobrepasa el nivel inferior del piso (amortiguadores de cabina) o el nivel superior del piso (amortiguadores del contrapeso).

Los amortiguadores de acumulación de energía son usados en instalaciones de velocidad nominal menor de 1 m/s. (MOLINA , 2013)

Los amortiguadores de disipación de energía son usados en instalaciones de velocidad nominal mayor a 1 m/s. (MOLINA , 2013)

2.2.6.5 *Finales de carrera o de emergencia.* Son dispositivos eléctricos de seguridad que desconectan el circuito de maniobra del motor en caso de alguna anomalía que reciba la cabina o rebase en cualquier de los dos sentidos de la posición extrema.

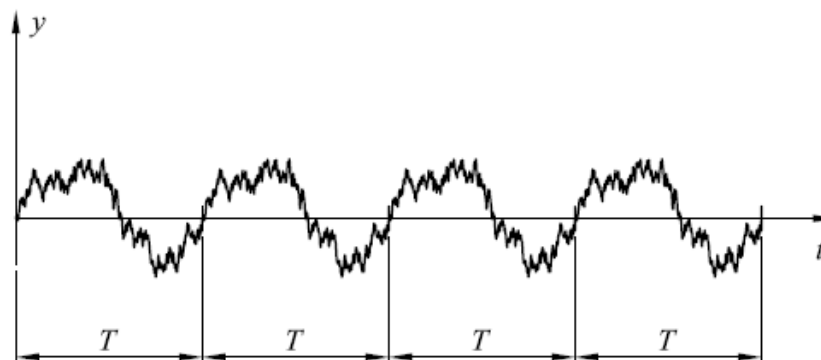
El interruptor es generalmente accionado por la misma cabina, obligando que la actuación con el contrapeso sean los más severos o en los casos extremos tenga un simultáneo contacto con los amortiguadores. Eléctricamente se instalan en la línea de seguridad y su activación genera una parada de emergencia y por lo tanto genera la desconexión de la tracción y el accionamiento del freno mecánico. (BARTELS SÁNCHEZ, 2005)

2.2.6.6 *Limitador o regulador de velocidad.* Son dispositivos de seguridad para los ascensores con velocidades superiores a 0.75 m/s, deben llevar instalados un interruptor que se active e que pueda interrumpir el paso de la corriente al motor, cuando el limitador de velocidad este activado. (BARTELS SÁNCHEZ, 2005)

2.3 Vibración.

Son oscilaciones mecánicas alrededor de un punto de equilibrio y estas oscilaciones pueden ser periódicas o aleatorias. (NORMA ISO 2041)

Figura 3. Vibración temporal desde un punto



Fuente: (SÁNCHEZ MARÍN, y otros, 2007)

2.3.1 *Características principales de la vibración.* Las características de la vibración son las siguientes.

2.3.1.1 *Frecuencia natural.* Es la vibración de un sistema mecánico que puede ser tanto lineal o amortiguada. (NORMA ISO 2041)

2.3.1.2 *Amplitud.* Es la distancia máxima de la onda desde el punto de equilibrio. (GLEN WHITE, 2010)

2.3.1.3 *Fase.* Diferencia de tiempo entre dos ondas senoidales que pueden ser en desplazamiento, velocidad y aceleración, donde la fase entre estas es de 90° , por lo tanto se lo representa en grados o radianes. (GLEN WHITE, 2010)

2.3.1.4 *El periodo.* Tiempo necesario para un ciclo, o para un recorrido de ida y vuelta, o de un cruce del nivel cero, hasta el siguiente cruce del nivel cero en la misma dirección. El periodo se mide en segundos o milisegundos dependiendo de qué tan rápido se varíe la onda. (GLEN WHITE, 2010)

2.3.1.5 *Frecuencia.* Recíproco del período (tiempo de repetición de un fenómeno periódico). Se expresa en Hertz [Hz], lo cual se corresponde con un ciclo por segundo. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

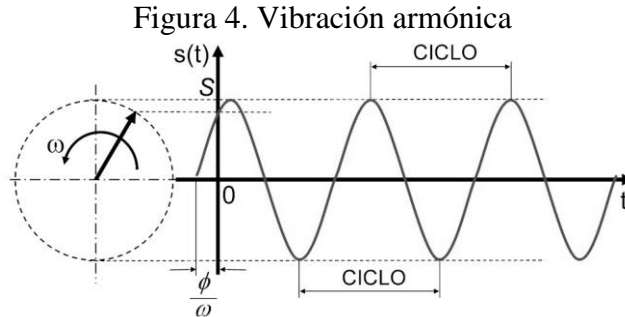
2.3.1.6 *Vibración lineal.* Vibración en la cual el recorrido vibratorio de un punto tiene lugar a una línea recta. (NORMA ISO 2041)

2.3.1.7 *La resonancia.* Un sistema bajo vibraciones forzadas, existe cuando cualquier variación, incluso muy pequeña, en la frecuencia de la excitación, causa una disminución en la respuesta del sistema. (NORMA ISO 2041)

El movimiento físico de una máquina rotatoria se interpreta como una vibración cuya frecuencia y amplitud tienen que ser cuantificada a través de un dispositivo que convierta éstas en un producto que pueda ser medido y analizado. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

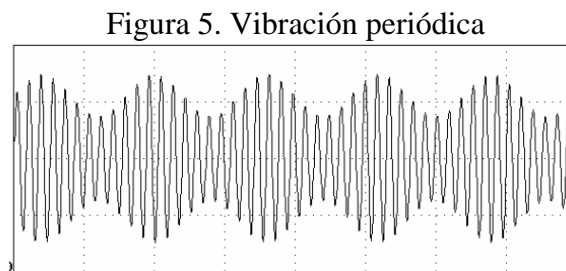
2.3.2 *Vibración armónica.* Es la forma más simple de vibración. Caracterizada por una senoide, puede ser generada en sistemas lineales debido a la presencia de alguna

variación potencial, un desbalance, en la (Figura 4) se observar. Este movimiento puede ser estudiado a través de un vector rotatorio con velocidad angular constante ω a partir de la cual se define la frecuencia de vibración f expresada en Hertz [Hz].



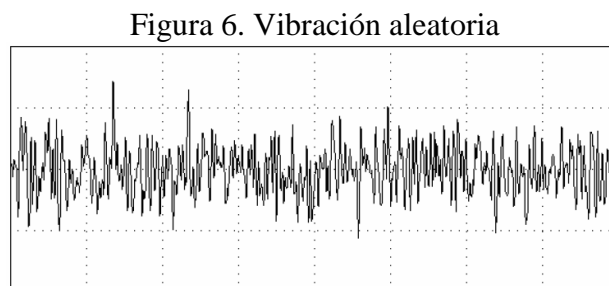
Fuente. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.3.3 *Vibración periódica.* Es un movimiento que se repite periódicamente tal y como se observa en la (Figura 5). Por ejemplo, un problema en una rueda dentada puede producir una vibración que aunque no es armónica puede ser periódica.



Fuente. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.3.4 *Vibración aleatoria.* Ocurre en forma errónea y tiene frecuencias en toda la banda de frecuencias analizada. Esto se da puesto que las vibraciones aleatorias producirán un espectro continuo o lo que es lo mismo, el espectro estará constituido por infinitas vibraciones armónicas, cada una caracterizada por su amplitud, frecuencia y fase respectivamente.



Fuente. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.4 Descripción de los niveles de vibraciones

Las vibraciones son observadas en el tiempo o en frecuencia. Al realizar la medición del nivel de vibraciones es necesario identificar qué magnitud física se desea cuantificar para describir la vibración. De esta manera la descripción de los niveles de vibración pueden ser en función del desplazamiento, velocidad, aceleración. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.4.1 *El desplazamiento.* Es una magnitud vectorial que describe el cambio de posición de un cuerpo o partícula con respecto a un sistema de referencia.

$$d(t) = D \operatorname{sen}(2\pi ft) \quad \text{Ecuación (1)}$$

2.4.2 *La velocidad.* Es un vector que especifica la derivada del desplazamiento en el tiempo.

$$v(t) = (2\pi f)D \operatorname{sen}\left(2\pi ft + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{Ecuación (2)}$$

2.4.3 *La aceleración.* Es un vector que especifica la derivada de la velocidad en el tiempo.

$$a(t) = (2\pi f)^2 D \operatorname{sen}(2\pi ft + \pi) \quad \text{Ecuación (3)}$$

Estas magnitudes pueden ser expresadas según las siguientes relaciones:

Estas magnitudes están relacionadas entre sí en términos de amplitud es decir, para ondas armónicas sus amplitudes se relacionan a través de la frecuencia de la propia onda, según:

$$V = \frac{A}{2\pi f} ; D = \frac{A}{2\pi f} ; D = \frac{A}{(2\pi f)^2} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Siendo:

- D, la amplitud de desplazamiento
- V, la amplitud de velocidad
- A, la amplitud de aceleración

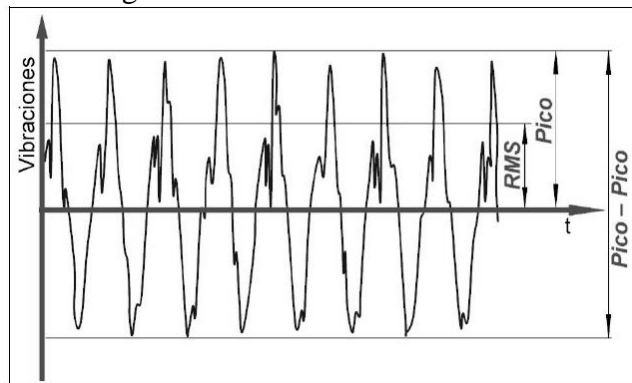
2.5 Análisis de vibraciones en función del tiempo y la frecuencia

2.5.1 *Análisis en función del dominio de tiempo.* En la Figura 7 se observa la representación de una vibración en el dominio del tiempo, a partir de la cual, en términos de nivel de vibraciones se han indicado los valores pico, pico-pico y RMS. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

De todos, el más analizado en la medición de vibraciones es el valor RMS o valor efectivo que está asociado a la potencia de la vibración. Se determina en forma discreta según la fórmula que depende del valor pico proporcionalmente a los valores RMS:

$$Y_{RMS} = 0.707Y_{PICO} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Figura 7. Parámetros característicos



Fuente. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

Un factor de mayor importancia para el diagnóstico de máquinas y estructuras es el llamado factor de cresta (CF), expresado según el cociente entre el valor pico y el valor RMS.

$$CF = \frac{Y_{PICO}}{Y_{RMS}} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Normalmente, la determinación del valor pico-pico se emplea para las mediciones de desplazamiento. Los valores de pico y RMS se usan para las mediciones de velocidad y aceleración, pero recuerde que el valor RMS está relacionado directamente con la potencia de la señal vibroacústica medida. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.5.1.1 *El valor pico.* Es el valor máximo de una magnitud (aceleración, velocidad, desplazamiento) que varía durante un intervalo de tiempo. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.5.1.2 *El valor pico a pico.* Es la diferencia algebraica entre los valores extremos de una magnitud que varía durante un intervalo de tiempo. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.5.1.3 *El valor RMS.* Si el movimiento armónico simple es simétrico el valor medio o el valor RMS se describe como la raíz media cuadrática. (SÁNCHEZ MARÍN, y otros, 2007)

2.5.2 *Análisis en el dominio de la frecuencia.* Cuando se procede a realizar la medición de las vibraciones sobre la descomposición de estas en su contenido a diferentes frecuencias, es necesario decidir que magnitud se medirá. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.5.2.1 *La velocidad en el dominio de la frecuencia.* Es la medida de cuán rápido la superficie vibrante alcanza sus posiciones máximas. El rango de frecuencias efectivo para transductores de velocidad es de entre 10Hz y 2000Hz aproximadamente. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.5.2.2 *El desplazamiento en el dominio de la frecuencia.* Es la medida de las posiciones máximas de la superficie que vibra, está relacionada con la frecuencia por lo que cualquier medición de desplazamiento tendrá que realizarse a una frecuencia específica. El rango de frecuencia aproximado de transductores para la medición de desplazamiento es entre 0Hz y 200Hz. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.5.2.3 *La aceleración en el dominio de la frecuencia.* Es el cambio de la velocidad desde el punto de equilibrio hasta los extremos, teniendo en cuenta que las aceleraciones altas a altas frecuencias representan una variación para la velocidad. Los transductores para la frecuencia de baja sensibilidad tienen el rango de frecuencia entre 5Hz y 20000Hz. (PALOMINO MÁRIN, 2007)

2.5.3 *Unidades de medición para la vibración.* Para cuantificar los niveles de vibraciones las unidades empleadas en un sistema de vibraciones para el desplazamiento, velocidad y la aceleración son las siguientes.

Tabla 1. Unidades de medición para la vibración

MAGNITUD	UNIDADES
Desplazamiento	m, mm, μm
Velocidad	m/s, mm/s
Aceleración	m/s*s, g

Fuente: (NORMA ISO 2041)

2.6 Mediciones de vibraciones en la maquinaria industrial

Como consecuencia de las fuerzas que se producen entre los elementos de una máquina y de las vibraciones generadas por ésta, la superficie exterior de cada una de las partes que conforman la máquina, estará variando de forma y de posición. Esto provoca variaciones de presión en el aire que en general rodea a los equipos. Esta onda de presión se propaga en el aire afectando a objetos cercanos a la fuente de vibración. Uno de estos objetos pudiera ser la membrana del tímpano del oído humano, la que a través del resto del sistema del oído, produce en el cerebro la sensación de sonido.

Hasta el momento existen dos métodos fundamentales para la medición de vibraciones en maquinarias.

- Medición acústica.
- Medición de superficie.

2.6.1 *Medición acústica en vibración de máquinas.* La medición del sonido producido por una maquinaria da una medida de las vibraciones producidas por ésta. La medición de vibraciones por medio del sonido tiene como ventaja, que al mismo tiempo se miden las vibraciones de todos los puntos de la maquinaria, pero a la vez tiene una gran desventaja y es que, en la producción industrial muchas veces el sonido circundante es comparable o superior al que proviene de la máquina objeto de análisis. Es importante señalar que la medición acústica en principio, no debe ser confundida con la señal sonora que entregan a través de audífonos, de algunos instrumentos para el diagnóstico de elementos rotatorios como rodamientos.

2.6.2 *Medición de superficies en vibración de máquinas.* Por otro lado, es posible cuantificar la propagación de la onda vibroacústica a través del aire, sino la vibración de la superficie de la maquinaria.

2.6.2.1 *Medición de forma discreta para el análisis de vibraciones.* La medición de forma discreta se realizara en algunos puntos de la maquina o de la estructura para verificar el objeto para el análisis de los niveles de vibración.

2.6.2.2 *Medición de forma directa para el análisis de vibraciones.* Tendrá que ser realizada en forma directa, porque se mide a través del contacto entre el dispositivo de medición y la máquina.

2.6.2.3 *Medición indirecta de superficie.* Estos instrumentos emplean sensores que no hacen contacto con la superficie donde se desea medir vibraciones pero, con diseños basados en los principios de la capacitancia variable, la reluctancia variable, las corrientes de Eddy o en algunos casos empleando rayos láser, permiten cuantificar las vibraciones desde el punto de vista relativo o absoluto.

2.7 Normativas de vibración.

2.7.1 *NORMA ISO 10816-1.* Es una normativa de los niveles de vibración aplicada para maquinas rotativas de giro entre 600 y 1200 RPM, la norma requiere de datos globales de vibración en velocidad que dependerá del valores globales RMS, con un rango de frecuencia entre 10Hz y 1000Hz.

Tabla 2. Clasificación de equipos

CLASES	DESCRIPCIÓN
CLASE I	Equipos pequeños hasta 15 kW.
CLASE II	Equipos medios, de 15 a 75 kW o hasta 300 kW con cimentación especial.
CLASE III	Equipos, por encima de 75 kW con cimentación rígida o de 300 kW con cimentación especial.
CLASE IV	Turbo maquinaria (equipos con RPM > velocidad critica).

Fuente. (NORMA ISO 10816-1)

2.7.2 *Severidad de vibraciones.* La evaluación de la severidad de los equipos se realiza mediante la norma ISO 10816-1, para máquinas rotativas.

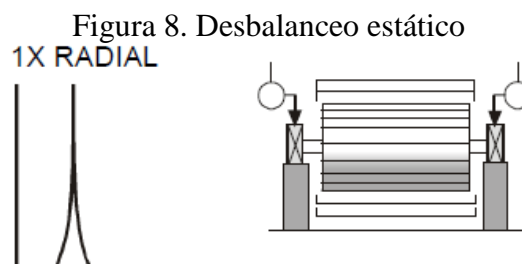
Tabla 3. Severidad de vibraciones

Velocidad (mm/s, RMS)	Tipos de maquinas			
	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV
0,18 a 0,28	A	A	A	A
0,28 a 0,45				
0,45 a 0,71				
0,71 a 1,12	B			
0,12 a 1,8		B		
1,8 a 2,8	C		B	
2,8 a 4,5		C		B
4,5 a 7,1	D		C	
7,1 a 11,2		D		C
11,2 a 18			D	
18 a 28				
	A	Buena		
	B	Satisfactoria		
	C	Insatisfactoria		
	D	Inaceptable		

Fuente: (NORMA ISO 10816-1)

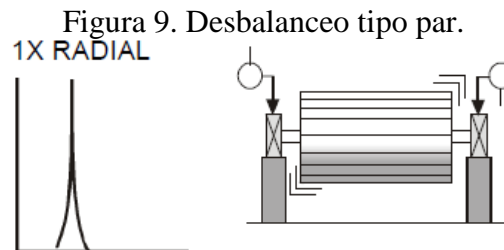
2.7.3 *Cartas de Charlotte.* Son patologías que sirven para diagnosticar el tipo de falla de una maquina rotativa en función a los niveles de vibración que presenta el sistema de trasmisión.

2.7.3.1 *Desbalanceo estático.* El desequilibrio estático estará en fase y fijo donde la amplitud debida al desequilibrio se elevara al cuadrado de la velocidad de giro debajo de la primera frecuencia critica del rotor. Donde el 1X RPM siempre estará presente y por lo general domina al espectro. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)



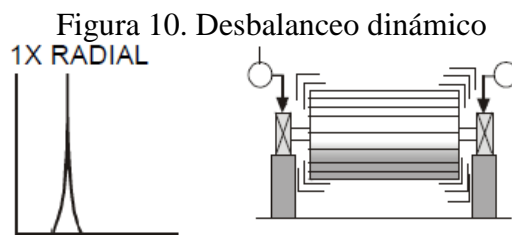
Fuente: Cartas de Charlotte

2.7.3.2 *Desbalanceo tipo par.* Origina un movimiento fuera de fase de 180° en el mismo eje motriz, donde 1X RPM siempre se presenta y por lo general domina al espectro, la amplitud varia con el cuadrado de la velocidad en incremento debajo de la primera velocidad critica del rotor. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)



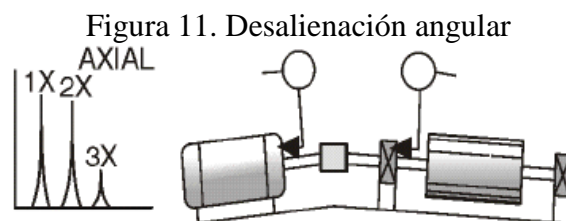
Fuente: Cartas de Charlotte

2.7.3.3 *Desbalanceo dinámico.* Es el desequilibrio más común y es la combinación del desbalanceo estático y el par, donde el 1X RPM domina el espectro y requiere una corrección en 2 planos. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)



Fuente: autores

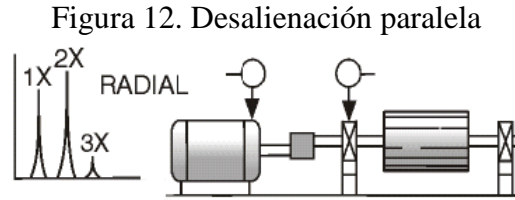
2.7.3.4 *Desalienación angular.* Se caracteriza por una vibración axial alta, 180° fuera de fase por medio del acoplamiento donde tendrá una vibración axial elevada tanto en 1X como en 2X RPM, sin embargo puede predominar el espectro 1X, 2X o 3X ya que los síntomas pueden indicar fallas en el acoplamiento. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)



Fuente: Cartas de Charlotte

2.7.3.5 *Desalienación paralela.* Tiene características de vibración similares a la desalineación angular pero presenta una vibración radial elevada que se aproxima a 180°

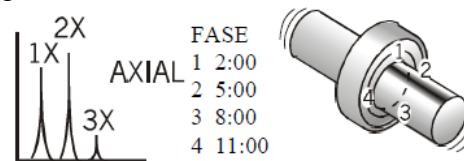
fuera de fase por medio del acoplamiento, frecuentemente el 2X es mayor que 1X RPM pero la altura del espectro es el que asigna al tipo de acoplamiento. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)



Fuente: Cartas de Charlotte

2.7.3.6 *Desalienación en el rodamiento inclinado al eje.* Genera una vibración axial aceptable causando un movimiento torcido con un cambio de fase de 180° aproximadamente entre la parte superior e inferior, izquierda y derecha de la caja que soporta el rodamiento. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)

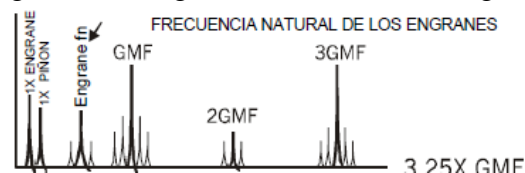
Figura 13. Desalienación en el rodamiento



Fuente: Cartas de Charlotte

2.7.3.7 *Desgaste en el diente del engranaje.* El espectro muestra las velocidades del engrane y del piñón junto con la frecuencia del engranaje de engranes (GMF) el desgaste del diente es la excitación de la frecuencia natural del engrane junto con las bandas laterales alrededor espaciadas en la velocidad del giro del engrane defectuoso la frecuencia (GMF) puede o no variar la amplitud. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)

Figura 14. Desgaste en el diente del engrane.

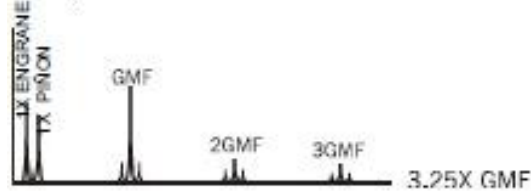


Fuente: Cartas de Charlotte

2.7.3.8 *Carga del diente de engranaje.* Las frecuencias de engranaje son muy sensibles a la carga, las altas amplitudes (GMF) no necesariamente indican una falla sobre todo si

las amplitudes de las bandas laterales permanecen en un nivel bajo, y no excitan las frecuencias del engrane. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)

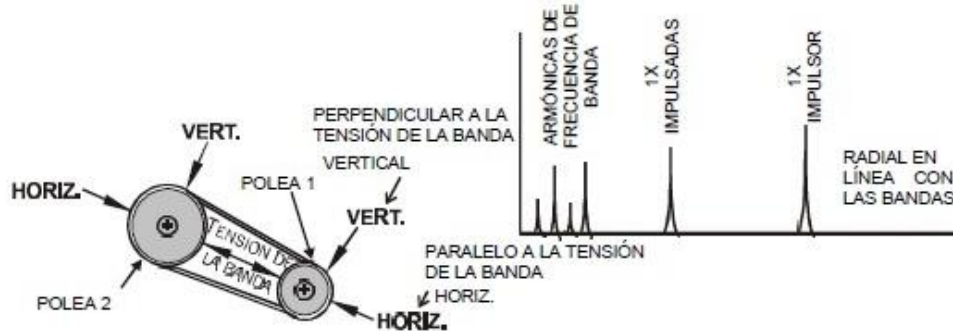
Figura 15. Carga del diente de engrane



Fuente: Cartas de Charlotte

2.7.3.9 *Problemas en poleas y correas desgastadas, holgadas o mal acopladas.* Las frecuencias de las poleas se encuentran debajo de las RPM del motor o de la maquina impulsada, cuando están desgastadas, flojas o mal acopladas por lo regular causan de 3 a 4 múltiplos de frecuencias de banda. El desgaste o la desalineación de poleas se manifiestan por medio de amplitudes en frecuencia de la polea reguladora. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)

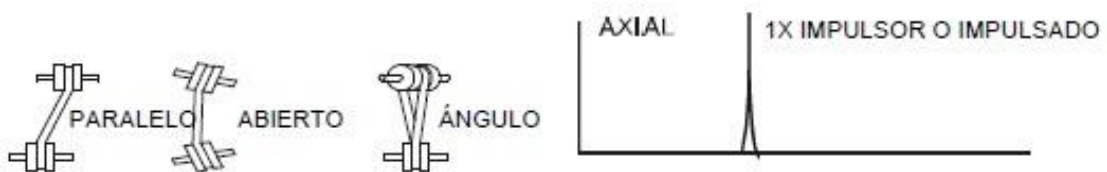
Figura 16. Poleas y correas desgastadas o mal acopladas



Fuente: Cartas de Charlotte

2.7.3.10 *Desalineamiento de poleas.* Produce una vibración elevada en 1X RPM, sobre todo en la posición axial la proporción de amplitudes entre los equipos motriz y conducido la desalineamiento de las poleas la vibración axial motor es más elevada. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)

Figura 17. Desalineamiento de poleas



Fuente: Cartas de Charlotte

2.7.3.11 *Excentricidad en poleas.* Causan una vibración en 1X RPM de la polea excéntrica, normalmente la amplitud es más elevada cuando está en línea con las bandas y está presente en los apoyos del equipo motriz. (TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE, 1996)

Figura 18. Excentricidad en poleas



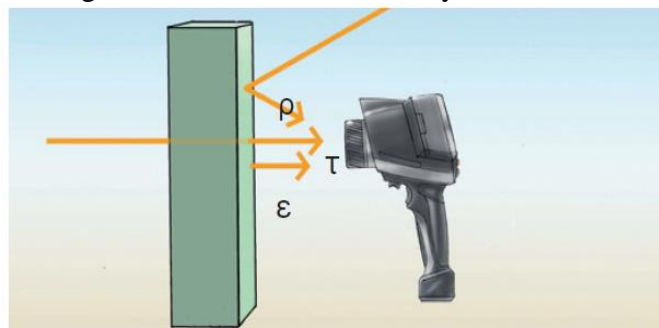
Fuente: Cartas de Charlotte

2.8 Termografía

Definición. La termografía es una técnica que estudia el comportamiento de la temperatura de las maquinas con el fin de determinar si se encuentran funcionando de manera correcta. (Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industrias, 2010)

La energía que los equipos o máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida. Debido a que estas ondas poseen una longitud superior a la que puede captar el ojo humano, es necesario utilizar un instrumento que transforme esta energía en un espectro visible, para poder observar y analizar la distribución de esta energía. (Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industrias, 2010)

Figura 19. Emisión, reflexión y transmisión.



Fuente: (TESTO, 2012)

2.8.1 *Características principales de la cámara termográfica.* Determinan una lectura de termograma más adecuado y real tomando las siguientes características.

2.8.1.1 *Emisividad.* Es la capacidad que tiene un material de emitir radiación infrarroja, depende de las propiedades de la superficie, del material y del rango espectral de la cámara termográfica utilizada. (TESTO, 2012)

2.8.1.2 *Reflectividad.* Indica la capacidad de un objeto de reflejar radiación infrarroja, depende de las propiedades de la superficie, la temperatura y el tipo del material. (TESTO, 2012)

2.8.1.3 *Transmisividad.* Es la capacidad de un material de transmitir o dejar pasar la radiación infrarroja. (TESTO, 2012)

2.8.2 *Aplicación de la termografía.*

2.8.2.1 *Detección de conexiones eléctricas sueltas.* La principal ventaja en aplicar la termografía en elementos de sistemas eléctricos, es que los componentes eléctricos nuevos comienzan a presentar daños desde el momento en que se instalan. Independientemente de la carga de un circuito, la manipulación y el paso del tiempo hacen que las conexiones eléctricas se aflojen y que las conexiones eléctricas presenten problemas. Si no se localizan estas fallas y no se reparan las conexiones presentan grades e importantes averías en los componentes. (FLUKE, 2005)

Figura 20. Inspección termográfica en tableros eléctricos



Fuente. (FLUKE, 2005)

2.8.2.2 *Detección de desequilibrios y sobrecargas eléctricas.* Un desequilibrio eléctrico puede deberse a diferentes problemas en la alimentación, baja tensión en una fase o una ruptura de la resistencia del aislamiento de las bobinas del motor. (FLUKE, 2005)

Figura 21. Inspección en tableros de control



Fuente: (FLUKE, 2005)

2.8.3 *Normativa de termografía de tableros eléctricos.* Consiste en identificar y localizar los problemas existentes en los diferentes sistemas inspeccionados, basados en el método comparativo de sus rangos anormales de operación, sin cuantificar la cantidad de pérdida de calor. Los problemas potenciales se identifican por un ΔT entre sistemas similares o áreas.

Tabla 4. Acciones sugeridas basadas en el aumento de la temperatura

Diagnostico térmico			
Inspecciones eléctricas			
Severidad	ΔT entre componentes similares bajo cargas similares	ΔT entre el componente y la temperatura ambiente	Acción recomendada
Baja	1°C - 3°C	1°C - 10°C	Posible deficiencia. Ordene investigación
Media	4°C - 15°C	11°C - 20°C	Probable deficiencia; Reparar en la primera oportunidad
Alta	.....	21°C - 40°C	Monitorear hasta que las medidas correctivas pueden ejecutarse
Elevada	>15°C	>40°C	Discrepancia mayor; Reparar inmediatamente

Fuente. NETA MTS: 2007

2.9 Eficiencia energética en motores eléctricos

2.9.1 *Eficiencia.* La eficiencia se define como la razón entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada del motor eléctrico. Se exprese en porcentaje y se calcula con alguna de las siguientes relaciones: (NORMA NTE INEN 2498, 2009)

$$\eta = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}} \times 100 \quad \text{Ecuación (7)}$$

2.9.2 *Eficiencia mínima asociada.* Es el valor mínimo de eficiencia que debe cumplir un motor eléctrico. Cada eficiencia nominal tiene una eficiencia mínima asociada.

