



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE
ASCENSOR A ESCALA CONTROLADO POR UN PLC”**

GUAMÁN GUAPULEMA ALEX JAVIER

YUMISACA VIMOS HECTOR FERNANDO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-03-06

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALEX JAVIER GUAMÁN GUAPULEMA

Titulada:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE ASCENSOR CONTROLADO POR UN PLC”

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán G.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Elvis Arguello
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-03-06

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

HECTOR FERNANDO YUMISACA VIMOS

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE ASCENSOR CONTROLADO POR
UN PLC”**

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán G.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Elvis Arguello
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALEX JAVIER GUAMÁN GUAPULEMA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE ASCENSOR CONTROLADO POR UN PLC”

Fecha de Examinación: 2014-12-05

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Telmo Moreno PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. . Miguel Aquino DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Elvis Arguello 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. Telmo Moreno
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: HECTOR FERNANDO YUMISACA VIMOS

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE ASCENSOR CONTROLADO POR UN PLC”

Fecha de Examinación: 2014-12-05

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Telmo Moreno PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. . Miguel Aquino DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Elvis Arguello 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. Telmo Moreno
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

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

Alex Javier Guamán Guapulema

Hector Fernando Yumisaca Vimos

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios que me dio la vida, fortaleza y a mi padres hermanos Ángel Guamán y Nancy Guapulema por haberme inculcado valores y brindado su apoyo incondicional en todo el trayecto de la vida estudiantil a todos ello gracias.

Alex Javier Guamán Guapulema

Este trabajo lo dedico a mis padres en especial a mi madre Rosario y a mi admirable esposa Narcisa por su inmensurable e incondicional apoyo, cariño y comprensión que me brindaron todo el tiempo.

Hector Fernando Yumisaca Vimos

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

A mis padres, gracias a su tenacidad y su apoyo incondicional he logrado avanzar y destacar. De igual manera un sincero agradecimiento al Ing. Miguel Aquino e Ing. Elvis Arguello docentes de la facultad por haber brindado apoyo durante el desarrollo de la tesis. Por último a mi compañero de tesis por el trabajo colectivo que hemos realizado con esmero y esfuerzo, para culminar lo propuesto.

Alex Javier Guamán Guapulema

Mi mayor gratitud de agradecimiento a Dios por tenerme siempre presente en su mente por cuidarme y de esa manera permitirme culminar de la mejor manera una de las etapas muy importantes para mí y mi familia.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas hacia el conocimiento y de esta manera poder servir a la sociedad. A todos los docentes que conforman la escuela de Ingeniería Mecánica por habernos transmitido sus conocimientos valores y experiencias hacia nosotros.

El más sincero agradecimiento a mis padres, hermanos y mi admirable esposa que fueron pilares fundamentales para culminar y alcanzar una meta más de mi vida. A mi compañero de tesis por haber compartido todos los conocimientos y terminar nuestra proyecto de la mejor manera.

Hector Fernando Yumisaca Vimos

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	1
1.2.1	<i>Técnico</i>	1
1.2.2	<i>Económica</i>	1
1.3	Objetivos	2
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
2.	ESTUDIO DEL ARTE	3
2.1	Ascensor para transporte de personas en edificios	3
2.2	Elementos constitutivos del sistema	3
2.2.1	<i>Ducto y cuarto de máquina</i>	3
2.2.2	<i>Cabina</i>	3
2.2.3	<i>Amortiguadores</i>	4
2.2.4	<i>Lazos</i>	4
2.2.5	<i>Cable</i>	6
2.2.6	<i>Contrapeso</i>	6
2.2.7	<i>Guías de cabina</i>	6
2.2.8	<i>Conjunto de tracción del ascensor</i>	7
2.2.9	<i>Puerta de la cabina</i>	7
2.3	Elementos de seguridad	8
2.4	CPE INEN 018: código de seguridad de ascensores	9
2.5	Control automático para transporte de personas en edificios.....	10
2.5.1	<i>Introducción al Control Automático</i>	10
3.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	16
3.1	Determinación de las especificaciones del ascensor	17
3.1.1	<i>La casa de la calidad</i>	18
3.1.2	<i>Voz del usuario</i>	18
3.1.3	<i>Voz del ingeniero</i>	19

3.1.4	<i>Resultados casa de la calidad.</i>	19
3.1.5	<i>Conclusiones de la casa de la calidad.</i>	20
3.2	Especificaciones técnicas.	21
3.2.1	<i>Análisis funcional.</i>	22
3.2.2	<i>Definición del análisis funcional.</i>	23
3.2.3	<i>Desarrollo de los diagramas funcionales.</i>	23
3.2.4	<i>Análisis de los diagramas funcionales.</i>	23
3.2.5	<i>Definición de módulos.</i>	24
3.3.	Alternativas de solución para el módulo.	24
3.3.1	<i>Sistema de puertas automáticas.</i>	24
3.3.2	<i>Sistema de guías.</i>	26
3.3.5	<i>Sistema de control del ascensor.</i>	31
3.3.6	<i>Evaluación de soluciones.</i>	32
4.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS	43
4.1	Diseño de los elementos mecánicos.	43
4.1.1	<i>Dimensionamiento de la cabina del ascensor.</i>	44
4.1.2	<i>Cálculo del peso de la cabina.</i>	45
4.1.3	<i>Cálculo de peso de las puertas de la cabina.</i>	46
4.1.4	<i>Cálculo del peso total de la cabina.</i>	48
4.1.5	<i>Cálculo de potencia del motor.</i>	48
4.1.6	<i>Cálculo de la velocidad de régimen.</i>	49
4.2	Cálculo de las cargas necesarias para el cálculo de la potencia.	49
4.2.1	<i>Selección del motor.</i>	50
4.3	Cálculo de la polea	51
4.4	Selección de la cadena y catalina.	51
4.4.1	<i>Distancia mínima entre centros</i>	53
4.4.2	<i>Cálculo de la longitud de la cadena</i>	53
4.5	Dimensionamiento del sistema de puesta en marcha del ascensor.	54
4.5.1	<i>Diseño del eje principal.</i>	54
4.5.2	<i>Seccionamiento del eje principal de transmisión.</i>	54
4.5.3	<i>Diseño del eje de transmisión.</i>	54
4.5.4	<i>Diagrama de cuerpo libre.</i>	55
4.5.5	<i>Para la obtención de los diagramas de fuerza cortante y momentos</i>	57
4.5.5	<i>Esfuerzos combinados</i>	59
4.5.6	<i>Análisis dinámico.</i>	60

4.6	Diseño del eje secundario	62
4.6.1	<i>Seccionamiento del secundario.</i>	63
4.6.2	<i>Diseño del eje de transmisión.</i>	63
4.6.3	<i>Diagrama de cuerpo libre.</i>	64
4.7	Selección de los rodamientos	64
4.8	Diseño de los soportes	65
4.9	Diseño del sistema estructural.....	70
4.10	Selección del cable.....	74
4.11	Diseño de las puertas automáticas	75
4.11.1	<i>Cálculo de la potencia del motor para el sistema de puertas.</i>	76
4.12	Diseño electrónico	77
4.12.1	<i>Circuito de inversión de giro de los motores DC.</i>	77
5.	PROGRAMACIÓN	79
5.1	Programación del PLC	79
5.1.1	<i>Uso de la herramienta PC-SIMU.</i>	79
5.2	<i>Elaboración del problema resuelto en PC-SIMU.</i>	79
5.2.1	<i>Parámetros para la programación del ascensor.</i>	80
5.2.2	<i>Elaboración de la pantalla de simulación del ascensor PC-SIMU.</i>	80
5.2.3	<i>Codificación en el programa STEP 7 MICRO WIN.</i>	81
5.2.4	<i>Simulación del programa con aplicación S7-1200. Anexo H.</i>	82
5.3	Elaboración del problema planteado en nuestro proyecto.....	83
5.3.1	<i>Parámetros para la programación del ascensor.</i>	84
5.3.2	<i>Parámetros para la programación del ascensor.</i>	84
5.3.3	<i>Codificación en el programa STEP 7 MICRO WIN. anexo I.</i>	86
6.	CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DEL ASCENSOR	86
6.1	Componentes del equipo y tecnología de la construcción	86
6.2	Procedimiento de construcción.....	87
6.3	Construcción y montaje	89
6.3.1	<i>Construcción del ascensor.</i>	89
6.3.2	<i>Montaje del ascensor.</i>	95
6.4	Mantenimiento del ascensor.....	98
6.5	Secuencia de operación y funcionamiento del ascensor.....	100
6.6	Protocolo de pruebas.....	101

7.	ANÁLISIS DE COSTOS	109
7.1	Costos directos.....	110
7.1.1	<i>Costos de materia prima</i>	110
7.2	Costos indirectos.....	114
7.2.1	<i>Costos de ingeniería</i>	114
7.2.2	<i>Costos de materiales indirectos</i>	114
7.3	Costo total de fabricación.....	114
7.4	Costos por mantenimiento.....	115
7.4.1	<i>Costos por mantenimiento anual</i>	115
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
8.1	Conclusiones.....	116
8.2	Recomendaciones.....	117

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Especificación de uso de sistemas de lazos para cada modelo.....5
2	Especificaciones técnicas del ascensor21
3	Evaluación de cada criterio.34
4	Evaluación de las soluciones respecto a la funcionalidad.34
5	Evaluación de las soluciones respecto a la confiabilidad.....34
6	Evaluación de las soluciones respecto al costo.....35
7	Evaluación de las soluciones respecto al peso.....35
8	Evaluación de las soluciones respecto al sistema de puertas automáticas.35
9	Evaluación de cada criterio.36
10	Evaluación de las soluciones respecto a la seguridad.....36
11	Evaluación de las soluciones respecto al montaje.....37
12	Evaluación de las soluciones respecto al costo.....37
13	Evaluación de las soluciones respecto a la fricción.37
14	Evaluación de las soluciones respecto del sistema de guías38
15	Evaluación de cada criterio.38
16	Evaluación de las soluciones respecto a la seguridad.....39
17	Evaluación de las soluciones respecto al montaje.....39
18	Evaluación de las soluciones respecto al costo.....39
19	Evaluación de las soluciones respecto del sistema de lazos.39
20	Evaluación de cada criterio.40
21	Evaluación de las soluciones respecto a la seguridad.....40
22	Evaluación de las soluciones respecto al montaje.....40
23	Evaluación de las soluciones respecto al costo.....41
24	Evaluación de las soluciones respecto a la funcionalidad.....41
25	Evaluación de las soluciones respecto del sistema de transmisión.41
26	Pre diseño de la alternativa seleccionada.42
27	Medidas de la cabina prototipo.....44
28	Datos del aluminio.....45
29	Dimensiones de las puertas46
30.	Resultados50
31	Propiedades mecánicas del acero ASTM A-3654

32	Resultados de las reacciones obtenidos en MDSolids	58
33	Data	66
34	Model (B4) >geometry >part.....	66
35	Stress tool >results.....	67
36	Static structural (B5) >solution (B6) >fatigue tools.....	68
37	Analysis.....	68
38	Static structural (B5) >solution (B6) >fatigue tool >results	69
39	Aluminum alloy >constants.....	70
40	Aluminum alloy >isotropic elasticity	70
41	Data	71
42	Model (A4) >mesh.....	72
43	Model (A4) >analyst static structural.....	73
44	Model (A4) >static structural (A5) >loads.....	73
45	Static structural (A5)>solution (A6)>results	73
46	Static structural (A5) >solution (A6) >stress tool >results	74
47	Entradas del simulador PLC.....	81
48	Salidas del simulador PLC	82
49	Marcas o memorias del simulador del PLC	82
50	Entradas del PLC	84
51	Salidas del PLC.....	85
52	Marcas o memorias del PLC	85
53	Partes constructivas del ascensor a escala.....	87
54	Tiempos de la construcción de la laminadora.....	89
55	Montaje del sistema estructural del ducto.....	96
56	Montaje del sistema estructural de la cabina.....	96
57	Montaje del sistema de lazos	97
58	Montaje del sistema de transmisión	97
59	Montaje del sistema de control.....	98
60.	Manual de mantenimiento	99
61	Ensayo 1	101
62	Ensayo 2	104
63	Ensayo 2	106
64	Distribución de ensayos cumplimiento	108
65	Distribución de ensayos cumplimiento medir la velocidad	108
66	Distribución de ensayos cumplimiento probar que el sistema.....	109
67	Costos de materia prima	110

68	Costos de elementos normalizados.....	111
69	Costos de elementos de control.....	111
70	Costo de procesos de fabricación y recubrimiento	113
71	Total costos directos	113
72	Costos indirectos (25%)	114
73	Costo total.....	114
74	Costo de gastos estimados de mantenimiento	115
75	Costo de mantenimiento anual	115

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Ducto y cuarto de máquina.....	3
2 Cabina	4
3 Amortiguadores.....	4
4 Sistemas de lazo (a) medio envuelto (b) envuelto completo.....	5
5 Partes del cable	6
6 Contrapeso	6
7 Guías de cabina.....	7
8 Conjunto de tracción del ascensor	7
9 Puerta de la cabina	8
10 Elementos de seguridad.....	9
11 Control automático para transporte de personas en edificios.	10
12 Sistema de control lazo abierto	11
13 Sistema de control lazo cerrado	12
14 Elementos de control.....	12
15 Sensor magnético	13
16 Válvula solenoide con actuador.....	14
17 Estructura interna del PLC	15
18 Elementos del ascensor	17
19 Desarrollo de la casa de la calidad.....	20
20 Función primaria del ascensor.	22
21 Diagramas funcionales secundarios del ascensor.....	23
22 Desplazamiento con mecanismo piñón cremallera.....	24
23 Sistema de banda transportadora	25
24 Perfil tipo ángulo	26
25 Perfil T	27
26 Perfil Circular	28
27 Sistema de lazo medio envuelto.....	29
28 Tambor devanado	30
29 Motor eléctrico con polea integrada.....	31
30 PLC.....	32
31 Dimensiones de la estructura de la cabina del ascensor.....	44
32 Configuración del eje principal	54
33 Eje principal dividido en secciones.....	54

34	Dimensiones del eje principal de transmisión.....	55
35	Diagrama de cuerpo libre del eje principal.....	55
36	Diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores, plano XY	57
37	Diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores , plano XZ	58
38	Configuración del eje secundario	62
39	Seccionamiento del eje secundario	63
40	Dimensiones del eje secundario de transmisión.....	63
41	Diagrama de cuerpo libre del eje secundario.	64
42	Modelado del soporte en ANSYS	66
43	Model (B4) >static structure total deformation	67
44	Static structural (B5) >solution (B6) >stress tool >safety factor.....	68
45	Static structural (B5) >solution (B6) >fatigue tool.....	69
46	Modelado de la estructura en ANSYS	71
47	Model (A4) >mesh >figure	72
48	Simulación con carga en ANSYS	74
49	Diagrama de fuerzas de las puertas automáticas.....	76
50	Circuito de relés para los dos motores DC	78
51	Ascensor del programa PC-SIMU	80
52	Cuadro de entradas y salidas del problema PC-SIMU.....	81
53	Simulación del programa con aplicación S7-200	83
54	Flujograma de la construcción del sistema estructural del ducto	93
55	Flujograma de la construcción del sistema estructural de la cabina	93
56	Flujograma de la construcción del sistema de lazos.....	94
57	Flujograma de la construcción del sistema de transmisión	94
58	Flujograma de la construcción del sistema de control	95
59	Flujograma de montaje del ascensor.....	98
60	Esquema del ensayo 1	103
61	Esquema del ensayo 2.....	105
62	Esquema del ensayo 3.....	107

SIMBOLOGÍA

P	Peso específico	kg/m
Wc	Peso de la cabina	N
Vp	Volumen del material	mm ³
δ	Densidad	kg/m ³
Wpc	Peso de las puertas automáticas	N
Pt	Potencia teórica	CV
Q	Carga no equilibrada	kg
N	Rendimiento global	
Qc	Carga del contrapeso	kg
Qt	Carga total	kg
Qu	Carga Útil	kg
Qb	Carga de la cabina	kg
W	Velocidad angular	rpm
C	Distancia entre centros	mm
DHP	Potencia de diseño	HP
fs	Factor de diseño	
L	Longitud de la cadena	mm
ℓ	Paso de la cadena	mm
N	Número de dientes	
□	Torque	Nm
T	Tensión	N
σ	Esfuerzo	kg/cm ²

I	Momento de inercia	cm ⁴
S _y	Esfuerzo a fluencia	kg/cm ²
S _e	Límite de resistencia a la fatiga	kg/cm ²
K _a	Factor de modificación de tamaño	
K _b	Factor de modificación de tamaño	
K _c	Factor de modificación de carga	
K _d	Factor de modificación de temperatura	
K _e	Factor de confiabilidad	
K _f	Factor de efectos varios	
S _e	Límite de fatiga experimental en condiciones ideales	
σ _{min}	Esfuerzo mínimo	kg/cm ²
σ _{max}	Esfuerzo máximo	kg/cm ²
C _o	Capacidad de carga	kN
f _s	Factor de esfuerzos estáticos	
P _o	Carga estática equivalente	kN
F _r	Carga radial	N
F _a	Carga axial	N
X _o	Factor axial	
Y _o	Factor radial	
R _c	Resistencia del cable	N
R _r	Resistencia requerida	N
A	Área del cable	cm ²
F _r	Fuerza de rozamiento	N

LISTA DE ABREVIACIONES

ANSI	American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estandares)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales)
CV	Caballos de Vapor
CPU	Central Processing unit (Unidad de proceso central)
CPE	Control de Productos Envasado
PLC	Controlador Lógico Programable
HP	Horse power (Caballos de potencia)
INEN	Instituto Nacional de Normalización
HMI	Interfaz Hombre Máquina
ISO	International Standard Organization (Organización Internacional de estandarización)
RPM	Revoluciones por minuto
SAE	Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

LISTA DE ANEXOS

- A** Datos técnicos del aluminio
- B** Selección del motor1
- C** Selección de cadena
- D** Selección de lacatalina
- E** Selección de los rodamientos
- F** Selección del cable
- G** Selección del motor 2
- H** Programación del simulador
- I** Programación problema establecido

RESUMEN

El diseño y construcción de un modelo de ascensor controlado por un PLC está basado en los requerimientos de implementar una mejor alternativa de enseñanza, aprendizaje y desarrollo de habilidades en el laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Mecánica.

Empleando técnicas de investigación novedosas como el diseño concurrente, trabajo de campo y experimentación se determinó el diseño del ascensor didáctico, la selección de los materiales, elementos mecánicos y el equipo de control como también su estética. Así mismo con la ayuda de un software especializado en análisis de estructuras permitió comprobar la resistencia de distintos elementos siendo parte fundamental para iniciar el ensamble del sistema estructural del ducto, montaje de la placa superior, parte del sistema de transmisión. Además en la parte de control se pudo realizar una introducción, codificación, lógica de programación y sistema de control, también se diseña un circuito electrónico compuesto por un relé, cables, pulsadores, sensores, etc. Todos estos elementos se montan en la estructura del ducto y cabina compuestos por perfiles. Terminando el ascensor a escala se sometió a pruebas de utilidad a través de ensayos de posicionamiento, velocidad y control del ascensor; Pruebas que resultaron satisfactorias que permiten contar con un ascensor de fácil manejo.

El ascensor permite conocer de una manera física los sensores magnéticos, celda de carga, sensor óptico realizar prácticas de control semiautomático a diferentes niveles de posicionamiento, seguridad y actuadores rotativos, que dependerán de la programación del usuario y sobre todo se basa en el entendimiento de los diversos temas planteados, por lo que se recomienda utilizar el manual de mantenimiento, manual de operación para un mejor manejo del ascensor en el aprendizaje y enseñanza de la automatización y control, proporcionándonos la posibilidad que el estudiante se incentive y a un futuro incrementando aplicaciones como más guardas de seguridad y un sistema de interacción hombre máquina.

ABSTRACT

The design and assembly of an elevator controlled by PLC is based on the requirements to implement a better teaching-learning alternative and skills development in the Automation and Control Laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering.

The design of didactic elevator, material choosing, mechanic elements, control equipment, and its esthetics were determined through new research techniques such as: concurrent design, field work and experimentation. Specialized software in analysis of structures helped to determine the resistance of different elements; it was an important part to start assembling structural ductwork mounting system of the top plate, part of the transmission system. Besides, it was able to perform an introduction, codification, Logic Programming, and control system in the control part. It was also designed electronic circuit made of relay, cables, buttons, sensors, etc. All these elements are assembled to the ductwork structure and cabin compounded by profiles. When the elevator was finished its usefulness was evaluated by the means of positioning essays, speed, and elevator control. The result was satisfactory, so it is possible to have an easy-use elevator.