2.9.3 *Eficiencia nominal (η).* Es el valor de eficiencia indicado en la placa de datos o etiqueta informativa del motor eléctrico. (NORMA NTE INEN 2498, 2009)

2.9.4 *Motor eléctrico.* Es una maquina rotatoria que convierte energía eléctrica en mecánica.

2.9.5 *Motor eléctrico trifásico.* Es un motor que utiliza para su operación energía eléctrica de corrientes alterna trifásica y contiene tres conjuntos de bobinas dispuestas en círculo. (NORMA NTE INEN 2498, 2009)

2.9.6 *Potencia de entrada.* Es la potencia eléctrica que el motor toma de la línea.

2.9.7 *Potencia de salida.* Es la potencia mecánica disponible en el eje del motor eléctrico. (NORMA NTE INEN 2498, 2009)

2.9.8 *Potencia nominal.* Es la potencia mecánica de salida indicada en la placa de datos del motor eléctrico.

2.9.9 *Pérdidas totales.* Son la diferencia de la potencia de entrada y la potencia de salida del motor. (NORMA NTE INEN 2498, 2009)

2.9.10 *Requisitos específicos.*

2.9.10.1 *Eficiencia nominal del motor.* Los motores eléctricos deben tener una frecuencia nominal igual o mayor a la especificada en la tabla.

2.9.10.2 *Eficiencia mínima asociada.* Los motores eléctricos deben tener una eficiencia mayor o igual a la eficiencia mínima asociada, correspondiente a cada eficiencia nominal. (NORMA NTE INEN 2498, 2009)

En función a la tensión que se dispone en la red, se pedirá el motor, atendiendo principalmente a su forma de conexión.

Para motores con dos tensiones (estrella – triángulo). La tensión menor corresponde a la conexión triángulo (delta) y la tensión mayor a la conexión estrella (estrella). Las fases del motor deben soportar la misma tensión, tanto que se conecte el motor en estrella, como en triángulo.

A los motores en general se pide que suministren la potencia señalada en la placa de características, aunque la tensión difiera en más o menos 5% de su valor nominal.

Una disminución de tensión lleva consigo un aumento de la intensidad necesaria para conseguir la potencia nominal a la vez que una mejora del factor de potencia y un aumento del deslizamiento. El calentamiento también será mayor. (PRIAS CAICEDO, 2015)

Tabla 5. Valores de eficiencia nominal para motores trifásicos, con tensión nominal de hasta 600V, en porcentaje.

Potencia Nominal kW	Motores cerrados				Motores abiertos			
	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
0,746	75,5	82,5	80,0	74	75,5	82,5	80	74
1,119	82,5	84	85,5	77	82,5	84	84	75,5
1,492	84	84	86,5	82,5	84	84	85,5	85,5
2,238	85,5	87,5	87,5	84	84	86,5	86,5	86,5
3,73	87,5	87,5	87,5	85,5	85,5	87,5	87,5	87,5
5,595	88,5	89,5	89,5	85,5	87,5	88,5	88,5	88,5
7,46	89,5	89,5	89,5	88,5	88,5	89,5	90,2	89,5
11,19	90,2	91	90,2	88,5	89,5	91	90,2	89,5
14,92	90,2	91	90,2	89,5	90,2	91	91	90,2
18,65	91	92,4	91,7	89,5	91	91,7	91,7	90,2
22,38	91	92,4	91,7	91	91	92,4	92,4	91
29,84	91,7	93	93	91	91,7	93	93	91
37,3	92,4	93	93	91,7	92,4	93	93	91,7
44,76	93	93,6	93,6	91,7	93	93,6	93,6	92,4
55,95	93	94,1	93,6	93	93	94,1	93,6	93,6
74,6	93,6	94,5	94,1	93	93	94,1	94,1	93,6
93,25	94,5	94,5	94,1	93,6	93,6	94,5	94,1	93,6
111,9	94,5	95	95	93,6	93,6	95	94,5	93,6
149,2	95	95	95	94,1	94,5	95	94,5	93,6
186,5	95,4	95	95	94,5	94,5	95,4	95,4	94,5
223,8	95,4	95,4	95	....	95	95,4	95,4	....
261,1	95,4	95,4	95	....	95	95,4	95,4	....
298,4	95,4	95,4	....	....	95,4	95,4	....	....
335,7	95,4	95,4	....	....	95,8	95,8	....	....
373	95,4	95,8	....	....	95,8	95,8	....	....

Fuente: (NORMA NTE INEN 2498, 2009)

CAPÍTULO III

3. DESCRIPCIÓN TÉCNICO DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS DEL ASCENSOR.

Para realizar el análisis técnico de los sistemas mecánicos y eléctricos del ascensor de la Facultad de Mecánica, verificamos el funcionamiento del ascensor por tratarse de una máquina compleja, está compuesta por múltiples componentes individuales cada uno ha evolucionado de acuerdo al desarrollo de las tecnologías, la cual nos permite agrupar por grupos:

- Grupo de tracción.
- Grupo de maniobra o control.
- Grupo de elevación.
- Grupo de suspensión.
- Dispositivos de mando y señalización.
- Componentes de seguridad.

Tabla 6. Componentes mecánicos y eléctricos para el diagnóstico técnico.

Componente	Sistema	Grupo	Técnica	Equipo
Motor	Mecánico	Tracción	Análisis vibracional	Vibracheck 200
			Análisis de la calidad de energía	Fluke SERIE II
Reductor	Mecánico	Tracción	Análisis vibracional	Vibracheck 200
Polea de tracción	Mecánico	Tracción	Análisis vibracional	Vibracheck 200
Tablero de control	Eléctrico	Maniobra y control	Termografía	Satir E8
Fuente de alimentación	Eléctrico	Mando y señalización	Termografía	Satir E8
Circuito de seguridad	Eléctrico	Seguridad	Termografía	Satir E8

Fuente: Autores

3.1 Grupo de tracción.

Conformado por el motor, reductor y el freno que forman el sistema mecánico del grupo de tracción. Es el sistema de transmisión que produce el movimiento y el paro del ascensor.

El estado funcionamiento depende de un buen mantenimiento de cada uno de los componentes, que garanticen la vida útil de funcionamiento.

3.1.1 *Motor.* Es el componente fundamental o principal del ascensor, el cual esta seleccionado y especificado sus características de acuerdo a su funcionamiento. Bajo los estándares o normas para las que fue diseñada o adquirida por los usuarios.

Figura 22. Motor del ascensor



Fuente: Autores

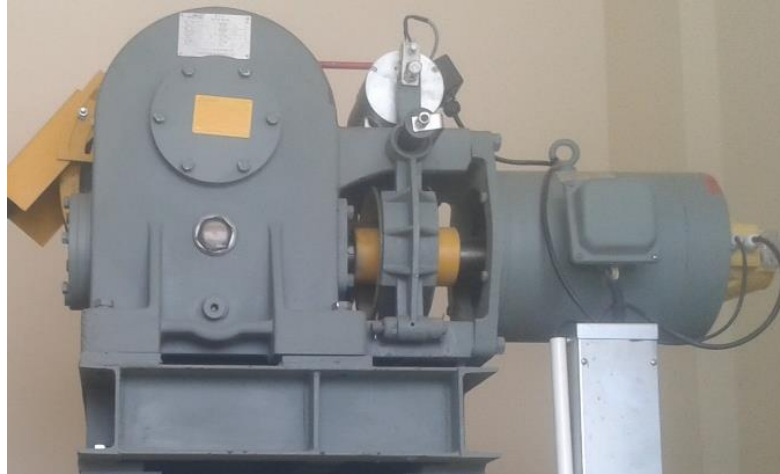
Tabla 7. Datos técnicos del motor

Marca	3 - PHASE ASYNCHRONOUS
Serie	15M11792
Año	2015 – 06
Potencia	5,5 kW
Voltaje	220 V
Amperaje	19,7 A
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	1455 r/min
Cosφ	0,855
Peso	53 kg
Ip	2,1

Fuente: autores

3.1.2 *Reductor.* Es un reductor de velocidad que tiene las características específicas, en cuyo eje de salida va montada la polea acanalada que arrastra los cables de tracción.

Figura 23. Reductor acoplada al motor



Fuente: autores

Tabla 8. Datos técnicos del reductor

Marca	HOSTING
Tipo	YJ160D
Año	2015 – 06
Potencia	5,5 kW
Voltaje	220 V
Amperaje	19,7 A
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	1.0 m/s
Cosφ	0,855
Peso	550 kg
Relación de engranaje	36:1

Fuente: autores

3.1.3 *Polea.* La polea de tracción está acoplada al eje del engrane sin fin, tiene las siguientes características técnicas.

Figura 24. Polea de tracción



Fuente: KEYCO

Tabla 9. Datos técnicos de la polea

Marca	HOSTING
Serie	6211 – RS
Año	2015 – 06
Ø de polea	520 mm
Canales	5
Ø del eje	70 mm
Rodamientos	2 x 6211
Carga estática	5000 Kg

Fuente: autores

3.2 Control de maniobras.

El control de maniobras es sin duda el cerebro que comanda y controla todo el funcionamiento de un ascensor, tiene múltiples funciones de accionamiento, puesta marcha, detención y control de seguridad. De este grupo de maniobra dependerá el funcionamiento adecuado de cada componente.

3.2.1 *Tablero de control.* Es aquel que controla el funcionamiento del ascensor, cada uno de sus componentes desempeñan una función principal los cuales están encaminados a brindar la seguridad a otros componentes.

Figura 25. Tablero de control






Fuente. Autores



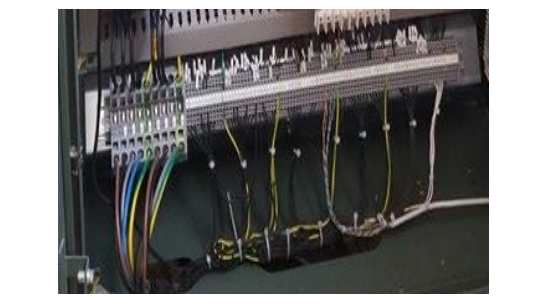


El tablero de control tiene como función principal comandar y controlar todo el funcionamiento de un ascensor en las etapas de, accionamiento, puesta marcha, detención y control del ascensor.

3.2.2 *Componentes.* Dispositivos que desempeñan funciones de mando, control y seguridad.

Cada uno de los componentes que conforman el tablero de control desempeña diferentes funciones los cuales están expuestos a sufrir daños secundarios tanto en su estructura como en su funcionamiento, por mala instalación, manipulación y mantenimiento inadecuado de sus partes móviles y fijas.

Tabla 10. Componentes de mando y control del ascensor

Imagen	Nombre del componente
	<p>Banco de fusibles y condensadores</p>
	<p>Contactor e interruptores termomagnéticos</p>
	<p>Relés auxiliares</p>

	<p>Transformador</p>
	<p>Contacto y relés auxiliares</p>
	<p>Regleta de conexión de cables</p>
	<p>Guarda motor</p>
	<p>Borneras de conexión</p>

Fuente. Autores

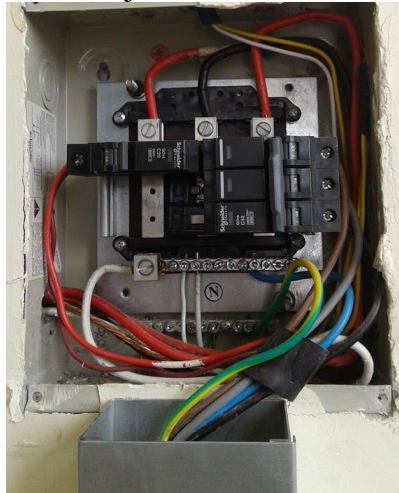
3.3 Grupo de mando.

Estos componentes son distinguidos habitualmente como botoneras donde podemos clasificar dependiendo de su composición y su función en este caso es la caja térmica de conexión la cual distribuye y protege al tablero de control.

3.3.1 *Caja térmica.* Recibe la energía necesaria para la alimentación del ascensor que tiene que ser de 220 trifásica la misma que alimentara al tablero de control.

Consta de 4 breakers los cuales contribuyen en la seguridad evitando sobre cargar cortos circuitos que podrían afectar al tablero de control.

Figura 26. Caja térmica de alimentación



Fuente. Autores

Estos componentes son distinguidos como interruptores donde verificamos las tres líneas de entrada y el neutro para verificar los colores de cada cable en el tablero de control.

3.4 Grupo de elevación.

Es la parte fundamental destinado transportar y elevar a los usuarios, cargas al piso de destino.

3.5 Grupo de seguridad.

Tienen como función principal evitar que los usuarios esperen problemas de riesgo durante el funcionamiento del ascensor.

3.5.1 *Variador de frecuencia.* Tiene como función principal controlar de forma permanente el estado del ascensor e informar de cualquier anomalía que se detecta o se puede encontrar. Está conformado por los diversos contactos eléctricos que verifican el estado de los componentes de seguridad correspondientes y conectadas en serie.

Figura 27. Circuito de seguridad



Fuente: autores

3.5.2 *Regulador de velocidad.* Está instalada en el cuarto de máquinas del ascensor y lo componen dos poleas alineadas verticalmente, uno a un punto fijo del bastidor de la cabina y el otro al sistema de palancas.

Figura 28. Regulador de velocidad



Fuente: autores

Tabla 11. Datos técnicos del regulador de velocidad

Datos técnicos del reductor	
Marca	HOSTING - PB73.3
Serie	15SH052101
Año	2015 – 07 – 18
Velocidad nominal	1.0 m/s
Velocidad máxima	1.35 m/s
Ø cuerda de alambre	8 mm
Ø de la polea	240 mm
Fuerza de tensado de la cuerda	800 – 1200 N

Fuente: autores

3.5.3 *Interruptor del regulador de velocidad.* Es el encargado de interrumpir el paso de la corriente eléctrica al motor del grupo de tracción, cuando el limitador de velocidad se activa.

Figura 29. Interruptor del regulador de velocidad.



Fuente autores

Tabla 12. Datos técnicos del interruptor del regulador de velocidad

Marca	HOSTING
Serie	EL1375I
Año	2015 – 06
Voltaje nominal CA	250 V
Voltaje nominal CA	500 V
Intensidad nominal	5 A
Intensidad máxima	10 A
Tipo	GB14048.5

Fuente: autores

CAPÍTULO IV

4. MEDIDAS DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, MEDIANTE VIBRACHECK 200ABG, SATIR E8 Y FLUKE 435 SERIES II.

4.1 Introducción.

4.1.1 *Metodología.* En este capítulo se presenta el método que se usara para la toma de datos de los sistemas mecánicos y eléctricos que conforma el ascensor, se utilizaran las técnicas de vibración, termografía y eficiencia energética para este diagnóstico técnico utilizaremos los equipos, Vibrachek 200, Satir E8, fluke 435 en los cuales se procederá a realizar la adquisición de datos en un tiempo estimado de 8 horas laborables del ascensor.

Para toma de datos de la vibración se debe tener en cuenta velocidad de rotación del grupo de tracción se utilizó un fototacómetro para verificar la velocidad angular de cada componente y para establecer los puntos de medición tanto en la posición vertical y horizontal se utiliza la norma ISO 10816-1 y también se verifica la severidad de las vibraciones.

En la termografía se designa los elementos más importantes de distribución de energía eléctrica con la utilización de un termómetro verificamos la temperatura de ambiente para su respectiva calibración del equipo la cual ayuda a tener una toma de datos correcta.

También se utilizara el equipo de eficiencia energética para verificar la calidad de energía en el tablero de control y el rendimiento adecuado que presenta el motor en el sistema de transmisión del ascensor.

4.1.2 *Equipos y accesorios utilizados para la adquisición de datos*

4.1.2.1 *Equipo de diagnóstico vibracional VIBRACHEK 200.* El equipo es uno de los que más se utiliza en el campo industrial donde los elementos de una máquina, tienden a presentar diferentes problemas durante el estado de funcionamiento. El Vibracheck 200 es un equipo de análisis portable de vibraciones mecánicas en las dos señales de entrada que nos facilita en la adquisición de datos y verificar del diagnóstico técnico del funcionamiento actual de los equipos. Vibracheck puede medir espectros de hasta 12800

líneas de resolución, en espectros de aceleración, velocidad, desplazamiento y envolvente, lo que permite una adquisición de datos adecuado. En la medición de formas de ondas el equipo Vibracheck mide formas de ondas hasta 8000 muestras a una frecuencia de muestre configurable entre 1000 y 2400Hz.

Figura 30. Vibracheck 200



Fuente. Autores

Tabla 13. Accesorios del vibracheck 200 ABG

Partes del vibracheck 200	
N-º	Descripción
1	Conector multuplin
2	Canal 1 de entrada del acelerómetro
3	Canal 2 de entrada del acelerómetro
4	Conector de USB
5	Salida para audífonos
6	Entrada para carga del equipo

Fuente: autores

Características principales:

- Dos entradas dinámicas para conectar acelerómetros o sensores de proximidad.
- Medición de aceleración, velocidad, desplazamiento y envolvente.
- Medición de espectros, formas de ondas y análisis de fases
- Análisis de espectros cruzados y coherencia.

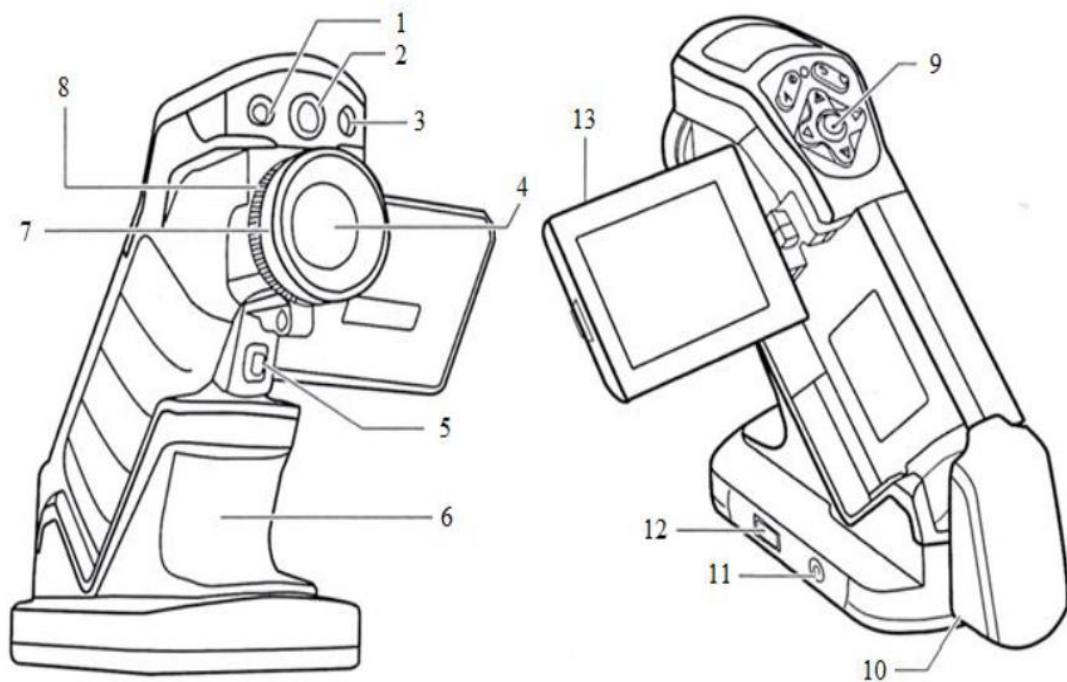
Software utilizado para el análisis de vibraciones:

- MAINTraq Analyzer.
- MAINTraq Predictive.
- MAINTraq Viewer.

4.1.2.2 *Equipo de diagnóstico termográfico Satir E8.* Para realizar este análisis se utilizó esta cámara termográfica que es utilizada en las industrias como una de las herramientas para diagnosticar cualquier anomalía que suele ser invisible a simple vista, también sirve para determinar cuando y donde se necesita un mantenimiento, las instalaciones eléctricas y mecánicas suelen calentarse antes de fallar la cámara termográfica tiene como función principal descubrir los puntos calientes, para analizar y visualizar la distribución de la temperatura de las superficies de cada componente eléctrico y mecánico.

La cámara termográfica nos permite verificar la temperatura de un componente, elemento o máquina que pueda generar una radiación de temperatura, donde al analizar el termograma verificamos a que temperatura está trabajando un elemento o componente eléctrico.

Figura 31. Cámara termográfica SATIR E8



Fuente: Catalogo SATIR E8

Tabla 14. Partes de la cámara termográfica SATIR E8

Partes de la cámara termográfica	
N-º	Descripción
1	Luz de iluminación
2	Cámara visual CCD
3	Puntero laser
4	Lente térmico
5	Botón para capturar imagen
6	Soporte multifuncional
7	Anillo de enfoque
8	Lente anillo de bloqueo
9	Teclado
10	Batería/ Ranura de tarjeta SD
11	Terminal de salida de video
12	Terminal USB
13	Pantalla LCD

Fuente: autores

Características principales que influyen en la lectura de temperatura.

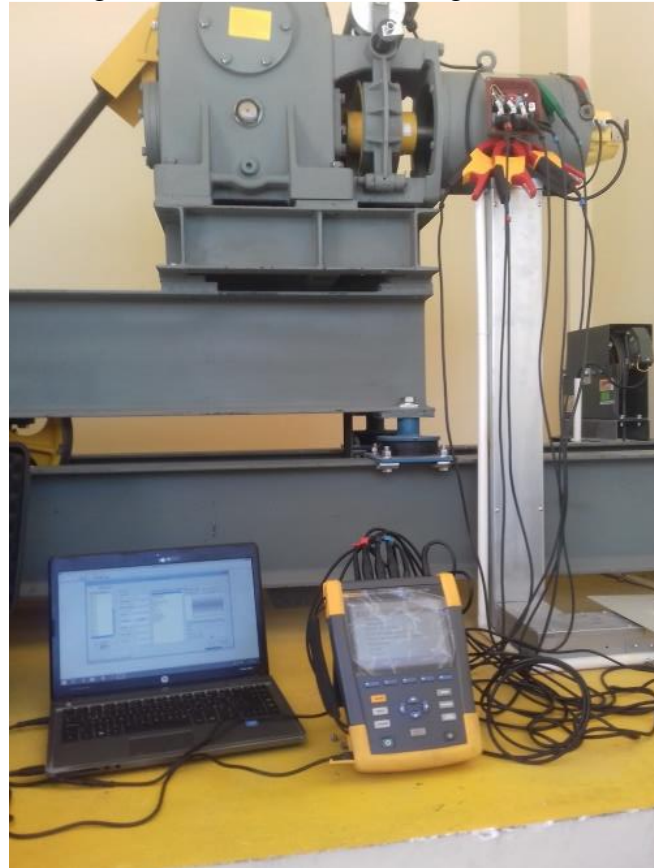
- Conductividad térmica. Son las diferentes propiedades térmicas de los materiales.
- Emisividad. Se define como la capacidad que tiene un cuerpo para emitir infrarrojos.
- Reflexión. Es la radiación térmica que reflejan los materiales.
- Distancia. Mientras más cerca este al objeto mejor será la lectura.
- Enfoque. Para verificar la distancia del objeto.
- Condiciones meteorológicas. La temperatura del ambiente, el viento y la lluvia puede tener una gran influencia en las lecturas de temperatura.

Software y formatos utilizados.

- SATIREPORT. Es el que está incorporado con la cámara y está diseñado para el análisis de la temperatura de la superficie de los componentes eléctricos y mecánicos de la industria.
- Formato de imagen (JPG). Es la imagen térmica estáticas para completar la el análisis con la imagen térmica.

4.1.2.3 *Equipo de diagnóstico de la calidad de energía FLUKE 435 SERIES II.* Este analizador de redes eléctricas calcula los diferentes parámetros eléctricos de la red, normalmente en baja tensión como son: tensión, potencia, energía activa, reactiva y factor de potencia entre otros.

Figura 32. Analizador de energía eléctrica

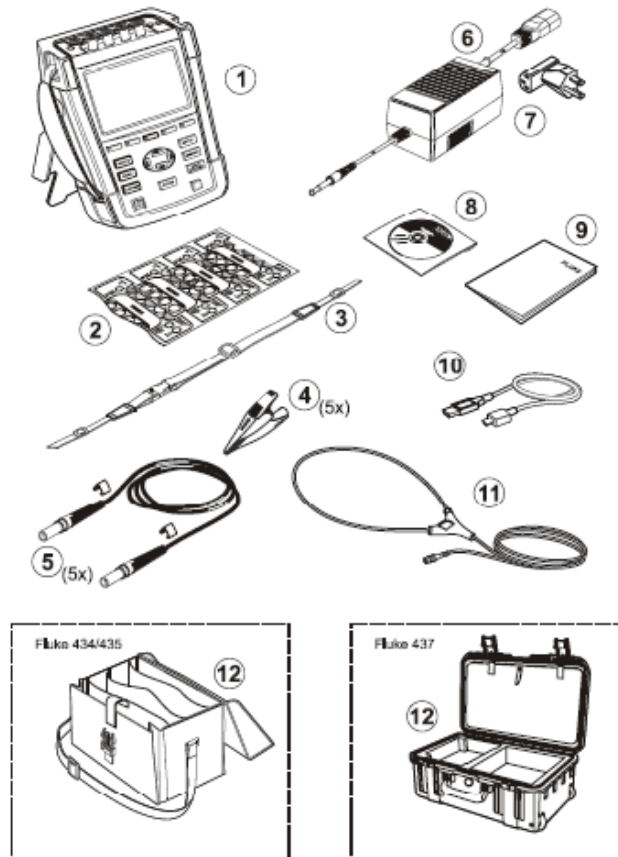


Fuente. Autores

Son equipos de información necesaria para verificar el correcto e incorrecto de la calidad de la energía los cuales proporcionan soluciones adecuadas para determinar la eficiencia energética en un sistema de transmisión, las cuales ayudan a la determinación de perturbaciones, armónicos y variaciones de tensión, en cargas lineales monofásicas y trifásicas así como sus magnitudes.

Utilizando normas para la verificación de la potencia, el factor de potencia, la intensidad, el voltaje y el factor de la carga en un sistema de transmisión podemos verificar la eficiencia energética, lo que nos ayuda a determinar en qué porcentaje si incrementa o disminuye los parámetros fundamentales en el sistema.

Figura 33. Contenido del kit del analizador



Fuente. F430-II_UM_Spanish

Tabla 15. Partes y accesorios del FLUKE SERIES II 435

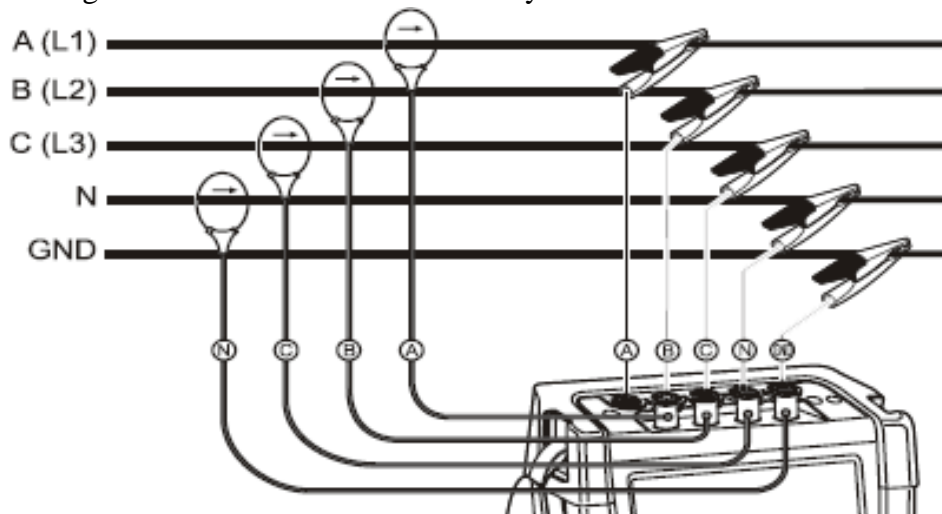
N.º	Descripción
1	Analizador de calidad de la energía eléctrica Fluke 43x serie II + juego de baterías BP290 (28 Wh) y tarjeta de memoria SD de 8 GB instalada
2	Juego de etiquetas para tomas de entrada.
3	Correa lateral
4	Pinzas de cocodrilo. Juego de 5
5	Cables de prueba, 2.5 m + pinzas codificadas con colores. Juego de 5
6	Adaptador de red
7	Juego de adaptadores de enchufe de red o cable de alimentación regional.
8	Manual de instrucciones de seguridad (en varios idiomas)
9	CD-ROM con manuales (en varios idiomas), software PowerLog y controladores USB
10	Cable de interfaz USB para conexión al PC (USB a miniUSB B)
11	Sonda de corriente de CA 6.000 A flexible (no se incluye en la versión básica)

Fuente. F430-II_UM_Spanish

Conexiones de entrada.

El analizador tiene 4 entradas BNC para pinzas amperimétricas y 5 entradas tipo banana para tensiones. Siempre que sea posible, desactive los sistemas de alimentación antes de realizar las conexiones. Utilice siempre el equipo de protección personal apropiado. Evite trabajar solo y trabaje teniendo en cuenta las advertencias indicadas en el manual del equipo.

Figura 34. Conexión de las entradas y salidas del sistema a analizar



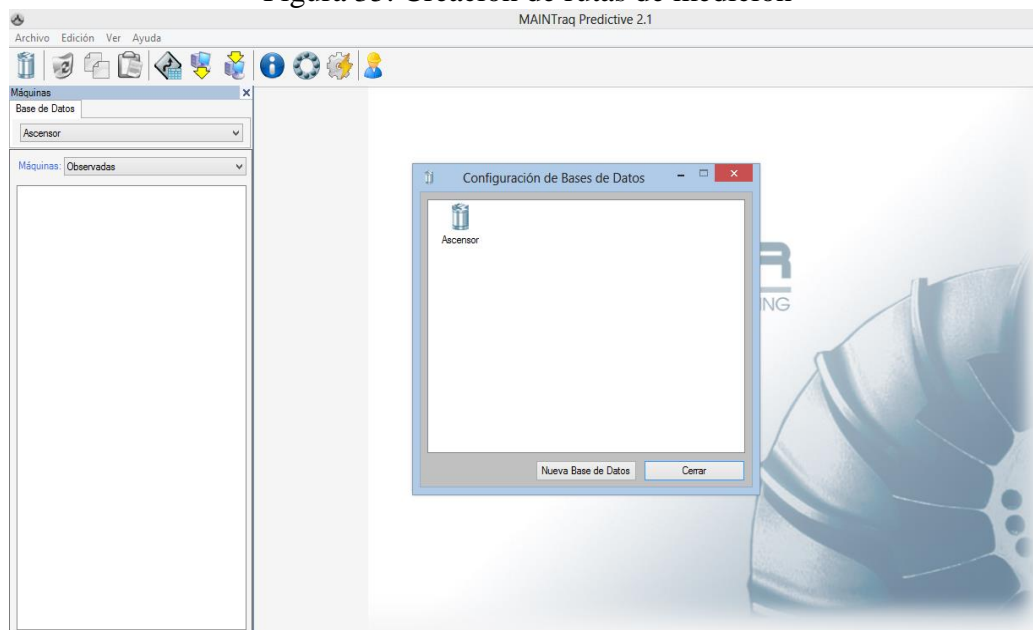
Fuente. F430-II_UM_Spanish

Primero, ponga las pinzas amperimétricas alrededor de los conductores de fase A (L1), B (L2), C (L3) y N (neutro). Las pinzas están marcadas con una flecha que indica la polaridad de señal correcta.

A continuación, realice las conexiones de tensión: comience por la conexión a tierra y, después, en sucesión N, A (L1), B (L2) y C (L3). Para obtener resultados de medida correctos, conecte siempre la entrada de conexión a tierra. Compruebe siempre dos veces las conexiones. Compruebe que las pinzas amperimétricas están firmemente fijadas y completamente cerradas alrededor de los conductores.

4.1.3 *Creación y configuración de las rutas de medición.* Para la creación de rutas de medición se debe estructurar una secuencia lógica, para tener una mejor apreciación de la toma y adquisición de datos, se debe tener en cuenta toda la información detallada de del ascensor, el contexto operacional de cada uno de los componentes que interactúan con la maquina ya que nos facilitan un análisis más respectivo.

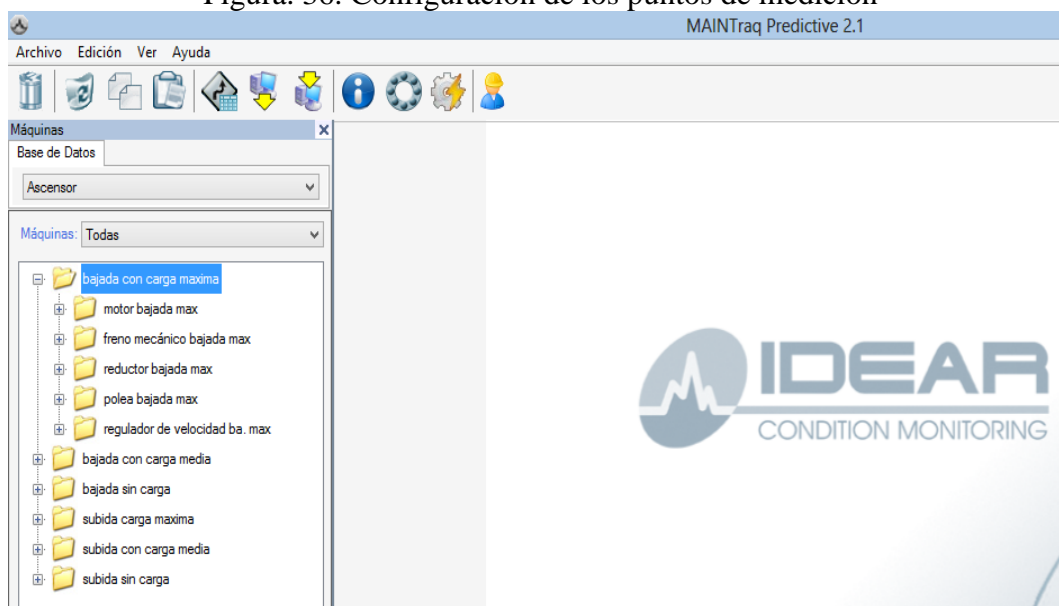
Figura 35. Creación de rutas de medición



Fuente: autores

Para la configuración de las rutas de medición se debe tener en cuenta todas las secuencias de carpetas creadas, ya que deben tener todas las descripciones detalladas como los RPM nominal, la potencia, el tipo de apoyo y la forma de la estructura para verificar los puntos de vibración radial, axial y horizontal, donde las variables de la vibración se podrán verificar en los espectros de; aceleración, velocidad, desplazamiento y envolvente dependiendo del rango de las frecuencias donde el espectro tiene mayor campo de aplicación y verificación para un análisis adecuado.

Figura. 36. Configuración de los puntos de medición

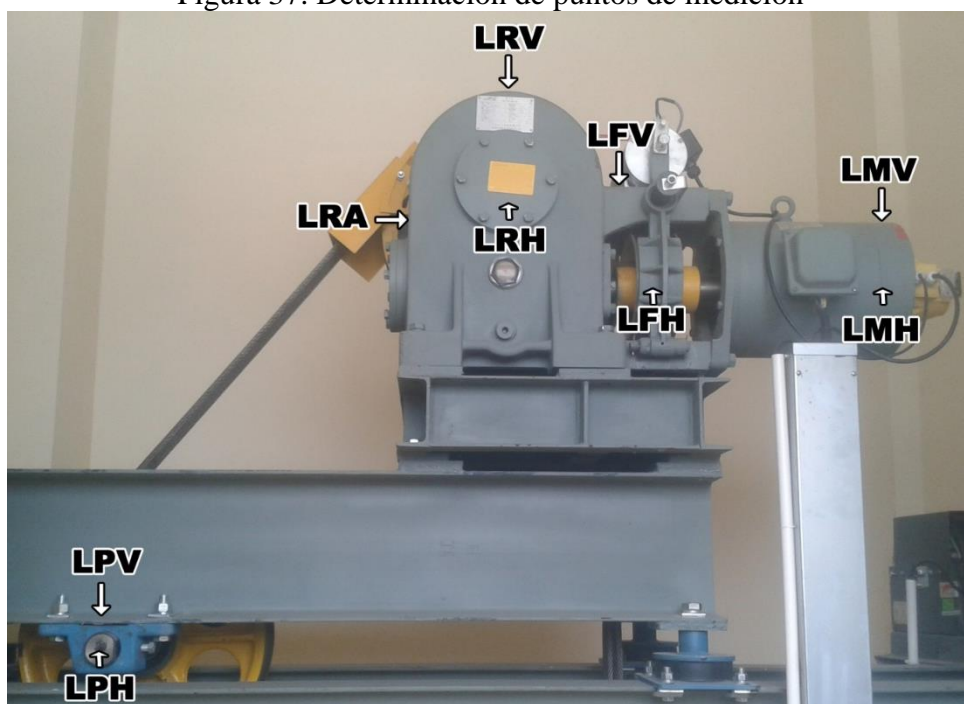


Fuente: autores

4.1.4 Identificación y determinación de los puntos de medición

4.1.4.1 *Identificación y determinación de los puntos de medición.* El análisis de vibración se tomara generalmente en los rodamientos, acoples, poleas y chumaceras de la maquina o puntos donde las fuerzas vibratorias sean las más probables a producir una falla funcional o potencial. Los puntos de medición principales son: vertical, horizontal y axial donde las dos primeras son mediciones radiales que se toman a 90° del eje de rotación, y el punto axial se toma en paralelo.

Figura 37. Determinación de puntos de medición



Fuente: autores

4.1.5 Metodología para la toma de medición

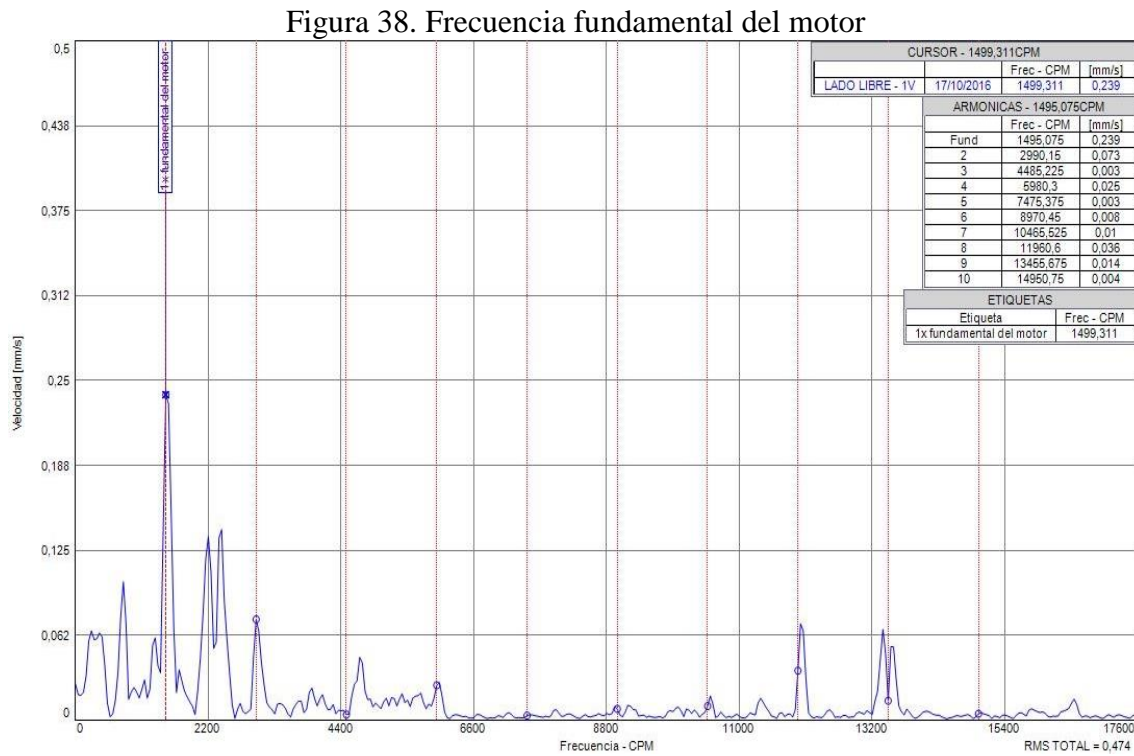
- Crear las rutas de medición con el software MAINTraqpredictive.
- Cargar la base de datos al colector para realizar la medición.
- Verificar la carga aplicada al ascensor.
- Ubicar el acelerómetro en los puntos identificados y realizar las mediciones.
- Comprobar la velocidad angular de cada uno de los elementos con el fototacómetro.
- Descargar los datos obtenidos al software MAINTraqpredictive.
- Realizar el respectivo análisis y diagnóstico de los espectros obtenidos.

4.2 Medición de vibraciones en el ascensor a diferentes cargas.

Los espectros mostrados a continuación corresponden a datos tomados en los componentes mecánicos del reductor, motor poleas y freno mecánico del ascensor, en función a una carga establecida por el ascensor lo cual nos presenta las diferentes espectros para verificar el fallo existente en el sistema de transmisión.

4.2.1 *Determinación de las frecuencias fundamentales en el sistema de transmisión del ascensor.* Para la determinación de las frecuencias fundamentales del sistema de transmisión de ascensor, se utilizara el fototacómetro para la verificación de la velocidad angular cada componente del sistema.

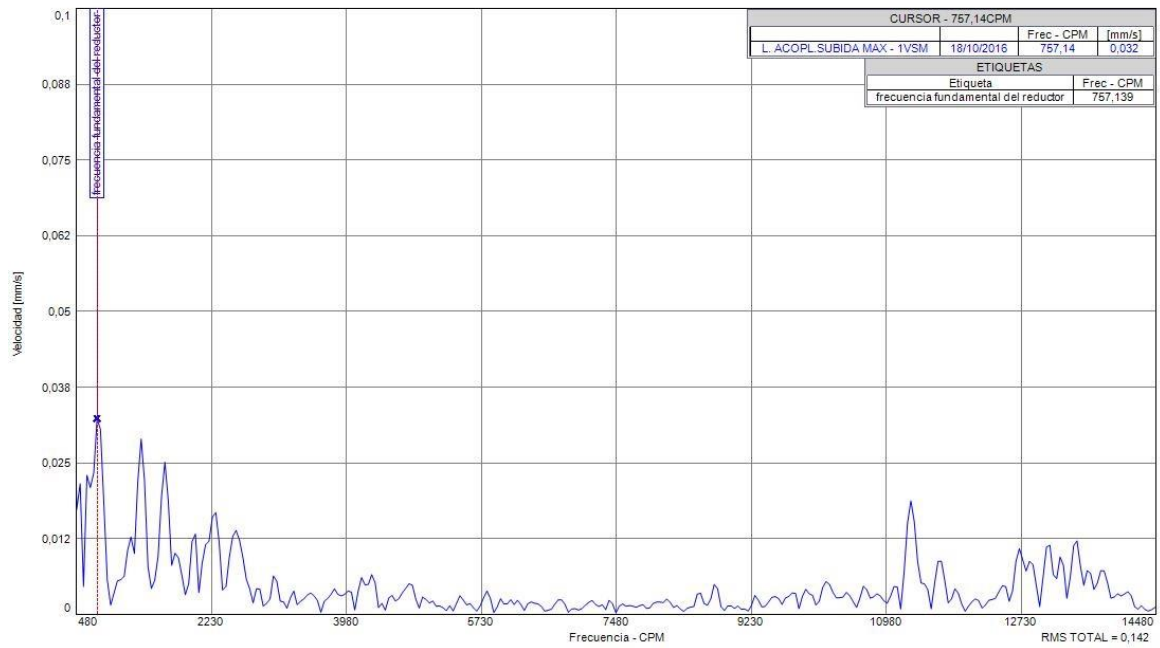
4.2.1.1 *Frecuencia fundamental del motor.* La frecuencia fundamental del grupo de tracción del ascensor o también designada 1M es igual a la velocidad angular del eje del motor.



Fuente: autores

4.2.1.2 *Frecuencia fundamental del reductor.* La frecuencia fundamental del grupo de tracción del ascensor o también designada 1R es igual a la velocidad angular del reductor de 760 RPM.

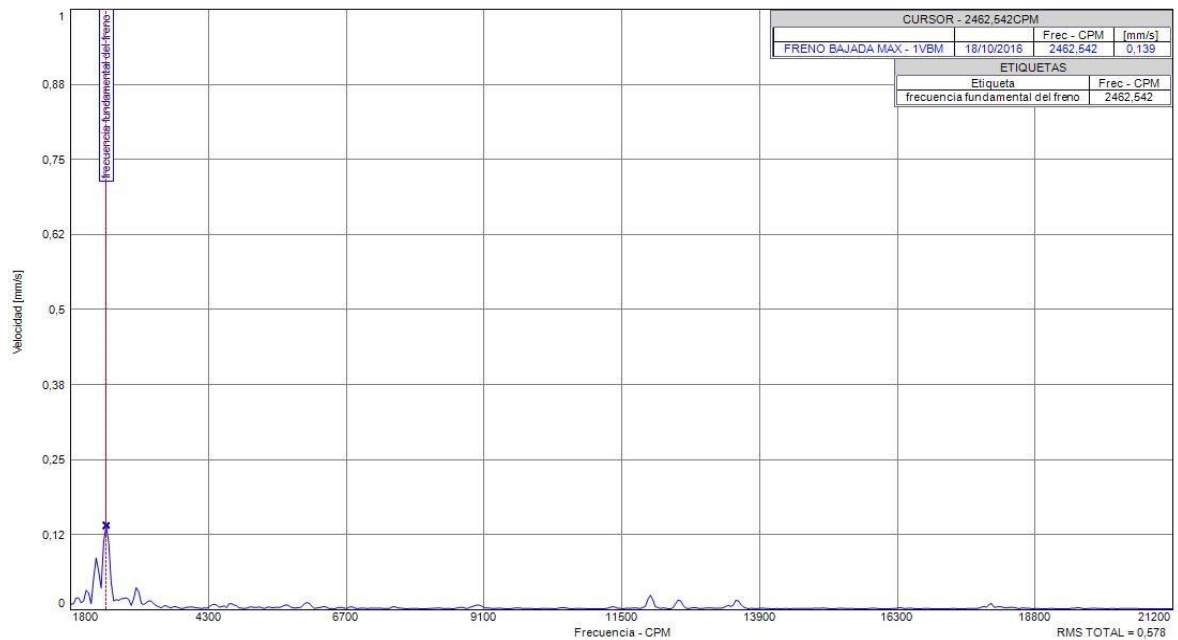
Figura 39. Frecuencia fundamental del reductor



Fuente: autores

4.2.1.3 *Frecuencia fundamental del freno mecánico.* La frecuencia natural de los cables se lo realiza con un método de prueba de impacto, con el equipo fuera de operación mencionado por las cartas de charlotte donde se designada 1FNC y es igual a 2500 RPM.

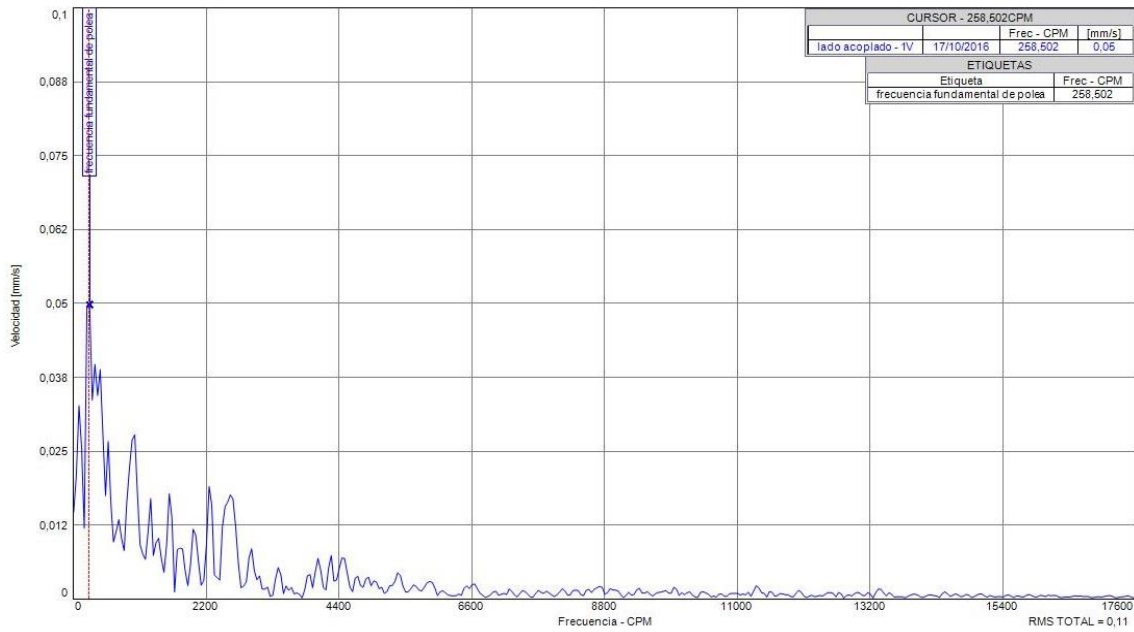
Figura 40. Frecuencia fundamental del freno mecánico



Fuente: autores

4.2.1.4 *Frecuencia fundamental de la polea.* La frecuencia fundamental de la polea del ascensor o designada 1P es igual a la velocidad angular de la polea que es de 250 RPM.

Figura 41. Frecuencia fundamental de la polea



Fuente: autores

Las frecuencias fundamentales generadas en el grupo de transmisión son mencionadas, de acuerdo a la velocidad angular de cada componente mecánico y el método de prueba de impacto para la frecuencia natural de los cables, teniendo en cuenta que todos los valores o datos obtenidos son una aproximación con los datos generados por los equipos, a continuación se muestra la siguiente tabla con las respectivas frecuencias fundamentales.

Tabla 16. Frecuencia fundamental de cada componente del ascensor

Grupo de transmisión	Frecuencia fundamental generada	Frecuencia (Hz)	Frecuencia (CPM)	Velocidad (mm/s)
Motor	1M	24	1450	0,239
Reductor	1R	13	750	0,032
Freno natural de los cables	1FNC	42	2500	0,139
Polea	1P	4	250	0,05
Freno mecánico	1FM	50	3000	0,03

Fuente: autores

4.2.2 *Medición realizada en la etapa de subida del ascensor.* La medición se realizó en la etapa de subida del ascensor a diferentes cargas establecidas para el funcionamiento, donde se debe tener en cuenta las frecuencias fundamentales del sistema de transmisión del ascensor las mismas que generan frecuencias y amplitudes diferentes con la aplicación de la carga, teniendo en cuenta las RMS total y la amplitud con la norma ISO 10816-1 y diagnosticar con las Cartas de Charlotte.

4.2.2.1 *Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en el motor.* Se establece la siguiente toma de datos teniendo en cuenta que el motor es el componente que genera el movimiento del ascensor, y se lo realiza en el lado vertical y horizontal con la ayuda del equipo vibracheck ABG 200 las mismas que son detalladas en las siguientes tablas:

Tabla 17. Frecuencias generadas en el lado vertical del motor de subida

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natural de los cables 1FNC		Frecuencia de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s					
0	1455	0,24	813	0,11	2416	0,14	276	0,07	6100	8851	613	3917	0,47
150	1461	0,22	805	0,08	2439	0,15	263	0,07	5960	8648	599	3827	0,41
300	1477	0,32	796	0,06	2462	0,15	250	0,08	5821	8446	585	3738	0,34
450	1495	0,42	2551	0,04	2551	0,21	172	0,08	6100	8851	613	3917	0,63

Fuente: autores

Tabla 18. Frecuencia generada en el lado horizontal del motor de subida

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natural de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s					
0	1500	0,21	759	0,16	2416	0,14	417	0,68	6324	9175	635	4061	1,02
150	1497	0,18	763	0,18	2439	0,14	474	0,72	6216	9019	625	3992	0,99
300	1490	0,16	767	0,21	2462	0,14	490	0,77	6108	8863	614	3922	0,95
450	1482	0,47	793	0,30	2551	0,21	503	0,52	6048	8775	608	3884	0,62

Fuente: autores

4.2.2.2 *Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en el reductor.* Se establece la siguiente toma de datos en el reductor, en el lado vertical y horizontal del mismo ya que el cual se encarga de regular la velocidad del ascensor y trabaja a diferentes a diferentes cargas, que son detalladas en las siguientes tablas presentando sus respectivas variaciones de frecuencia y amplitud.

Tabla 19. Frecuencia generada en lado vertical del reductor de subida

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s					
0	1258	0,02	752	0,01	2250	0,02	259	0,05	5133	7448	516	3296	0,11
150	1293	0,02	643	0,03	2331	0,02	261	0,05	5273	7652	530	3386	0,11
300	1327	0,02	534	0,05	2413	0,02	264	0,05	5414	7856	544	3477	0,12
450	1310	0,03	414	0,07	2533	0,01	259	0,05	5344	7754	537	3432	0,14

Fuente: autores

Tabla 20. Frecuencia generada en lado horizontal del reductor de subida

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1473	0,50	668	0,19	2244	0,08	440	0,68	6012	8723	604	3860	0,96
150	1478	0,26	610	0,24	2346	0,06	418	0,42	6029	8748	606	3872	0,69
300	1482	0,02	551	0,29	2447	0,04	396	0,16	6047	8774	608	3883	0,42
450	1508	0,53	840	0,30	2381	0,13	565	0,27	6151	8925	618	3950	0,81

Fuente: autores

4.2.2.3 *Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en el freno mecánico.* La toma de datos en el freno mecánico esta analizada, en el lado vertical y horizontal del mismo tomando muy en cuenta que el freno mecánico está encargado de la seguridad al momento en el que se desplaza el ascensor a los diferentes paradas establecidas por el usuario se detalla las variaciones de frecuencia como de amplitud.

Tabla 21. Frecuencia generada en el lado vertical del freno mecánico de subida

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	Kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1453	0,01	796	0,03	2998	0,02	132	0,07	5928	8601	596	3807	0,15
150	1390	0,02	794	0,02	2982	0,04	191	0,07	5671	8228	570	3642	0,18
300	1327	0,03	792	0,02	2976	0,06	250	0,08	5414	7856	544	3477	0,21
450	1379	0,22	724	0,04	2980	0,15	207	0,06	5625	8162	565	3612	0,41

Fuente: autores

Tabla 22. Frecuencia generada en el lado horizontal del freno mecánico de subida

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	Kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1336	0,09	702	0,07	2073	0,03	480	0,69	5452	7911	548	3501	0,79
150	1422	0,17	720	0,14	2219	0,02	497	0,72	5802	8418	583	3726	1,04
300	1508	0,25	737	0,21	2364	0,02	514	0,74	6151	8925	618	3950	1,29
450	1439	0,24	793	0,09	2313	0,02	463	0,70	5872	8520	590	3771	1,14

Fuente: autores

4.2.2.4 *Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en la polea.* La toma de datos en la polea se lo realiza en el lado vertical y horizontal de la misma, que son detalladas en las tablas, presentando sus respectivas variaciones de frecuencia como de amplitud ya que la polea está encargada de soportar el contrapeso como de la cabina y está expuesta a diferentes cargas.

Tabla 23. Frecuencia generada en el lado vertical de la polea de subida

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1363	0,25	724	0,09	2861	0,02	207	0,04	5562	8070	559	3571	0,43
150	1367	0,26	698	0,08	2826	0,02	233	0,05	5577	8093	560	3582	0,42
300	1371	0,26	672	0,07	2792	0,02	259	0,07	5593	8115	562	3592	0,41
450	1485	0,28	741	0,05	2331	0,06	310	0,07	6060	8792	609	3891	0,44

Fuente: autores

Tabla 24. Frecuencia generada en el lado horizontal de la polea de subida

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1361	0,06	741	0,53	2482	0,06	431	0,17	5555	8060	558	3567	0,38
150	1362	0,53	739	0,29	2474	0,06	455	0,17	5558	8065	559	3569	0,87
300	1363	1,00	737	0,06	2467	0,07	480	0,17	5562	8070	559	3571	1,36
450	1495	0,62	891	0,13	2210	0,10	600	0,10	6100	8851	613	3917	0,81

Fuente: autores

4.2.3 *Medición realizada en la etapa de bajada del ascensor.* La medición se realizó en la etapa de bajada del ascensor a diferentes cargas establecidas para el funcionamiento del ascensor, para lo cual se debe tener en cuenta la frecuencia y su amplitud ya que el ascensor no trabaja de igual manera que de subida teniendo una velocidad diferente y la carga, ya que el ascensor trabaja más al momento de transportar de la parte inferior a la superior, teniendo en cuenta las RPM y la amplitud que nos genera para comparar con las cartas de charlotte.

4.2.3.1 *Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en el motor.* Se establece la siguiente toma de datos en el lado vertical y horizontal con la ayuda del equipo vibracheck ABG 200 las mismas que son detalladas en las siguientes tablas:

Tabla 25. Frecuencia generada en el lado vertical del motor de bajada

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1416	0,02	741	0,04	2482	0,02	259	0,08	5776	8381	580	3709	0,16
150	1418	0,21	698	0,05	2490	0,10	310	0,09	5785	8394	581	3715	0,38
300	1420	0,40	655	0,06	2499	0,18	362	0,09	5794	8407	582	3721	0,61
450	1465	0,02	724	0,05	2490	0,04	396	0,16	5977	8672	601	3838	0,22

Fuente: autores

Tabla 26. Frecuencia generada en el lado horizontal del motor de bajada

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	CPM	CPM	CPM	mm/s
0	1363	0,64	702	0,12	2262	0,19	259	0,08	5562	8070	559	3571	1,04
150	1385	0,57	711	0,12	2279	0,18	369	0,19	5651	8200	568	3629	0,94
300	1407	0,49	720	0,12	2296	0,18	480	0,31	5741	8330	577	3687	0,84
450	1495	0,49	771	0,13	2381	0,16	463	0,16	6100	8851	613	3917	0,74

Fuente: autores

4.2.3.2 *Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en el reductor.* Se establece la siguiente toma de datos en el reductor, en el lado vertical y horizontal del mismo, que son detalladas en las siguientes tablas presentando sus respectivas variaciones de frecuencia como de amplitud.

Tabla 27. Frecuencia generada en el lado vertical del reductor de bajada

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	CPM	CPM	CPM	mm/s
0	1495	0,36	655	0,02	2464	0,13	396	0,09	6100	8851	613	3917	0,49
150	1445	0,20	698	0,05	2490	0,09	414	0,07	5898	8557	593	3787	0,34
300	1396	0,05	741	0,07	2516	0,04	431	0,05	5695	8264	572	3657	0,18
450	1495	0,50	685	0,02	2450	0,14	401	0,17	6100	8851	613	3917	0,58

Fuente: autores

Tabla 28. Frecuencia generada en el lado horizontal del reductor de bajada

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	CPM	CPM	CPM	mm/s
0	1396	0,03	862	0,14	2516	0,03	345	0,18	5695	8264	572	3657	0,36
150	1379	0,02	689	0,14	2464	0,02	345	0,21	5625	8162	565	3612	0,34
300	1361	0,01	517	0,15	2413	0,02	345	0,24	5555	8060	558	3567	0,32
450	1496	0,42	758	0,06	2464	0,11	448	0,26	6103	8855	613	3919	0,53

Fuente: autores

4.2.3.3 *Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en el freno mecánico.* La toma de datos en el freno mecánico esta analizada, en el lado vertical y horizontal del mismo, se detalla las variaciones de frecuencia como de amplitud.