The elevator allows knowing magnetic sensors, loading cell, and optical sensor physically in order to perform practices of semiautomatic control to different levels of positioning, security, and rotary actuator that will depend on user programming, and it is even based on understanding of different proposed topics, so it is recommended to use a maintenance and operation manual in order to better the use of elevator in teaching and learning of automation and control, so they create the possibility to motivate the student to increase applications in the future as security saving and man-machine interaction system.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes

En la actualidad en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo la carencia de equipos y bancos de pruebas en los laboratorios de la Facultad de Mecánica es un problema que ha generado la falta de conocimientos prácticos en distintas áreas de gran importancia para el Ingeniero Mecánico, por lo que es necesario la implementación de un banco de pruebas para que los usuarios puedan realizar y analizar los mecanismos existentes en un ascensor y a la vez se puedan realizar pruebas y simulación de control de un sistema automatizado.

Cabe resaltar que el papel del Ingeniero Mecánico es aportar con el desarrollo de tecnologías que vayan en beneficio de la sociedad, con lo cual el tema propuesto encaja con el perfil profesional del Ingeniero Mecánico.

1.2 Justificación

1.2.1 Técnico. Por la falta de equipos o bancos de pruebas en los laboratorios de automatización y control han ocasionado en los estudiantes una disminución de conocimientos prácticos en esta área y como consecuencia los estudiantes se encuentran expuestos a problemas en la vida profesional.

1.2.2 Económica. Los beneficios que obtendremos mediante la implementación de este equipo destinados para el laboratorio de la Facultad de Mecánica es de suma importancia ya que los laboratorios o prácticas se realizarán de una forma adecuada, además que cada uno de los usuarios podrán dar uso y los mismos con una correcta aplicación de este equipo realizara una práctica más objetiva y visual.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir un modelo de ascensor controlado por un PLC.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Plantear alternativas de diseño para las distintas posiciones del ascensor y apertura de las puertas de la cabina.

Seleccionar los componentes del ascensor.

Instalar y probar el modelo diseñado.

CAPÍTULO II

2. ESTUDIO DEL ARTE

2.1 Ascensor para transporte de personas en edificios

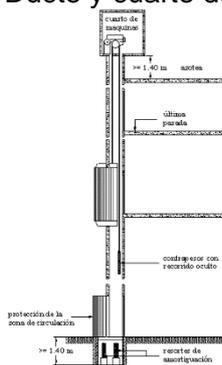
El ascensor o elevador es un conjunto de sistemas que permiten el movimiento o desplazamiento de personas u objetos en su interior entre diversos niveles o pisos verticalmente se lo emplea en el ascenso o descenso en edificios. Está conformado con elementos mecánicos electrónicos y eléctricas que funcionan sincronizada mente para brindar un medio de seguro de transporte.

2.2 Elementos constitutivos del sistema

2.2.1 Ducto y cuarto de máquina.El ducto o hueco es el lugar por el cual va a desplazarse la cabina y a su vez el contrapeso del elevador.

El cuarto de máquinas es el área en dónde se encuentran alojados los componentes de transmisión y de control del ascensor.

Figura 1. Ducto y cuarto de máquina



Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/06/ascensores-de-un-edificio.html>

2.2.2 Cabina.Es el componente que está destinado para soportar a los pasajeros y/o carga al ser movilizado, la cual va fijada al bastidor o chasis.

Figura 2. Cabina



Fuente: <http://www.grupowalker.com/oferta.html>

2.2.3 Amortiguadores. El amortiguador es un aparato que sirve para acumular la energía cinética del impacto de la cabina.

Figura 3. Amortiguadores

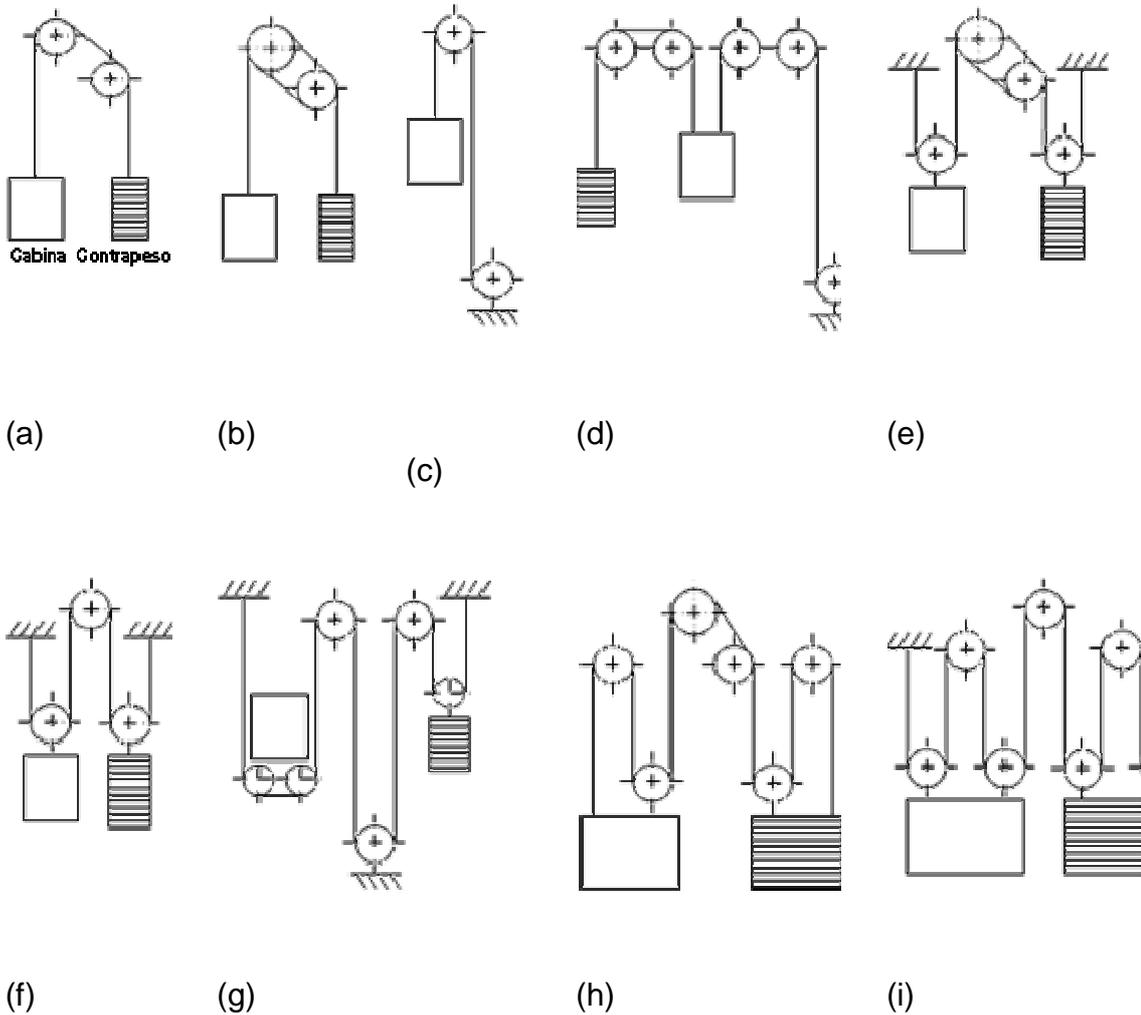


Fuente: <http://ascensoresjpasual.blogspot.com/2014/03/componentes-de-seguridad-en-un-ascensor.html>

2.2.4 Lazos. Existen varios sistemas de lazos aunque varían según la velocidad de tracción, la carga nominal y otros factores, los sistemas de lazos deben ser lo más simples posibles. (Mitsubishi, 2014)

Con un cable de 2:1 o 4:1, la velocidad de la cabina se reduce a $1/2$ ó $1/4$, respectivamente, de la velocidad del cable, puesto que las poleas de suspensión están colocadas encima (o debajo) de la cabina y el contrapeso, y ambos extremos del cable están sujetos a las vigas de la sala de máquinas. Con estos sistemas de cables, las cargas sobre el cable también se reducen a $1/2$ ó $1/4$, por lo que es posible reducir el diámetro y el número de cables. (Mitsubishi, 2014)

Figura 4. Sistemas de lazo (a) medio envuelto (b) envuelto completo (c) (d) tambor de devanado (e) completo (f) (g) (h) (i) medio envuelto



Fuente: <http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/overview/elevators/systems.ml>

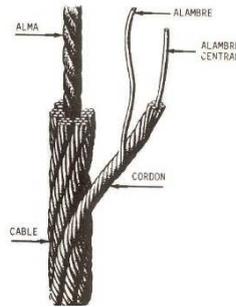
Tabla 1. Especificación de uso de sistemas de lazos para cada modelo de ascensor

Fig.	Cables	Lazos	Uso principal
A	1:1	Medio envuelto	Ascensores de media y baja velocidad
B	1:1	Envuelto completo	Ascensores de alta velocidad
C	1:1	Tambor devanado	Ascensores domiciliarios
D	1:1	Tambor devanado	Ascensores de mínima y baja velocidad
E	2:1	Envuelto completo	Ascensores de alta velocidad
F	2:1	Medio envuelto	Montacargas
G	2:1	Medio envuelto	Ascensores de sin cuarto de máquinas
H	3:1	Medio envuelto	Ascensores de carga pesada
I	4:1	Medio envuelto	Ascensores de carga pesada

Fuente: <http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/overview/elevators/systems.ml>

2.2.5 Cable. El cable de tracción es un elemento muy importante ya que soporta el peso de la cabina y de los usuarios se encuentra ubicado en la parte superior de la cabina. Pasando por unas poleas que se anclan en el ducto, sirviendo además como medio de unión para el transmitir la fuerza que genera el sistema motriz.

Figura 5. Partes del cable

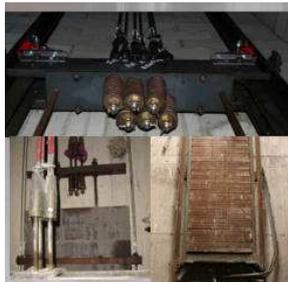


Fuente: <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/ascensores.htm#cables>

2.2.6 Contrapeso. Los contrapesos son elementos del ascensor que sirve para equiparar o compensar o neutralizar las fuerzas que actúan sobre el ascensor.

El peso del contrapeso es especial ya que tiene que producir un movimiento ligero al bajar o subir el ascensor eliminando brusquedades al producidas en el movimiento.

Figura 6. Contrapeso



Fuente <http://www.ascensores.ws/componentes/contrapesos-de-ascensores.html>

2.2.7 Guías de cabina. Las guías de la cabina son perfiles rígidos metálicos utilizados para ser guía de la cabina o del contrapeso teniendo una facilidad en el desplazamiento vertical.

Figura 7. Guías de cabina



Fuente: <http://www.indusla.com/web/ascensor.html>

2.2.8 Conjunto de tracción del ascensor. El conjunto de tracción del motor es el encargado de dar movimiento al ascensor. Está conformado con un motor que está ligado a un reductor de velocidad, en el que se encuentra alojado la polea para embobinar el cable de acero.

En la actualidad los motores más utilizados son los trifásicos ya que por tener muchos arranques, presentan una gran ventaja en ahorro de energía frente a los de energía monofásica y bifásica.

Figura 8. Conjunto de tracción del ascensor



Fuente: <http://novaja-kakhovka.all.biz/es/motores-elctricos-para-los-ascensores-cargadores-g1644181#.VBmxFJR5Odo>

2.2.9 Puerta de la cabina. La puerta de la cabina es la encargada de abrir o cerrarse de acuerdo al nivel o piso que se requiera, este debe contar con un sistema que no permita que la puerta se abra el trayecto de las paradas o niveles.

Figura 9. Puerta de la cabina



Fuente:<http://www.ascensoresunifamiliares.es/productos/puertas-rellano-cabina>

2.3 Elementos de seguridad

Los elementos o dispositivos de seguridad del ascensor son una importante ya que depende el bienestar y vida del usuario.

Los dispositivos son:

- Dispositivo que permita el enclavamiento de las puertas de piso.
- Dispositivo que impida la caída libre de la cabina
- Dispositivo para controlar la velocidad en caso de sobrepeso.
- Dispositivo de ventilación en el ascensor

Se debe ser hincapié que la seguridad también incluye elementos como los amortiguadores disipadores a acumuladores de energía, el diseño y resistencia de la cabina para un determinado número de persona, componentes eléctricos y electrónicos, así como la las personas no deben estar en contacto con ninguna parte del ducto del ascensor.

Figura 10. Elementos de seguridad



Fuente:<http://www.ascensores.ws/componentes/componentes-de-seguridad-de-los-ascensores.html>

2.4 CPE INEN 018: código de seguridad de ascensores

En los últimos años se ha creado una serie de normas y leyes que determinar los elementos que deben tener los ascensores esta normativa debe tener muy en claro que debe existir un sistema que habilite una clara comunicación en forma permanente ,entre los fabricantes importadores quienes deben dar constancia de que cumplen con los elementos de seguridad de los ascensores al mismo tiempo se debe exigir la certificación de dicho cumplimiento para poder actuar de manera rápida en caso de algo inesperado.(Archive, 2009)

Es por esta razón que los proveedores de ascensores deben entregar los elementos de seguridad con un respectivo sello debiendo existir un plazo límite que otorga el estado para poder otorgar la certificación.(Archive, 2009)

El estado con el fin de dar una mejor calidad de vida y evitar accidentes establece la norma CPE INEN 018 estableciendo seguridad en el transporte.(Archive, 2009)

2.5 Control automático para transporte de personas en edificios.

El control automático en este caso control de maniobra es la de gobernar la operaciones del ascensor las llamadas en los pisos o niveles y paradas de los mismos, las seguridades en tiempos mínimos de respuesta.

Figura 11. Control automático para transporte de personas en edificios.



Fuente:<http://serviciointegralsemi.blogspot.com/2011/11/tablero-de-control-electronico.html>

2.5.1 Introducción al control automático. El control automático ha desempeñado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. Además de su gran importancia en los sistemas de vehículos espaciales de guiado de misiles, robóticos y analógicos, el control automático se ha convertido en una gran parte importante e integral de los procesos modernos industriales y de fabricación. Por ejemplo, el control automático es esencial en el control numérico de las máquinas-herramientas de las industrias de manufactura, en el diseño de sistemas de pilotos automáticos en la industria aeroespacial, y en el diseño de automóviles y camiones en la industria automotriz. También es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y el flujo de las industrias de proceso. (OGATA, 1995)

2.5.1.1 Variable controlada. Es la cantidad que se va a gobernar tratando de que permanezca constante a la salida del proceso.

2.5.1.2 Variable manipulada. Es la cantidad que tiende a ser medida para afectar a la variable controlada.

2.5.1.3 Planta. La planta es un equipo conformado por juegos de partes teniendo como objetivo cualquier función específica.

2.5.1.4 Sistema. El sistema es conexión y combinación de elementos que actúan conjuntamente cumpliendo determinado objetivo.

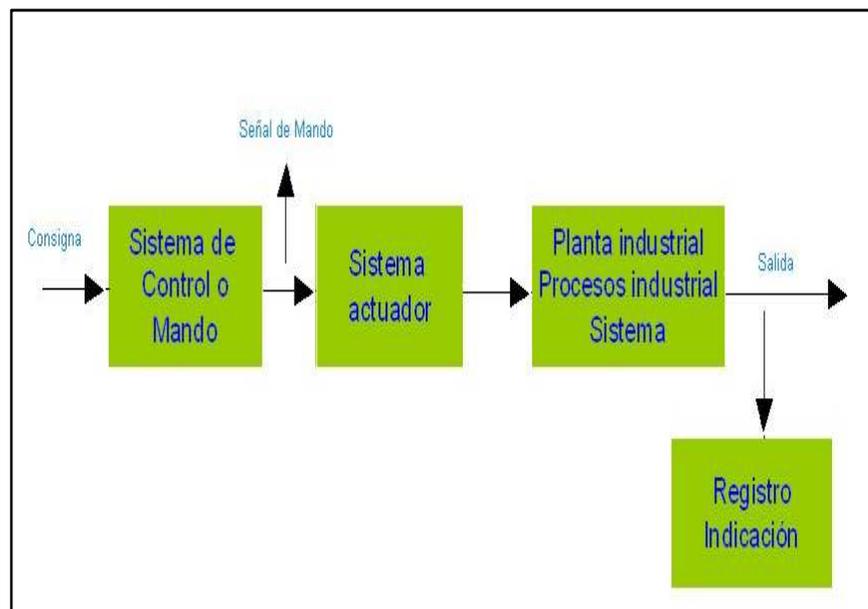
2.5.1.5 Perturbaciones. Las perturbaciones son llamadas a las señales que tienden a afectar contrariamente el valor de salida del sistema.

2.5.1.6 Retroalimentación. Es una operación que trata de minimizar el valor de la salida del sistema con la entrada tomada como referencia.

2.5.2 Sistemas de control. El sistema de control es una combinación de componentes mecánicos, eléctricos, hidráulicos, neumáticos que se pueden regular por sí mismo a lo largo de su proceso con otro sistema teniendo como objetivo corrección de errores y el funcionamiento adecuado y predeterminado proceso.

2.5.2.1 Sistema de control lazo abierto. Este tipo de sistema tiene una particularidad, la salida no es afectada por la acción de control es decir este tipo de sistema de control no mide la salida y tampoco se retroalimenta ni tiende a realizar rectificaciones en presencia de perturbaciones en el proceso.

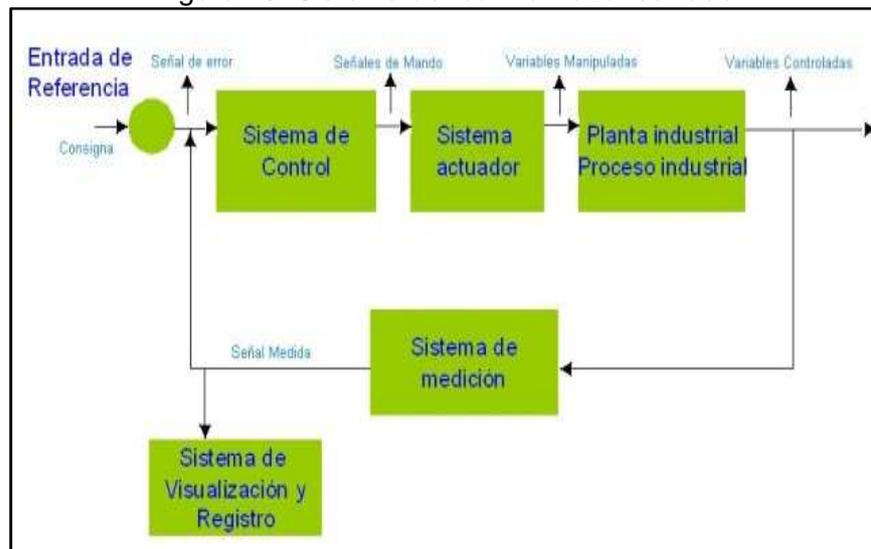
Figura 12. Sistema de control lazo abierto



Fuente: http://evoluauto.blogspot.com/2008_08_01_archive.html

2.5.2.2 Sistema de control lazo cerrado. El sistema de control lazo cerrado es un control retroalimentado aquel que actúa en presencia de perturbaciones tendiendo a reducir la diferencia entre la salida del sistema y así la de entrada de referencia.

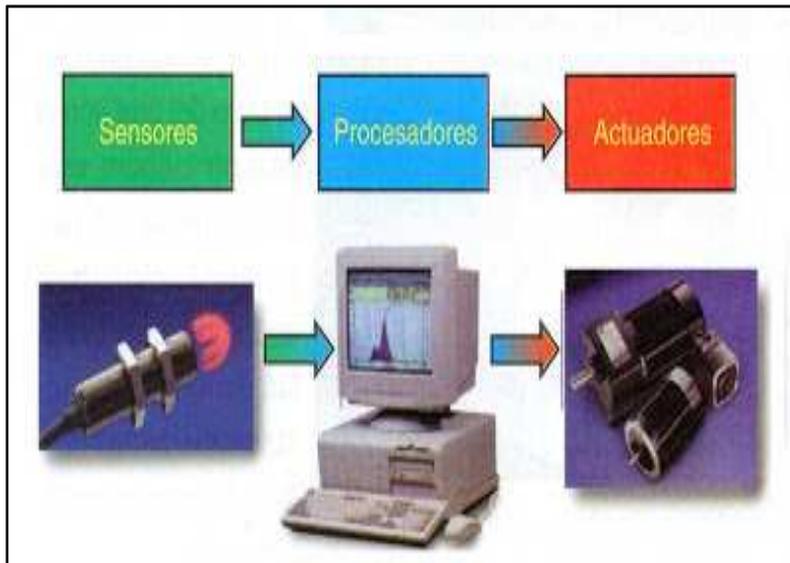
Figura 13. Sistema de control lazo cerrado



Fuente: http://evoluauto.blogspot.com/2008_08_01_archive.html

2.5.3 Elementos de control. Los elementos de control actúan colectivamente en un proceso en donde las entradas envían información hacia un controlador el cual procesa la información para luego enviar datos y obtener una salida.