Tabla 29. Frecuencia generada en el lado vertical del freno mecánico de bajada

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1363	0,643	722	0,115	2849	0,034	361	0,042	5562	8070	559	3571	1,04
150	1385	0,524	702	0,09	2568	0	341	0	5651	8200	568	3629	0,94
300	1407	0,492	748	0,07	2288	0,177	321	0,089	5741	8330	577	3687	0,84
450	1495	0,493	763	0,087	2368	0,159	401	0,166	6100	8851	613	3917	0,74

Fuente: autores

Tabla 30. Frecuencia generada en el lado horizontal del freno mecánico de bajada

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1407	0,33	724	0,08	2482	0,02	465	0,20	5741	8330	577	3687	0,95
150	1363	0,30	681	0,08	2533	0,02	483	0,23	5562	8070	559	3571	0,78
300	1319	0,28	638	0,09	2585	0,02	500	0,25	5382	7810	541	3456	0,61
450	1499	0,02	620	0,08	2464	0,01	440	0,20	6117	8876	615	3928	0,44

Fuente: autores

4.2.3.4 *Mediciones realizadas con el equipo de análisis de vibraciones en la polea.* La toma de datos en la polea esta analizada, en el lado vertical y horizontal de la misma, que son detalladas en las tablas, presentando sus respectivas variaciones de frecuencia y amplitud.

Tabla 31. Frecuencia generada en el lado vertical de la polea de bajada

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1407	0,33	707	0,08	2464	0,02	276	0,04	5741	8330	577	3687	0,95
150	1363	0,30	681	0,08	2352	0,02	302	0,05	5562	8070	559	3571	0,78
300	1319	0,28	655	0,09	2240	0,02	327	0,06	5382	7810	541	3456	0,61
450	1293	0,14	603	0,08	2275	0,01	440	0,20	5273	7652	530	3386	0,44

Fuente: autores

Tabla 32. Frecuencia generada en el lado horizontal de la polea de bajada

Carga	Frecuencia fundamental del motor 1M		Frecuencia del reductor 1R		Frecuencia natura de los cables 1FNC		Frecuencia fundamental de la polea 1P		BPFO	BPFI	FTF	BSF	RMS total
	kg	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM	mm/s	CPM						mm/s
0	1407	1,02	702	0,05	2262	0,18	463	0,08	5741	8330	577	3687	1,43
150	1451	0,91	745	0,06	2321	0,13	404	0,16	5920	8591	595	3802	1,15
300	1495	0,79	788	0,07	2381	0,07	345	0,24	6100	8851	613	3917	0,88
450	1495	1,21	840	0,18	2484	0,10	480	0,15	6100	8851	613	3917	1,27

Fuente: autores

4.3 Mediciones de análisis termográfico en el ascensor a diferentes cargas.

Los termogramas mostrados a continuación corresponden a datos tomados con cargas diferentes en el funcionamiento del ascensor, lo cual nos presenta las diferentes variaciones de temperatura en los dispositivos eléctricos y electrónicos presentes en el tablero de control antes mencionados.

4.3.1 *Parámetros principales que debemos tener en cuenta al momento del análisis termográfico.*

El análisis termográfico se tomara generalmente en los elementos eléctricos del tablero de control de ascensor, caja de fusibles, banco de condensadores, contactares, relés transformadores diferenciales salva motor del ascensor o dispositivos que sean los más probables a producir una falla funcional o potencial.

Para inspecciones eléctricas se recomienda conocer cada uno de los elementos a inspeccionar tanto sus características y funcionamiento.

Figura 42. Tablero principal de control del ascensor



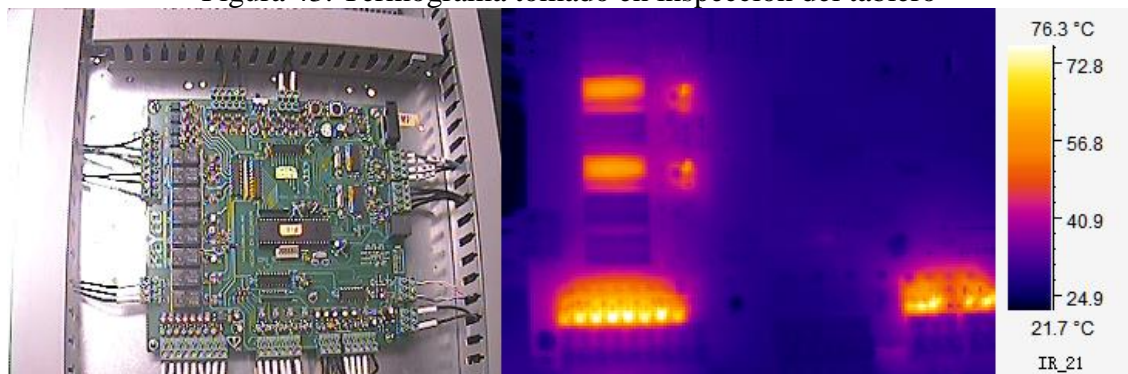
Fuente. Autores

El técnico por seguridad nunca debe efectuar ninguna tarea en los sistemas eléctricos al momento de la inspección.

4.3.1.1 Metodología para la inspección termográfica.

- Configurar y ajustar la cámara termográfica con los parámetros necesarios
- Determinar la distancia correcta para la toma del termograma
- Enfoque correctamente para una mejor imagen termográfica
- Realizar la inspección termográfica de cada uno de los elementos seleccionados
- Registrar y clasificar según cada elemento inspeccionado
- Determinación de fallos encontrados en la inspección por medio del software
- Establecer los parámetros importantes y encontrados en cada elemento
- Desarrollar procedimientos, métodos y acciones a tomar
- Establecer criterios de severidad

Figura 43. Termograma tomado en inspección del tablero



Fuente. Autores

4.3.2 Recolección y análisis de termograma del tablero de control del ascensor.

Para la recolección y análisis termográfico se debe tener muy en cuenta la distancia 1m, al momento de tomar el termograma, y la posición paralela hacia el elemento.

4.3.2.1 *Inspección termográfica del tablero de control del ascensor.* Para la inspección termográfica de elementos eléctricos se debe estructurar una secuencia de cada elemento a ser analizado, para tener una mejor apreciación e identificación de cada elemento.

El técnico por seguridad nunca debe efectuar ninguna tarea en los dispositivos eléctricos al momento de la inspección termográfica ya que estaría afectado al buen funcionamiento del ascensor el cual con llevaría a pérdida de algún elemento y pondría en riesgo su vida.

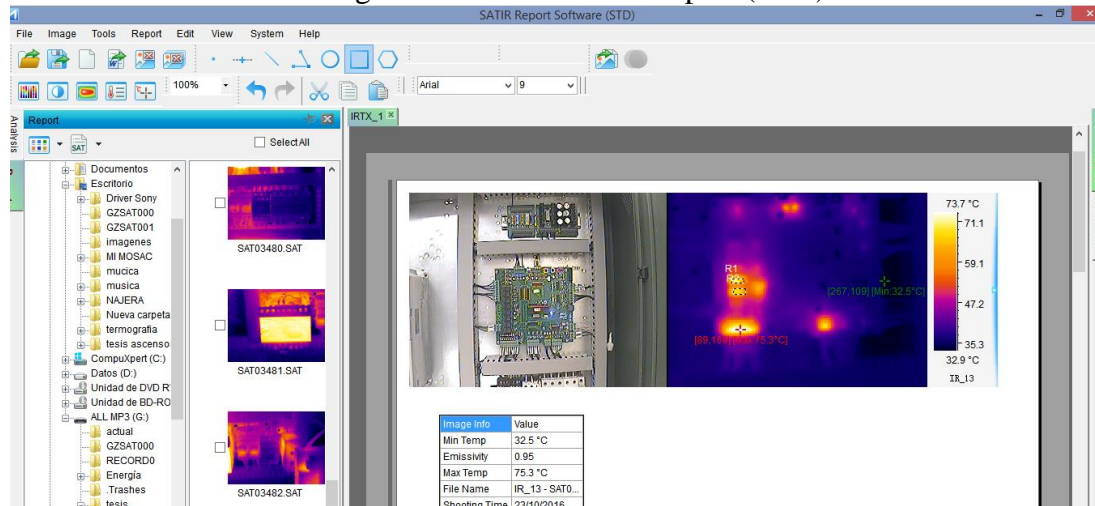
Figura 44. Toma del termograma



Fuente. Autores

4.3.2.2 *Análisis de cada uno de los termogramas en el software.* Para el análisis de cada elemento inspeccionado se deberá descargar los termogramas adquiridos, en el ordenador y cargarlos al software para diagnosticar la presencia de alguna falla en el elemento inspeccionado.

Figura 45. Software Satir report (STD)



Fuente. Autores

4.3.3 *Severidad de temperatura de cada elemento inspeccionado.* Determinan el estado de cada elemento y su respectiva acción a tomar según la temperatura obtenida de cada elemento inspeccionado.

Tabla 33. Análisis de la inspección termográfica de los elementos del tablero de control

Equipo Inspeccionado	Elemento	Tmax	ΔT (Tmax-Tamb)	Severidad	Acción a tomar
Caja térmica	Breaker 20C QOvs 240V	20.9°C	1.8°C	Leve	Observación
	Breaker 32C QOvs 240/415V	21.0°C	1.9°C	Leve	Observación
Resistencia de cemento	5W220ΩJ TYH1.3.43	36.2 °C	17.1°C	Medio	Programable
Relé de estado solido	Midtex MDX2401	62.6 °C	43.5°C	Severo	En primera parada
Relé de estado solido	SIEMENS LZX: PT570024	22.8 °C	3.7°C	Leve	Observación
Relé de estado solido	SIEMENS LZX: PT570024	23.4 °C	4.3°C	Leve	Observación
Contactador	Tesys CAD 32	22.2 °C	3.1°C	Leve	Observación
Breakers	LS BKN C6 400V	22.7 °C	3.6°C	Leve	Observación
Breakers	LS BKN C10 400V	22.0 °C	2.9°C	Leve	Observación
Transformador	Bobina Condensador 250uf 200V 540I	63.5 °C	44.4°C	Severo severo	En primera parada
		43.6 °C	24.5°C		
Control transformador	JBK3Z-500VA-A	47.6 °C	28.5°C	Severo	En primera parada
Relé de estado solido	SIEMENS LZX: PT570730	44.4 °C	25.3°C	Severo	En primera parada
Relé de estado solido	SIEMENS LZX: PT570730	44.1 °C	25°C	Severo	En primera parada
Contactador	Tesys CAD 32	43.2 °C	24.1°C	Severo	En primera parada
Protección relé	Camsco VP-002	44.2 °C	25.1°C	Severo	En primera parada
Guarda motor	Tesys LADN31	22.2 °C	3.1°C	Leve	Observación
Guarda motor	Tesys LADN31	22.2 °C	3.1°C	Leve	Observación

Fuente. Autores

4.4 Mediciones de la calidad de energía del ascensor a diferentes cargas.

Para las mediciones de la calidad de la energía del sistema de transmisión, se utilizara el equipo FLUKE 435 SERIE II y el software Power Long, donde el estudio se centrara en parte fundamental del sistema de transmisión, también se utilizara las normas ecuatorianos para la verificación de las variables o parámetros para un funcionamiento adecuado de la misma.

Metodología para la toma de mediciones:

- Instalar el equipo con respectivas conexiones en la caja térmica.
- Verificar la calidad de energía en la caja térmica.
- Instalar el equipo con respectivas conexiones en el motor.
- Verificar la conexión del motor.
- Realizar la toma de datos en función a la carga.
- Descargar los datos al software Power Long.
- Interpretación de los datos obtenidos.

4.4.1 *Calidad energética de caja térmica y el tablero de control.* Para verificar el rendimiento adecuado en el motor eléctrico se debe tener cuenta la calidad de energía que distribuye la caja térmica la misma que será absorbida por el motor para transformar en energía mecánica donde se tiene los siguientes parámetros para el funcionamiento.

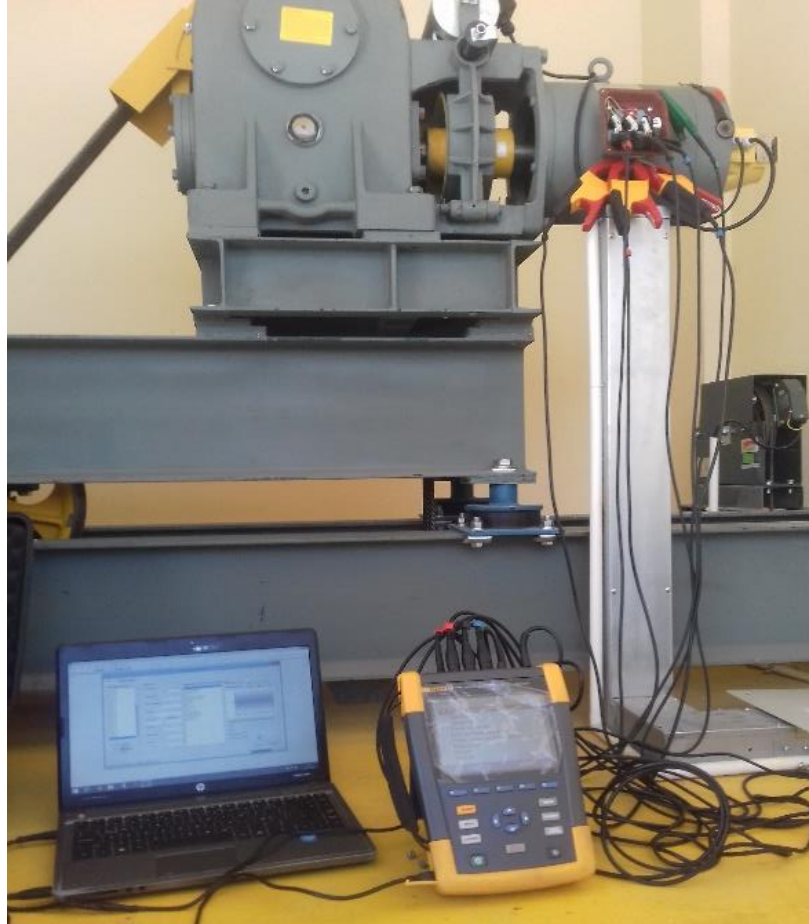
Tabla 34. Calidad energética del tablero de control

Líneas	U	V	W	SÍMBOLO
Voltaje de línea	220	220	220	V
Intensidad de línea	14,72	14,98	15,12	A
Grados eléctricos	120	240	360	°
Frecuencia	60	60	60	Hz

Fuente: autores

4.4.2 *Calidad energética del motor.* Para el análisis de la calidad energética del motor debemos tener en cuenta la etapa de funcionamiento, la misma que permitirá verificar los parámetros establecidos donde la metodología aplicada será dependiendo de la carga nominal para el funcionamiento.

Figura 46. Toma y adquisición de datos



Fuente autores

4.4.2.1 *Cálculo de la potencia eléctrica absorbida por el motor eléctrico (P_e).* Para el cálculo de la potencia eléctrica absorbida por el motor eléctrico, se toma en cuenta los datos técnicos que se encuentra en la placa del motor los mismos que están detallados en la Tabla (7).

$$P_e = \sqrt{3} * V * I * \cos(\varphi)$$

$$P_e = \sqrt{3} * 220 * 19,7 * 0,855$$

$$P_e = 6418,235 \text{ W}$$

$$P_e = 6,42 \text{ kW}$$

4.4.2.2 *Cálculo de la potencia desarrollada por el motor eléctrico (P_m).* Para el cálculo de la potencia desarrollada en el eje del motor, se procede a verificar las diferentes

perdidas de energía eléctrica que se provoca, para transformar a energía mecánica. Existen diversos métodos para calcular la potencia mecánica del motor en nuestro estudio se lo realiza mediante el deslizamiento, la caída de tensión y la intensidad.

Cálculo de la potencia mecánica en función al deslizamiento y el voltaje

$$P_m = \frac{S_{\text{sinc}} - S_{\text{real}}}{S_{\text{sinc}} - S_{\text{nominal}}} * P_n$$

$$P_m = \frac{1798 - 1456}{1798 - 1455} * 5,5kw$$

$$P_m = 5,48kw$$

$$P_m = \frac{S_{\text{sinc}} - S_{\text{real}}}{S_{\text{sinc}} - S_{\text{nominal}}} * \left(\frac{V_{\text{nominal}}}{V_{\text{real}}} \right)^2 * P_n$$

$$P_m = \frac{1798 - 1456}{1798 - 1455} * \left(\frac{220}{220,36} \right)^2 * 5.5kw$$

Cálculo de la potencia mecánica en función a la intensidad con carga.

$$P_m = 5,50kw$$

$$P_m = \frac{I_{\text{real}}}{I_{\text{placa}}} * P_n$$

$$P_m = \frac{20,12 \text{ A}}{19,71 \text{ A}} * 5,5kw$$

$$P_m = 5,62 \text{ kw}$$

4.4.2.3 Cálculo del rendimiento del sistema de transmisión (η). Para el cálculo del rendimiento o la eficiencia del motor eléctrico en el sistema de transmisión se utiliza la ecuación (7) que es la relación que existe entre la potencia mecánica de salida en el eje del motor y la potencia absorbida o la potencia eléctrica que ingresa al motor eléctrico.

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} \times 100$$

$$\eta = \frac{5,5kW}{6,42kW} \times 100$$

$$\eta = 85,67$$

4.4.2.4 *Cálculo del porcentaje de carga del motor eléctrico (%Cm).* En la carga del motor eléctrico verificamos en que porcentaje el motor está trabajando dependiendo de la etapa de funcionamiento. Donde necesitamos la potencia eléctrica medida (Pem) y la potencia eléctrica nominal calculada (Pen).

$$\%Cm = \frac{P_{em}}{P_{en}}$$

$$\%Cm = \frac{\sqrt{3} * V * I * \cos(\varphi)}{P_{en}}$$

$$\%Cm = \frac{\sqrt{3} * V * I * \cos(\varphi)}{6,42} * 100$$

4.4.3 *Medición de la calidad energética en la etapa de subida del ascensor.*

Tabla 35. Valores de medición en el motor en la etapa de subida

Carga	Intensidad	Voltaje	Factor de potencia	Potencia activa	Potencia reactiva	Potencia Aparente
Kg	A	V		kW	kVAr	kVA
0	10,31	226,98	0,54	1,78	3,28	4,60
75	11,36	225,98	0,58	2,58	3,44	4,72
150	12,11	225,46	0,63	2,98	3,64	4,79
225	13,52	222,22	0,68	3,43	3,69	5,05
300	16,47	220,12	0,75	4,71	3,7	6,31
375	18,02	218,02	0,79	5,37	3,81	6,81
450	22,39	218,36	0,83	7,03	4,17	8,55

Fuente: autores

4.4.4 *Medición de la calidad energética en la etapa de bajada del ascensor.* Se realiza la medición en la etapa de bajada a diferentes cargas del ascensor con los siguientes resultados.

Tabla 36. Valores de medición en el motor en la etapa de bajada

Carga	Intensidad	Voltaje	Factor de potencia	Potencia activa	Potencia reactiva	Potencia Aparente
Kg	A	V		kW	kVAr	kVA
0	14,45	215,66	0,54	2,91	4,56	5,40
75	12,24	215,52	0,53	2,42	3,88	4,57
150	10,02	215,05	0,52	1,94	3,20	3,73
225	7,81	214,58	0,52	1,51	2,50	2,90
300	5,59	215,49	0,52	1,08	1,80	2,09
375	3,85	215,24	0,49	0,70	1,26	1,44
450	2,11	214,98	0,48	0,38	0,70	0,79

Fuente: autores

CAPÍTULO V

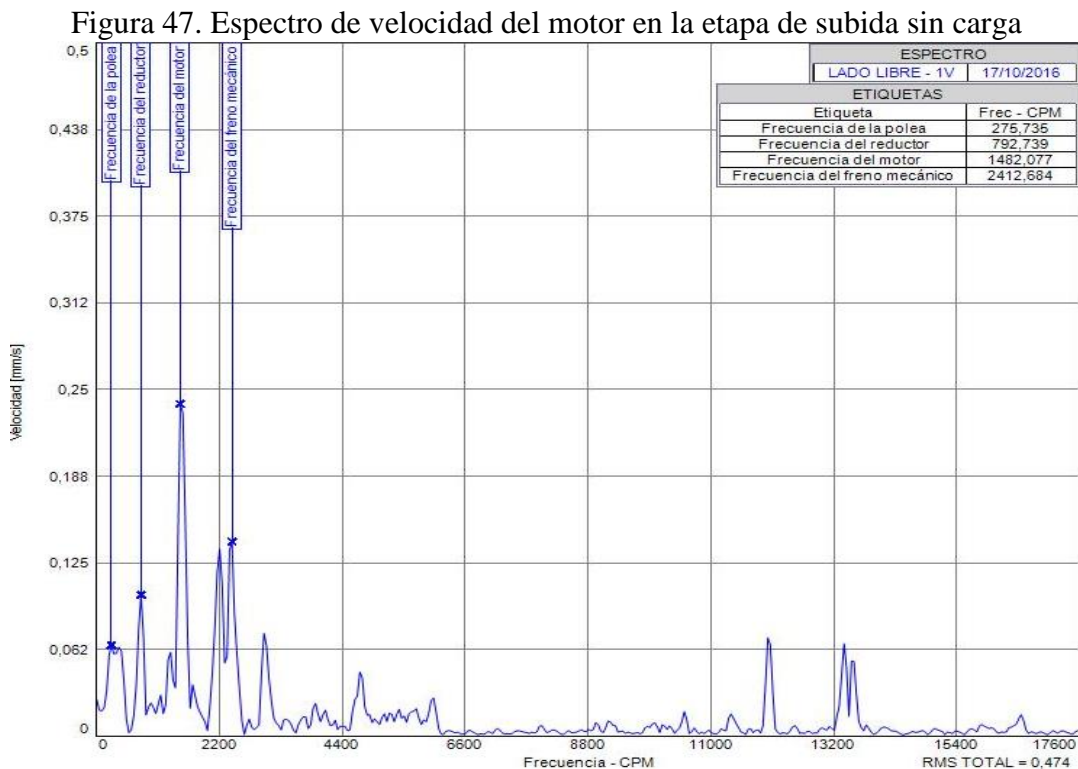
5. DIAGNOSTICO TÉCNICO DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, MEDIANTE ANÁLISIS VIBRACIONAL, TERMOGRÁFICO, Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.

En este capítulo se realiza el diagnóstico técnico de los sistemas mecánicos y eléctricos mediante el análisis de los diferentes espectros, termogramas y la eficiencia energética del motor, en función de carga aplicada al ascensor, se utiliza las Cartas de Charlotte para el diagnóstico y la norma ISO 10816-1 para verificar los niveles de vibración aceptable.

5.1 Análisis vibracional de los sistemas mecánicos del ascensor.

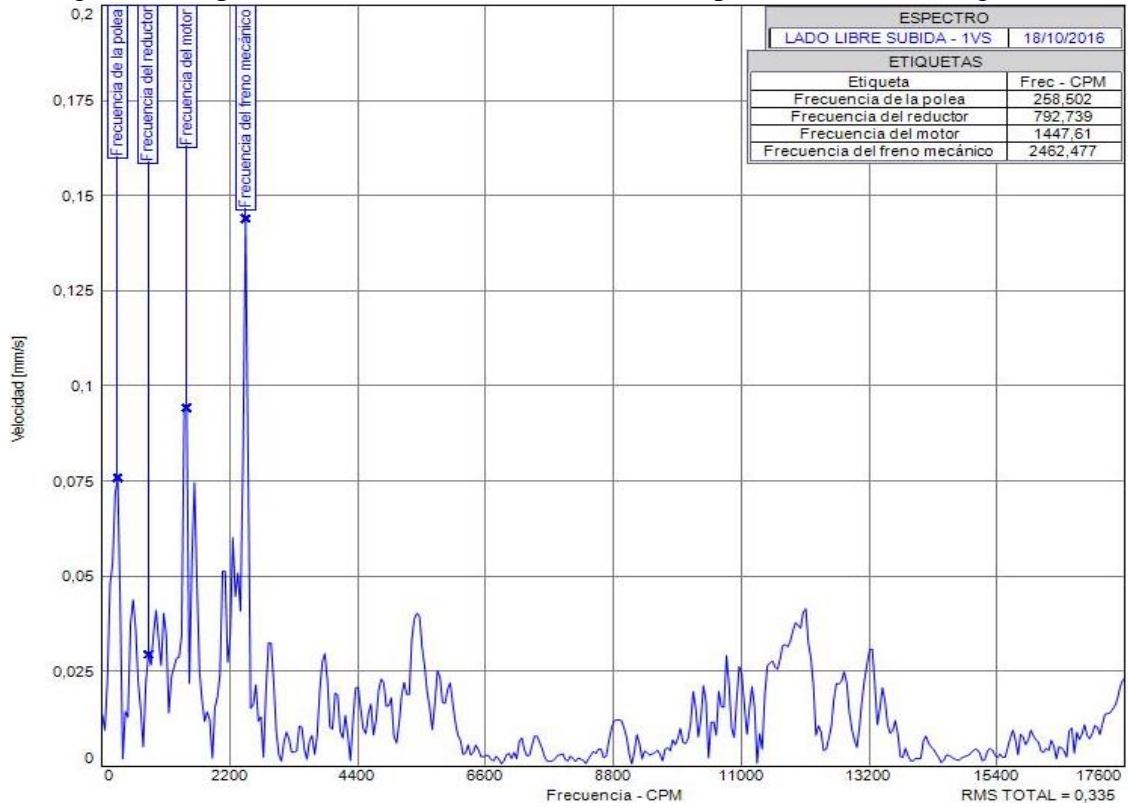
El diagnóstico técnico se lo realiza mediante el análisis de los espectros de la velocidad del motor, reductor, polea y cables que conforman el sistema de transmisión del ascensor, verificando como la frecuencia, amplitud y los valores RMS totales se incrementan o disminuyen en función a la carga aplicada.

5.1.1 Espectros del motor en la etapa de subida del lado libre vertical.



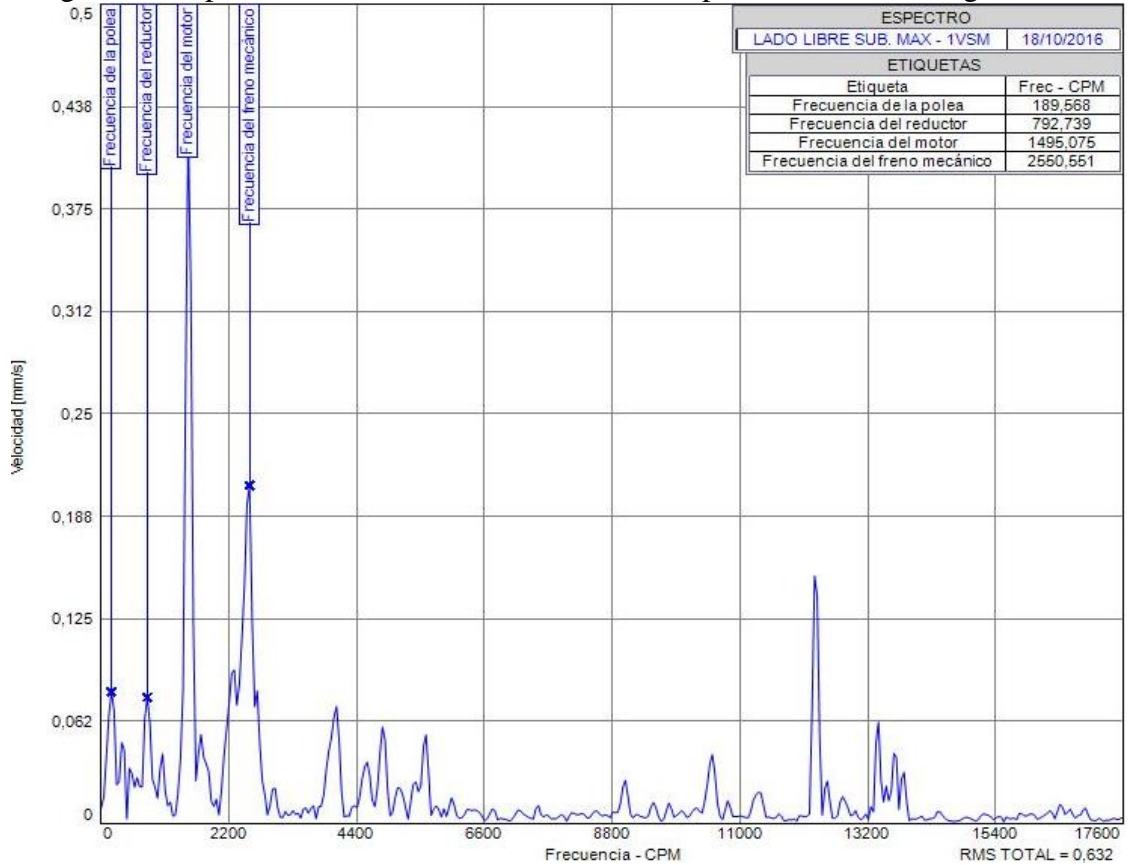
Fuente: autores

Figura 48. Espectro de velocidad del motor en la etapa de subida con carga media



Fuente: autores

Figura 49. Espectro de velocidad del motor en la etapa de subida con carga máxima



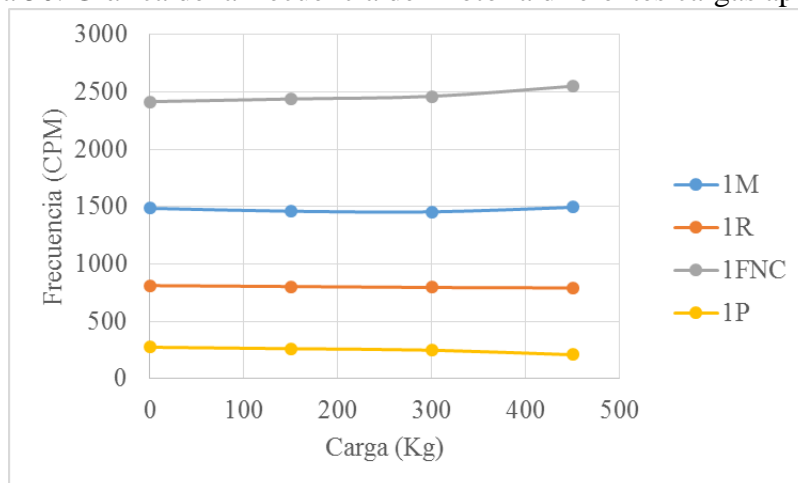
Fuente: autores

Diagnóstico. Como podemos verificar en los espectros de la velocidad del motor a diferentes cargas, el espectro predominante del sistema en la posición vertical y horizontal es la frecuencia fundamental del motor (1M), determinando que el motor no presenta ningún tipo de fallo inicial es su operación y se considera como un componente en buen estado para el funcionamiento del ascensor.