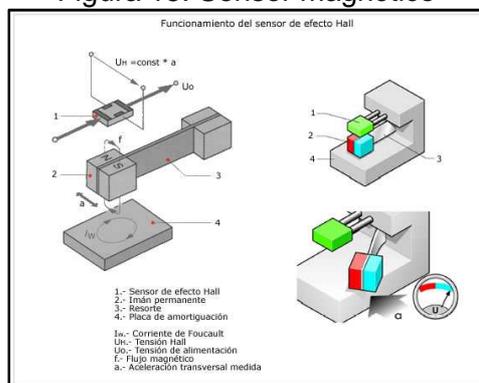
Figura 14. Elementos de control



Fuente: <http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com/2010/07/elementos-de-un-sistema-basico-de.html>

2.5.3.1 Sensor. Llamado también captador tiene como función realizar la medida de una magnitud hacia el transductor.

Figura 15. Sensor magnético



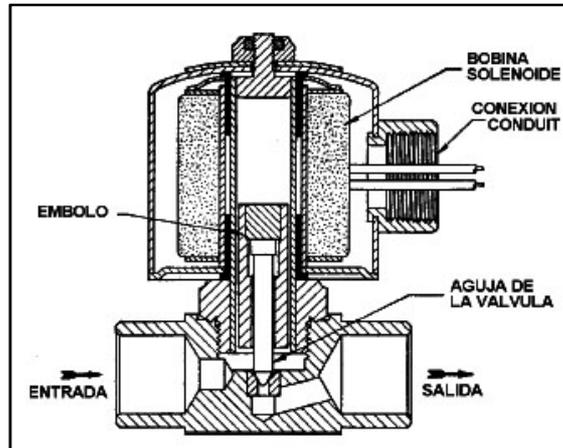
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores3.htm>

2.5.3.2 Transductor. Es dispositivo aquel que recibe la señal o magnitud y la transforma en otro tipo de señal.

2.5.3.3 Amplificador. Dispositivo usado no muy frecuente cuya función es la de amplificar la señal.

2.5.3.4 Actuator. El actuador es el elemento que tiene como función ejercer acciones correctivas en la planta o proceso.

Figura 16. Válvula solenoide con actuador



Fuente: http://www.tecnoficio.com/electricidad/valvula_solenoide.php

2.5.4 El PLC. Es un contador lógico programable se define como dispositivo electrónico digital que una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas de configuración de secuencia, de instrucción, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos. (Scribd, 2014)

El PLC tiene una gran ventaja de que permite, modificar un sistema de control sin tener que volver a alambrear las conexiones de los dispositivos de entrada y salida; basta con que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondientes. (Scribd, 2014)

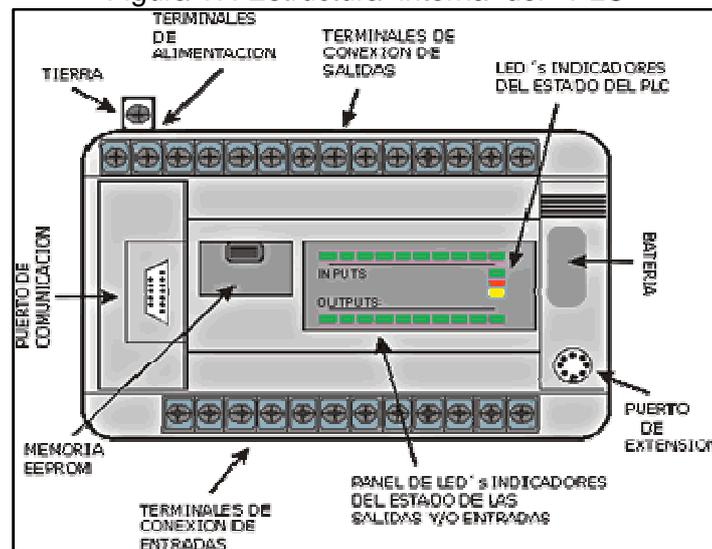
2.5.4.1 Características destacadas del PLC. Son robustos y están diseñados para resistir vibraciones, temperaturas, humedad y ruido. (Scribd, 2014)

- La interfaz para las entradas y salidas está dentro del controlador.
- Es muy sencilla tanto la programación como el entendimiento del lenguaje de programación que implementa, el cual se basa en operaciones de lógica y comunicación.

2.5.4.2 Estructura interna del PLC.

- CPU (Unidad Central de Procesamiento): Controla y procesa todas las operaciones realizadas dentro del PLC.
- Reloj: Es la fuente de temporización y sincronización de todos los elementos del sistema. Su frecuencia típica ronda entre 1y 8MHZ.
- Sistema de bus: Es aquella que lleva información y datos desde y hacia el CPU, la memoria y las unidades de entrada y salida.
- Memoria ROM: Almacena de forma permanente la información del sistema operativo y datos corregidos.
- Memoria RAM: Almacena el programa del usuario.
- Batería: Se encarga de mantener el contenido de la RAM por un determinado tiempo, en caso que se corte el suministro de energía eléctrica.
- Unidad de salida y entrada: Es la interfaz entre el sistema y el mundo externo.
- Las entradas y salidas del PLC pueden ser analógicas o digitales y especiales.

Figura 17. Estructura interna del PLC



Fuente: <http://electroprofesor.blogspot.com/2013/11/plc-avanzado.html>

2.5.4.3 Funcionamiento del PLC.En el momento cuando se pone en marcha el PLC lo primero que se realiza es una lista de chequeos internos para dar permitir que todo desde el inicio este en buenas condiciones y todo esté debidamente conectado (Power Supply), conexiones de entradas y salidas).(electroprofesor, 2014)

Una vez efectuadas estas comprobaciones y son aprobadas, la CPU inicia la exploración del programa y reinicializa. Esto último si el autómata se encuentra en modo RUN(marcha), ya que de estar en modo STOP o si se interrúmpela tensión de alimentación durante un tiempo lo suficiente largo, la CPU detiene la exploración del programa y luego pone a cero, es decir, desactiva todas las salidas. Mientras se está ejecutando el programa, la CPU realiza intervalos continuos de tiempo distintas funciones de diagnóstico (watch-dog). Cualquier singularidad que se detecte se mostrara en los indicadores de diagnóstico del procesador y dependiendo de su importancia se genera un código de erro o se parara totalmente el sistema. El tiempo total de ciclo e ejecución viene determinado por los tiempos empleados en las distintas operaciones. El tiempo de exploración del programa es variable en función de la cantidad y tipo de las instrucciones así como de la ejecución de subrutinas. El tiempo de exploración es uno de los parámetros que caracteriza a un PLC y generalmente suele expresar en milisegundos por cada mil instrucciones. Para reducir los tiempo de ejecución, algunas CPU's consta de dos o más procesadores que operan simultáneamente y están dedicados a funciones específicas.(electroprofesor, 2014)

CAPÍTULO III

3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En el análisis y estudio de las alternativas para el diseño y las características de calidad, durabilidad del ascensor se requiere seguir un proceso de selección ordenado y adecuado, el cual cumpla con las especificaciones y parámetros requeridos.

3.1 Determinación de las especificaciones del ascensor

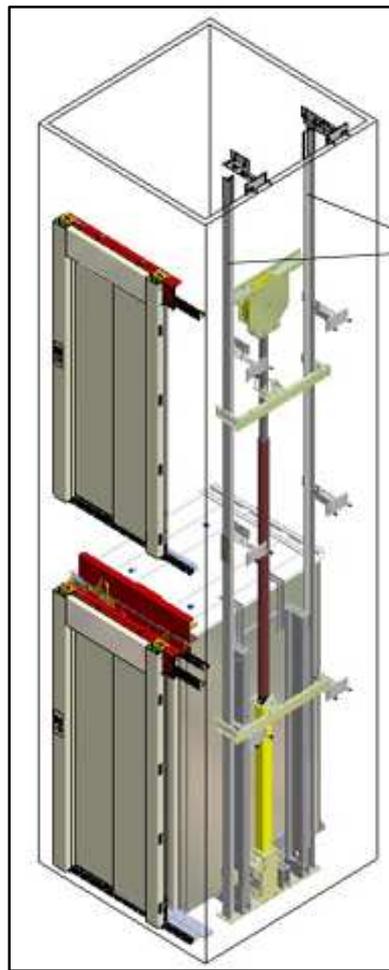
El ascensor debe contar con todas las especificaciones y requerimientos, para así satisfacer las necesidades que requiere el laboratorio de automatización.

Los requerimientos funcionales que conforman van de acuerdo a todas las partes que conforman el ascensores cuales son:

- Ducto y cuarto de máquina.
- Cabina.
- Amortiguadores.
- Lazos.
- Cable.
- Contrapeso.
- Guías de cabina.
- Conjunto de tracción del ascensor.
- Control automático para transporte de personas en edificios.

Se puede observar de partes constitutivas del muestra en la fig. 18.

Figura 18. Elementos del



forma clara y objetiva las ascensor como se

ascensor

Fuente: <http://blog.gmveurolift.es/wp-content/uploads/2011/02/guias.jpg>

3.1.1 *La casa de la calidad.* La casa de la calidad permite determinar las especificaciones técnicas de la máquina, la cual es una herramienta del QFD (quality function deployment) es un método globalizador cuyo objetivo principal es considerar las necesidades y requerimientos de los usuarios o cliente, para así tener una planificación de la calidad durante el ciclo de vida.

En la elaboración de la casa de calidad se requiere, conocer la voz del cliente, en el cual se da a conocer las características y requerimientos del producto, estos criterios son traducidos por el ingeniero e interpretados técnicamente. Y finalmente se evalúan los criterios técnicos para así determinar los que influyen en el diseño.(RIVA, 2002 pág. 177)

3.1.2 *Voz del Usuario.* De acuerdo con las necesidades del laboratorio de automatización el ascensor contar con las siguientes características:

- Rapidez de desplazamiento del ascensor.
- Fácil operación.
- Funcionamiento con CC.
- Bajo peso de carga.
- Silencioso.

- Proceso de control semiautomático.
- Altura adecuada.
- Interacción de los estudiantes con la máquina.
- Tiempo de mantenimiento.
- Recorrido.
- Máquina de tracción.

3.1.3 Voz del ingeniero. Una vez analizados los requerimientos del auspiciante se procede a traducirlos de forma técnica, y dando como resultado las siguientes características:

- Velocidad.
- Ergonomía.
- Suministro de energía.
- Materiales.
- Nivel de ruido.
- Control mediante PLC.
- Dimensión.
- Didáctico.
- Confiabilidad.
- Número de pisos.
- Transmisión seleccionada.

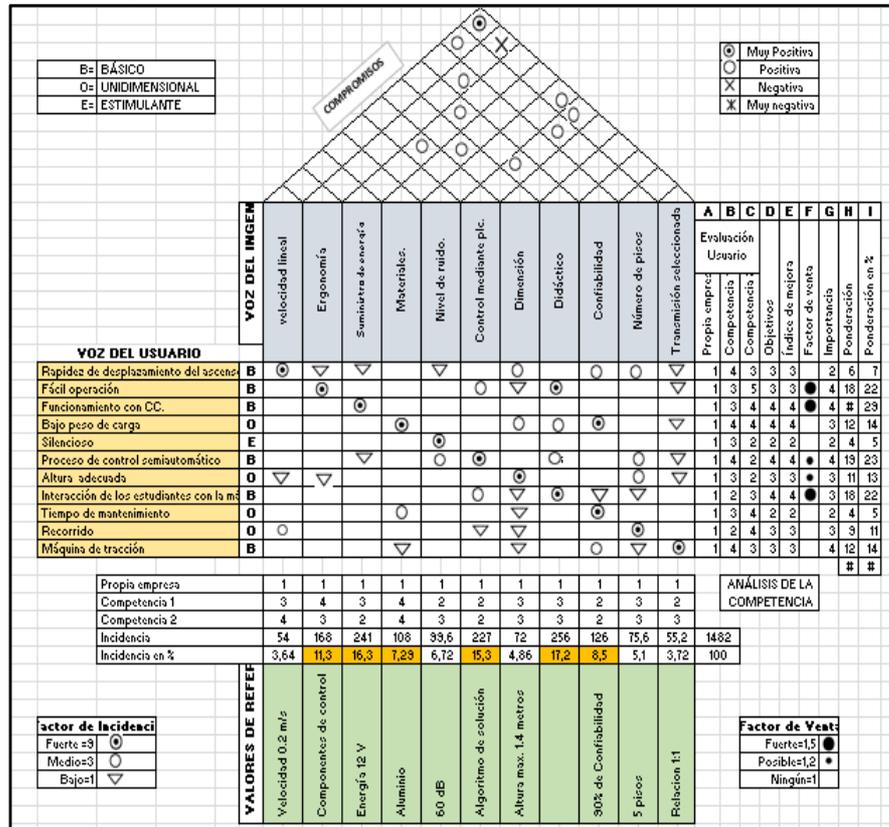
3.1.4 Resultados casa de la calidad. La casa de la calidad que se muestra en la figura 19, fue elaborada según el procedimiento propuesto por Carles Riba.

En el caso del ascensor a escala se realizaron modificaciones con respecto al modelo, con el propósito de adecuar el método al proyecto.

En la columna A se evalúa desempeño del actual producto en la empresa, se ha calificado 1 en todos los parámetros ya que no se cuenta con ningún producto previamente elaborado.

En las columnas B y C en cambio se ha evaluado el producto de otras empresas encargadas en el diseño de asesores, con los mismos parámetros.

Figura 19. Desarrollo de la casa de la calidad



Fuente: Autores

3.1.5 Conclusiones de la casa de la calidad. Con el resultado obtenido en la casa de la calidad, los requerimientos técnicos más importantes son:

- Didáctico.
- Control mediante PLC.
- Suministro de energía.
- Ergonomía.

- Confiabilidad.
- Materiales.

Dónde el requerimiento técnico más importante es de Didáctico el cual determina con el aprendizaje de los estudiantes.

3.2 Especificaciones técnicas.

Con ayuda de la casa de la calidad se ha llegado a obtener las especificaciones técnicas del ascensor, las mismas que se indican en el modelo de tabla propuesto.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del ascensor

Empresa cliente: Laboratorio de automatización		Producto Ascensor a		Fecha inicial: 2014-03-20
Diseñadores: Guamán Alex Yumisaca Hector		Escala Controlado por un PLC		Última versión: 2014-03-28
Página 1.				
ESPECIFICACIONES				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		D	R/D	• Recorer de un piso a otro.
				• Abrir y cerrar las puertas automáticamente en cada piso
Materiales		C	D	• Aluminio.
Construcción y montaje		C	R	• Artículo único
		C	R/D	• Montaje manual.
		Di	D	• Asequible.
Vida útil y mantenimiento		Di	D	• La máquina debe tener una confiabilidad del 90%.
		Di	R	• Fácil mantenimiento.
Energía		C	R	• Energía eléctrica de 12V.
Fuerzas		Di		• Toque para mover la cabina.
Movimientos		C		• Circulación lineal.

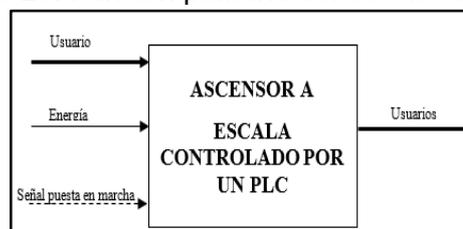
Dimensiones		C	R	<ul style="list-style-type: none"> • Altura: 1400 mm. • Ancho: 350 mm. • Altura entre cada piso: • 250 mm. • Profundidad:350mm.
Posiciones		Di		<ul style="list-style-type: none"> • Planta Baja. • Primer Piso. • Segundo Piso • Tercer Piso. • Cuarto Piso.
Seguridad y ergonomía		C	R	• El nivel de ruido debe ser de 60 dB.
		Di	R	• Ubicación de los componentes de control.
Propone: M = Márquetin, C= Cliente, Di = Diseño, P = Producción, F = Fabricación.				
R/D: R = Requerimiento; D = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento.				

Fuente: Autores

3.2.1 Análisis funcional. La función primaria de Ascensor a Escala Controlado por un PLC es el transporte vertical, mientras que las funciones secundarias son aquellas que permiten que la primaria se realice eficazmente.

Una vez determinado el respectivo proceso a realizar por la máquina, con sus respectivas funciones tanto primarias como secundarias, se desarrolla el diagrama de funciones asignando a los niveles 0 para función primaria y 1 para las funciones secundarias.

Figura 20. Función primaria del ascensor



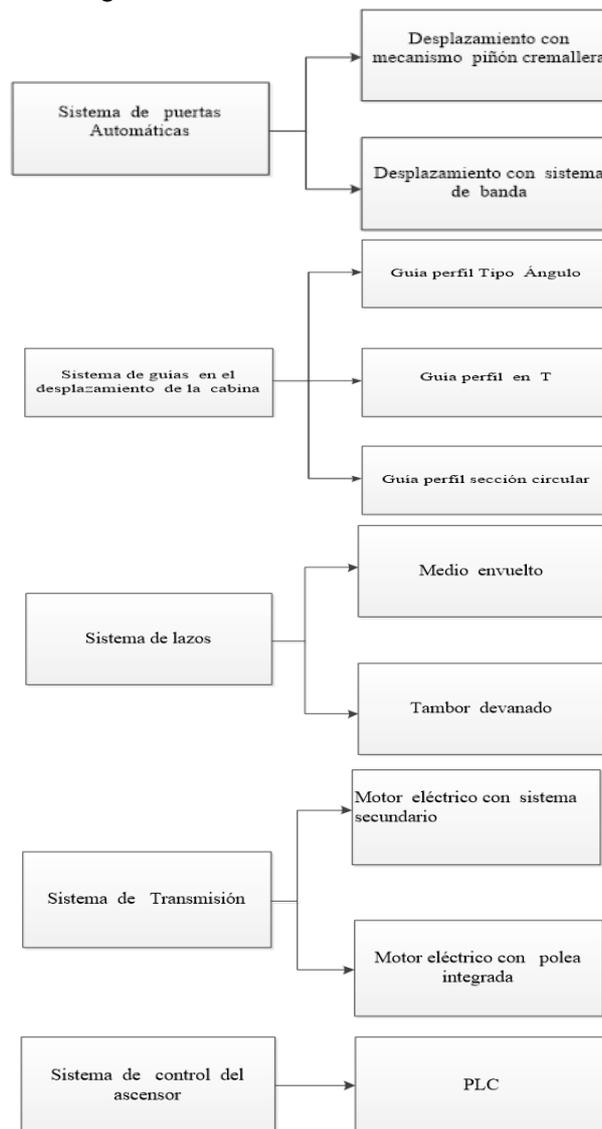
Fuente: Autores

En el nivel 2 aparecen detalladas las funciones que se requieren para alcanzar el nivel 1 para el funcionamiento de la máquina.

3.2.2 Definición del análisis funcional. El análisis funcional nos permite dar una solución al problema específico que se quiere resolver con una estructura en principios, soluciones tentativas que identifica limitadores teniendo muy en claro parámetros cualitativos y cuantitativos disgregando posibles soluciones para un problema.

3.2.3 Desarrollo de los diagramas funcionales.

Figura 21. Diagramas funcionales secundarios del ascensor



Fuente: Autores

3.2.4 Análisis de los diagramas funcionales. En base a todas las alternativas que se analizaron en cada uno de los sistemas del ascensor, procedemos a dar

una pauta más minuciosa con la finalidad de evaluar y encontrar la solución más adecuada.

3.2.5 Definición de módulos. En la definición de módulos se divide el producto en varios bloques funcionales. En un diseño donde se toma en cuenta la asignación de módulos, contribuye a la reducción de costos, facilidad de mantenimiento y se facilitará la producción.

En el diseño de ascensor las funciones permite que el proceso se de en un solo módulo, en este conjunto de actividades desde que el usuario se sube en la cabina y se desplaza en el ascensor con confort y seguridad.