Análisis de severidad. El espectro predominante del sistema es el (1M), donde la amplitud se incrementa en función a la carga aplicada, y la amplitud de los espectros del reductor, polea y de los cables varían en lo mínimo de acuerdo con la carga, también podemos verificar que la severidad de vibración en valores RMS totales del motor es de 0,63 mm/ respecto a 0,71 mm/s de la norma ISO 10816-1 el valor RMS total se encuentra dentro del rango aceptable.

5.1.1.1 *Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.* Se procede a construir las gráficas de tendencias de la frecuencia, amplitud y los valores globales RMS totales en función a los datos obtenidos en la Tabla 17, para determinar la severidad de vibración que presenta el sistema mecánico de transmisión en función a las cargas aplicada al motor.

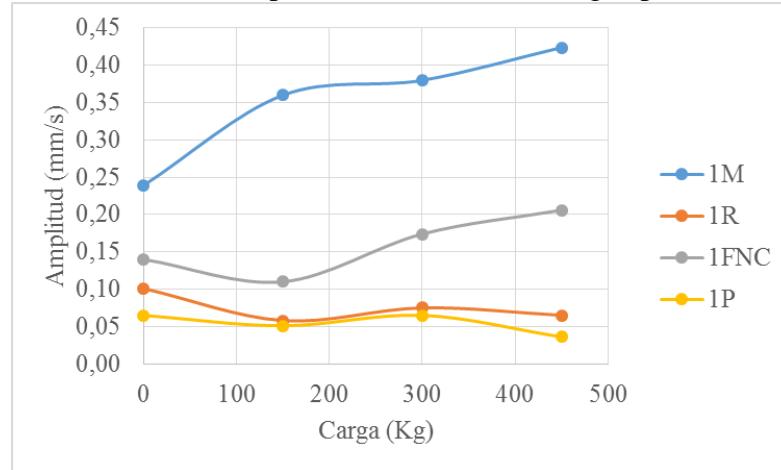
Figura 50. Gráfica de la frecuencia del motor a diferentes cargas aplicadas



Fuente: autores

Como se puede observar en la Figura 50, la frecuencia del motor (1M) y de los cables (1FNC) se incrementa en función a la carga aplicada al ascensor y la frecuencia del reductor (1R) y la polea (1P) disminuyen, esto transcurre en función a la carga aplicada. Podemos determinar que a medida de la carga la frecuencia de los componentes acoplados al motor puede incrementar o disminuir.

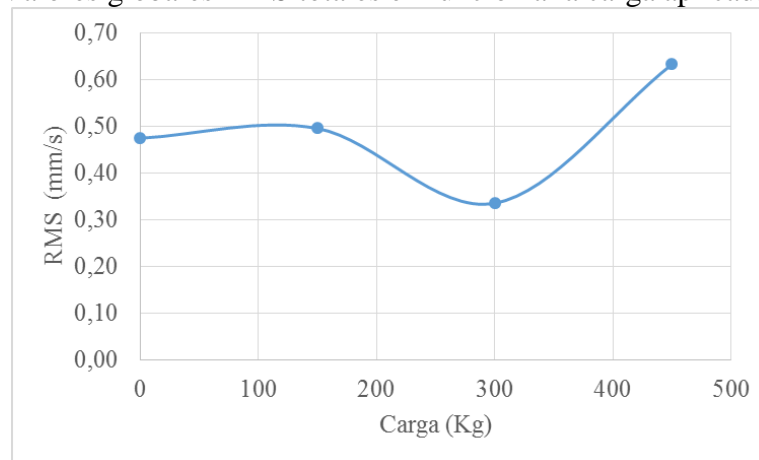
Figura 51. Gráfica de la amplitud en función a la carga aplicada en el motor



Fuente: autores

En la (Figura 51) se puede observar como la amplitud del motor (1M) y los cables (1FNC) se incrementa, mientras que la amplitud del reductor (1R) y la polea (1P) disminuyen en función a la carga, donde se puede verificar que no exceden los niveles de vibración y se considera que la amplitud de motor se incrementa con el tiempo y la carga aplicada.

Figura 52. Valores globales RMS totales en función a la carga aplicada en el motor

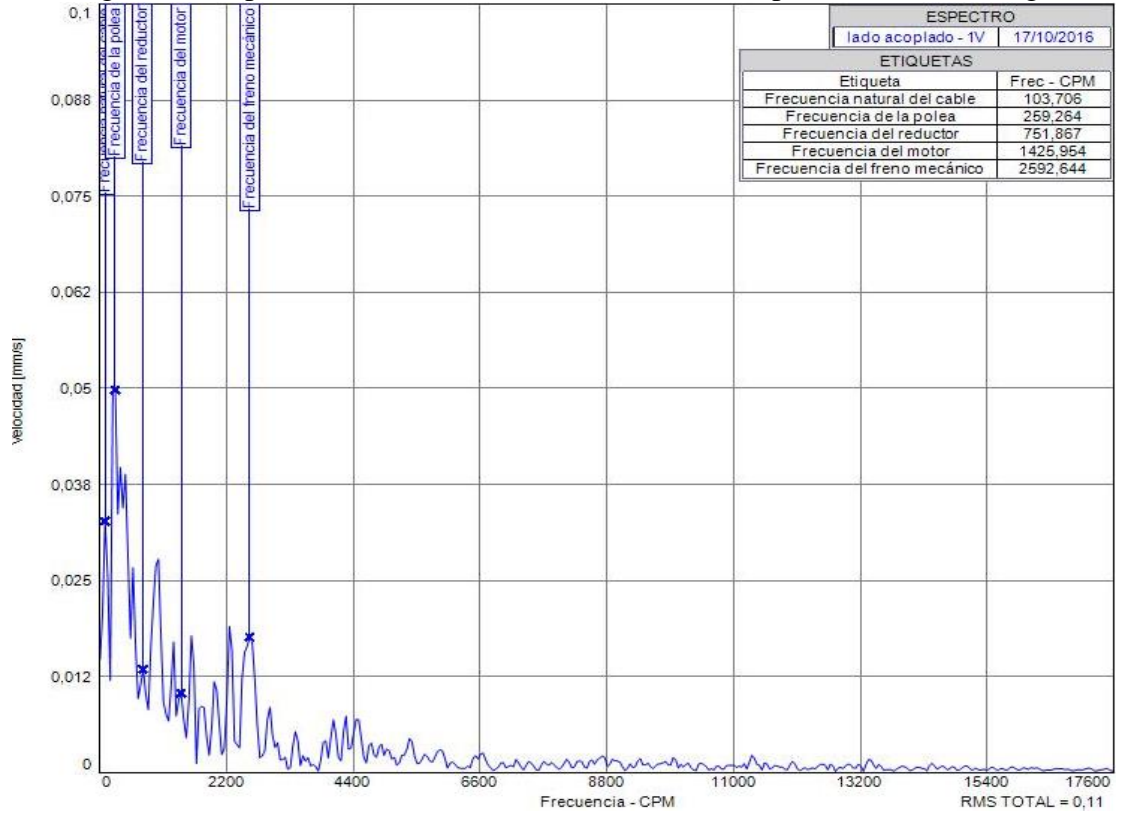


Fuente: autores

En la Figura 52 se puede observar que los valores globales RMS totales en el motor se incrementan en función a la carga, con la aplicación de la norma ISO 10816-1 se verifica que los valores globales RMS del motor (1M) es de 0,63 mm/s con carga máxima respecto a 0,71 mm/s de la norma, se establece que la severidad de la vibración del motor es aceptable para el funcionamiento del ascensor.

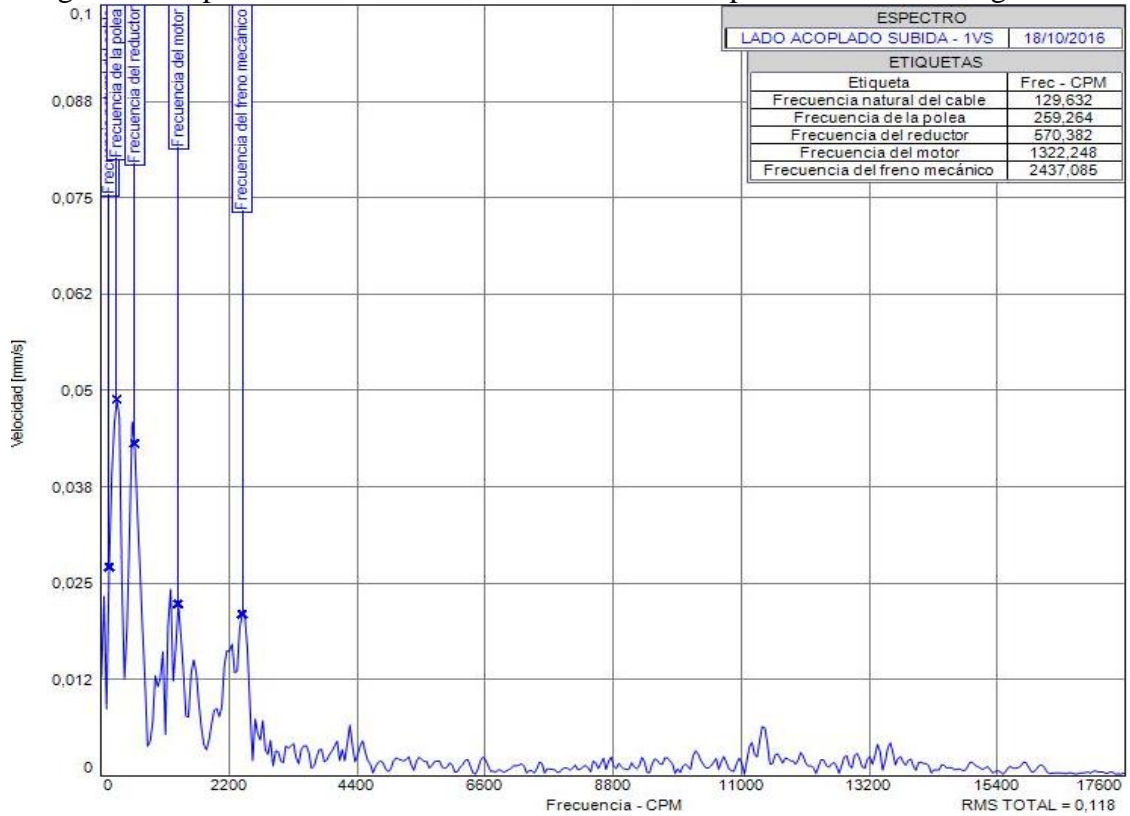
5.1.2 *Espectros del reductor en la etapa de subida del lado libre vertical.* Los espectros de velocidad del reductor a diferentes cargas son detallados a continuación.

Figura 53. Espectro de velocidad del reductor en la etapa de subida sin carga



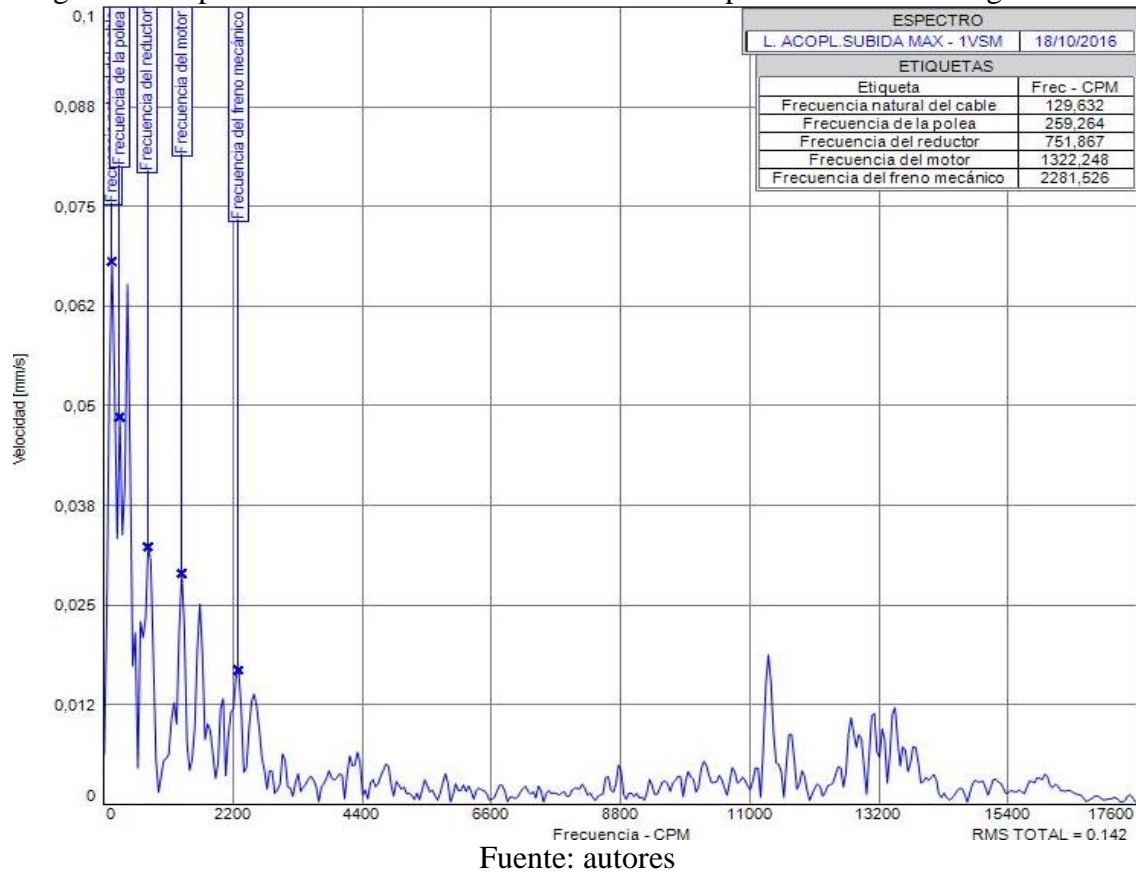
Fuente: autores

Figura 54. Espectro de velocidad del reductor en la etapa de subida con carga media



Fuente: autores

Figura 55. Espectro de velocidad del reductor en la etapa de subida con carga máxima



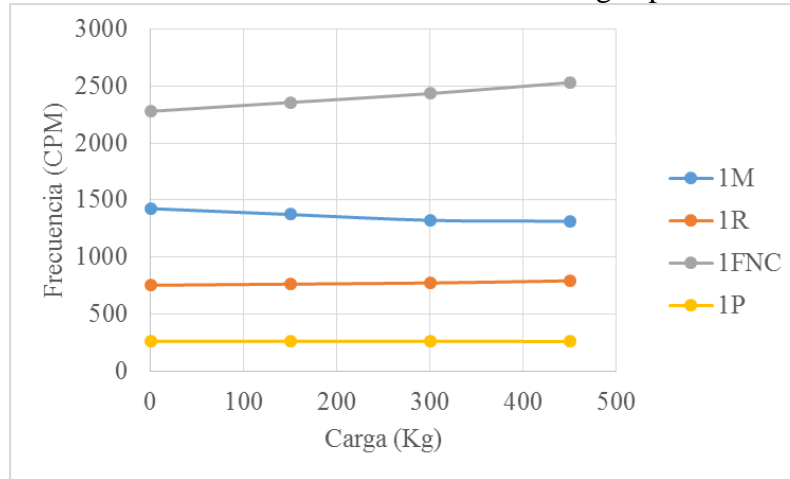
Diagnostico. Como podemos verificar en los espectros de velocidad del reductor a diferentes cargas, el espectro predominante del sistema tanto en la posición vertical y horizontal es espectro de la polea, comparando con las cartas de charlotte se verifica que existe una excentricidad del reductor con la polea y genera un deslizamiento de los cables de la cabina, y se determinar que el reductor presenta un fallo incipiente en el funcionamiento del ascensor. Se recomienda realizar mediciones rutinarias para verificar como la amplitud de los componentes acoplados al reductor se incrementan.

Análisis de severidad. El espectro predominante del sistema es de la polea, se verifica como la amplitud en funciona a la carga se incrementan, con la determinación de la norma ISO 10816-1, se observa que los valores RMS totales en le reductor es de 0,14 mm/s con la respecto al 0,71 mm/s de la norma, se establece que el nivel de vibración en el reductor en aceptable para el funcionamiento.

5.1.2.1 *Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.* Se procede a construir las gráficas con los datos obtenidos en la (Tabla 19) para verificar como la tendencia de la

frecuencia (CPM), la amplitud y los valores globales RMS totales se incrementan o disminuyen en función a la carga aplicada en el reductor.

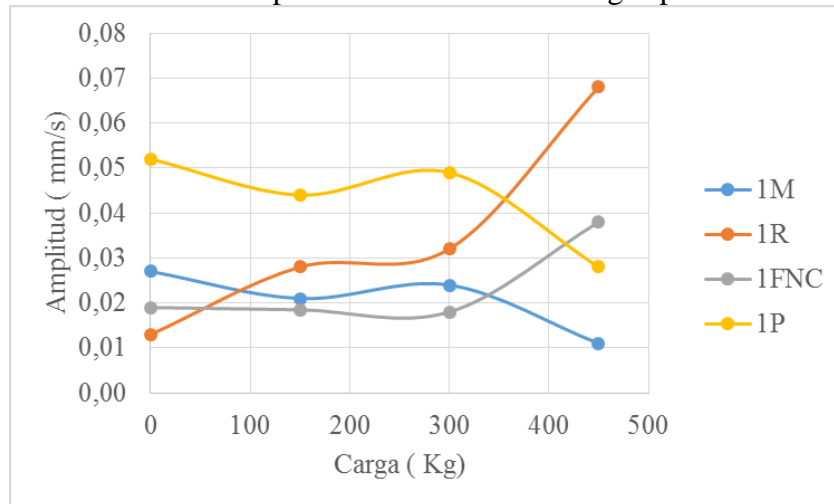
Figura 56. Gráfica de la frecuencia en función de la carga aplicada en el reductor



Fuente: autores

Como se puede observar en la Figura 56 la frecuencia de los cables (1FNC) y del reductor (1R) se incrementa en función a la carga aplicada, mientras tanto la frecuencia del motor (1M) y de la polea (1P) disminuye en función a la carga aplicada al ascensor.

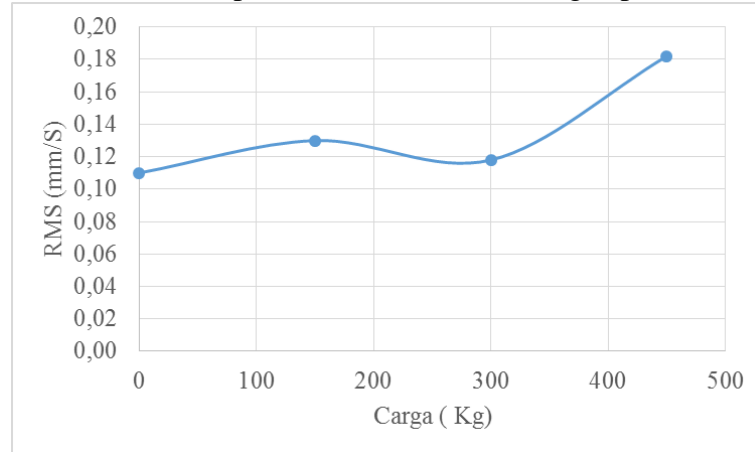
Figura 57. Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en el reductor



Fuente: autores

En la (Figura 57) de la amplitud en función de la carga se puede observar como la amplitud del motor (1M) y de la polea (1P) disminuyen en función a la carga establecida y la amplitud del reductor (1R) y de los cables (1FNC) se incrementan proporcionalmente con la carga, se determina que a medida de la carga la amplitud y frecuencia de los componentes del reductor se incrementan o disminuyen.

Figura 58. Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en el reductor

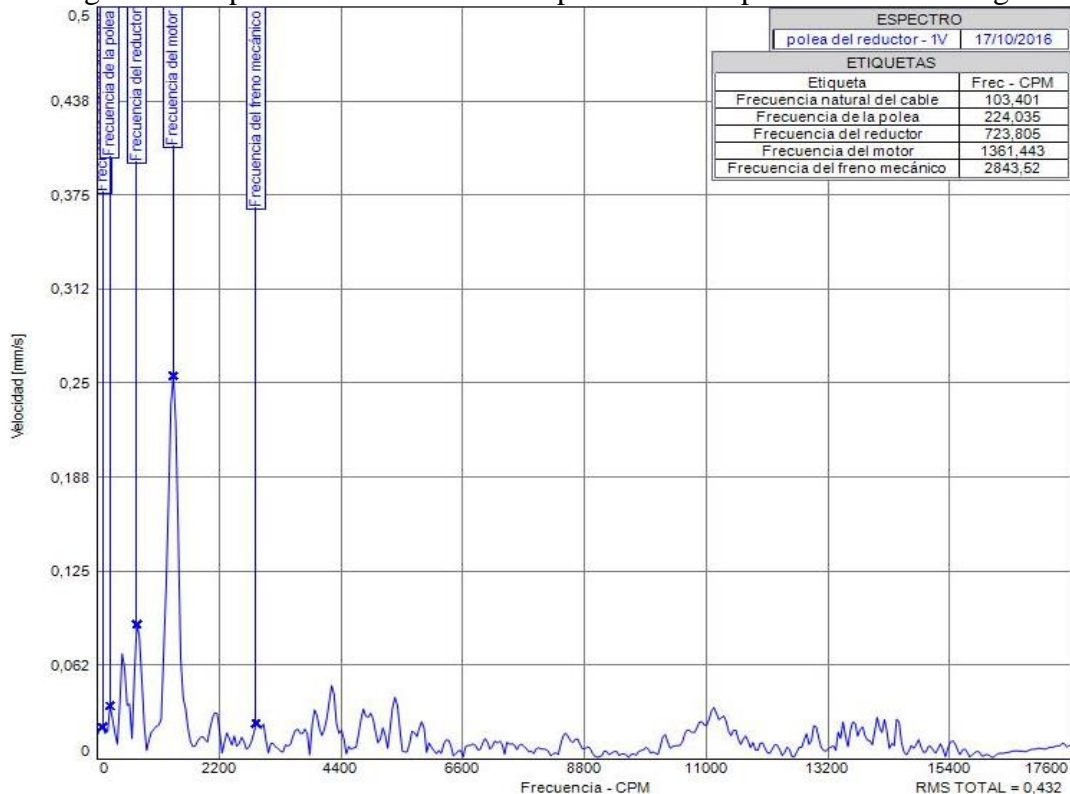


Fuente: autores

En la (Figura 58) se puede observar que los valores globales RMS del reductor se incrementan en función a la carga, teniendo un valor de 0,11 mm/s en la etapa de sin carga y un valor de 0,18 mm/s en la etapa con carga máxima, con la aplicación de la norma ISO 10816-1 y con los valores globales RMS del reductor se establece que la severidad de la vibración del reductor es aceptable para el funcionamiento del ascensor.

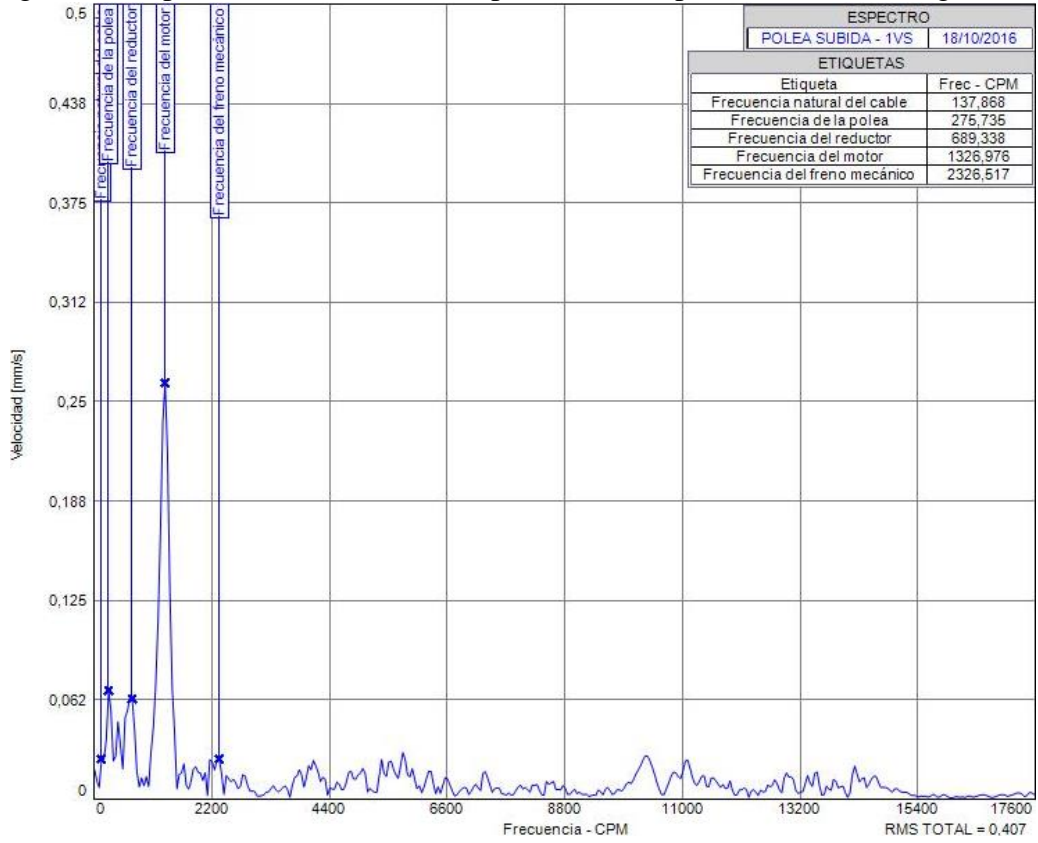
5.1.3 Espectros de la polea en la etapa de subida del lado libre vertical.

Figura 59. Espectro de velocidad de la polea en la etapa de subida sin carga



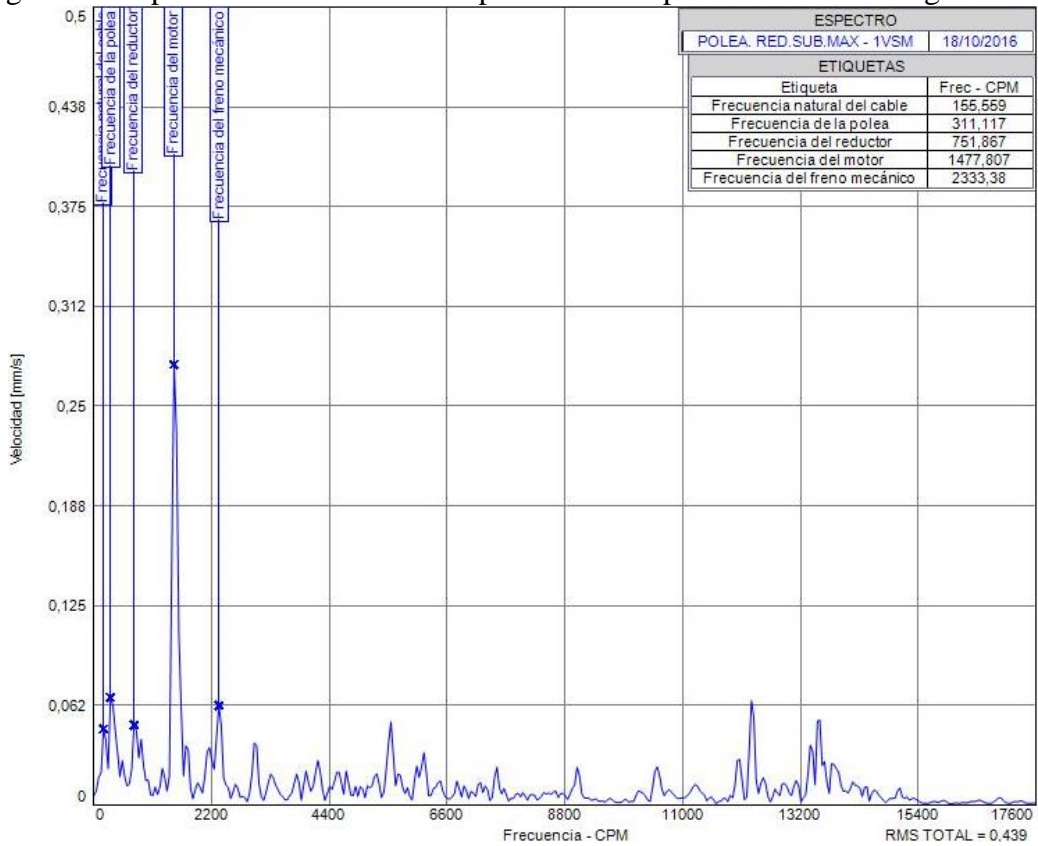
Fuente: autores

Figura 60. Espectro de velocidad de la polea en la etapa de subida con carga media



Fuente: autores

Figura 61. Espectro de velocidad de la polea en la etapa de subida con carga máxima



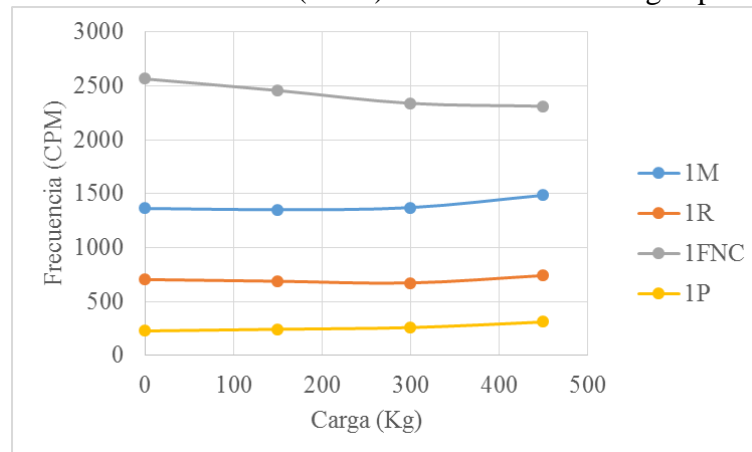
Fuente: autores

Diagnostico. Como podemos verificar en los espectros de la polea a diferentes cargas, el espectro predominante del sistema es la frecuencia fundamental del motor, podemos determinar que la polea no presenta ningún tipo de fallo inicial y se puede considerar como un componente en buen estado para el funcionamiento del ascensor.

Análisis de severidad. El espectro predominante en el sistema (1M) es la velocidad angular de eje del motor donde la amplitud se incrementa en función a la carga, y la amplitud de los espectros del reductor, polea y los cables varían de forma mínima sin exceder los niveles de severidad, también se puede verificar la severidad de vibración que según la norma ISO 10816-1 el valor RMS total aceptable para el funcionamiento debe ser de 0,71 mm/s y el valor RMS total en la polea es de 0,44 mm/s con carga máxima se determina al componente en rango aceptable.

5.1.3.1 *Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.* Se procede a construir las gráficas con los datos obtenidos en la (Tabla 23) para verificar como la tendencia de la frecuencia (CPM), la amplitud (mm/s) y los valores globales RMS totales se incrementan o disminuyen en función a la carga aplicada.

Figura 62. Gráfica de la frecuencia (CPM) en función de la carga aplicada en la polea

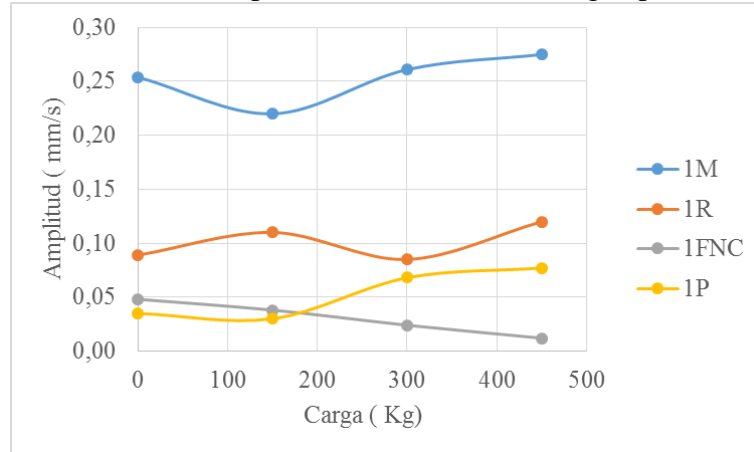


Fuente: autores

Como se puede observar en la (Figura 62) la frecuencia del motor (1M), reductor (1R) y de la polea (1P) se incrementa en función de la carga aplicada, por otro lado la frecuencia de los cables (1FNC) disminuye en función a la carga aplicada al ascensor.

Se determina que el gráfico de la frecuencia puede tener una tendencia en función de la carga aplicada en los componentes de la polea.

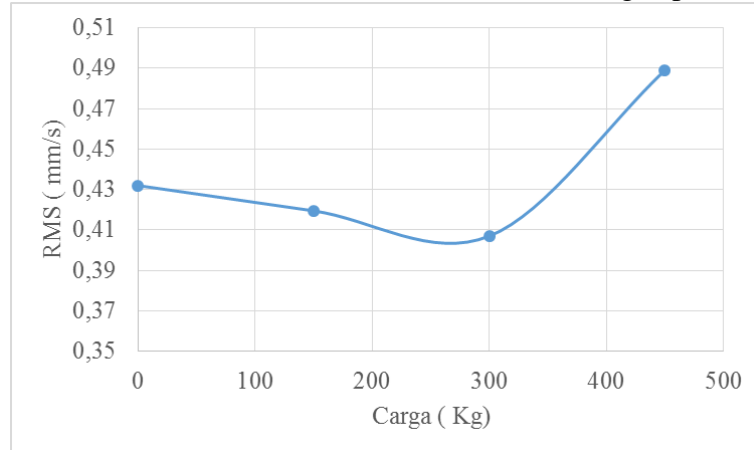
Figura 63. Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en la polea



Fuente: autores

En la (Figura 63) de la amplitud en función de la carga se puede observar como la amplitud del motor (1M) se incrementa en función de la carga, también se puede observar como la amplitud de la polea (1P) y del reductor (1R) varían en función de la carga establecida y la amplitud de los cables (1FNC) disminuyen, se establece que en función de la carga la amplitud de los componentes de la polea se incrementaran o disminuyen.

Figura 64. Gráfica de los valores RMS en función de la carga aplicada en la polea

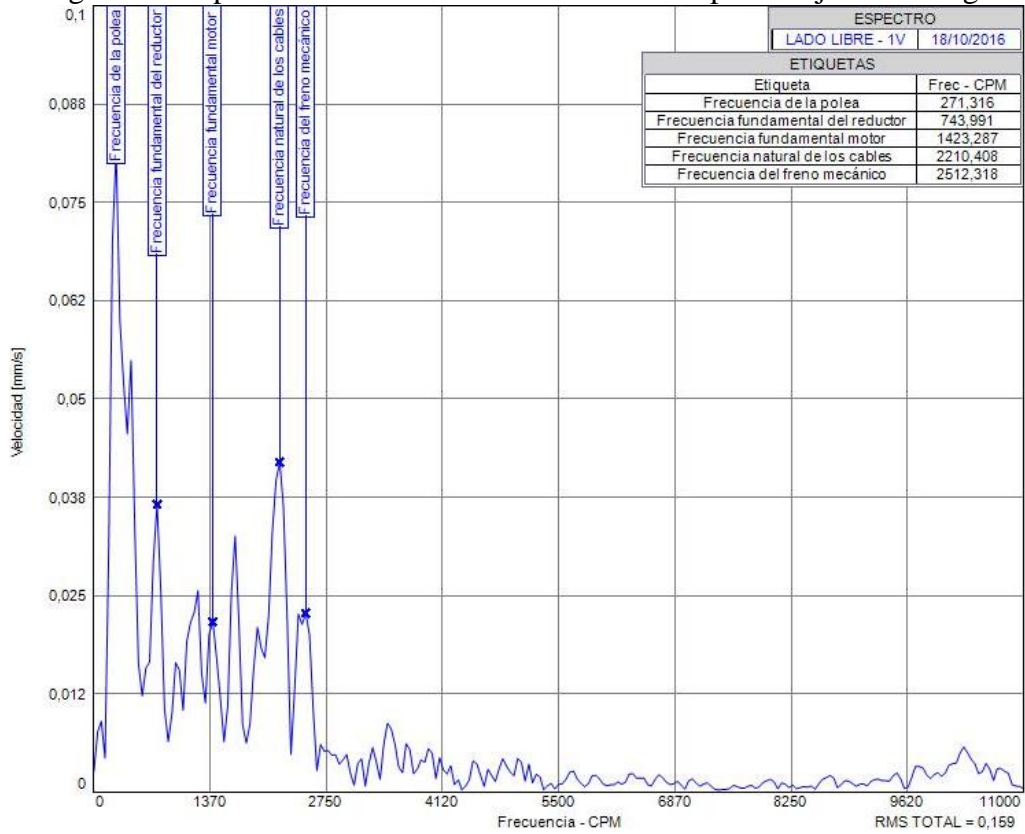


Fuente: autores

En la (Figura 64) se puede observar que los valores globales RMS totales de la polea es de 0,49 mm/s se incrementan en función a la carga aplicada, con la aplicación de la norma ISO 10816-1 se verifica que los valores globales RMS deben ser menor o igual a 0,71 mm/s, donde la severidad de la vibración de la polea es aceptable para el funcionamiento.

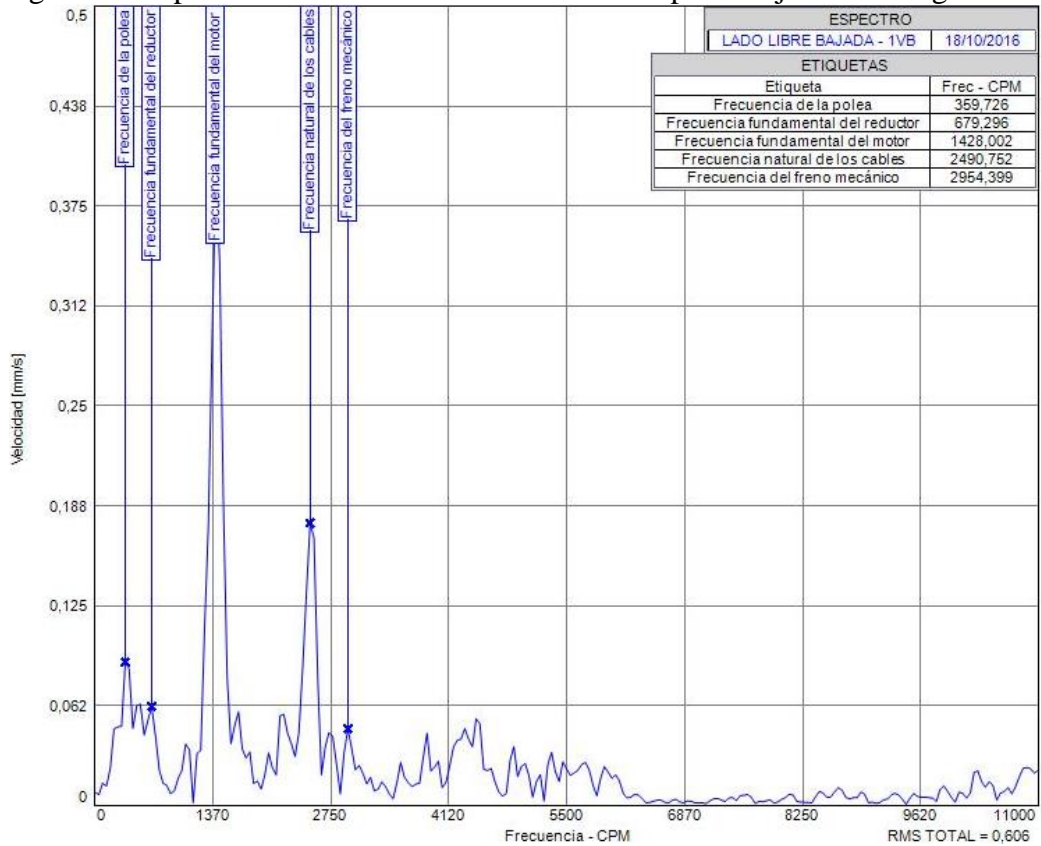
5.1.4 *Espectros del motor en la etapa de bajada del ascensor.* Los espectros de velocidad del motor a diferentes carga son detallados a continuación.

Figura 65. Espectro de velocidad del motor en la etapa de bajada sin carga



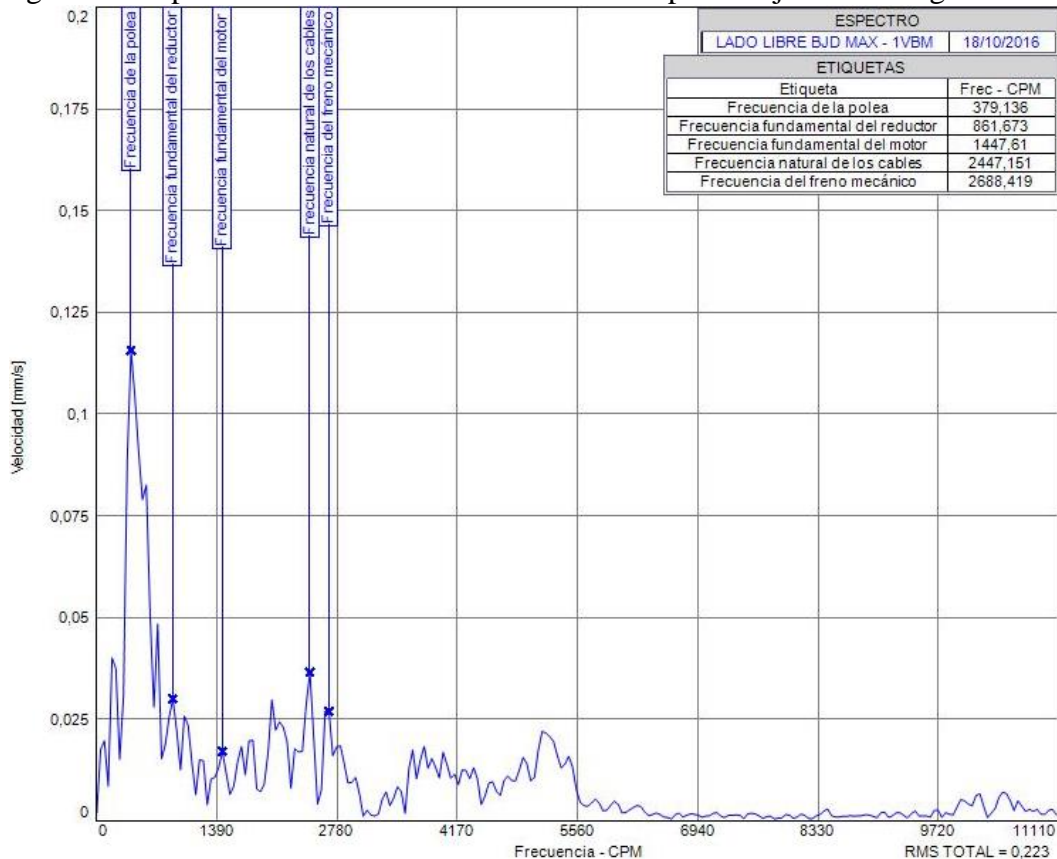
Fuente: autores

Figura 66. Espectro de velocidad del motor en la etapa de bajada con carga media



Fuente: autores

Figura 67. Espectro de velocidad del motor en la etapa de bajada con carga máxima



Fuente: autores

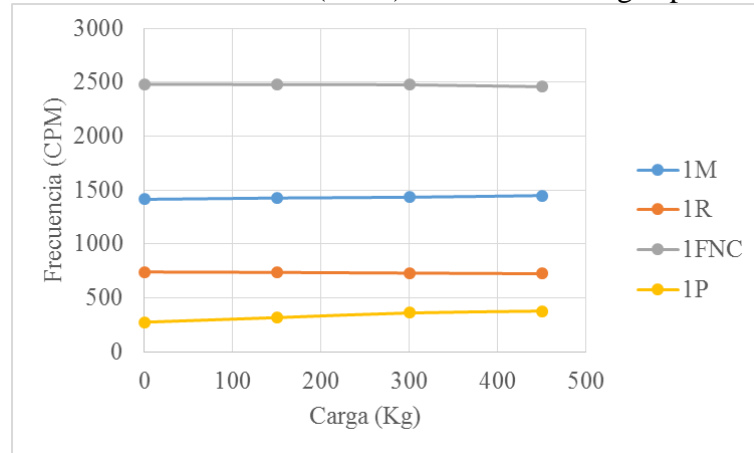
Diagnostico. Como podemos verificar en la (Figura 65, 66, 67) los espectros del motor en la etapa de bajada presenta diferentes variaciones en el sistema de transmisión, función a la carga aplicada en el motor, podemos determinar que la polea predomina en el sistema con un incremento en amplitud, donde presenta un deslizamiento de los cables de la cabina con la polea, pero comparando con los niveles de severidad se puede considerar en un rango aceptable para el funcionamiento.

Análisis de severidad. El espectro predominante del sistema es de la polea, también se puede verificar que los espectros del motor, reductor y de los cables varían en función a la carga aplicada pero exceden los niveles de severidad, también se puede determinar que la severidad de vibración del motor es igual a 0,22 mm/s con carga máxima, con la aplicación de la norma ISO 10816-1 el valor RMS total se encuentra dentro del rango aceptable.

5.1.4.1 *Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.* Se realiza las gráficas con los datos obtenidos en la (Tabla 25) para verificar como la tendencia de la frecuencia en

(CPM), la amplitud (mm/s) y los valores globales RMS totales se incrementan o disminuyen en función a la carga aplicada.

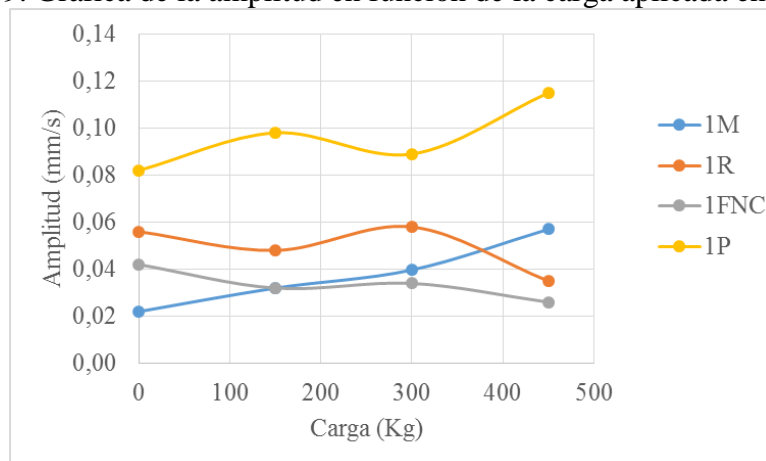
Figura 68. Gráfica de la frecuencia (CPM) en función a carga aplicada en el motor



Fuente: autores

Como se puede observar en la (Figura 68) la frecuencia del motor (1M) y la polea (1P) se incrementa en función a la carga aplicada, mientras tanto la frecuencia del reductor (1R) y de los cable (1FNC) disminuye en función a la carga aplicada al ascensor, esto puede indicar que a medida de la carga la frecuencia de los componentes mecánicos se incrementa o disminuyen de forma que no afectan al sistema de transmisión.

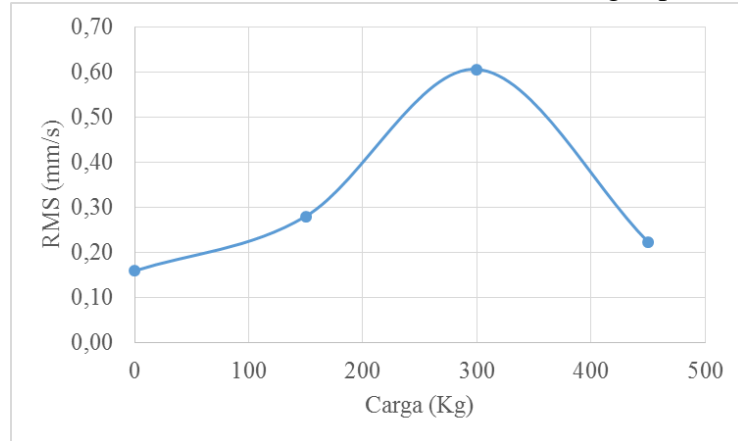
Figura 69. Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en el motor.



Fuente: autores

En la (Figura 69) se observa que la amplitud del reductor (R) y los cables (FNC) en función de la carga disminuyen, también se puede observar como la amplitud de la polea (P) y del motor (M) se incrementan en función de la carga aplicada.

Figura 70. Gráfica de los valores RMS en función de la carga aplicada en el motor

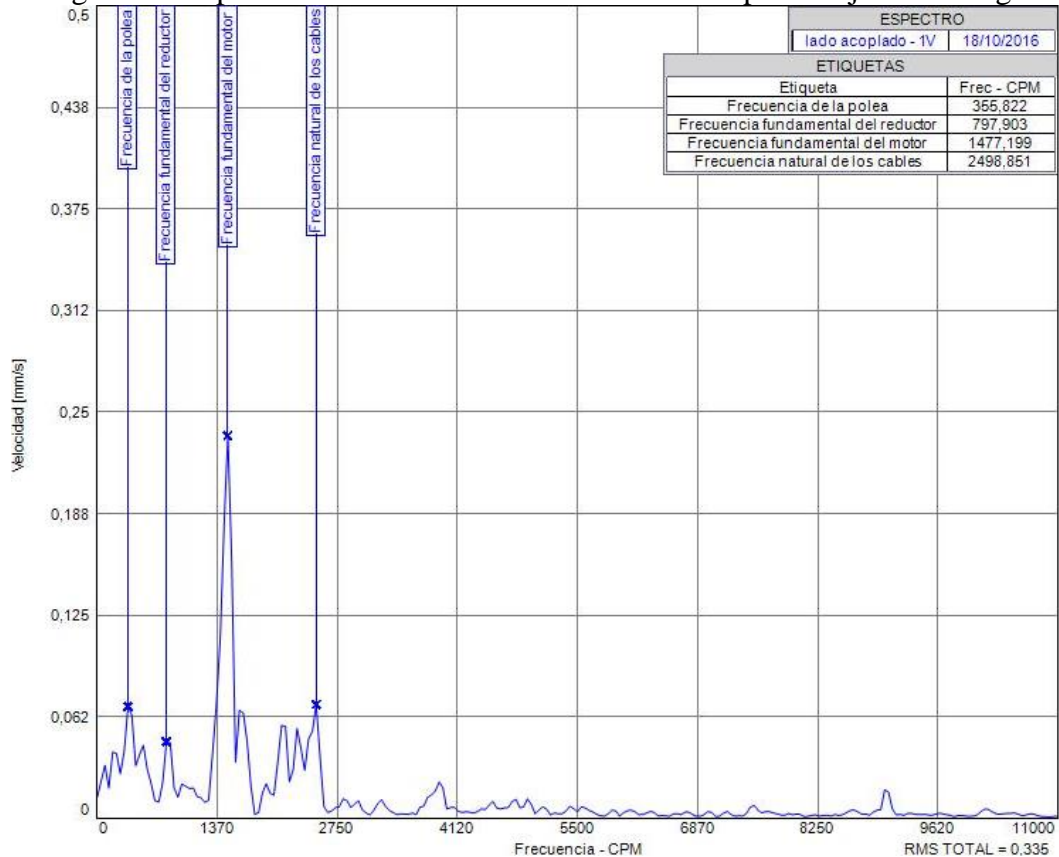


Fuente: autores|

En la (Figura 70) se puede observar que los valores globales RMS totales del motor se incrementan en función a la carga, se verifica que los valores globales RMS en el motor es de 0,60 mm/s comparando con la norma ISO 10816-1 la severidad deben ser menor o igual a 0,71 mm/s, se establece que la severidad de la vibración en el motor es aceptable.

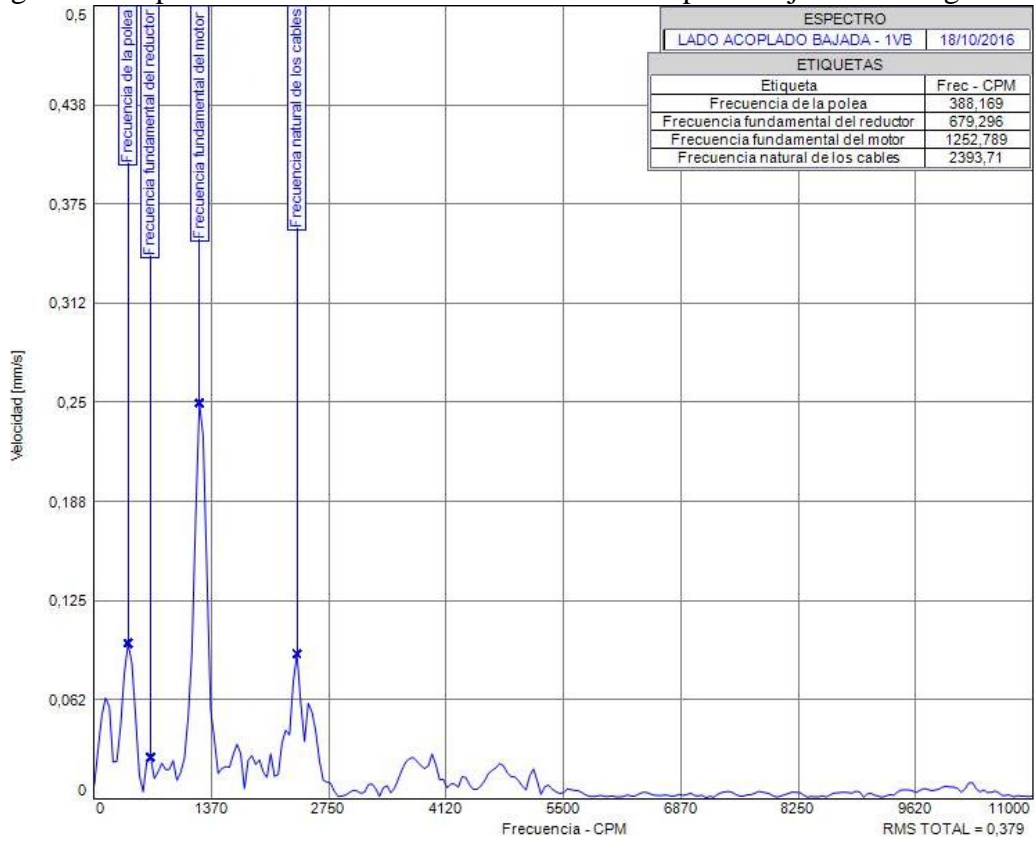
5.1.5 Espectros del reductor en la etapa de bajada del ascensor.

Figura 71. Espectro de velocidad del reductor en la etapa de bajada sin carga



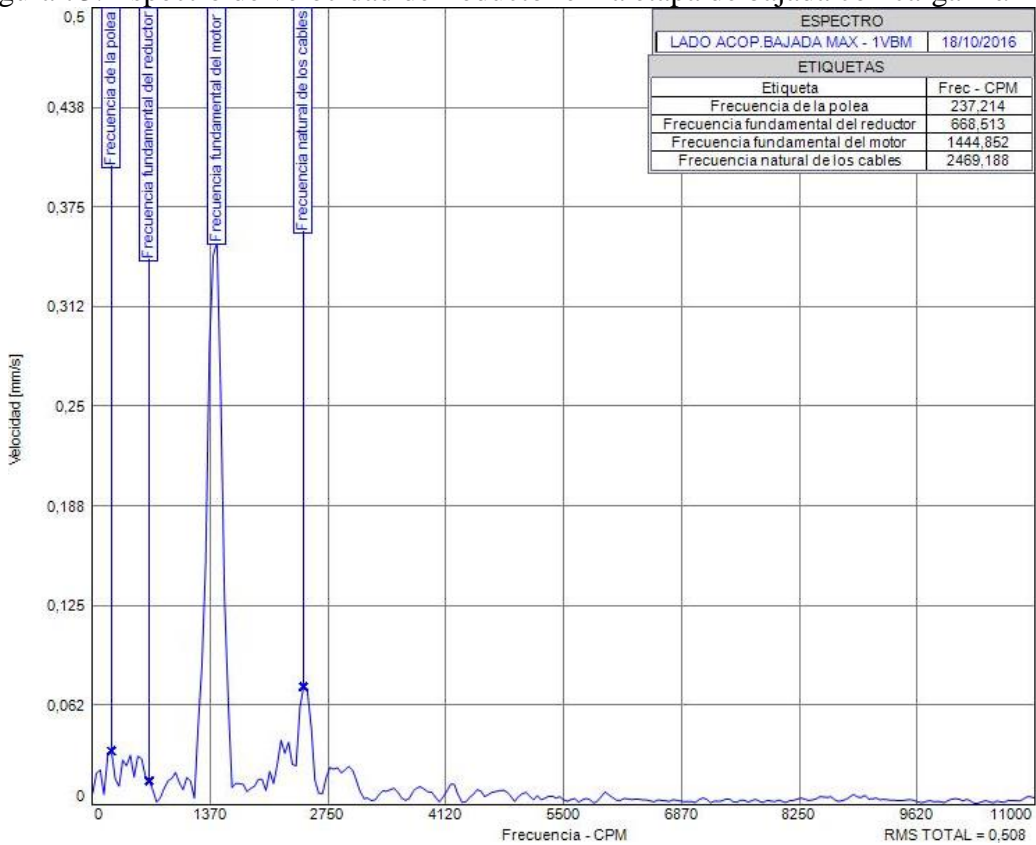
Fuente: autores

Figura 72. Espectro de velocidad del reductor en la etapa de bajada con carga media



Fuente: autores

Figura 73. Espectro de velocidad del reductor en la etapa de bajada con carga máxima



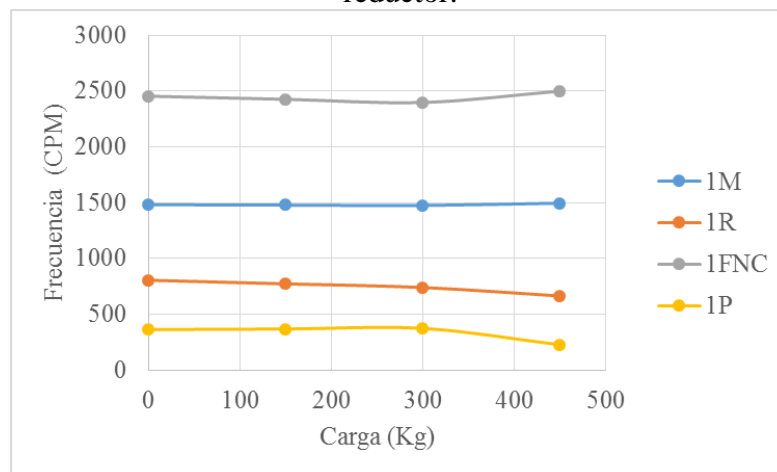
Fuente: autores

Diagnostico. Como podemos observar en la (Figura 71, 72,73) el espectro predominante del sistema, es la frecuencia fundamental del motor podemos determinar que el reductor no presenta ningún tipo de falla en su estado operacional y se puede considerar como un componente en buen estado para el funcionamiento del ascensor.