3.3. Alternativas de solución para el módulo.

El módulo cumple con las siguientes funciones:

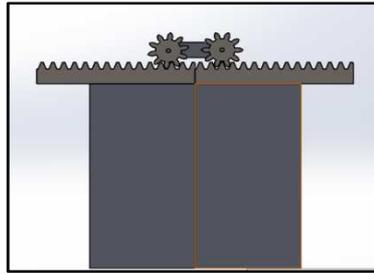
- Sistema de puertas automáticas.
- Sistema de guías de desplazamiento de la cabina.
- Sistema de lazos.
- Sistema de transmisión.
- Sistema de control del ascensor.

A continuación se detalla cada función del módulo y se proponen posibles funciones para luego encontrar la mejor alternativa.

3.3.1 Sistema de puertas automáticas.

3.3.1.1 Desplazamiento con mecanismo piñón cremallera. Su funcionamiento se basa en el mecanismo biela manivela va ser accionado por un motor acoplado, es decir transforma movimiento de rotación en translación desplazándose en una corredera o guía para mover las puertas en ambos sentidos.

Figura 22. Desplazamiento con mecanismo piñón cremallera



Fuente: Autores

Ventajas

- Ergonómica.
- Mantenimiento simple.
- Fácil manufactura
- .Proporciona movimiento en dos sentidos de las puertas

Desventajas

- Requiere de un disco que siempre se acentué en una posición exacta.
- Mecanismo con mucha complejidad.

Sistema de banda transportadora. En este sistema de puertas automáticas se basa en el accionamiento de una banda por medio de un motor, al estar unidas la puertas a la banda permite la apertura y cierre de las puertas.

Figura 23. Sistema de banda transportadora



Fuente:<http://spanish.alibaba.com/product-gs/mitsubishi-telescopic-elevator-car-door-system-686798804.html>

Ventajas

- Mecanismo sencillo.
- Diseño moderno.
- Ejecución simple.

Desventajas

- Compleja manufactura.
- Necesita de un sistema de poleas.
- El costo es considerable.

3.3.2 Sistema de guías.

3.3.2.1 Guía perfil tipo ángulo. El sistema de guías en V tiene la finalidad que la cabina del ascensor se desplace verticalmente, sobre el montan un par de ruedas las que dan guía al movimiento evitando que se descarrile.

Figura 24. Perfil tipo ángulo



Fuente: Autores

Ventajas

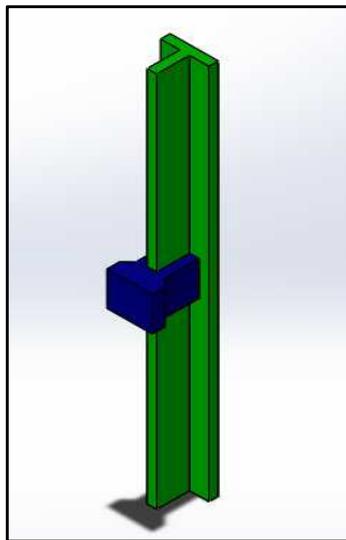
- Fricción mínima.
- Buenas características mecánicas.
- La pérdida de energía por rozamiento es casi nula.

Desventajas

- Inestabilidad por las caras inclinada.
- Alto costo.
- El montaje presenta dificultad.

3.3.2.2 Guía perfil T. El sistema de guías en T tiene la finalidad que la cabina del ascensor se desplace verticalmente, sobre el montan un acople de dos elementos los cuales dan dirección a la cabina.

Figura 25. Perfil T



Fuente: Autores

Ventajas

- Alta resistencia a la flexión.
- Mayor superficie de contacto.
- Económico

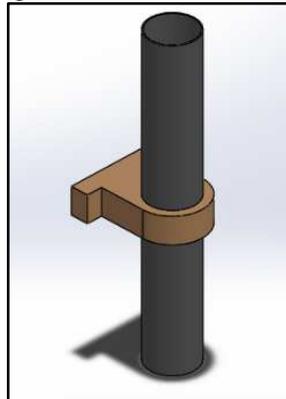
Desventajas.

- Mayor área de rozamiento.
- Necesita de un acople.

- Abrasión del material.
- Manufactura complicada.

Guía sección circular. El sistema de guías en v tiene la finalidad que la cabina del ascensor se desplace verticalmente, sobre estas guías se montan unos bocines para que se desplace la cabina.

Figura 26. Perfil Circular



Fuente: Autores

Ventajas

- Fácil manufactura.
- Mayor superficie de contacto.
- Económico

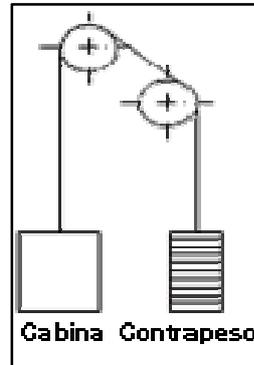
Desventajas.

- Mayor área de rozamiento.
- Necesita de un acople.
- Abrasión del material.
- Sistema de lazos.

3.3.3.1 Medio envuelto. El funcionamiento del sistema de lazos medio envuelto se actúa por medio de un motor eléctrico que suministra la potencia necesaria

parque de marcha la transmisión trabajando con un sistema de poleas para que se transmita el movimiento a la cabina.

Figura 27. Sistema de lazo medio envuelto



Fuente:<http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/overview/elevators/systems.html>

Ventajas

- El torque del motor es bajo.
- De fácil control.
- Económico.
- El sistema es directo.
- No requiere de muchos elementos.

Desventajas

- Necesita de un contrapeso.
- Requiere de poleas.
- No muy seguros.
- Son empleados en ascensores de mediana y baja velocidad.

3.3.3.2 Tambor devanado. El funcionamiento del sistema de lazos medio envuelto se actúa por medio de un motor eléctrico que suministra la potencia necesaria para que se transmita el movimiento a la cabina. La transmisión trabaja con un tambor el que se enrolla y

desenrolla para dar el movimiento a la ascendente y descendente respectivamente a la cabina.

Figura 28. Tambor devanado



Fuente:<http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/overview/elevators/systems.html>

Ventajas

- El motor no tiene contacto directo con las cargas
- Los ejes que soportan la carga pueden ser rápidamente intercambiados.
- Mantenimiento simple
- Mayor seguridad

Desventajas

- Requiere de dos ejes.
- Necesita de chumaceras.
- necesario de un acople.
- Compleja manufactura.
- Precisa de un lugar más amplio.

3.3.4.2 Motor eléctrico con polea integrada. Este tipo de sistema cuenta de un motor con una polea integrada que al trabajar recibe directamente las cargas de la cabina y del contrapeso.

Figura 29. Motor eléctrico con polea integrada



Fuente: <http://www.geval.com/images/aselectrico01.jpg>

Ventajas

- No requiere de ejes.
- No necesita chumaceras.
- Se instala en un lugar reducido.

Desventajas

- La carga está en contacto directo con la carga.
- Mantenimiento complejo.
- Manufactura compleja.

3.3.5 Sistema de control del ascensor

3.3.5.1 Controlador lógico programable (PLC). Recibe datos (analógicos, digitales) de los sensores, procesa y realiza acciones de acuerdo a una lógica de una programación ya establecida por requerimientos o exigencias. En su memoria se realiza un proceso de comparación con los datos entrada y los que se desea tener enviando señales a los actuadores para que se cumpla el proceso.

Figura 30. PLC



Fuente:http://www.alltronicsperu.com/catalog/product_info.php?products_id=347&osCsid=459b26b7a3c301f4018e663704fe8714

Ventajas

- La instalación es sencilla.
- Reduce el costo de mano de obra al automatizar el proceso.
- Poco espacio.
- Tiene la posibilidad de manejar muchos equipos de forma simultánea.
- Detiene fallos rápidamente
- Económico en su costo
- Reduce costos de mantenimiento
- Fácil de programar.

Desventajas

- Requiere de personal calificado para su manejo.
- Requiere que se tome en cuenta todos los detalles de la operación salga a la perfección.
- Centraliza el proceso.
- Condiciones ambientales apropiadas.

3.3.6 Evaluación de soluciones. En el proceso de diseño es conveniente hacer una evaluación de las alternativas que sirva para la toma de decisiones, que sean más

convenientes en el diseño. Las evaluaciones no deben concentrarse en evaluar un aspecto sino de todo lo relacionado al diseño.

Para tomar la mejor decisión siempre deben estar presentes dos elementos siguientes:

- *Alternativas.* Como mínimo debe de disponerse de dos alternativas cuyas características deben ser diferentes.
- *Criterios.* Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas.

3.3.6.1 Método ordinal corregido de criterios ponderados. La forma de predecir una solución entre diversas basta conocer el orden de preferencia de evaluación. Por esta razón se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, en Dónde sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados.

Este método basa en unas tablas Dónde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se evalúa de la siguiente forma:

- 1 Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas.
- 0,5 Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas.
- 0 Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas.(RIVA, 2002 págs. 59-60).

3.3.6.2 Criterios de valoración del módulo. Con el fin de determinar aquel módulo que resulte más conveniente, se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados.

3.3.6.3 Los criterios de valoración más determinantes. Para el sistema de puertas automáticas se enlistan a continuación:

- *Funcionalidad.* Debe ser práctico y utilitario.
- *Confiabilidad.* Es de importancia porque garantiza la vida útil de los elementos.
- *Costo.* Debe ser accesible y aportar beneficios.
- *Ergonomía* El sistema debe ser didáctico para los estudiantes.
- *Peso.* El sistema debe ser liviano

Tabla 3. Evaluación de cada criterio

Funcionalidad > Confiabilidad = Costo > Ergonomía > Peso							
Criterio	Funcionalidad	Confiabilidad	Costo	Ergonomía	Peso	$\Sigma + 1$	Ponderación
Funcionalidad		1	0.5	0.5	1	4	0.308
Confiabilidad	0		0.5	1	1	3.5	0.269
Costo	0.5	0.5		1	0.5	3.5	0.269
Ergonomía	0	0	0		0	1	0.077
Peso	0	0	0			1	0.077
					SUM	13	1

Fuente: Autores

A continuación se evalúa cada una de las soluciones con respecto a los criterios.

- La solución 1 representa a la Desplazamiento con mecanismo piñón cremallera.
- La solución 2 representa a Desplazamiento con sistema de banda

Tabla 4. Evaluación de las soluciones respecto a la funcionalidad

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0.667
Solución 2	0		1	0.333
		SUMA	3	1

Fuente: Autores

Tabla 5. Evaluación de las soluciones respecto a la confiabilidad

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0.667
Solución 2	0		1	0.333

	SUMA	3	1
--	-------------	---	---

Fuente: Autores

Tabla 6. Evaluación de las soluciones respecto al costo

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0	1	0.333
Solución 2	1		2	0.667
		SUMA	3	1

Fuente: Autores

Tabla 7. Evaluación de las soluciones respecto al peso

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0	1	0.333
Solución 2	1		2	0.667
		SUMA	3	1

Fuente: Autores

Tabla 8. Evaluación de las soluciones respecto al sistema de puertas automáticas

CONCLUSIÓN	Funcionalidad	Confiabilidad	Costo	Ergonomía	Peso	Σ	Prioridad
Solución 1	0.308x 0.667	0.269x 0.667	0.269 x 0.333	0.077 x 0.333	0.077 x 0.333	0.5210	2
Solución 2	0.308x 0.333	0.269 x 0.333	0.269 x 0.667	0.077 x 0.667	0.077 x 0.667	0.6537	1

Fuente: Autores

La solución que más se ajusta a los criterios de evaluación es la solución 1 Desplazamiento con sistema de banda

3.3.6.4 Los criterios de valoración más determinantes. El sistema de guías para el desplazamiento de la cabina se enlista a continuación:

- *Seguridad.* Se considera mucho la seguridad ya trabajan con factor humano.
- *Montaje.* Debido al grado de dificultad se traduce a mayor tiempo y por ende mayor costo
- *Costo.* Debe ser accesible y aportar beneficios.
- *Fricción.* No debe tener mucha pérdida de energía por contacto merma la energía cinética de la cabina.

Tabla 9. Evaluación de cada criterio

Seguridad= Montaje = Costo > Fricción							
Criterio	Seguridad	Montaje	Costo	Fricción	Peso	$\Sigma + 1$	Ponderación
Seguridad		1	0	0	0.5	2.5	0.1786
Montaje	0		0	1	1	3	0.2143
Costo	0.5	0.5		1	0.5	3.5	0.25
Fricción	1	1	1		1	5	0.3571
					SUMA	14	1

Fuente: Autores

La solución 1 representa guía perfil ángulo.

La solución 2 representa a guía perfil en T.

La solución 3 representa a guía perfil sección circular.

Tabla 10. Evaluación de las soluciones respecto a la seguridad

Solución 1 > Solución 2 = Solución 3					
	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		1	0.5	2.5	0.4167
Solución 2	0		0	1	0.1667

Solución 3	1	0.5		2.5	0.4167
			SUMA	6	1

Fuente: Autores

Tabla 11. Evaluación de las soluciones respecto al montaje

Solución 1 > Solución 2 = Solución 3					
	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Σ + 1	Ponderación
Solución 1		0.5	1	2.5	0.4167
Solución 2	0		0	1	0.1667
Solución 3	1	0.5		2.5	0.4167
			SUMA	6	1

Fuente: Autores

Tabla 12. Evaluación de las soluciones respecto al costo

Solución 1 > Solución 2 = Solución 3					
	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Σ + 1	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0.50
Solución 2	0		0	1	0.167
Solución 3	1	0		2	0.334
			SUMA	6	1

Fuente: Autores

Tabla 13. Evaluación de las soluciones respecto a la fricción

Solución 1 > Solución 2 = Solución 3					
	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Σ + 1	Ponderación
Solución 1		0.5	0	1.5	0.25
Solución 2	1		1	3	0.5
Solución 3	0	0.5		1.5	0.25

	SUMA	6	1
--	-------------	---	---

Fuente: Autores

Tabla 14. Evaluación de las soluciones respecto del sistema de guías en el desplazamiento de la cabina

CONCLUSIÓN	Seguridad	Montaje	Costo	Fricción	Σ	Prioridad
Solución 1	0.1786 x 0.4167	0.2143 x 0.4167	0.25 x 0.50	0.3571 x 0.25	0.3779	1
Solución 2	0.1786 x 0.4167	0.2143 x 0.4167	0.25 x0.334	0.3571 x0.25	0.3365	2
Solución 3	0.1786 x 0.1667	0.2143 x0.1667	0.25 x 0.167	0.3571 x 0.5	0.2858	3

Fuente: Autores

La solución que más se ajusta a los criterios de evaluación es la solución 1 Guía perfil ángulo.

3.3.6.5 *Los criterios de valoración más determinantes.* El sistema de lazos se enlista a continuación:

- *Seguridad.* Se considera mucho la seguridad ya trabajan con factor humano.
- *Montaje.* Debido al grado de dificultad se traduce a mayor tiempo y por ende mayor costo
- *Costo.* Debe ser accesible y aportar beneficios.

Tabla 15. Evaluación de cada criterio

Seguridad= Montaje > Costo					
Criterio	Seguridad	Montaje	Costo	Σ	Ponderación
Seguridad		1	0.5	1.5	0.4167
Montaje	0		0	1	0.1667
Costo	0.5	1		2	0.4167
			SUMA	6	1

Fuente: Autores

La solución 1 representa al lazo medio envuelto.

La solución 2 representa al tambor devanado.

Tabla 16. Evaluación de las soluciones respecto a la seguridad

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	Σ	Ponderación
Solución 1		1	1.5	0.5
Solución 2	0.5		1.5	0.5
		SUMA	3	1

Fuente: Autores

Tabla 17. Evaluación de las soluciones respecto al montaje

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	Σ	Ponderación
Solución 1		0.5	1.5	0.5
Solución 2	0.5		1.5	0.5
		SUMA	3	1

Fuente: Autores

Tabla 18. Evaluación de las soluciones respecto al costo

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	Σ	Ponderación
Solución 1		1	2	0.667
Solución 2	0		1	0.337
		SUMA	3	1

Fuente: Autores

Tabla 19. Evaluación de las soluciones respecto del sistema de lazos

CONCLUSIÓN	Seguridad	Montaje	Costo	Σ	Prioridad
Solución 1	0.4167 x 0.5	0.1667 x 0.5	0.4167 x 0.667	0.5696	1
Solución 2	0.4167 x 0.5	0.1667x 0.5	0.4167 x	0.4321	2

Fuente: Autores

La solución que más se ajusta a los criterios de evaluación es la solución 1 lazo Medio envuelto.

3.3.6.6 Los criterios de valoración más determinantes. El sistema de transmisión:

- *Seguridad.* Se considera mucho la seguridad ya trabajan con factor humano.
- *Montaje.* Debido al grado de dificultad se traduce a mayor tiempo y por ende mayor costo
- *Costo.* Debe ser accesible y aportar beneficios.
- *Funcionalidad.* Debe ser práctico y utilitario.

Tabla 20. Evaluación de cada criterio

Funcionalidad > Confiabilidad = Costo > Ergonomía > Peso						
Criterio	Seguridad	Montaje	Costo	Funcionalidad	$\Sigma + 1$	Ponderación
Seguridad		0.5	0.5	1	3	0.3
Montaje	0.5		0.5	1	3	0.3
Costo	0.5	0.5		1	3	0.3
Funcionalidad	0	0	0		1	0.1
				SUMA	10	1

Fuente: Autores

La solución 1 representa motor eléctrico con sistema de eje de tracción.

La solución 2 representa al motor eléctrico con polea integrada.

Tabla 21. Evaluación de las soluciones respecto a la seguridad

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	Σ	Ponderación
Solución 1		0	1	0.333
Solución 2	1		2	0.667
		SUMA	3	1

Fuente: Autores

Tabla 22. Evaluación de las soluciones respecto al montaje

Solución 1 > Solución 2	
-------------------------	--

	Solución 1	Solución 2	Σ	Ponderación
Solución		1	2	0.667
Solución	0		1	0.333
	SUMA		3	1

Fuente: Autores

Tabla 23. Evaluación de las soluciones respecto al costo

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	Σ	Ponderación
Solución 1		1	2	0.667
Solución 2	0		1	0.337
	SUMA		3	1

Fuente: Autores

Tabla 24. Evaluación de las soluciones respecto a la funcionabilidad

Solución 1 > Solución 2				
	Solución 1	Solución 2	Σ	Ponderación
Solución 1		1	2	0.667
Solución 2	0		1	0.337
	SUMA		3	1

Fuente: Autores

Tabla 25. Evaluación de las soluciones respecto del sistema de trasmisión

CONCLUSIO	Segurida	Monta	Cos	Fiabilid	Σ	Priorid
Solución 1	0.3 x 0.33	0.3 x 0.667	0.3 x 0.66	0.1 x 0.667	0. 56	1
Solución 2	0.3 x 0.667	0.3x 0.333	0.3x 0.33	0.1 x0.337	0. 43	2

Fuente: Autores

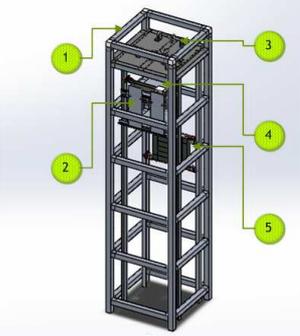
La solución que más se ajusta a los criterios de evaluación es la solución 1 motor eléctrico con sistema de eje de tracción.

Estos requerimientos han sido traducidos a criterios técnicos por parte de ingeniero y como resultado del análisis de alternativas se obtuvo un pre diseño el cual se detalla en la tabla 26, en la que se detallan los sistemas del ascensor.

Mostrándonos de una forma más apreciable lo que quiere el usuario y la solución que propone el ingeniero en base a criterios de valoración y selección de

componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos con su respectivo criterio de ponderación.

Tabla 26. Pre diseño de la alternativa seleccionada

Esquema	Nombre	
	1	Sistema estructural ducto
	2	Sistema estructural cabina
	3	Sistema de transmisión
	4	Sistema de puertas
	5	Sistema de lazos

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS

4.1 Diseño de los elementos mecánicos

Los elementos mecánicos necesarios a diseñar se considera los siguientes:

- Cabina del prototipo de ascensor.
- Sistema de transmisión.
- Eje de principal.
- Eje secundario.
- Soportes.
- Sistema estructural.
- Puertas automáticas.

Los elementos a ser seleccionados considerados son:

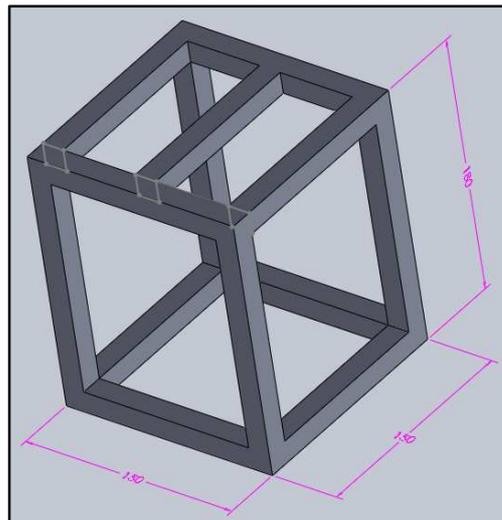
- Motor.
- Rodamientos.
- Cable de tracción.
- Cadena.

4.1.1 Dimensionamiento de la cabina del ascensor. Para el dimensionamiento del ascensor se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- El peso de la cabina sea mínimo.
- En la Tabla 27 (Especificaciones del ascensor prototipo) se determinó las dimensiones del ducto con lo cual se desarrollarán las medidas de la cabina.
- El espacio necesario para insertar el sistema de puertas automáticas y el sistema de guías.
- Las dimensiones adecuadas para una construcción y desmontaje simple de la misma.

En base a estos parámetros las dimensiones de la cabina son las siguientes:

Figura 31. Dimensiones de la estructura de la cabina del ascensor



Fuente: Autores

Las dimensiones de la cabina se rigen al diseño geométrico basándose especialmente al diseño geométrico de las puertas automáticas mas no se tomó en cuenta el diseño mecánico por ser un ascensor a escala o un ascensor prototipo.

Tabla 27. Medidas de la cabina prototipo

Altura(mm)	Ancho(mm)	Profundidad(mm)
180	150	150

Fuente: Autores

4.1.2 Cálculo del peso de la cabina. Para el cálculo del peso de la cabina primero es necesario calcular la masa total y la longitud total del material utilizado en la cabina tomando en cuenta que el material que se utilizó es el aluminio por su bajo peso y fácil manipulación mecánica, por lo tanto la masa de la cabina se calcula de la siguiente manera.

Datos técnicos del aluminio: (Ver Anexo A)

Tabla 28. Datos del aluminio

$b * h(mm)$	Espesor $e(mm)$	Peso(kg/m)	$MI_x(cm^4)$	$MI_y(cm^4)$	$W_x(cm^3)$	$W_y(cm^3)$
20 * 15	1.50	0.272	0.318	0.509	0.429	0.509

Fuente: Autores

La masa del aluminio utilizado en la construcción de la cabina lo calculamos con la siguiente expresión:

$$M = p * l \quad [1]$$

Dónde:

$M = masa\ total$

$p = peso\ específico$

$l = longitud\ total\ de\ aluminio\ utilizado\ en\ la\ cabina$

$$l = 4 * (180mm) + 5(150mm) = 1470mm = 1.470m$$

$$M = 0,272 \frac{kg}{m} * 1,470m = 0.40kg$$

Con la masa de la cabina procedemos a encontrar la el peso de la cabina con la siguiente fórmula:

$$W_c = M * g \quad [2]$$

Dónde:

$W_c =$ *Peso de la cabina*

$M =$ *Masa de la cabina*

$g =$ *Gravedad*

$$W_c = 0.40kg * 10 \frac{m}{s^2} = 4N$$

4.1.3 Cálculo de peso de las puertas de la cabina. De manera similar obtenemos el peso de las puertas de la cabina del ascensor.

Para el cálculo del peso de las puertas del ascensor tenemos que tener en cuenta también el peso del motor y el peso de las placas superiores.

Obtenemos el volumen del material en las puertas utilizadas

$$V_p = e * l \quad [3]$$

$V_p =$ *volumen del material*

$e =$ *espesor del material*

$l =$ *longitud del material utilizado*

Tabla 29. Dimensiones de las puertas

Altura(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)
70	22	3

Fuente: Autores

$$V_p = 70 * 22 * 3mm^3 = 4620mm^3$$

Con la siguiente expresión encontramos la masa de las puertas

$$\delta = \frac{m}{V} \quad [4]$$

Dónde:

$\delta = \text{densidad}$

$V = \text{volumen}$

$m = \text{masa}$

Tomaremos como dato la densidad del aluminio = $2700 \frac{kg}{m^3}$ para obtener la masa:(Revesconsult, 2012)

$$m = 2700 \frac{kg}{m^3} * \frac{1m^3}{(1000mm)^3} * 4620mm^3 = 0.013kg$$

A partir de la masa procedemos a encontrar el peso de las puertas con la siguiente expresión:

$$W_{pc} = M * g \quad [5]$$

Dónde:

$W_{pc} = \text{Peso de las puertas automaticas}$

$M = \text{Masa de la cabina}$

$g = \text{Gravedad}$

$$W_{pc} = 0,013kg * 10 \frac{m}{s^2} = 0.13N$$

A este valor tenemos que sumar un peso de $W_a = 3N$ asumido del motor y las placas ya que el motor se seleccionara más adelante.

4.1.4 Cálculo del peso total de la cabina. A partir de estos valores obtendremos el peso total de la cabina con la siguiente expresión:

$$W_T = w_c + w_{pc} + w_a = (4 + 0.13 + 3) = 7.13N \quad [6]$$

Por efectos de inestabilidad de la carga y de irregularidad de construcción mecánica pues necesariamente se debe multiplicar por un factor de corrección por lo que trabajaremos con un peso total de 10N.

4.1.5 Cálculo de potencia del motor. Para obtener la potencia del motor que permita el ascenso y descenso de la cabina del ascensor se requiere de diferentes factores que son detallados a continuación:

- Carga no equilibrada por el contrapeso.
- Velocidad de régimen.

Resistencias pasivas que se oponen al movimiento, como el rozamiento que se oponen al movimiento de las guías y del contrapeso, resistencia opuesta por la rigidez de los cables, rozamiento producido en los ejes de las poleas, resistencia en el movimiento del grupo tractor, etc.

Además debemos tener en cuenta que debemos tener una potencia necesaria que contribuya al arranque del motor y la aceleración necesaria hasta obtener la velocidad de régimen.

La potencia teórica del motor obedece a la siguiente expresión:

$$Pt = \frac{Q.V}{75.n} [7]$$

Dónde:

$Pt = potencia(CV)$

$$v = \text{velocidad} \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$Q = \text{carga no equilibrada (daN)}$$

$$n = \text{rendimiento global que varia de } 0.45 - 0.60$$

4.1.6 Cálculo de la velocidad de régimen. Para el cálculo de la velocidad de régimen se considera el tiempo necesario para obtener una visualización adecuada del movimiento del ascensor además también tenemos como dato la altura del ascensor.

La velocidad se calcula con la siguiente expresión:

$$v = \frac{h}{t} \quad [8]$$

Dónde:

$$h = \text{altura del ascensor}$$

$$t = \text{tiempo}$$

El tiempo para obtener una visualización adecuada del ascenso y descenso de cabina se estima un tiempo de 6 segundos para trasladarse del primero al quinto nivel.

$$v = \frac{1 \text{ m}}{6 \text{ s}}$$

Este valor es necesario para el cálculo de la potencia del motor.

4.2 Cálculo de las cargas necesarias para el cálculo de la potencia

$$Q = Q_t - Q_c \quad [9]$$

$$Q_c = \frac{Q_u}{2} + Q_b \quad [10]$$

$$Q_t = Q_b + Q_u \quad [11]$$

Dónde:

$Q = \text{carga no equilibrada}$

$Q_c = \text{carga del contrapeso}$

$Q_t = \text{carga total de la cabina más la carga}$

$Q_u = \text{Carga util}$

$Q_b = \text{carga de la cabina}$

Tabla 30. Resultados

Carga	Peso(kg)
Q_b	1
Q_u	2
Q_c	2
Q_t	3
Q	1

Fuente: Autores

Con estos valores obtengo la potencia del motor

$$P = \frac{1 \text{ da kg}}{75 * 0.5} * \frac{1 \text{ m}}{6 \text{ s}} = 0.004 \text{ CV}$$

$$P = 2.9 \text{ W} = 3 \text{ W}$$

4.2.1 Selección del motor. Con la potencia del motor selecciono un motor con esta característica además con el criterio que el motor debe girar a bajas revoluciones:

Potencia del motor=3W (Ver Anexo B)

Velocidad Angular=160 rpm

4.3 Cálculo de la polea

Con la velocidad angular y la velocidad de ascenso y descenso de la cabina cálculo del diámetro de la polea que se necesita para que el ascensor se desplace a una velocidad de:

$$v = \frac{1\text{ m}}{6\text{ s}} \text{ y } w = 160\text{ rpm.}$$

$$V = w \cdot r \quad [12]$$

Dónde:

V = Velocidad de la cabina del ascensor

w = Velocidad angular del motor seleccionado

r = Radio de la polea

$$w = 160\text{rpm} = 16.75\text{rad/s}$$

$$r = 0.1667 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \frac{1}{16.75 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 0.0099\text{m} = 10\text{mm}$$

4.4 Selección de la cadena y catalina

La transmisión por cadena posee una velocidad constante debido a que no existe resbalamiento en su sistema además su transmisión mecánica es muy eficiente.

Datos:

Potencia del motor=3W

Velocidad Angular=160 rpm

Por la construcción mecánica del ascensor a escala tenemos una distancia entre centros de las catalinas de:

$$C = 162\text{mm}$$

Para el caso del ascensor a escala se necesita una relación de transmisión entre el eje principal y el eje secundario se de 1:1 por lo tanto:

Relación de transmisión:

$$\frac{N1}{N2} = 1$$

Por lo tanto:

$$N1 = N2 = 160rpm$$

El diseño y selección de la cadena está realizado en base al catálogo REX 7010 de cadenas.

$$D_{HP} = P * f_s \quad [13]$$

Dónde:

$$D_{HP} = PotenciadeDiseño$$

$$f_s = Factor\ de\ servicio$$

El factor de diseño obtengo de tablas con el criterio de que se trata de un elevador que trabaja con un motor eléctrico.

$$f_s = 1$$

$$D_{HP} = 3 * 1W = 3W$$

Establecemos el tipo de cadena

$$\text{Con } D_{HP} = 3W = 0,004HP \text{ y } N = 160$$

Seleccionamos la cadena: (Ver anexo C)

Nº 25 Para una hilera, Paso 0,250in=6,35mm

$Z1 = Z2 = 10$ dientes

$Z1 = 10$ dientes; $d_p = 0,809in$ (diámetro de paso)(Ver anexo D)

$z2 = 10$ dientes; $D_p = 0,809in$ (diámetro de paso)

Diámetro de la catalina $d=30mm$

4.4.1 Distancia mínima entre centros:

$$e \geq D_p + \frac{d_p}{2} \quad [14]$$

$$e \geq 0,809 + \frac{0,809}{2} = 1.21in$$

4.4.2 Cálculo de la longitud de la cadena. La longitud de la cadena se aproxima a la siguiente expresión:

$$\frac{L}{\ell} = \frac{2C}{\ell} + \frac{N1+N2}{2} + \frac{(N1-N2)^2}{4\pi^2(\frac{C}{2})} \quad [15]$$

Dónde:

$L =$ Longitud de la cadena

$\ell =$ Paso de la cadena

$C =$ Distancia entre centros

$N1 =$ numero de dientes de la rueda mayor

$N2 =$ numero de dientes de la rueda menor

$$\frac{L}{6,35} = \frac{2 * 162}{6,35} + \frac{10 + 10}{2} + \frac{(10 - 10)^2}{4\pi^2(\frac{162}{2})}$$

$$L = 387.5mm$$

Elementos seleccionados:

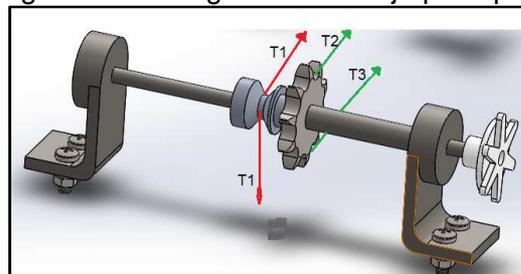
Cadena N° 25 1 Hilera Paso 0,250in

Diámetro de la catalina $d=30mm$

4.5 Dimensionamiento del sistema de puesta en marcha del ascensor

4.5.1 *Diseño del eje principal.* La configuración del eje principal se muestra en la fig.33

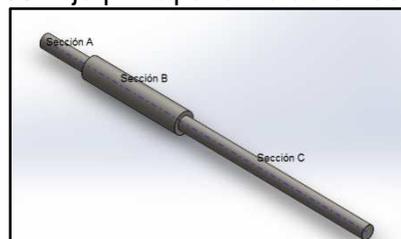
Figura 32. Configuración del eje principal



Fuente: Autores

4.5.2 *Seccionamiento del eje principal de transmisión.* Para el análisis de diseño del eje es necesario su seccionamiento en cada variación del diámetro como se indica en la fig. 34.

Figura 33. Eje principal dividido en secciones



Fuente: Autores

4.5.3 *Diseño del eje de transmisión.* Por tratarse de un elemento que transmite potencia es necesario que sea construido con un acero ASTM A36 cuyas propiedades mecánicas se detallan en la tabla 31. (Acerosarequipa, 2010)

Tabla 31. Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36

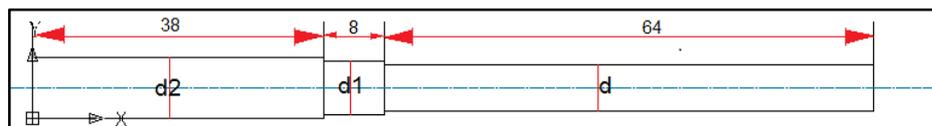
PROPIEDADES MECÁNICAS:	
ASTM A36: Límite de Fluencia mínimo	= 2,530 kg/cm ² (*)
Resistencia a la Tracción	= 4,080 - 5,620 kg/cm ² (*)
Alargamiento en 200 mm	= 20.0 % mínimo
SAE 1045 : Límite de Fluencia mínimo	= 4,000 - 5,500 kg/cm ² (*)
Resistencia a la Tracción	= 6,700 - 8,200 kg/cm ² (*)
Alargamiento en 200 mm	= 12,0 % mínimo

(*) Valores referenciales.

Fuente: Autores

El eje se encuentra en la parte superior del ascensor en la placa superior por la necesidad de construcción del ascensor prototipo se estableció un eje de longitud de 110mm de longitud entre sus apoyos y necesariamente de diferentes diámetros en la figura 34 se detalla lo mencionado.

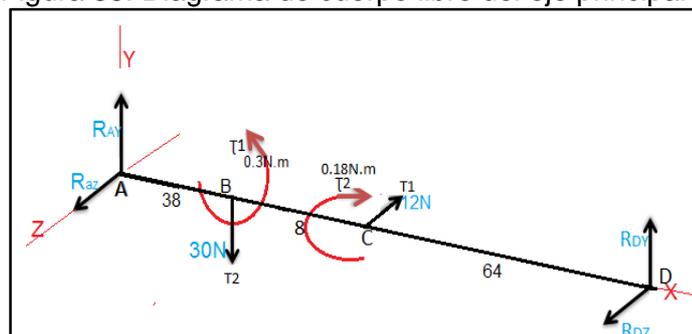
Figura 34. Dimensiones del eje principal de transmisión



Fuente: Autores

4.5.4 Diagrama de cuerpo libre. Es necesario el diagrama de fuerzas cortantes y el diagrama de momentos flectores por tal razón detallamos el diagrama del cuerpo libre del eje principal en la fig. 36.

Figura 35. Diagrama de cuerpo libre del eje principal



Fuente: Autores

Necesariamente calculamos las tensiones T_1 y T_2 además y_1 y y_2 con la siguiente expresión:

$$P = T \cdot N \quad [16]$$

$$P = T_1 \cdot \frac{d}{2} \cdot N \quad [17]$$

$$T_2 = Q_T \cdot g \quad [18]$$

$$\tau_1 = T_1 \cdot r \quad [19]$$

$$\tau_2 = T_2 \cdot \frac{d}{2} \quad [20]$$

Dónde:

P = potencia del motor

T = torque

N = número de revoluciones del motor

T_1 = tensión 1 en el eje

T_2 = tensión 2 en el eje

Q_T = carga total de la cabina en Newtons

g = aceleración de la gravedad = 10 m/s^2

τ_1 = torque 1 en el eje

τ_2 = torque 2 en el eje

Reemplazamos valores

$$T_1 = \frac{2P}{N \cdot d} = \frac{2 * 3}{16,7 * 0,03} = 12N$$

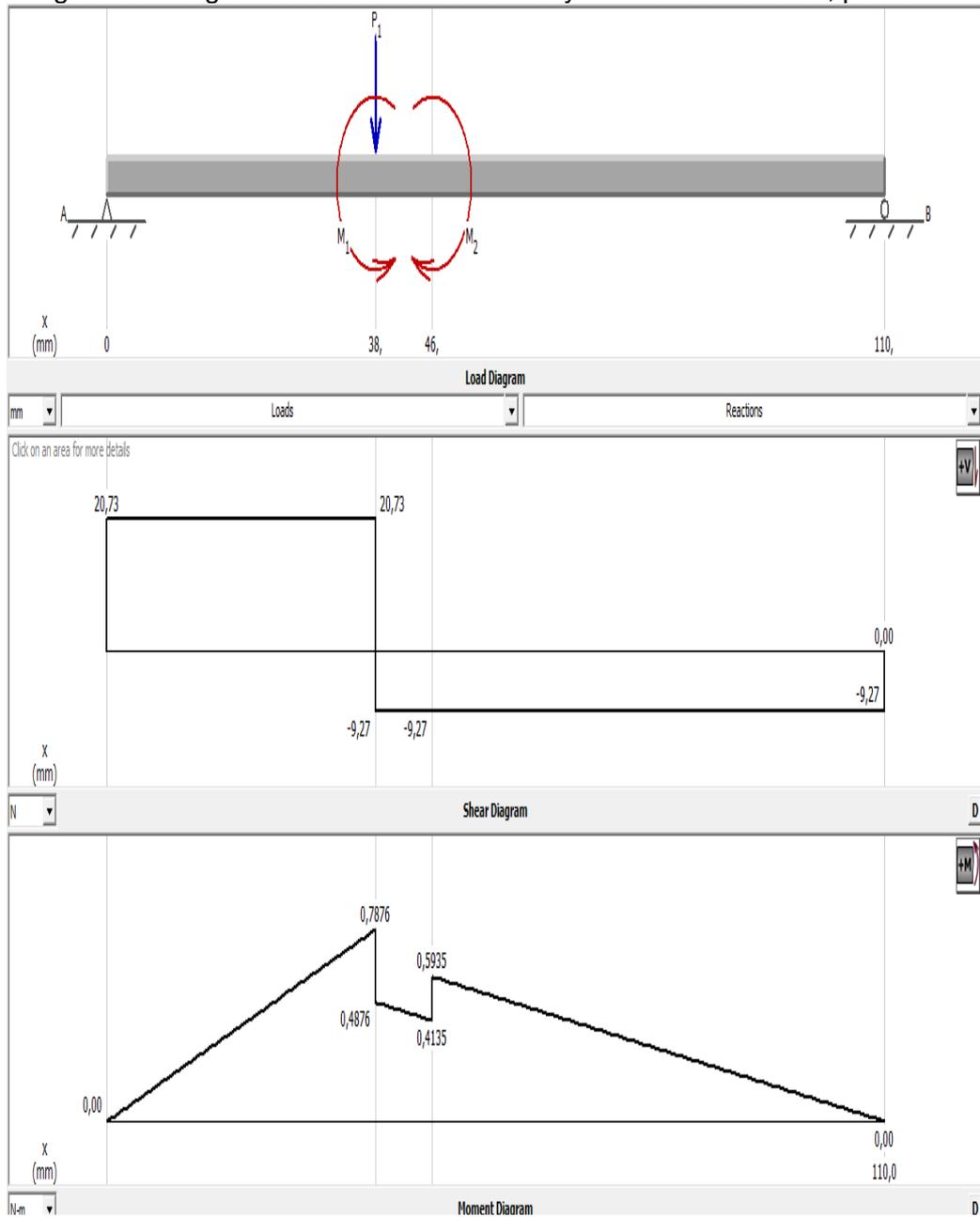
$$T_2 = 10 * 3 = 30N$$

$$\tau_1 = 30 * 0.01 = 0.3Nm$$

$$\tau_2 = 12 * \frac{0.03}{2} = 0.18Nm$$

4.5.5 Para la obtención de los diagramas de fuerza cortante y momentos flectores nos basamos en el software MDsolids 4.0, que nos permite observar de una manera clara las diferentes cargas que actúan sobre el eje de transmisión.