Análisis de severidad. El espectro predominante en el sistema es del motor, donde no presenta ningún tipo de fallo y la amplitud no excede los niveles de severidad, también podemos verificar la severidad de vibración según la norma ISO 10816-1 el valor RMS total para un equipo en la etapa inicial de funcionamiento o instalación debe ser menor o igual a 0,71 mm/s comparando con los valores RMS en el reductor que es de 0,51 mm/s se determina que el nivel de severidad es aceptable.

5.1.5.1 *Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.* Se realiza las gráficas con los datos obtenidos en la (Tabla 27) para verificar como la tendencia de la frecuencia en (CPM), la amplitud (mm/s) y los valores globales RMS totales se incrementan o disminuyen en función a la carga aplicada en el reductor.

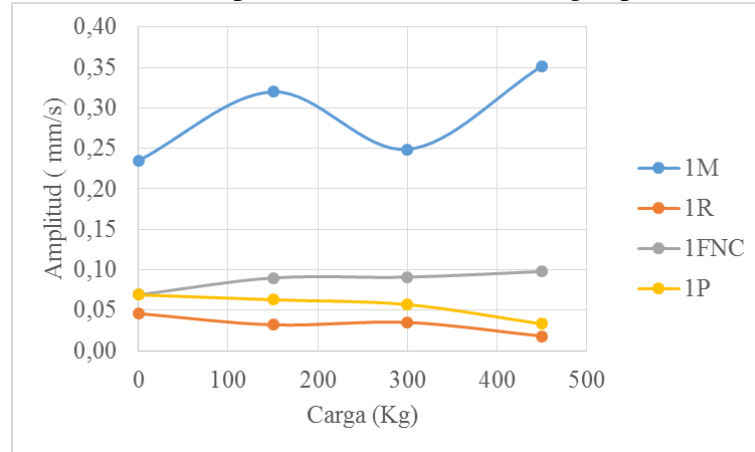
Figura 74. Gráfica de la frecuencia (CPM) en función de la carga aplicada en el reductor.



Fuente: autores

Como se puede observar en la (Figura 74) de la frecuencia en función a la carga, la frecuencia del motor (1M) y de los cables (1FNC) se incrementa según la carga aplicada, mientras tanto la frecuencia del reductor (1R) y de la polea (1P) disminuye en función a la carga aplicada al ascensor. Se puede establecer que la frecuencia de los componentes acoplados al reductor pueden incrementar o disminuir en función de la carga.

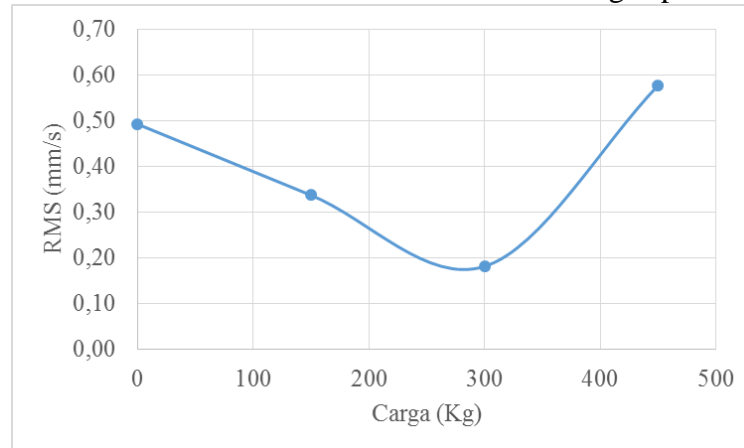
Figura 75. Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en el reductor



Fuente: autores

En la (Figura 75) se observa que la amplitud del motor (1M) y de los cables (1FNC) se incrementa en función de la carga, pero no excede los límites de severidad también se puede observar como la amplitud de la polea (1P) y del reductor (1R) disminuyen en función de la carga establecida.

Figura 76. Gráfica de los valores RMS en función de la carga aplicada del reductor

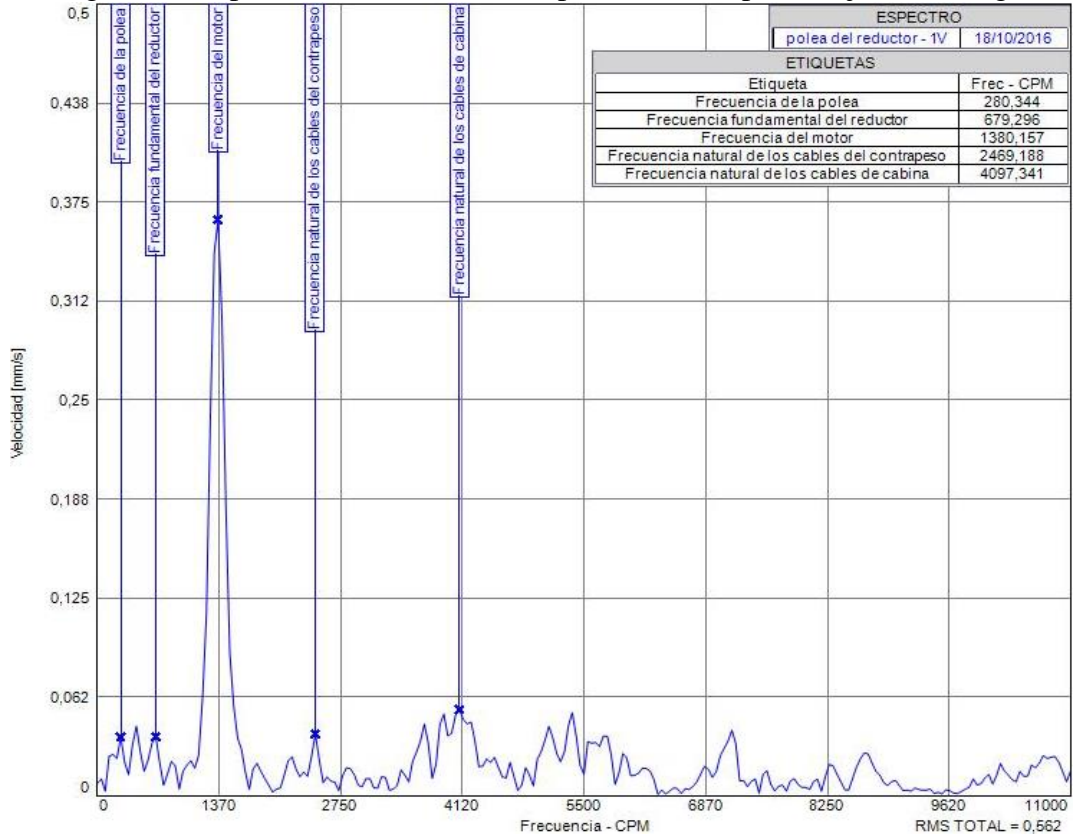


Fuente: autores

En la (Figura76) se puede observar que los valores RMS totales del reductor varían en función a la carga, como el ascensor se encuentra en la etapa inicial de funcionamiento no presenta ningún tipo de falla, con la aplicación de la norma ISO 10816-1 se verifica los valores globales RMS del reductor es de 0,51 mm/s se establece que el nivel de severidad de la vibración del reductor es aceptable para el funcionamiento del ascensor.

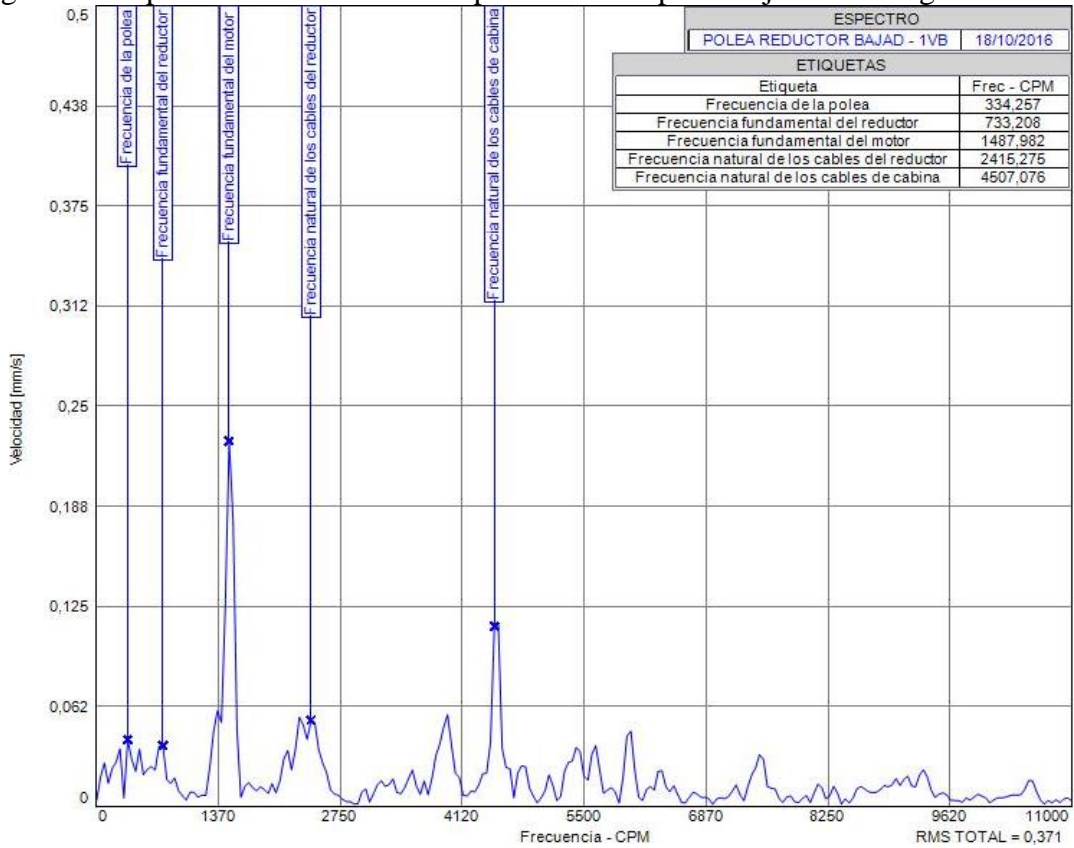
5.1.6 *Espectros de la polea en la etapa de bajada del ascensor.* Los espectros de velocidad de la polea a diferentes cargas se detallan a continuación.

Figura 77. Espectro de velocidad de la polea en la etapa de bajada sin carga



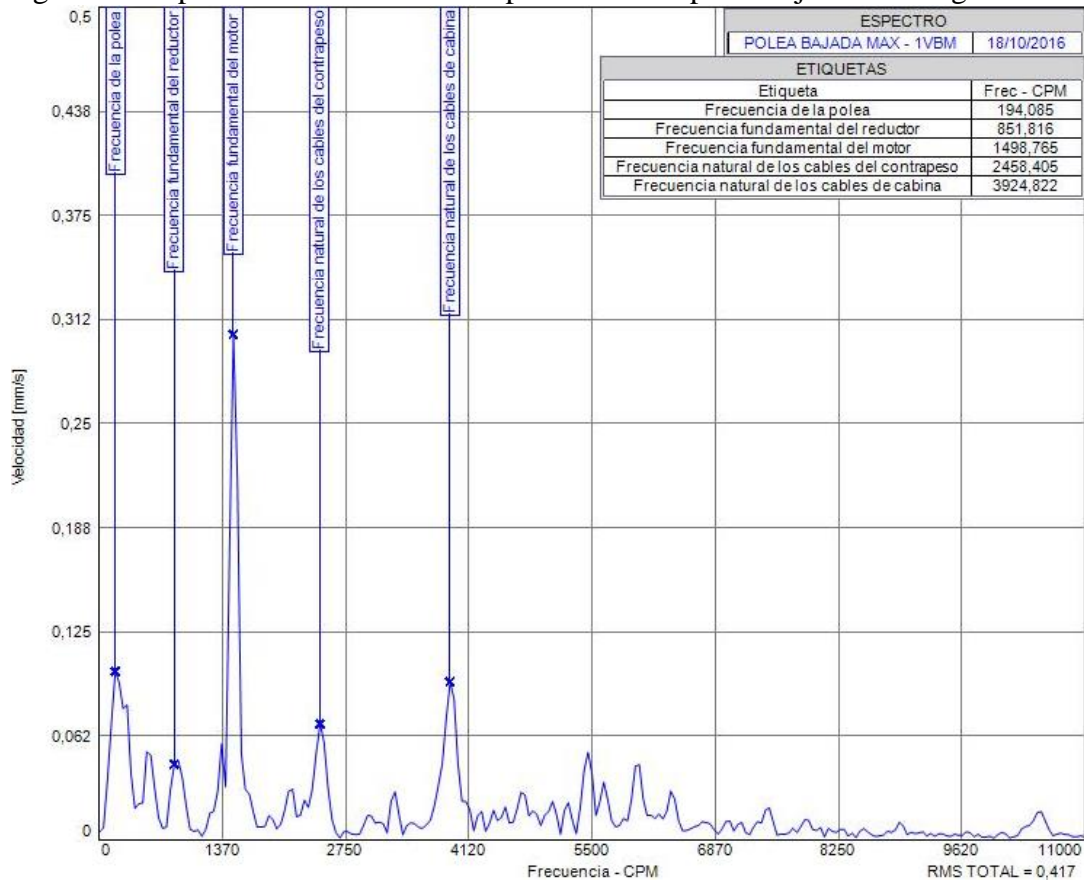
Fuente: autores

Figura 78. Espectro de velocidad de la polea en la etapa de bajada con carga media



Fuente: autores

Figura 79. Espectro de velocidad de la polea en la etapa de bajada con carga máxima



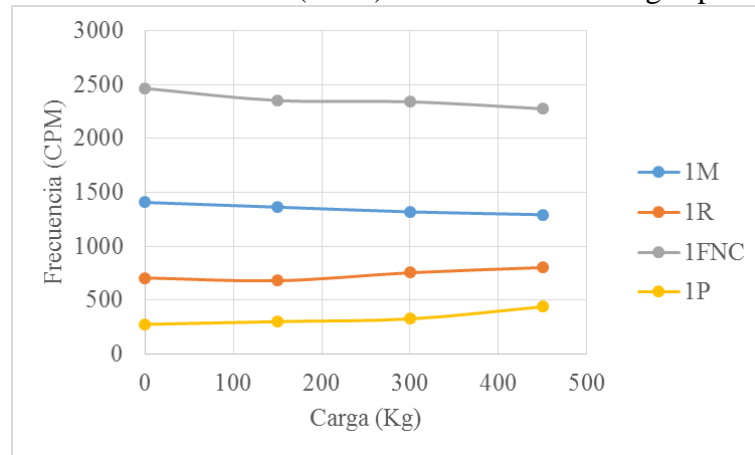
Fuente: autores

Diagnostico. Como podemos verificar en los espectros de la polea a diferentes cargas, el espectro predominante del sistema es el espectro del motor, podemos determinar que la polea en el sistema de transmisión no presenta ningún tipo de falla y se puede considerar como un componente en buen estado para el funcionamiento del ascensor.

Análisis. El espectro predominante del sistema, según las Cartas de Charlotte es la velocidad del eje del motor donde la amplitud varía en función a la carga aplicada, también se puede verificar que el valor RMS total en la polea es de 0,42 mm/s comparando con la severidad de vibración de 0,71 mm/s establecida de la norma ISO 10816-1, determinamos que el valor RMS total del sistema, se encuentra dentro del rango aceptable para el funcionamiento.

5.1.6.1 *Análisis de tendencias en función a la carga aplicada.* Se realiza las siguientes gráficas con los datos obtenidos en la (Tabla 31) para verificar como la tendencia de la frecuencia (CPM), la amplitud y los valores globales RMS totales se incrementan o disminuyen en función a la carga aplicada.

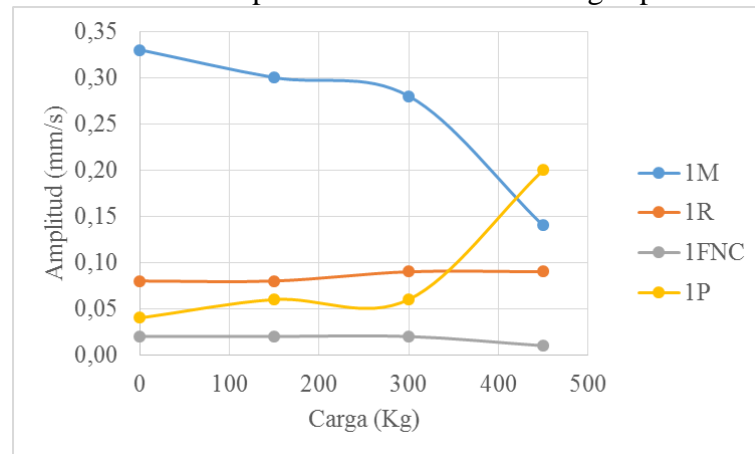
Figura 80. Gráfica de la frecuencia (CPM) en función de la carga aplicada en la polea



Fuente: autores

Como se puede observar en la (figura 80) la frecuencia (CPM) del motor (1M) y los cables (1FNC) disminuyen en función de la carga aplicada, mientras tanto la frecuencia (CPM) de la polea (1P) y reductor (1R) se incrementan en función a la carga aplicada al ascensor, esto nos puede indicar que medida de la carga la frecuencia de los componentes mecánicos del ascensor varían.

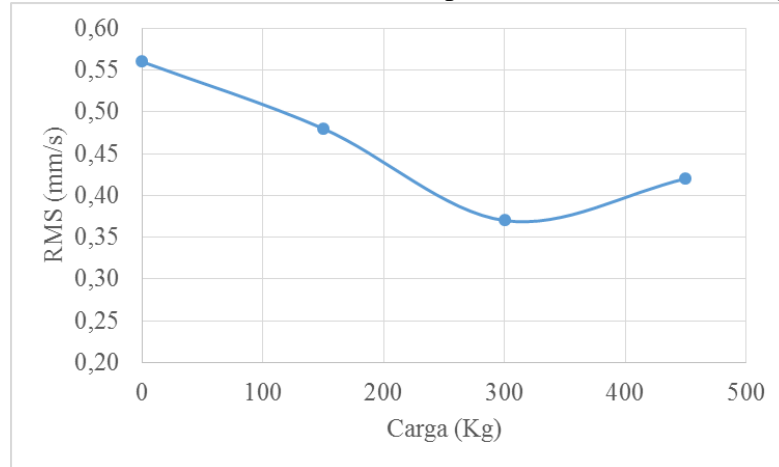
Figura 81. Gráfica de la amplitud en función de la carga aplicada en la polea



Fuente: autores

En la (Figura 81) se puede observar como la amplitud del motor (1M) se disminuye en función de la carga, también se puede observar como la amplitud de la polea (1P), reductor (1R) y de los cables (1FNC) varían en función de la carga establecida. Se analiza que la amplitud y la frecuencia de los componentes mecánicos del ascensor varían en función de la carga, se puede establecer que el sistema de transmisión del ascensor se encuentra dentro del estado de buen funcionamiento, pero no descartamos que la frecuencia y la amplitud pueden tener tendencias crecientes con tiempo de operación.

Figura 82. Gráfica de los valores RMS de la polea en función de la carga aplicada.



Fuente: autores

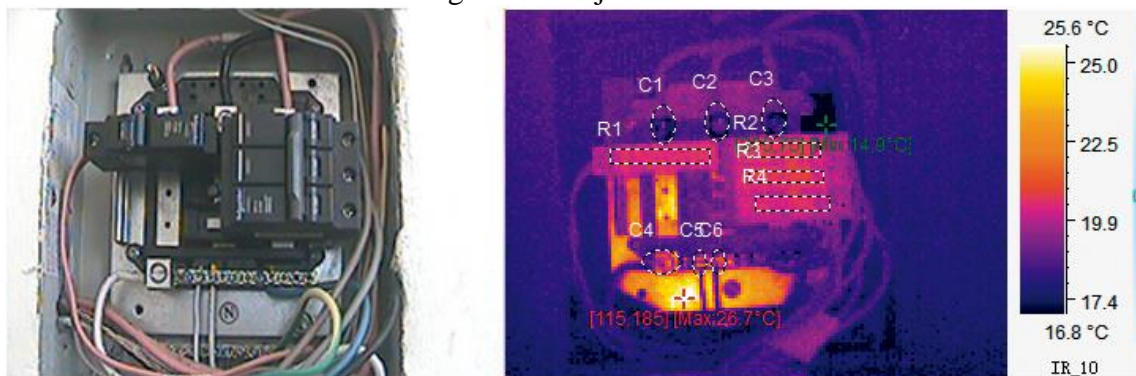
En la (Figura 82) se puede observar que los valores globales RMS totales en la polea disminuyen en función a la carga, con la determinación de la norma ISO 10816-1 se verifica que los valores globales RMS deben ser menor o igual a 0,71 mm/s, con los valores globales RMS de la polea que es de 0,51 mm/s, se establece que la severidad de la vibración en el componente mecánico se encuentra dentro del rango aceptable.

5.2 Diagnóstico termográfico de los sistemas eléctricos del ascensor.

El análisis termográfico se realizó en el ascensor del edificio de laboratorios de la Facultad de Mecánica cada elemento analizado se encuentra en el tablero de control ubicado en la casa de máquinas del ascensor.

5.2.1 *Análisis termográfico en la caja térmica.* Consta de breakers de diferente capacidad los cuales son protecciones para sobrecargas de tensión.

Figura 83. Caja térmica



Fuente. Autores

Tabla 37. Diagnóstico de la severidad de la caja térmica

Elemento	T(máx)	ΔT	Severidad
Breaker 20C QOvs 240V	20.9°C	1.8°C	Baja
Breaker 32C QOvs 240/415V	21.0°C	1.9°C	Baja

Fuente. NETA MTS: 2007

Diagnostico:

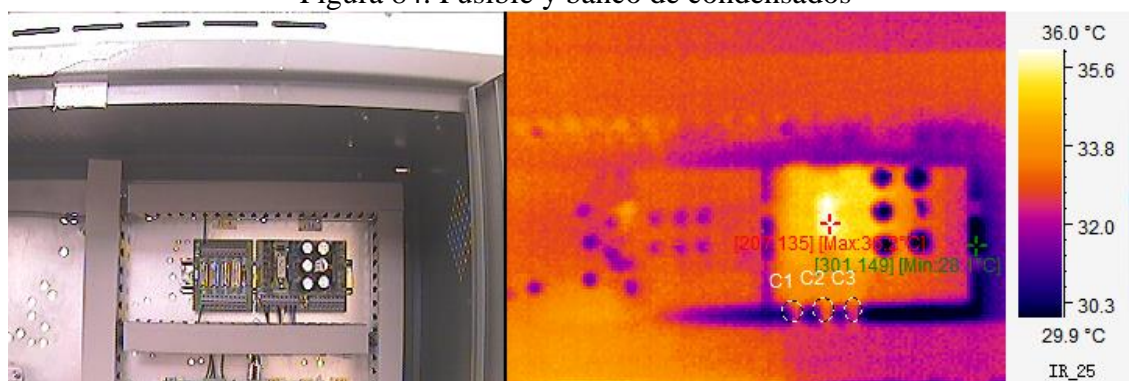
Los breakers trabajan dentro de su temperatura normal de trabajo, ya que soportan temperaturas de trabajo hasta 55°C de acuerdo a (Schneider electric), donde la imagen termográfica del elemento tiene una temperatura máxima de 21°C, se determina que el elemento no presenta ningún tipo de falla.

Acciones a seguir:

Tener en cuenta los breakers en inspecciones mensuales, por fallas en la distribución de la corriente hacia el tablero de control.

5.2.2 *Análisis termográfico en elementos de seguridad.* Consta de un banco de fusibles y condensadores, una resistencia de cemento estos elementos funcionan como elementos de seguridad los cuales protegen los dispositivos eléctricos y electrónicos como la tarjeta electrónica.

Figura 84. Fusible y banco de condensados



Fuente. Autores

Tabla 38. Diagnóstico de severidad de la resistencia de cemento

Elemento	T(máx)	ΔT	Severidad
5W220QJ TYH1.3.43	36.2 °C	17.1°C	Medio

Fuente. NETA MTS: 2007

Diagnóstico:

La variación de temperatura ΔT de la resistencia de cemento se encuentra dentro de su temperatura de trabajo que es de 60°C de acuerdo a (Shenzhen JXSQ Technology),

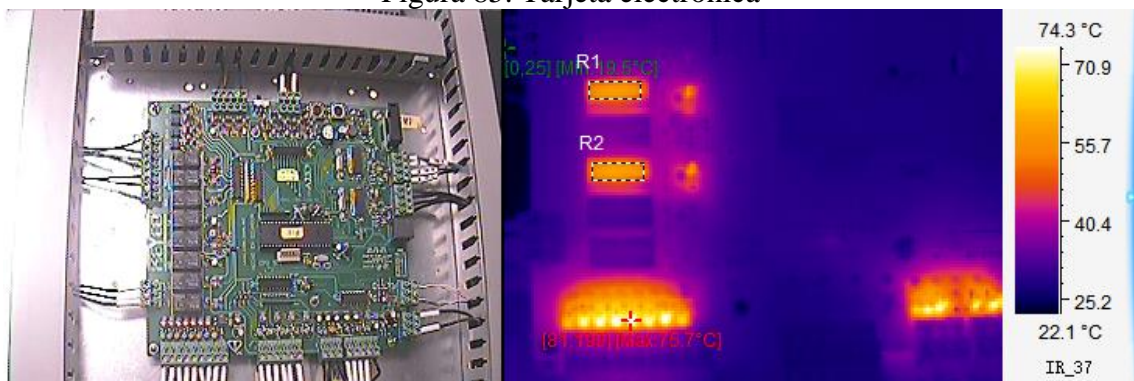
podemos determinar que el elemento es aceptable para el funcionamiento.

Acción a seguir:

Este elementos de seguridad deben ser inspeccionado semestrales o cuando se realicen tareas de mantenimiento para establecer si sus parámetros de funcionamiento son los correctos.

5.2.3 *Análisis termográfico de la tarjeta electrónica.* Consta de diferentes elementos electrónicos con diferentes funciones lógicas y analógicas generalmente la tarjeta electrónica es la más importarte en el tablero de control del ascensor.

Figura 85. Tarjeta electrónica



Fuente. Autores

Tabla 39. Diagnóstico de severidad del relé de estado solido

Elemento	T(max)	ΔT	Severidad
Midtex MDX2401	62.6 °C	43.5°C	Elevada

Fuente. NETA MTS: 2007

Diagnóstico:

Existe un sobre calentamiento en el relé de mando ya que presenta un ΔT elevada, ya que este elemento soporta temperaturas de trabajo de 65°C, el cual podría afectar el correcto funcionamiento de la tarjeta electrónica y conllevara al paro del ascensor.

Acciones a seguir:

Este elemento deberá ser inspeccionado mensualmente en función del plan de mantenimiento, para verificar la variación de temperatura y determinar las posibles fallas presentes en su funcionamiento.

5.2.4 *Análisis termográfico de elementos de control.* Consta de relés de estado sólido, un contactor y breakers.

Figura 86. Relés, Breakers y Contactores



Fuente. Autores

Tabla 40. Diagnóstico de severidad del banco de seguridad de potencia

Elemento		T(max)	ΔT	Severidad
Relé	SIEMENS LZX: PT570024	22.8 °C	3.7°C	Baja
Relé	SIEMENS LZX: PT570024	23.4 °C	4.3°C	Baja
Contactador	TESYS CAD 32	22.2 °C	3.1°C	Baja
Breakers	LS BKN C6 400V	22.7 °C	3.6°C	Baja
Breakers	LS BKN C10 400V	22.0 °C	2.9°C	Baja

Fuente. NETA MTS: 2007

Diagnóstico:

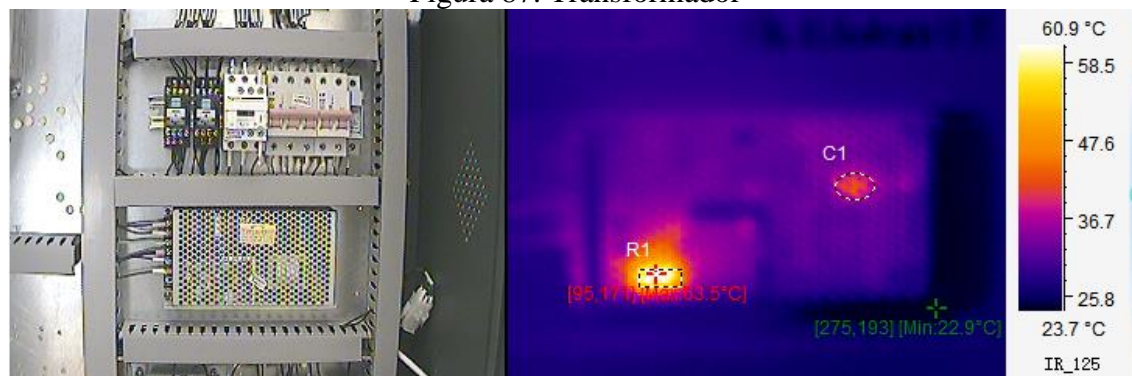
Cada uno de los elementos de seguridad trabaja en su temperatura normal sin presentar alguna variación que los podría afectar su funcionamiento.