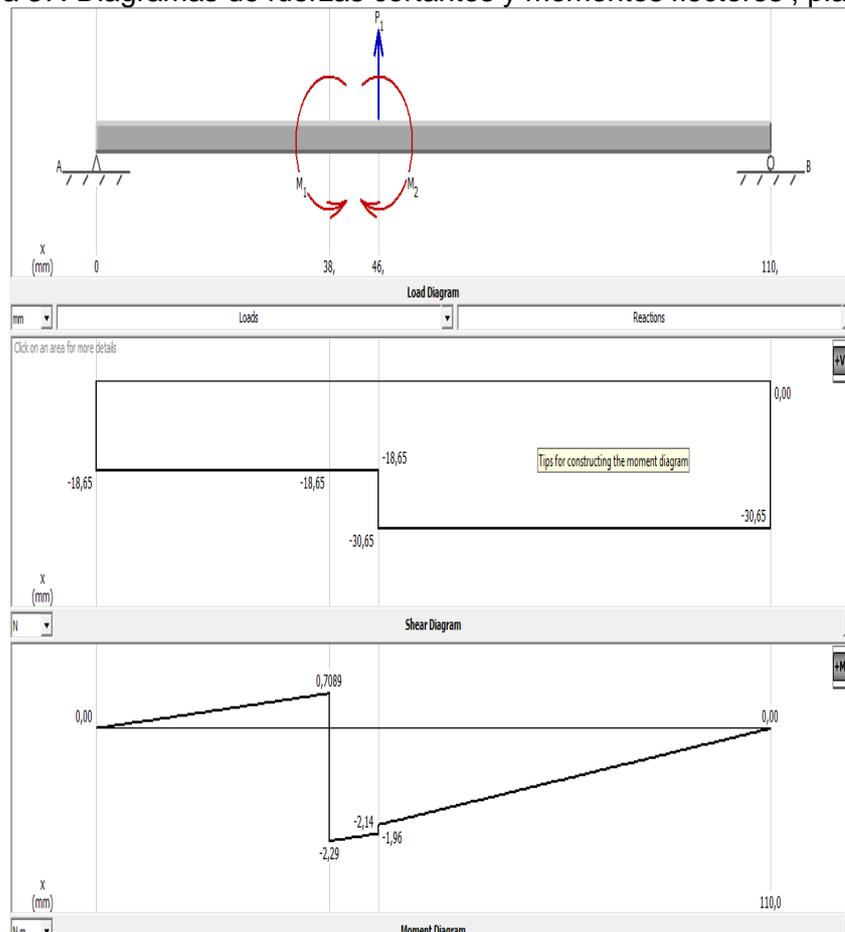
Figura 36. Diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores, plano XY



Fuente: Autores

Desacuerdo con la gráfica 36 se puede establecer los valores máximos a los que será sometido el eje tanto en la parte de esfuerzos cortantes, flectores y torsores llegando a una solución lógica de diseño que es aplicar esfuerzos máximos para diseño en este caso por momento flector descartando los esfuerzos menores lo que conlleva a un mejor dimensionamiento del eje transmisión y secundario asegurándonos un factor de seguridad confiable para nuestro modelo de ascensor.

Figura 37. Diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores , plano XZ



Fuente: Autores

Tabla 32. Resultados de las Reacciones obtenidos en MDSolids

Soporte A	Soporte D
$R_{Ay} = 20.73N$	$R_{Dy} = 9.27N$
$R_{Az} = 18.65N$	$R_{Dz} = 30.65N$

Fuente: Autores

El esfuerzo de flexión de un eje obedece a la siguiente expresión

$$\sigma = \frac{M.c}{I} \quad [21]$$

Dónde:

$$\sigma = \text{Esfuerzo debido a la flexion} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$$

$M =$ Momento flector en el punto analizado (Kg.cm)

$c =$ Distancia del centroide hasta la fibra mas externa del material (cm)

$I =$ momento de inercia(cm^4)

El momento de inercia se obtiene mediante la expresión matemática:

$$I = \frac{\pi.d^4}{64} \quad [22]$$

La distancia al centroide de una sección circular se tiene:

$$c = \frac{d}{2} \quad [23]$$

Reemplazando las expresiones anteriores se tiene:

$$\sigma = \frac{32.M}{\pi.d^3}$$

Dónde:

$d =$ diametro del eje

4.5.5 Esfuerzos combinados. Para la determinación del diámetro del eje lo determinamos con la siguiente expresión

$$\text{Criterio de Von Misses: } d = \sqrt[3]{\frac{32.n}{\pi.s_y} \cdot \sqrt{M^2 + \frac{3}{4}T^2}} \quad [24]$$

Dónde:

$n = \text{factor de seguridad}; n \geq 2.5$

$S_y = \text{Esfuerzo de fluencia} = 36000 \frac{kg}{cm^2}$

$M = \text{Momento de torsion maximo en el eje} = 30kg.cm$

$T = \text{momento flector maximo en el eje} = 2.42N.m = 242N.cm$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 2.5}{\pi * 36000} \cdot \sqrt{30^2 + \frac{3}{4} 242^2}} = 0.53cm = 5.3mm$$

Para mayor seguridad trabajaremos con un diámetro mínimo de 6mm.

4.5.6 Análisis dinámico. La resistencia a la fatiga se calcula con la siguiente expresión:

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S'_e \quad [25]$$

Dónde:

$S_e = \text{limite de resistencia a la fatiga} \frac{kg}{cm^2}$

$k_a = \text{factor de modificacion de la condicion de superficie}$

$k_b = \text{factor de modificacion de tamaño}$

$k_c = \text{factor de modificacion de carga}$

$k_d = \text{factor de modificacion de la temperatura}$

$k_e = \text{factor de confiabilidad}$

$k_f = \text{factor de modificacion de efectos varios}$

$S'_e = \text{limite de resistencia a fatiga en la ubicacion critica de una parte de maquina}$

Para aceros el límite de resistencia a la fatiga en la ubicación de una parte de máquina se calcula con la siguiente expresión:

$$S'_e = 0.5S_{ut} \quad [26]$$

Dónde:

S_{ut} = Resistencia mínima a la tensión

Los valores obtenidos son del manual de diseño de Shigley 8^{va} edición para un diámetro de eje de 6mm.

$$k_a = 0.9(\text{maquinado})$$

$$k_b = 0.879d^{-0.107} = 0.725$$

$$k_c = 1 \text{ flexión}$$

$$k_d = 1 \text{ temperatura ambiente}$$

$$k_e = 0.814 \text{ correspondiente a una confiabilidad de 99\%}$$

$$k_f = 1$$

S'_e = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica

Remplazando los valores se obtiene

$$S_e = 0.9 * 0.725 * 1 * 1 * 0.8148 * 1 * 0.5 * 58 = 15.4kPsi = 104761904.8 \frac{N}{m^2}$$

De la figura 4.5 obtenemos los momentos máximos y mínimos para obtener los esfuerzos máximos y mínimos.

$$M_{min} = 0.7089N.m$$

$$\sigma_{min} = \frac{32.M}{\pi.d^3} = \frac{32 * 0,7089}{\pi.0.006^3} = 33429611 \frac{N}{m^2}$$

$$M_{max} = 2.29N.m$$

$$\sigma_{max} = \frac{32.M}{\Pi.d^3} = \frac{32 * 2.29}{\Pi.0.006^3} = 107989576.2 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = \frac{107989576.2 + 33429611}{2} = 70709593.6 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \frac{107989576.2 - 33429611}{2} = 37279982.6 \frac{N}{m^2}$$

Con el criterio de Goodman modificado se tiene:

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_e}{S_{ut}}} \quad [27]$$

$$S_m = \frac{104761904.8}{\frac{37279982.6}{70709593.6} + \frac{104761904.8}{394557823}} = 132151007.5 \frac{N}{m^2} = 132Mpa$$

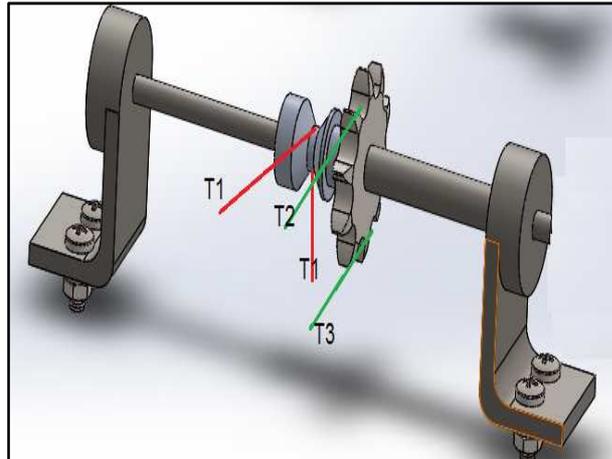
Encontramos el factor de seguridad

$$n = \frac{S_m}{\sigma_m} = \frac{132151007.5}{70709593.6} = 2.4$$

Podemos observar que obtuvimos un factor de seguridad de 2.4 en diseño dinámico y un factor de 2.5 en diseño estático por lo tanto necesitamos un eje de 6mm como mínimo de diámetro.

4.6 Diseño del eje secundario

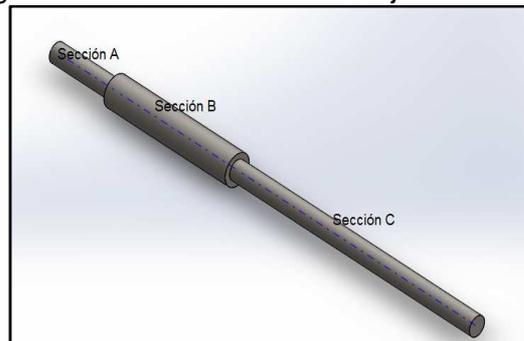
Figura 38. Configuración del eje secundario



Fuente: Autores

4.6.1 Seccionamiento del secundario. Para el análisis de diseño del eje es necesario su seccionamiento en cada variación del diámetro como se indica en la fig. 40.

Figura 39. Seccionamiento del eje secundario



Fuente Autores

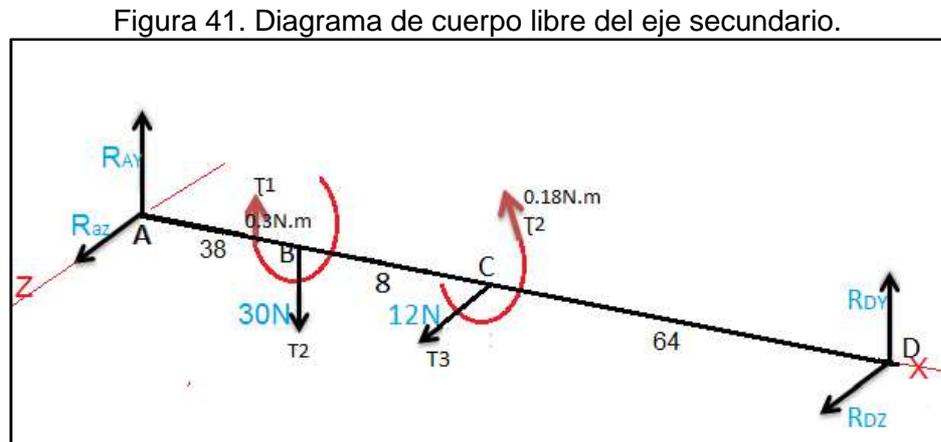
4.6.2 Diseño del eje de transmisión. El eje secundario se encuentra en la parte superior del ascensor en la placa superior por la necesidad de construcción del ascensor a escala se estableció un eje de longitud de 110mm de longitud entre sus apoyos y necesariamente de diferentes diámetros en la figura 4.3 se detalla lo mencionado.

Figura 40. Dimensiones del eje secundario de transmisión



Fuente: Autores

4.6.3 Diagrama de cuerpo libre. Es necesario el diagrama de fuerzas cortantes y el diagrama de momentos flectores por tal razón detallamos el diagrama del cuerpo libre del eje secundario en la fig. 42.



Si nosotros analizamos las fuerzas actuantes en el eje secundario podemos observar que son las mismas fuerzas actuantes con respecto al eje principal por tal motivo utilizaremos el mismo eje de diámetro mínimo=6mm que en el eje principal y entonces aseguramos que en este eje gobierne los mismos factores de seguridad que el eje principal.

4.7 Selección de los rodamientos

$$C_0 = f_s \cdot P_0 \quad [28]$$

Dónde:

$C_0 =$ Capacidad de carga

$f_s =$ Factor de esfuerzos estáticos

$P_0 =$ Carga estatica equivalente(kN)

Seleccionamos un valor para f_s

$f_s = 1.5$ (exigencias normales)

P_0 Calculamos con la siguiente expresión:

$$P_0 = X_0 \times F_r + Y_0 \times F_a \quad [29]$$

Dónde:

$F_r = \text{carga radial}$

$F_a = \text{carga axial}$

$X_0 = \text{factor radial}$

$Y_0 = \text{factor axial}$

Para seleccionar un rodamiento rígido de bolas se tiene la carga estática con la siguiente expresión:

$$P_0 = F_r$$

$$\frac{F_a}{F_r} \leq 0.8$$

El valor de P_0 necesariamente trabajamos con el mayor valor de las reacciones para así seleccionarlos cuatro rodamientos del sistema

$$P_0 = 30.65N$$

Entonces:

$$C_0 = 1.5 \times 30.65N = 45.95N=0.46KN$$

Con este valor y con el diámetro de eje $d=6\text{mm}$ nos dirigimos al Catálogo de la FAG y seleccionamos el rodamiento: FAG 626 (Ver Anexo E)

4.8 Diseño de los soportes

Para el diseño de los soportes del sistema motriz depende de la carga máxima que actúa sobre los rodamientos y del diámetro del eje principal por lo que tomaremos el valor máximo que actúa sobre los rodamientos de la tabla 41.

RD=32N

Para la simulación del sistema de soportes lo realizaremos en el software ANSYS con la carga máxima que debe resistir el soporte.

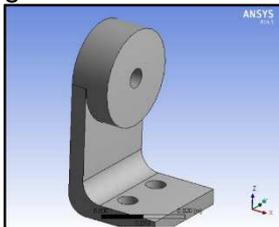


Tabla 33. Data

FirstSaved	Thursday, November 13, 20
LastSaved	Thursday, November 13, 20
ProductVersion	14.5Internal

Fuente: Autores

Figura 42. Modelado del



Fuente: Autores

Tabla 34. Model (B4)

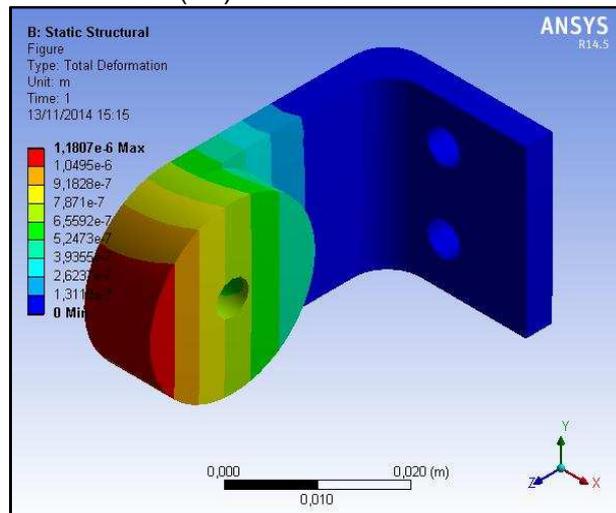
Object Name	CHUMACERA
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Material	
Assignment	Aluminum Alloy
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	2,5e-002 m
Length	2,5e-002 m
Length	4,6e-002 m
Properties	
Volume	9.0236e-006 m ³
Mass	2.4995e-002 kg
Centroid	-9,8615e-002 m
Centroid	0.10255 m
Centroid	2.1114e-002 m
Moment of Inertia	6,6667e-006 kg·m ²
Moment of Inertia	6.1599e-006 kg·m ²
Moment of Inertia	1,8754e-006 kg·m ²
Reference Temperature	By Environment
Material	
Assignment	Aluminum Alloy
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	2,5e-002 m
Length	2,5e-002 m
Length	4,6e-002 m
Properties	
Volume	9.0236e-006 m ³
Mass	2.4995e-002 kg
Centroid	-9,8615e-002 m
Centroid	0.10255 m
Centroid	2.1114e-002 m
Moment of Inertia	6,6667e-006 kg·m ²
Moment of Inertia	6.1599e-006 kg·m ²
Moment of Inertia	1,8754e-006 kg·m ²
Statistics	
Nodes	2462
Element	1258
Mesh	None

soporte en ANSYS

>geometry >part

Fuente: Autores

Figura 43. Model (B4) >static structure total deformation

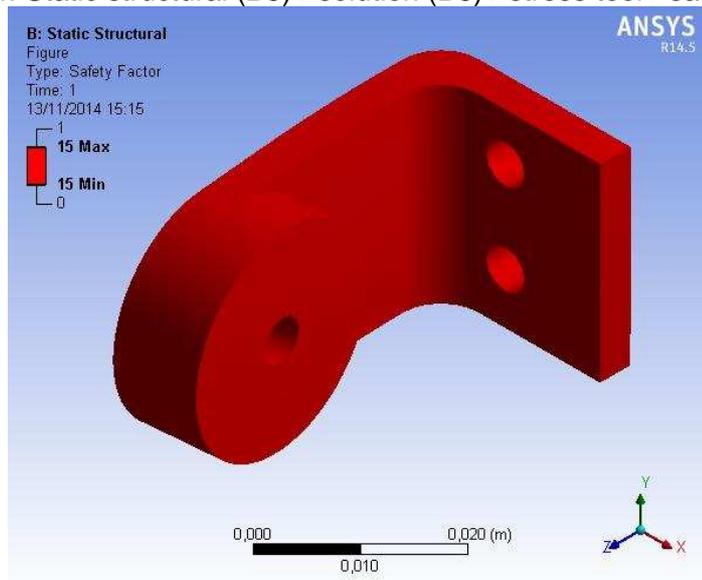


Fuente: Autores

Tabla 35. Stress tool >results

DisplayOption	Averaged
Results	
Safety Minimum	10
Information	
Time	1,s
LoadStep	1
Substep	1
IterationNumber	1

Figura 44. Static structural (B5) >solution (B6) >stress tool >safety factor



Fuente: Autores

Tabla 36. Static structural (B5) >solution (B6) >fatigue Tools

ObjectName	<i>FatigueTool</i>
State	Solved
Materials	
FatigueStrengthFactor(Kf)	9
Loading	
Type	FullyReversed
ScaleFactor	1,
Definition	
DisplayTime	EndTime
Options	

Fuente: Autores

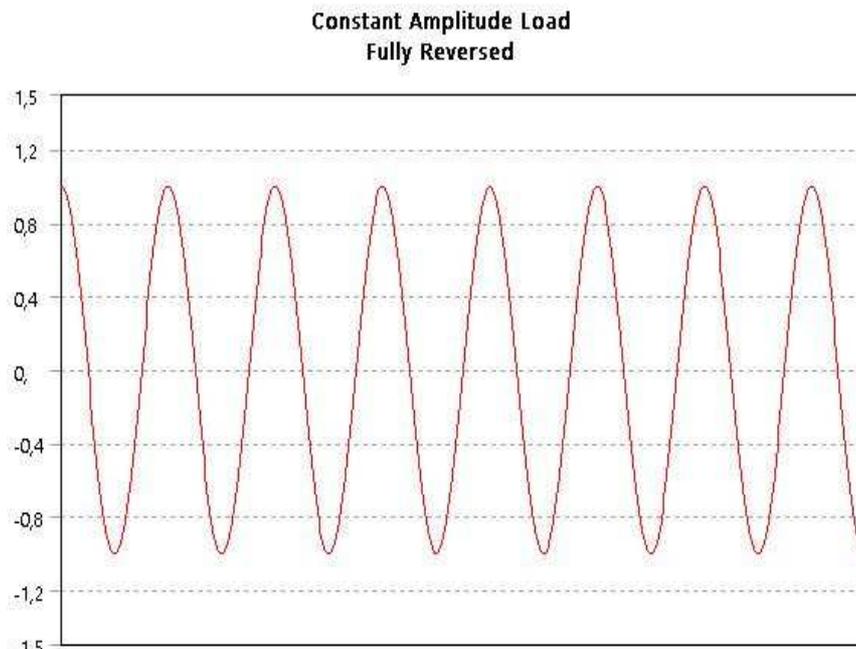
Tabla 37. Análisis

AnalysisType	StressLife
MeanStressTheory	None
StressComponent	Equivalent(VonMise)

LifeUnits	
UnitsName	cycles
1cycleis equalto	1,cycles

Fuente: Autores

Figura 45. Static structural (B5) >solution (B6) >fatigue Tool



Fuente: Autores

Tabla 38. Static structural (B5) >solution (B6) >fatigue Tool > Results

ObjectName	SafetyFactor
State	Solved
Scope	
ScopingMeth	GeometrySelecti
Geometry	AllBodies
Definition	
DesignLife	1,e+009cycles
Type	SafetyFactor
Identifier	
Suppressed	No
Results	
Minimum	>9

Fuente: Autores

Tabla 39. aluminum alloy >constants

Density	2770,kgm ⁻³
Coefficientof ThermalExpansion	2,3e-005C ⁻¹
SpecificHeat	875,J kg ⁻¹ C ⁻¹

Fuente: Autores

Tabla 40. Aluminum alloy >isotropic elasticity

Temperature	Young'sModulus	Poisson'sRati	BulkModulusP	ShearModulusP
	7,1e+010	0,33	6,9608e+010	2,6692e+010

Fuente: Autores

Podemos analizar que el factor de seguridad a diseño estático nos arroja un valor de $n=10$, y en la simulación dinámica nos arroja un valor $n=9$ entonces nuestro sistema de soportes si resiste.

4.9 Diseño del sistema estructural

Para nuestro sistema estructural lo construiremos con el menor peso pero resistente a todas las cargas que en esta existan, ya que se utilizara en el laboratorio de Automatización y Control como prácticas de Laboratorio por lo que se utilizara como material el aluminio tomando como base los materiales que existen en el mercado por lo se utilizara tubos cuadrado de 1 pulgada y de espesor 1.8mm.

Para este análisis nos basaremos en el software ANSYS por ser un programa confiable.

Para la simulación necesitamos el peso total que se transmite en nuestra estructura, y es la carga del peso total de la cabina más la carga del contrapeso además el peso de los elementos menores que serán instalados en el sistema de transmisión y control.

$$P_T = 5Kg * 10N = 50N$$

Este peso se transmite a la estructura como presión por medio de nuestra placa en Donde se instalara nuestro sistema de transmisión que asumiremos medidas de $0.4 \times 0.4m$

La presión obedece a la siguiente expresión

$$Pre = \frac{P_T}{A} \quad [30]$$

Dónde:

Pre= presión ejercida sobre la placa

P_T =Peso total

A=área de la placa

Reemplazando:

$$Pre = \frac{P_T}{A} = \frac{50N}{0.4 \times 0.4m^2} = 312Pa$$

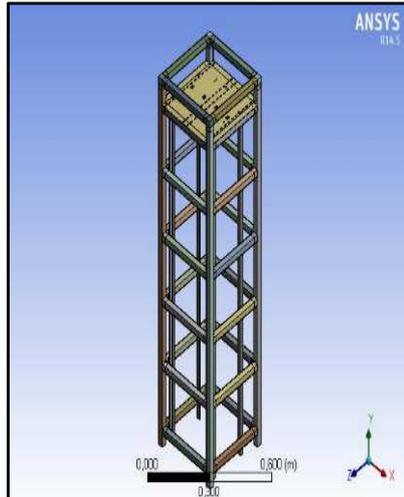
Por motivos de seguridad y tomando en cuenta el peso de varios elementos de control que se instalaran sobre la placa trabajaremos con un valor de la presión de Pre=400 Pa.

Tabla 41. Data

Firstsaved	thursday,November13,2014
Lastsaved	thursday,November13,2014

Fuente: Autores

Figura 46. Modelado de la estructura en ANSYS



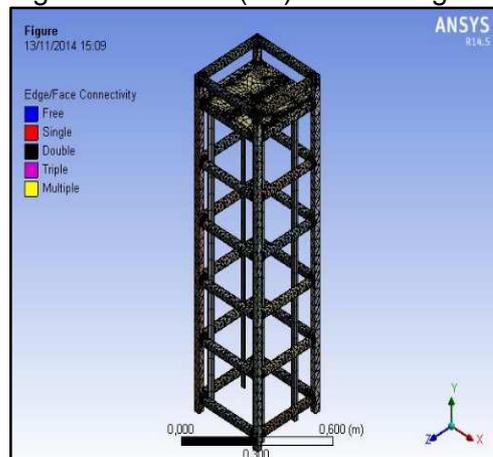
Fuente: Autores

Tabla 42. Model (A4) >mesh

Object	Mesh
State	Solved
Default	
Physics	Mechanical
Minimum Edge	2,3048e-004 m
Inflatio	
Use Automatic	None
Inflation	Smooth Transition
Transition	0,272
Maximum	5
Growth	1,2
Patch Conforming Options	
Triangle Surface	Program Controlled
Advance	
Defeaturing	Default
Statistic	
Nodes	262716
Elements	85533
Mesh	None

Fuente: Autores

Figura 47. Model (A4) >mesh >figure



Fuente: Autores

Tabla 43. Model (A4) >analyst static structural

ObjectName	<i>StaticStructural(A5)</i>	
State	Solved	
Definition		
PhysicsType	Structural	
Options		
EnvironmentTemperature	22, °C	
GenerateInputOnly	No	

Fuente: Autores

Tabla 44. Model (A4) >static structural (A5) >loads

ObjectName	<i>Pressure</i>	<i>FixedSupport</i>
State	FullyDefined	
Scope		
ScopingMethod	GeometrySelection	
Geometry	1Face	4Faces
Definition		
Type	Pressure	FixedSupport
DefineBy	NormalTo	
Magnitude	400,Pa(ramped)	
Suppressed	No	

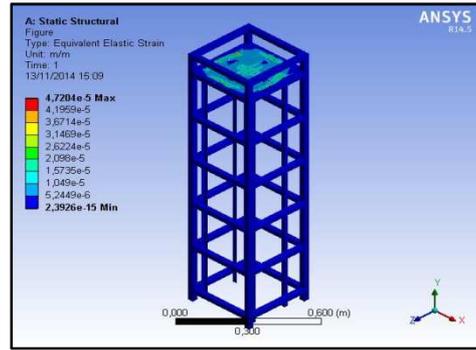
Fuente: Autores

Tabla 45. Static structural (A5)>solution (A6)>results

ObjectName	<i>TotalDefo</i>	<i>EquivalentElasticStrain</i>
State	S	
Sc		
ScopingMethod	GeometrySelection	
Geometry	All	
Defini		
Type	TotalDefo	EquivalentElasticStrain
By	T	
DisplayTime	L	
CalculateTimeHistory	Y	
Identifier		
Suppressed	N	
Res		
Minimum	0	2,3926e-015m/m
Maximum	1,1734e-	4,7204e-005m/m
MinimumOccursOn	PERFI	panheadcrossrecessscrew_din-2
MaximumOccursOn	P	
Informa		
Time	1	
LoadStep	1	
Substep	1	

Fuente: Autores

Figura 48. Simulación con carga en ANSYS



Fuente: Autores

Tabla 46. Static structural (A5) >solution (A6) >stress tool >results

ObjectName	SafetyFactor
State	Solved
Scope	
ScopingMethod	GeometrySelection
Geometry	AllBodies
Definition	
Type	SafetyFactor
By	Time
DisplayTime	Last
CalculateTimeHistory	Yes
Identifier	
Suppressed	No
IntegrationPointResults	
DisplayOption	Averaged
Results	
SafetyFactor Minimum	>12
MinimumOccursOn	PERFILB-5
Information	
Time	1,s
LoadStep	1
Substep	1
IterationNumber	1

Fuente: Autores

4.10 Selección del cable

Para cables de ascensores se selecciona con un factor de seguridad de 5 y se calcula con la siguiente expresión:

$$n = \frac{Rc}{Rr} \quad [31]$$

Dónde:

$n = \text{factor de seguridad}$

$R_c = \text{Resistencia del cable}$

$R_r = \text{Resistencia calculada}$

La resistencia calculada es la carga que soporta el cable que une la cabina con el contrapeso en nuestro prototipo es la carga total de la cabina cuyo valor es 30N entonces:

$$R_r = 30N$$

Con este valor podemos encontrar el diámetro del cable con la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{R_r}{A} \quad [32]$$

Dónde:

$\sigma = \text{Esfuerzo del cable de acero} = 120MPa$

$A = \text{Área de la sección transversal del cable}$

Entonces:

$$\sigma = \frac{R_r}{\frac{\pi d^2}{4}} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{R_r}{\frac{\pi \sigma}{4}}} = \sqrt{\frac{30}{\frac{\pi \times 120 \times 10^6}{4}}} = 0.6mm$$

Aplicando el factor de seguridad $N=5$; $d=3mm$

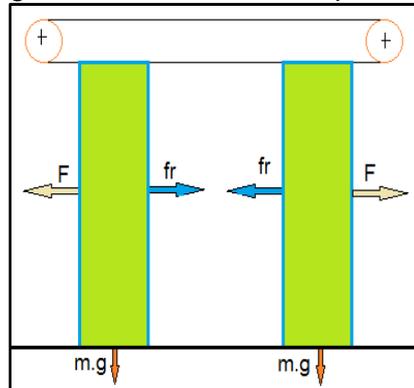
Tipo de Cable AA6× 19 $d=3.18$ (Ver anexo F)

4.11 Diseño de las puertas automáticas

Para el diseño de las puertas automáticas es necesario el peso total de las puertas que ya lo calculamos y obtuvimos un $W_{pc} = 0.013kg * 10 \frac{m}{s^2} = 0.13N$

4.11.1 Cálculo de la potencia del motor para el sistema de puertas. Como se muestra en la figura 4.6 las puertas serán controladas por una banda y a esta por medio de un motor.

Figura 49. Diagrama de fuerzas de las puertas automáticas



Fuente: Autores

Para encontrar la fuerza necesaria para mover las puertas realizamos el siguiente análisis:

$$\Sigma F_x = m \cdot a \quad [33]$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad [34]$$

Entonces:

$$2F - 2fr = m \cdot a$$

$$2F - 2u \cdot N = m \cdot a$$

Para el Sistema se requiere una aceleración estimada de 0,1m/s además consideraremos un coeficiente de rozamiento de 0,4 debido a que son superficies de aluminio-metal.

$$2F - 2 \times 0.4 \times 0.13 = 0.013 \times 0.1N$$

$$F = 0.3N$$

Para calcular la potencia del motor se utiliza la siguiente expresión:

$$P = F \times v \quad [35]$$

Dónde:

$v = \text{velocidad de desplazamiento de las puertas} = 0.2m/s$

$$P = 0.3 \times 0.2w = 0.6w$$

Como la potencia encontrada es baja y las rpm necesariamente debe ser baja, utilizamos un servomotor destruncado ya que este motor posee estas características

Motor: (Ver Anexo G)

$$P=0.6W$$

$$w=100rpm$$

4.12 Diseño electrónico

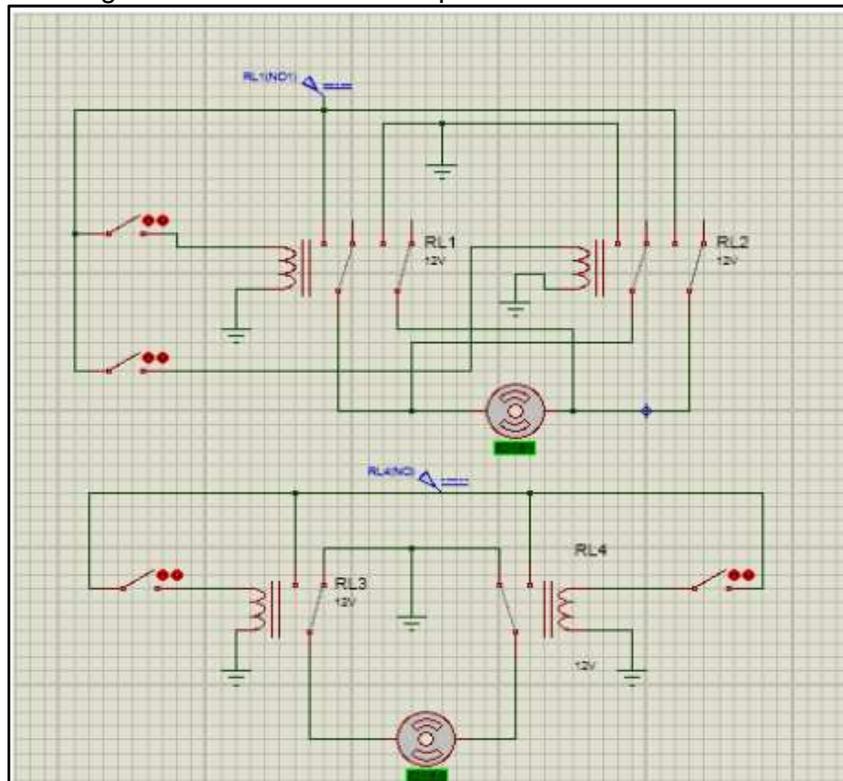
Nuestro ascensor a escala necesariamente requiere de sensores inductivos por cada nivel además posee una celda o sensor de carga para así asegurarnos que el ascensor tenga una seguridad en la carga útil para cuidar nuestro sistema de transmisión por exceso de carga.

Además posee un sensor óptico para asegurar que las puertas no se cierren cuando tengan que ingresar objetos o simular el ingreso de personas como sistema de seguridad.

4.12.1 Circuito de inversión de giro de los motores DC. Nuestro sistema de giro de motores se realiza a través de sistema de relé el cual recibe señales de 24V mediante el PLC de acuerdo con nuestra programación.

En la fig. 50 se muestra la forma de inversión de giro de los servo motores, tanto como apertura y cierre de puertas de la cabina así como el posicionamiento de los distintos niveles del ascensor, cuyo principio de funcionamiento se basa en flujo de campos magnéticos gobernados por transistores que permiten la inversión de giros en nuestro modelo de ascensor preestablecido.

Figura 50. Circuito de relés para los dos motores DC



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. PROGRAMACIÓN

5.1 Programación del PLC se necesita una serie de pasos para la programación del PLC.

- Analizar y determinar el problema.
- Elaborar un algoritmo teniendo en cuenta todas las operaciones.
- Codificar todas las operaciones en un algoritmo establecido como solución.
- Correr el programa en el PLC.
- Verificar si el programa cumple con las condiciones de solución.

5.1.1 *Uso de la herramienta PC-SIMU.* Como parámetros para la de la programación del ascensor a escala se vamos a utilizar una gran herramienta como lo es, software PC-SIMU el cual tiene un claro ejemplo de un ascensor para ser programado.

5.2 Elaboración del problema resuelto en PC-SIMU.

El problema establecido en PC-SIMU es el siguiente.

El ascensor tendrá que subir o bajar descuerdo al mando dado, además de abrirse permaneciendo un lapso de tiempo y cerrarse, en esta parte las puertas deben tener la posibilidad de volver a abrir las puertas, además de cerrarse antes de tiempo establecido.

5.2.1 *Parámetros para la programación del ascensor.* De acuerdo al problema establecido tenemos los siguientes parámetros.

Entradas

- Fin de la carrera puerta abierta.
- Fin de la carrera puerta cerrada.
- Detector por nivel.

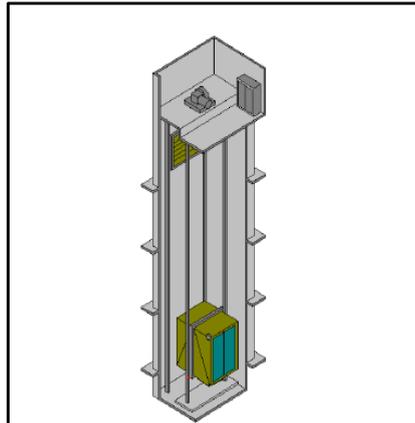
Salidas

- Sube la cabina.
- Baja la cabina.
- Abre puerta cabina
- Cierra puerta cabina.

Desacuerdo a la seguridad que debe tener todo proceso se debe tener una seguridad en este caso llamado Master el cual nos da la posibilidad de apagar o dar inicio.

5.2.2 *Elaboración de la pantalla de simulación del ascensor PC-SIMU.* La herramienta PC-SIMU presenta un ascensor de cuatro niveles el que será programado de acuerdo al usuario.

Figura 51. Ascensor del programa PC-SIMU



Fuente:PC-SIMU

Figura 52. Cuadro de entradas y salidas del problema PC-SIMU

Ascensor

Nombre: Ascensor

Sube cabina: Q 0 0 0

Baja cabina: Q 0 0 1

Cabina

Abre puerta cabina: Q 0 2

Cierra puerta cabina: Q 0 3

F. carrera puerta abierta: I 0 0

F. carrera puerta cerrada: I 0 1

Variador velocidad

Salida variador veloc.: AQ 0

Detección cabina en planta

Detector en cabina: I 0 2

Detector por planta:

Planta baja B: I 0 3

Planta primera 1: I 0 4

Planta segunda 2: I 0 5

Planta tercera 3: I 0 6

Condiciones de seguridad

Puertas cerradas: I 0 7

FC superior e inferior: I 1 0

OK Cancel

Fuente:PC-SIMU

5.2.3 Codificación en el programa STEP 7 MICRO WIN.

Tabla 47. Entradas del simulador PLC

No	Nombre	Entrada
1	Sensor p1	% I1.0
2	Sensor p2	% I1.1
3	Sensor p3	% I1.2
4	Sensor p4	% I1.3
5	Emergencia	% I18.1
6	Peso	% I19.0
7	Presencia sensor	% I19.1
8	Llamado piso1	% I0.0
9	Llamado subida piso 2	% I0.1
10	Llamado subida piso 3	% I0.2
11	Llamada subida piso 4	% I0.3
12	Llamada bajada piso 2	% I0.5

13	Llamada bajada piso 3	% I0.6
14	Llamada bajada piso 4	% I0.7
15	Emergencia	% I8.1
16	Destino piso 1	% I8.2
17	Destino piso 2	% I8.3
18	Destino piso 3	% I8.4
19	Destino piso 4	% I8.5

Fuente:PC-SIMU

5.2.4 Simulación del programa con aplicación S7-1200. (VerAnexo H)

Tabla 48. Salidas del simulador PLC

No	Nombre	Salida
1	Piso 1	% Q0.0
2	Piso 2	% Q0.1
3	Piso 3	% Q0.2
4	Piso 4	% Q0.3
5	Puerta Abierta	% Q0.5
6	Puerta Cerrada	% Q0.7

Fuente:PC-SIMU

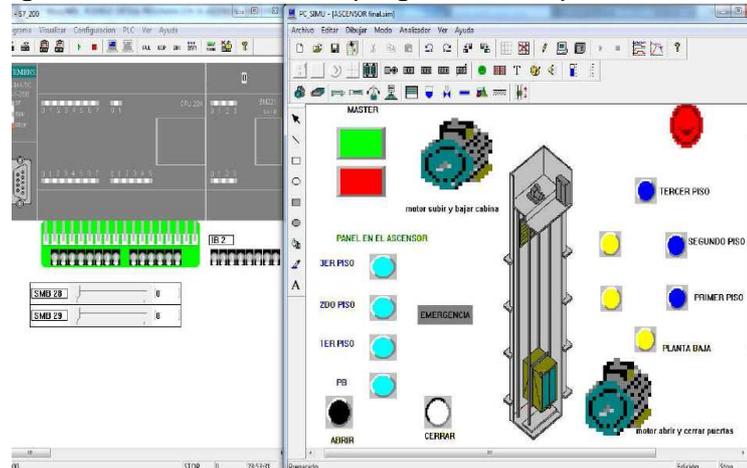
Tabla 49. Marcas o memorias del simulador del PLC

No	Nombre	Entrada
1	Marca Subida	% M0.0
2	Marca Bajada	% M0.1
3	Al piso 1	% M0.2
4	Al piso 3 bajada	% M0.4
5	Al piso 4 bajada	% M0.5
6	Al piso 2 subida	% M0.7
7	Al piso 3 subida	% M1.0
8	Al piso 4 subida	% M1.1
9	Inicio	% M190.0
10	Marca 1	% M190.1
11	Marca 1/1	% M190.2
12	Marca 2	% M190.3

13	Marca 2/2	% M190.4
14	Marca 3	% M190.5
15	Marca 3/3	% M190.6
16	Marca 4	% M190.7
17	Marca 4/4	% M191.0
18	Marca inicio	% M191.3
19	Reseteo 1	% M191.5

Fuente:PC-SIMU

Figura 53. Simulación del programa con aplicación S7-200



Fuente:PC-SIMU

A fin de mejorar el ejemplo y encontrarnos con una situación mucho más realista que la dada por el PC-SIMU analizamos el problema que nos planteamos en el ascensor a escala controla por un PLC..