Acciones a seguir:

Cada uno de los elementos, deberán ser inspeccionados trimestralmente para establecer su correcto funcionamiento y descartar fallas.

5.2.4.1 *Análisis termográfico del transformador.* Este elemento desempeña la función de reducir la tensión y aumentar según sea necesaria, consta de bobinas y condensadores.

Figura 87. Transformador



Fuente. Autores

Tabla 41. Diagnóstico de severidad del transformador

Elemento	T(max)	Severidad
Bobina	63.5 °C	Elevada
Condensador 250uf 200V 540I	43.6 °C	Alta

Fuente: autores

Diagnóstico:

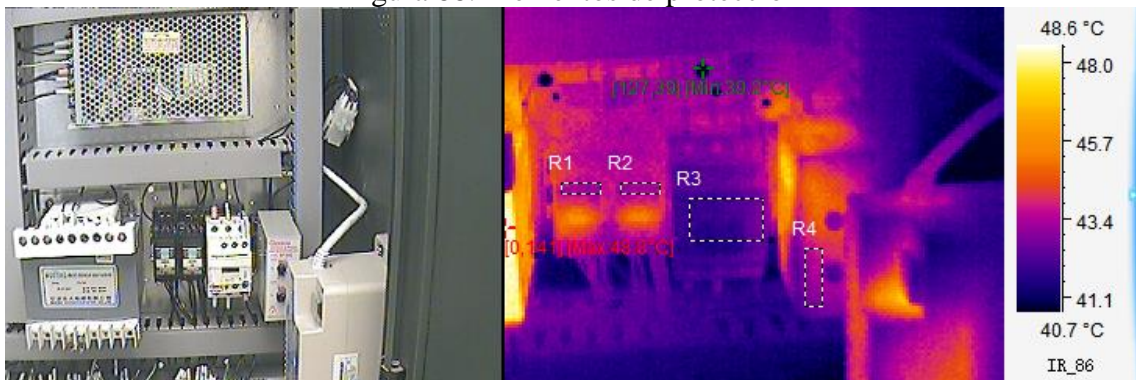
La temperatura en la bobina es elevada, la cual está dentro de su rango de funcionamiento, la bobina soporta hasta 80°C mientras que en condensador trabaja a plena carga en 55°C de acuerdo a (Shenzhen JXSQ Technology), el condensador presenta un aumento de temperatura considerable que no sobre pasa su temperatura normal de trabajo.

Acción a seguir:

Estos elementos deberán ser tomados en cuenta en las inspecciones trimestrales en función del plan de mantenimiento para descartar las fallas que puedan presentar y se pueda hasta determinar si se realizaran acciones correctivas o mantenerse en monitoreo continuo, para verificar un aumento de temperatura que pudiese seguir elevándose.

5.2.5 *Análisis termográfico del elementos de protección.* Consta de relés de estado sólido, de un contactor y protección de relé

Figura 88. Elementos de protección



Fuente. Autores

Tabla 42. Diagnóstico de severidad del banco de seguridad de potencia 2

Elemento	T(max)	ΔT	Severidad	
Relé de estado solido	SIEMENS LZX: PT570730	44.4 °C	25.3°C	Alta
Relé de estado solido	SIEMENS LZX: PT570730	44.1 °C	25°C	Alta
Contactora	Tesys CAD 32	43.2 °C	24.1°C	Alta
Protección relé	Camsco VP-002	44.2 °C	25.1°C	Alta

Fuente. NETA MTS: 2007

Diagnóstico:

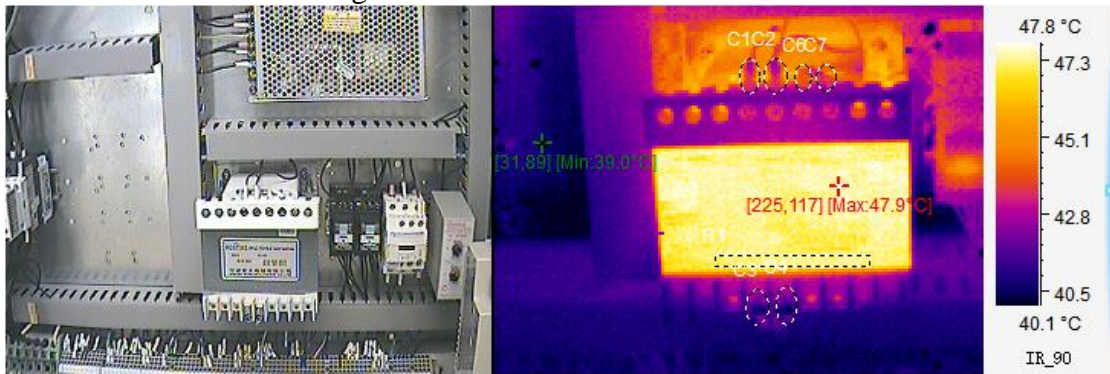
Cada uno de los elementos se encuentra con un aumento de temperatura considerable, lo cual no excede su límite de temperatura de trabajo que es de 65°C de acuerdo a (Schneider electric), verificando que las temperaturas son normales para su funcionamiento.

Acción a seguir:

Cada elemento deberá ser inspeccionado semestralmente en función al plan de mantenimiento para identificar que sus parámetros de funcionamiento estén correctos y para establecer si los elementos presentan alguna tipo de falla.

5.2.6 *Análisis termográfico del transformador de control.* Este elemento tiene la función de controlar la corriente suministra, este elemento es analizado en base a la temperatura que presenta K2 en el termograma y es analiza en base a su temperatura de trabajo.

Figura 89. Transformador de control



Fuente. Autores

Tabla 43. Diagnóstico de severidad del transformador de control

Elemento	T(max)	Severidad
JBK3Z-500VA-A	47.6 °C	Alta

Fuente: autores

Diagnóstico:

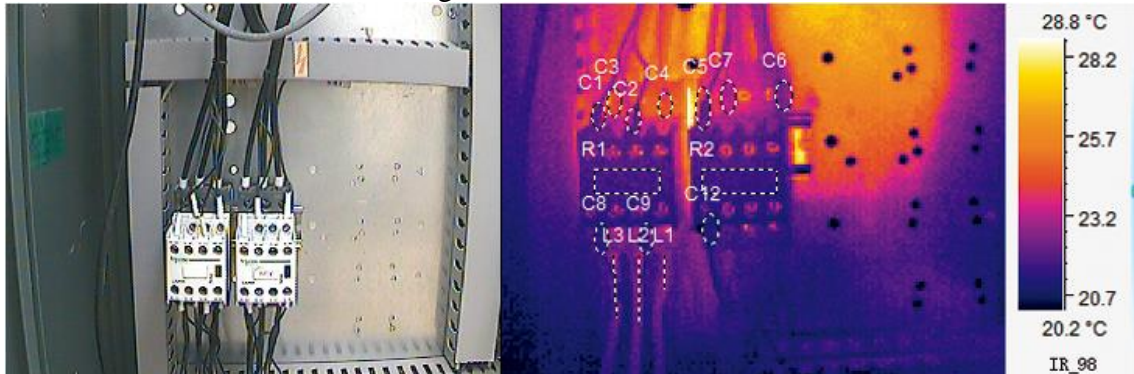
El transformador se encuentra dentro de su temperatura máxima de trabajo que es de 68°C de acuerdo a (HOSTING), donde presenta una variación de temperatura considerable y se determina que el elemento puede presentar fallos durante la etapa de funcionamiento.

Acciones a seguir:

Realizar inspecciones semestrales hasta que las tareas de mantenimiento puedan ejecutarse estableciendo si el transformador necesita sustituirlo.

5.2.7 *Análisis termográfico de los guarda motor.* Estos elementos son encargados de proteger el motor en caso de alguna variación que pudiese afectar el correcto funcionamiento del motor, son elementos de protección.

Figura 90. Guarda motor



Fuente. Autores

Tabla 44. Diagnóstico de severidad del guarda motor

Elemento		T(max)	ΔT	Severidad
Guarda motor	Tesys LADN31	22.2 °C	3.1°C	Baja
Guarda motor	Tesys LADN31	22.2 °C	3.1°C	Baja

Fuente. NETA MTS: 2007

Diagnóstico:

Los guardas motores soportan 65°C según (Schneider electric) ya que su función es proteger se encuentran en buen estado y en temperatura normal de trabajo, sin presentar ningún aumento de temperatura que pueda afectar su funcionamiento.

Acciones a seguir:

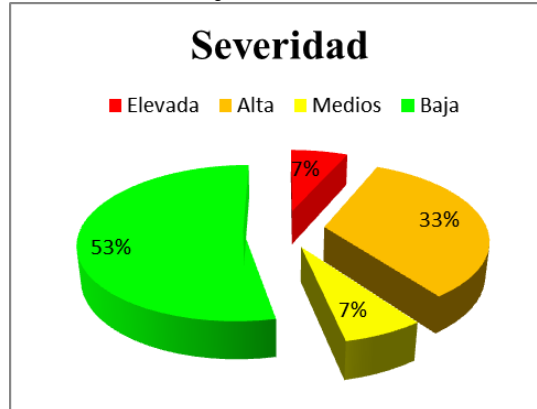
Tenerlos en inspecciones semestrales en función al plan de mantenimiento por posibles fallas, que se puedan presentar.

Figura 91. Resumen de severidad de todos los elementos inspeccionados

Severidad	Nº
Elevada	1
Alta	5
Medios	1
Baja	8

Fuente: autores

Figura. 92. Porcentaje de cada elemento analizado



Fuente: autores

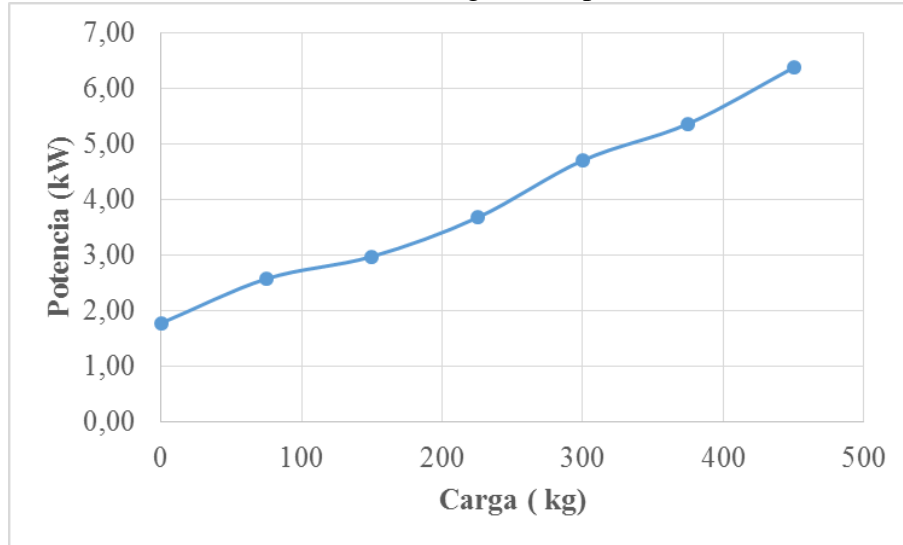
- Se determinó la existencia de 8 elementos en baja severidad lo que representa un 53% de todos los elementos existentes en el tablero de control, los cuales deberán estar en evaluación para poder descartar alguna falla en el futuro.
- 1 elementos en media severidad, lo que representa un 7% de todos los elementos existentes en el tablero el cual deberá ser programado para su inspección en la primera oportunidad.
- 5 elementos en alta severidad lo que representa un 33% de todos los elementos del tablero, los cuales deberán ser monitoreados hasta que las medidas correctivas puedan ejecutarse.
- 1 elementos en elevada severidad, lo que representa un 7% de todos los elementos del tablero, deberán ser inspeccionados de manera continua para descartar fallas.

5.3 Diagnóstico de la calidad de energía en el sistema transmisión del ascensor.

Para realizar el diagnóstico técnico del ascensor debemos tener en cuenta la calidad energética del caja térmica y el tablero de control para verificar la eficiencia energética del motor, donde verificamos como la potencia, la intensidad, el voltaje y el factor de potencia se incrementa o disminuye en función a la carga aplicada, también se debe tomar en cuenta la norma INEN NTE 2498 y la CONELEC 004 para verificar la eficiencia energética en el grupo de tracción.

5.3.1 *Análisis de potencia en función de la carga aplicada en la etapa de subida.* Con los datos obtenidos en la (Tabla 35). Realizamos la siguiente Gráfica de la potencia eléctrica medida en función a la carga que se aplicada al ascensor.

Figura 93. Gráfico de la calidad de energía de la potencia en función a la carga



Fuente: Autores

Podemos verificar que la potencia activa en función a la carga aplicada al ascensor se incrementa proporcionalmente, como se muestra en la (Figura 92), donde se analiza en una etapa sin carga (0 kg) se determina que su potencia es de 2kW y a una carga máxima aplicada necesitando una potencia de 6,5 kW.

Se puede determinar que el motor trabaja dentro de su rango establecido, siendo la carga proporcional a la potencia, verificando que a medida que aplicamos una carga, mayor será la potencia para el funcionamiento del ascensor.

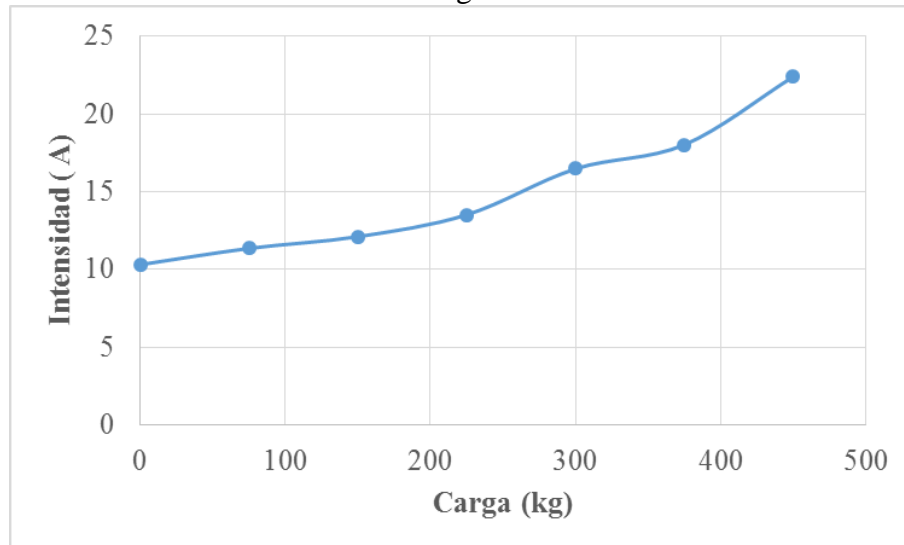
Se observa que el motor del ascensor se encuentra dentro de su contexto operacional para el cual fue adquirido, no muestra ninguna variación que pudiese afectar el funcionamiento del ascensor llegando a un mínimo aumento de potencia, no excede su porcentaje de consumo dentro de su calidad de energía se encuentra estable.

5.3.2 *Análisis de intensidad en función de la carga aplicada en la etapa de subida.*

Como punto principal debemos tener en cuenta la calidad de energía del tablero de control del ascensor, teniendo en cuenta que trabaja a diferentes cargas durante el día y generan variaciones de intensidad.

Con los datos obtenidos en la (Tabla 35). Realizamos la siguiente Gráfica de la intensidad medida en función a la carga que se aplica al ascensor para verificar su tendencia en función a la carga.

Figura 94. Gráfico de la calidad de energía de la intensidad en función a la carga



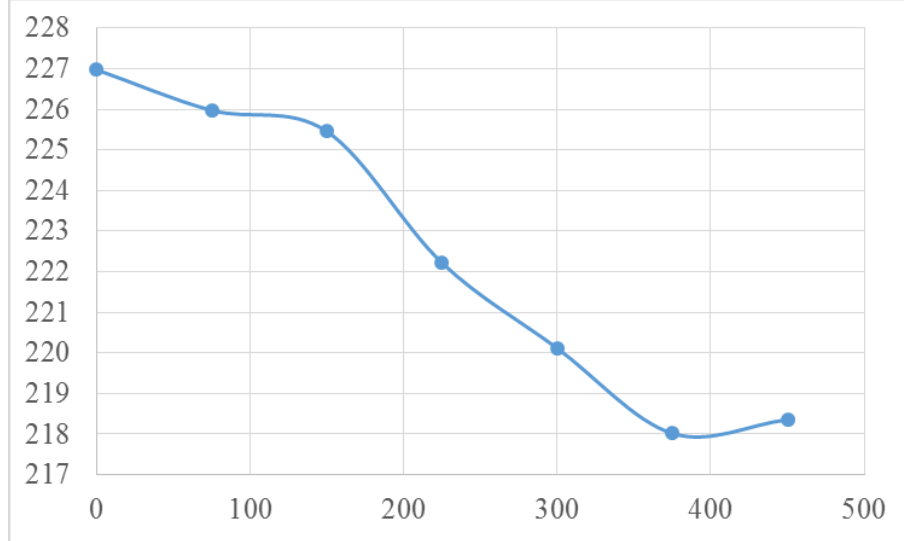
Fuente: Autores

Podemos observar en la (Figura 94) de la intensidad en función a la carga aplicada al ascensor se incrementa proporcionalmente, como se muestra en la figura, analizamos en una etapa sin carga, observamos que consume una intensidad de 10A y con una carga máxima aplicada consume una intensidad de 22.5A verificando que a medida que aplicamos una carga mayor será la intensidad para el funcionamiento del ascensor.

La intensidad no nominal de la placa del motor es 19,7A se puede verificar que se excede con una carga máxima aplicada relacionada proporcionalmente con la carga llegando a analizar que el consumo de intensidad está dentro del rango establecido para su funcionamiento sin presentar ningún desbalance de energía que pudiese estar afectando el funcionamiento como mayor consumo de energía, hemos diagnosticado que el ascensor se encuentra dentro de parámetros estable y en buen estado sin presencia de alguna falla en la distribución y consumo de energía.

5.3.3 *El voltaje en función de la carga aplicada en la etapa de subida.* La calidad de energía del sistema de transmisión de ascensor deberá estar bien distribuida, ya que el aumento de consumo de energía no beneficiara al sistema de trasmisor del ascensor, se realiza la gráfica de voltaje vs carga con los datos obtenidos en la (Tabla 35), la cual presenta su forma de consumo y sus variaciones, se analiza como la tensión varía en función a la carga. Realizamos la siguiente gráfica del voltaje medido en función a la carga que se aplica al ascensor que nos proporciona el equipo FLUKE 435 SERIES II.

Figura 95. Gráfico de la calidad de energía del voltaje en función a la carga

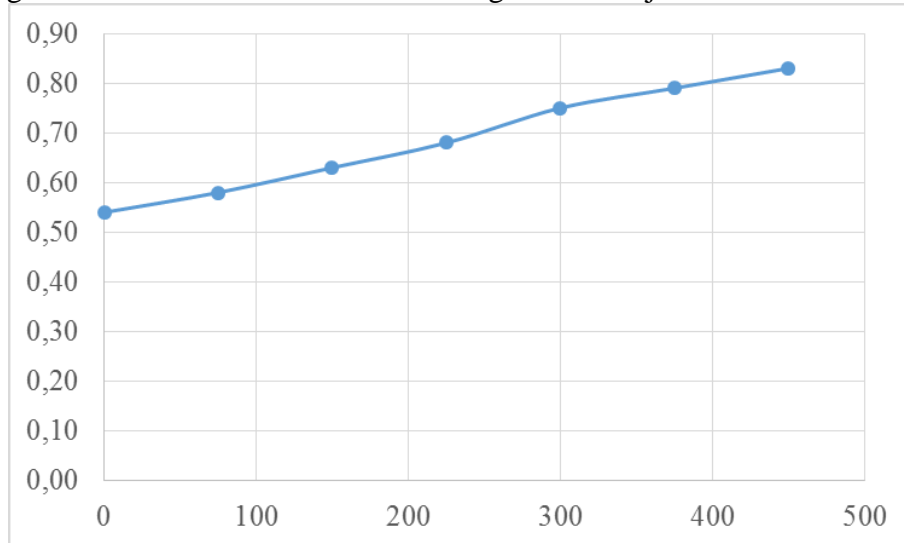


Fuente: Autores

Podemos observar en la (Figura 95) del voltaje en función a la carga aplicada al ascensor va descendiendo mientras se aplica diferentes cargas se analiza en una etapa sin carga, la cuales de 227V sin presencia de carga, a medida que llegamos a aumentar la carga presenta una disminución de voltaje de 216V a una carga máxima aplicada, verificando que a medida que aplicamos una carga mayor el voltaje que consume el ascensor disminuye en proporción la potencia y la intensidad aumentara.

5.3.4 *Factor de potencia en función de la carga en la etapa de subida.* El factor de potencia del motor es la relación de la potencia activa y la potencia aparente.

Figura 96. Gráfico de la calidad de energía del voltaje en función a la carga

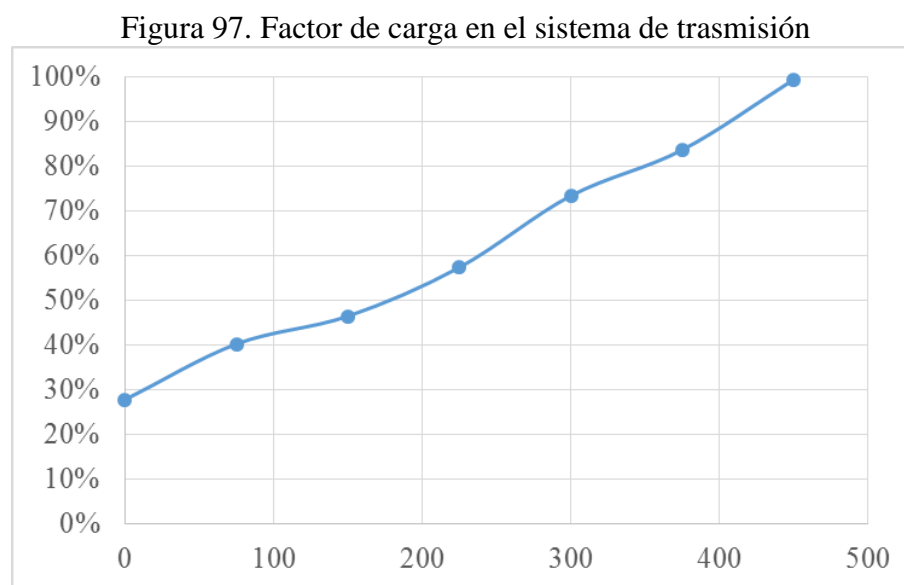


Fuente. Autores

Podemos observar en la (Figura 96) como se incrementa el factor de potencia en función de la carga donde aumenta proporcionalmente, al momento que el ascensor esta sin carga presenta un factor de potencia de 0.56 donde podemos verificar que al generar más carga, presenta un factor de potencia de 0.86 a medida que el ascensor sube con su máxima capacidad de carga presentara un incremento del factor de potencia es decir mayor consumo de potencia activa.

El ascensor tiene una potencia nominal de 5.5 kw, y 4 polos presentando una eficiencia de energía del 88,5% según la norma EC. NTE.2498.2009, llegando a establecer que la eficiencia energética en el motor eléctrico del ascensor presenta un correcto consumo de energía, encontrándose en un correcto funcionamiento, sin presencia de variaciones dentro de sus parámetros de funcionamiento.

5.3.5 *Factor de carga en el sistema de transmisión.* Es la relación que existe entre la potencia eléctrica medida y la potencia eléctrica nominal calculada, donde con el factor de la carga del motor eléctrico verificamos en que porcentaje el motor está trabajando.



Fuente: autores

Como podemos verificar en la (Figura 97) del factor de la carga en el sistema de transmisión incrementa en función a la carga aplicada, cuando el ascensor esta sin carga necesita un factor de carga del 28% y cuando el ascensor está en la carga máxima tiene el factor de potencia del 99%, donde podemos verificar que el ascensor esta en rango aceptable para el funcionamiento.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones

El ascensor instalado en los laboratorios de la facultad de mecánica, brinda las facilidades para realizar los diferentes análisis, los mismos que nos garantizan que el ascensor cumple con la función para la cual fue adquirida disponiendo de fiabilidad y seguridad para los usuarios durante su utilización.

Los datos técnicos obtenidos de los sistemas mecánicos y eléctricos permiten realizar un análisis y diagnósticos eficiente y adecuado del ascensor.

El análisis vibracional realizado en sistema de tracción se concluye que los valores globales RMS totales y la frecuencia como la amplitud presentan aumentos proporcionales en función a la carga aplicada.

El análisis termográfico realizado a los sistemas eléctricos se concluye que presentan variaciones de temperatura en los diferentes elementos sin exceder su temperatura de trabajo.

La eficiencia energética del motor eléctrico depende de tres factores principales, tensión, intensidad y deslizamiento, en función a la carga aplicada.

Con los resultados obtenidos mediante los diferentes análisis se establece que el ascensor se encuentra dentro de sus parámetros correctos de funcionamiento

Se establecieron acciones mínimas de mantenimiento preventivo las cuales mantendrán al ascensor en buenas condiciones, evitando fallas que llevarán a un paro imprevisto del ascensor.

6.2 Recomendaciones

Antes de realizar cualquier tipo de análisis mediante el diagnóstico técnico de una maquina o componente, se debe conocer el equipo a utilizar y los parámetros principales de funcionamiento los que ayudarán a tener datos correctos y así determinar el estado actual del funcionamiento.

Para interpretar las gráficas se debe tomar en cuenta la frecuencia y amplitud de cada uno de los elementos analizados, para diagnosticar de manera adecuada y dar solución a las posibles fallas que se encuentren.

Para el análisis de termografía hay que tener en cuenta la temperatura de trabajo eléctrico cada elemento así como la temperatura ambiente en la que se toman las mediciones para analizar y tener un buen resultado en la interpretación de datos de cada termograma.

Para el análisis de calidad se debe reconocer el sentido de circulación de la tensión de distribución hacia el tablero de control y al motor. Los mismo que deben ser configurados en el equipo de medición para que los resultados sean confiables.

BIBLIOGRAFÍA

BARTELS SÁNCHEZ, Hans. Diseño, fabricación y montaje de un elevador de carga [En línea] (tesis). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2005. pp. 35-40. [Consulta: 2016-07-28]. Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5691/2/119575.pdf>

COMESAÑA COSTAS, Pablo. *Montaje e instalación de ascensores y montacargas* [en línea]. Vigo-España: Ideas propias, 2008, pp. 68-75. [Consulta: 18 de agosto del 2016]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=Kdpp0rR_eH4C&printsec=frontcover&dq=COMESA%20COSTAS,+Pablo.+Montaje+e+instalaci%C3%B3n+de+ascensores+y+montacargas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVqMaqzPTQAhWE5iYKHU7bBDgQ6AEIMDAA#v=onepage&q=COMESA%20COSTAS%20Pablo.%20Montaje%20e%20instalaci%C3%B3n%20de%20ascensores%20y%20montacargas&f=false

CHARLOTTE, TECHNICAL ASSOCIATE. *Lista ilustrada de diagnóstico de vibraciones*, (1996) pp 1-5.

FLUKE. *Guía de aplicaciones de la termografía en mantenimiento industrial*. [En línea]. Enero 2005. [Consulta: 12 agosto 2016]. Disponible en: http://www.adlerinstrumentos.es/imagenesweb/notas_aplicacion/nota%20aplicaciones%20de%20termografia%20en%20mantenimiento%20industrial.pdf

ISO 10816-1. *Mechanical Vibration-Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. Parte 1: General guidelines.*

ISO 2041-2009. *Mechanical Vibration, shock and condition monitoring-Vocabulary.*

MIRAVATE, Antonio & LARRODÉ, Emilio. *Elevadores: principios e innovaciones*. Barcelona-España: Reverté S.A, 2007, pp. 35-70.

MOLINA Vincent. Diseños de los parámetros de mantenimiento predictivo de los Ascensores [En línea] (tesis). Universidad Simón Bolívar, Camurí, Venezuela. 2013. pp. 31-64. [Consulta: 2016-07-12]. Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000165260.pdf>

NETA MTS 2007. *Thermographic Survey Suggested Actions Based on Temperature Rise.*

NTE INEN 2498-2009. *Eficiencia energética en motores eléctricos rotativos y estacionarios.*

OLARTE C, William & et al. *Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en las industrias.* Scientia Et Technica [En línea], 2010; (Colombia) 16(45), pp. 223-226. [Consulta: 8 Agosto 2016]. ISSN 0122-1701. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/849/84917249041.pdf>

PALOMINO MARÍN, Evelio. *Elementos de medición y análisis de vibraciones en máquinas rotativas.* 5^a ed. Habana-Cuba: Copyright, 2007 pp. 9-38.

SÁNCHEZ MARÍN, Francisco T & et al. *Mantenimiento mecánico de máquinas.* 2^a ed. Castelló de la Plana-España: Treballs informàtica i tecnologia, 2007 pp. 353-360.

TESTO AG. *Termografía, guía de bolsillo.* [En línea]. Octubre 2012. [Consulta: 22 agosto 2016]. Disponible en: https://www.testo.com.ar/media/local_media/GuapRACTICA_termografia_ES.pdf

WHITE, Glen. *Introducción al análisis de vibraciones.* Woburn-U.S.A: Azima DLI, 2010, pp. 16-44.