5.3 Elaboración del problema planteado en nuestro proyecto.

El problema establecido en PC-SIMU es el siguiente:

El ascensor tendrá que subir o bajar descuerdo al mando dado y previamente controlando su peso establecido, además de abrirse permaneciendo un lapso de tiempo y cerrarse, en esta parte las puertas deben tener la posibilidad de volver a abrir las puertas detectando que no se encuentre ningún objeto o persona que interfiera, además de cerrarse antes de tiempo establecido.

5.3.1 Parámetros para la programación del ascensor. De acuerdo al problema establecido tenemos los siguientes parámetros.

Entradas

- Fin de la carrera puerta abierta.
- Fin de la carrear puerta cerrada.
- Detector por nivel.
- Detector de objetos
- Detector de carga

Salidas

- Sube la cabina.
- Baja la cabina.
- Abre puerta cabina
- Cierra puerta cabina.

5.3.2 Parámetros para la programación del ascensor.

Tabla 50. Entradas del PLC

No	Nombre	Entrada
1	Sensor p1	% I1.0
2	Sensor p2	% I1.1
3	Sensor p3	% I1.2
4	Sensor p4	% I1.3
5	Sensor p5	% I1.4
6	Emergencia	% I18.1
7	Peso	% I19.0
8	Presencia sensor	% I19.1
9	Llamado piso1	% I0.0
10	Llamado subida piso 2	% I0.1
11	Llamado subida piso 3	% I0.2
12	Llamada subida piso 4	% I0.3

14	Llamada subida piso 5	% I0.4
15	Llamada bajada piso 2	% I0.5
16	Llamada bajada piso 3	% I0.6
17	Llamada bajada piso 4	% I0.7
18	Emergencia	% I8.1
19	Destino piso 1	% I8.2
20	Destino piso 2	% I8.3
21	Destino piso 3	% I8.4
22	Destino piso 4	% I8.5
23	Destino piso 5	% I8.6

Fuente:PC-SIMU

Tabla 51. Salidas del PLC

No	Nombre	Salida
1	Piso 1	% Q0.0
2	Piso 2	% Q0.1
3	Piso 3	% Q0.2
4	Piso 4	% Q0.3
5	Piso 5	% Q0.4
6	Puerta Abierta	% Q0.5
7	Puerta Cerrada	% Q0.7
8	Presencia sensor	% Q1.0

Fuente:PC-SIMU

Tabla 52. Marcas o memorias del PLC

No	Nombre	Entrada
1	Marca Subida	% M0.0
2	Marca Bajada	% M0.1
3	Al piso 1	% M0.2
4	Al piso 2 bajada	% M0.3
5	Al piso 3 bajada	% M0.4
6	Al piso 4 bajada	% M0.5
7	Al piso 5	% M0.6
8	Al piso 2 subida	% M0.7
9	Al piso 3 subida	% M1.0
10	Al piso 4 subida	% M1.1
11	Inicio	% M190.0
12	Marca 1	% M190.1
14	Marca 1/1	% M190.2
15	Marca 2	% M190.3
16	Marca 2/2	% M190.4
17	Marca 3	% M190.5
18	Marca 3/3	% M190.6
19	Marca 4	% M190.7
20	Marca 4/4	% M191.0
21	Marca 5	% M191.1

22	Marca 5/5	% M191.2
23	Marca inicio	% M191.3
24	Marca presencia	% M191.4
25	Reseteo 1	% M191.5

Fuente: PC-SIMU

5.3.3 Codificación en el programa STEP 7 MICRO WIN. (Ver Anexo I)

CAPÍTULO VI

6. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DEL ASCENSOR

6.1 Componentes del equipo y tecnología de la construcción

En el proceso de construcción, montaje e instalación del ascensor se utilizara las siguientes maquinas herramientas las cuales se muestran a continuación:

- Cortadora de aluminio
- Torno
- Amoladora
- Taladro de pedestal
- Sierra de arco
- Compresor
- Brocas
- Calibrador pie de rey
- Flexómetro

- Machuelo
- lima
- Nivel
- Escuadra
- Rayador
- Disco de corte y desbaste
- Ingletadora
- Cuchilla para torno
- Destornilladores de estrella
- Llaves
- Taladro manual
- Remachadora

6.2 Procedimiento de construcción

En la siguiente tabla 6.1 se muestra los sistemas, elementos del ascensor y el material del cual se fabrica.

Tabla 53. Partes constructivas del ascensor a escala

Sistema	Elemento	Cant.	Material/modelo
Sistema estructural del ducto	Parante Perfil Tubo cuadrado	4	Aluminio
	Nudos ancla	48	Plástico
	Tornillos	192	ISO 7045 - M3 x 16 - Z- 16S
	Placa superior		Acero ASTM A-36
	Transversal Perfil Tubo cuadrado	28	Aluminio
	Guía Tipo ángulo aletas iguales	4	Aluminio
	Remaches	8	Aluminio
	Acople esquinero	4	Plástico
	Parante Perfil Tubo cuadrado	4	Aluminio
	Transversal Perfil Tubo cuadrado	8	Aluminio
	Placa interna	1	Acero ASTM A-36
	Placa externa	1	Acero ASTM A-36
	Remaches	12	
	Acople de sujeción Perfil tipo Angulo	1	aluminio
	Tapas laterales	3	Acero ASTM A-36
	Guía superior puerta	1	Aluminio
Nudos de Ancla	18	Plástico	

Sistema estructural de la cabina	Puertas	2	Aluminio
	Eje primario	1	Acero ASTM A-36
	Eje secundario	1	Acero ASTM A-36
	Poleas	2	Aluminio
	Angulo	1	Aluminio
	Servomotor	1	Normalizado
	Acople de servomotor	2	Normalizado
	Tornillo y Tuerca	2	ISO 7045 - M3 x 16 - Z - 16S
	Tornillo y Tuerca	8	ISO 7045 - M4 x 6 - Z - 6S
	Tornillo y Tuerca	4	ISO 7045 - M3 x 30 - Z - 25S
	Tornillo y Tuerca	4	ISO 7046-1 - M5 x 16 - Z - 16S
	Tornillo y Tuerca	2	ISO 7046-1 - M3 x 10 - Z - 10S
	Tornillo y Tuerca	2	ISO 7046-1 - M5 x 16 - Z - 16S
	Tornillo y Tuerca	2	ISO - 4034 - M5 - S
	Guías para deslizamiento de puertas	2	Aluminio
Acople Guía	4	Acero ASTM A-36	
Sistema de lazos	Perfil D	2	Aluminio
	Perfil C	6	Aluminio
	Tornillos	32	material
	Placa de sujeción		Acero ASTM A-36
	Acople de sujeción 1	1	Acero ASTM A-36
	Nudos de ancla	8	Plástico
	Esquinero L	4	Plástico
	Tornillo y Tuerca	8	ISO 10673-5.5-N
	Tornillo y Tuerca	8	ISO 1580 - M3 x 16 - 16S
	Bocín cable	8	Bronce
Sistema de transmisión	Servomotor 1	1	Normalizado
	Soporte1	1	Acero ASTM A-36
	Acople	1	Plástico
	Eje Transmisión o puesta en marcha	1	Acero ASTM A-36
	Eje secundario	1	Acero ASTM A-36
	Chumaceras	4	Acero ASTM A-36
	Poleas	2	Aluminio
	Rodamiento de bolas	4	FAG 626
	Cadena	1	#25 UNA HILERA
	Tensor	1	Plástico
	Tornillo y Tuerca	10	ISO 7045 - M4 x 12 - Z - 12S
	Tornillo y Tuerca	2	ISO 7045 - M4 x 25 - Z - 25S
	Tornillos	2	ISO 10673-3.6-L
	Tornillos	12	ISO 10673-3.6-S
	Sistemas de control	PLC	1
Botonera		5	Normalizado
Display		5	Normalizado
Sensor magnético		5	Normalizado
Cable		1	Normalizado
Pulsadores normalmente cerrados		2	Normalizado
Pulsadores normalmente abiertos		16	Normalizado
Celda Carga		1	Normalizado
Sensor Óptico		1	Normalizado
Display de 7 segmentos		5	Normalizado
Decodificadores de Display 7 segmentos		5	Normalizado
Relé Bobina de 24 CD		1	Normalizado
Puente		1	Normalizado
Resistencia de 10K Ohm		5	Normalizado
Fusible		1	Normalizado
Caja de tablero		1	Normalizado
Porta fusible		1	Normalizado
Breaker		1	Normalizado
Enchufe		1	Normalizado
Fuente de alimentación de 24v CD		1	Normalizado

Fuente: Autores

6.3 Construcción y montaje

6.3.1 *Construcción del ascensor.* En la tabla 6.2 se detalla los tiempos que se demora en construir cada elemento que conforma el ascensor.

Tabla 54. Tiempos de la construcción de la laminadora

Sistema	Elemento	N°	Operaciones	Tiempo (h)
Sistema estructural del ducto	Estructura	1	Toma de medidas	0.5
		2	Corte	1
		3	Esmerilado	0.5
		4	Trazado	0.5
		5	Taladrado	1
		6	Atornillado	1
	Tapa superior	7	Rayado	1
		8	Perforado	1
		9	Escuadrado	0.5
		10	Esmerilado	0.1
		11	Pulido	0.1
		12	Pintado	0.1
		13	Montaje	0.1
		14	Remachado	0.5
Sistema estructural de la cabina	Estructura	15	Corte	0.5
		16	Esmerilado	0.5
		17	Trazado	0.5
		18	Taladrado	1
		19	Atornillado	1
	Tapa lateral derecha	20	Trazado	0.5
		21	Corte	0.5
		22	Pulido	0.5
		23	Pegado	0.5
	Tapa lateral izquierda	24	Trazado	0.5
		25	Corte	0.5
		26	Pulido	0.5
		27	Pegado	0.5
	Tapa exterior	28	Corte	0.5
		29	Trazado	0.5
		30	Taladrado	0.5
		31	Montaje	0.5
		32	Remachado	0.5
Tapa trasera	33	Corte	0.5	
	34	Trazado	0.5	
	35	Taladrado	0.5	
	36	Montaje	0.5	
	37	Remachado	0.5	
		38	Trazar	0.5

	Puertas	39	Perforar	0.5	
		40	Taladrado	0.5	
		41	Atornillado	0.5	
	Riel inferior de soporte	42	Trazado	0.5	
		43	Taladrado	0.5	
		44	Montaje	0.5	
		45	Atornillado	0.5	
	Riel superiores de bolas	46	Trazado	0.5	
		47	Taladrado	0.5	
		48	Montaje	0.5	
		49	Atornillado	0.1	
	Acople de sujeción superior	50	Trazado	0.1	
		51	Corte	0.5	
		52	Esmerilado	0.1	
		53	Escuadrado	0.1	
		54	Taladrado	0.5	
		55	Montaje	0.1	
	Acople guía de bolas Superior	56	Atornillado	0.1	
		57	Trazado	0.1	
		58	Taladrado	0.1	
		59	Montaje	0.1	
		60	Atornillado	0.1	
	Acople de sujeción Inferior	61	Trazado	0.1	
		62	Corte	0.5	
		63	Esmerilado	0.1	
		64	Escuadrado	0.1	
		65	Taladrado	0.5	
		66	Montaje	0.1	
		67	Atornillado	0.1	
	Acople guía de bolas inferior	68	Trazado	0.1	
		69	Taladrado	0.1	
		70	Montaje	0.1	
		71	Atornillado	0.1	
	Puertas automáticas	72	Trazado	0.1	
		73	perforado	0.1	
		74	montaje	0.1	
		75	Atornillado	0..25	
	Sistema de lazos	Contrapesa	76	Trazado	0.5
			77	Corte	0.5
			78	Perforado	0.1
			79	Ensamblado	0.25
			80	atornillado	0.5
		Acople de sujeción superior	81	Trazado	0.1
			82	Corte	0.5
			83	Esmerilado	0.1
			84	Escuadrado	0.1
			85	Taladrado	0.5
			86	Montaje	0.1
			87	Atornillado	0.1

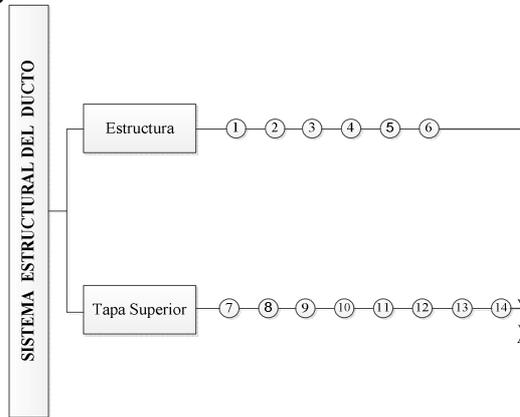
	Acople guía de bolas superior	88	Trazado	0.1
		89	Taladrado	0.1
		90	Montaje	0.1
		91	Atornillado	0.1
	Acople de sujeción inferior	92	Trazado	0.1
		93	Corte	0.5
		94	Esmerilado	0.1
		95	Escuadrado	0.1
		96	Taladrado	0.5
		97	Montaje	0.1
	Acople guía de bolas inferior	98	Atornillado	0.1
		99	Trazado	0.1
100		Taladrado	0.1	
101		Montaje	0.1	
102		Atornillado	0.1	
Sistema de transmisión	Eje transmisión	103	Refrentado	0.1
		104	Excéntrica	0.5
		105	Cilindrado1	0.75
		106	Cilindrado2	0.75
		107	Cilindrado 3	0.75
		108	Tolerancia (torno)	0.75
	Eje secundario	109	Refrentado	0.1
		110	Excéntrica	0.5
		111	Cilindrado1	0.75
		112	Cilindrado2	0.75
		113	Cilindrado 3	0.75
	Buje transmisión1	114	Tolerancia (torno)	0.75
		115	Refrentado	0.75
		116	Perforado	0.1
		117	Cilindrado1	0.75
		118	Cilindrado interior	0.5
		119	Tolerancia	0.15
		120	Montaje rodamiento	0.1
	Buje secundario1	121	Montaje eje	0.1
		122	Refrentado	0.75
		123	Perforado	0.10
		124	Cilindrado1	0.75
		125	Cilindrado interior	0.5
		126	Tolerancia	0.15
		127	Montaje rodamiento	0.1
		128	Montaje eje	0.1
	Catalina transmisión	129	Perforado central	0.15
		130	Chaveteado	0.25
		131	Montaje	0.1
		132	Lubricación	0.05
	Polea de transmisión	133	Perforación central	0.15
134		Chaveteado	0.25	
135		Montaje	0.1	
Catalina secundaria	136	Perforado central	0.15	
	137	Chaveteado	0.25	
	138	Montaje	0.1	
	139	Lubricación	0.05	
Polea secundaria	140	Perforación central	0.15	
	141	Chaveteado	0.25	
	142	Montaje	0.1	
Chumaceras motriz	143	Montaje de chumacera	0.1	
	144	Atornillado	0.1	
	145	Lubricación	0.05	
Chumaceras secundaria	146	Montaje de chumacera	0.1	
	147	Atornillado	0.1	
	148	Lubricación	0.05	
Cadena	149	Montaje de la cadena	0.1	
	150	Lubricación	0.05	
		151	Taladrado	0.05

	Tensor	152	Montaje	0.05
		153	Atornillado	0.05
	Cable	154	Montaje del cable	0.1
		155	Conexión a la cabina	0.05
		156	Conexión al contrapeso	0.05
		157	Trazado	0.05
	Soporte servo de transmisión	158	Cortado	0.1
		159	Montaje	0.1
		160	Atornillado	0.05
	Servomotor de transmisión	161	Montaje	0.1
		162	Conexión eje(acople)	0.1
		163	Atornillado	0.05
	Sistemas de control	Sensores magnéticos	164	Montaje
165			atornillado	0.1
Celda de carga		166	Montaje	0.1
		167	Atornillado	0.1
Pulsadores		168	Montaje	0.1
		169	Atornillado	0.1
Sensor óptico		170	Montaje	0.1
		171	Atornillado	0.1
Display de 7 segmentos		172	Montaje	0.1
		173	Atornillado	0.05
Decodificador de display		174	montaje	0.1
		175	atornillado	0.05
Relé bobina		176	Montaje	0.05
		177	Atornillado	0.1
Resistencia		178	Montaje	0.1
PLC S7 1200		179	Montaje	0.05
		180	Atornillado	0.1
Fuente de alimentación		181	montaje	0.05
Caja de circuitos		182	Trazado	0.25
		183	Corte	0.5
		184	Doblado	0.25
		185	Soldado	0.15
		186	Taladrado sujeción	0.15
		187	Montaje en la caja	0.1
Tapa de circuitos		188	Trazado	0.25
		189	Corte	0.5
		190	Doblado	0.25
		191	Soldado	0.15
	192	Taladrado sujeción	0.15	
	193	Montaje en la caja	0.1	
Cables	194	Conexiones	3	
Tiempo Total(h)				58.75

Fuente: Autores

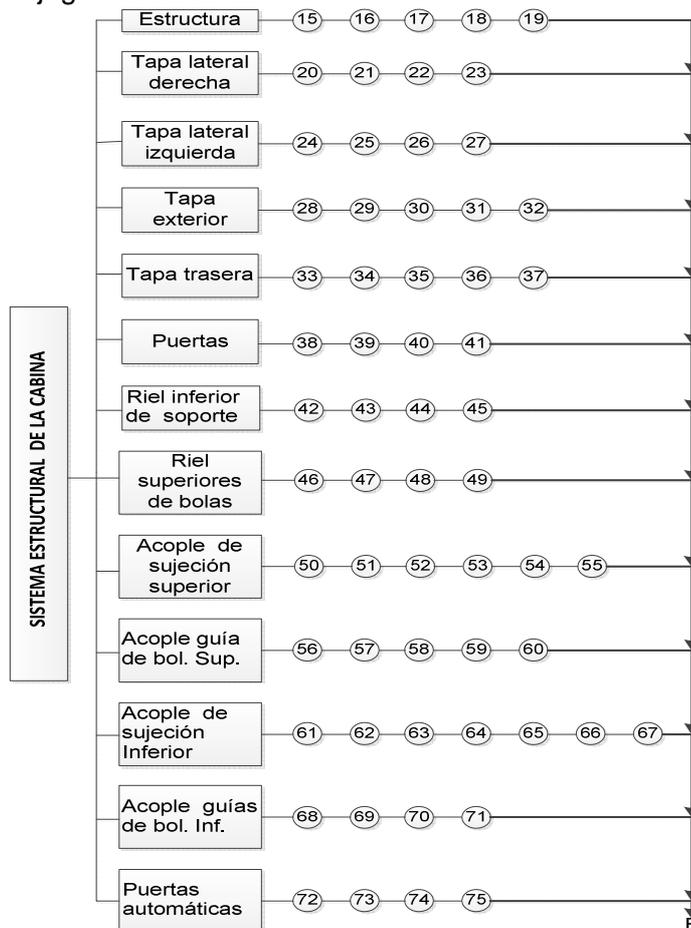
6.3.1.1 *Flujograma de construcción de las partes del ascensor.* A continuación se muestra los distintos flujogramas de construcción los cuales están correlacionados con la construcción del ascensor.

Figura 54. Flujograma de la construcción del sistema estructural del ducto



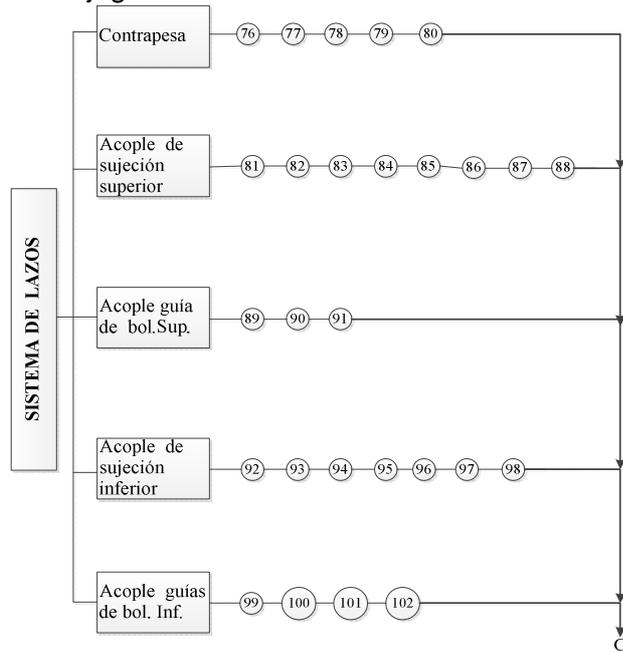
Fuente: Autores

Figura 55. Flujograma de la construcción del sistema estructural de la cabina



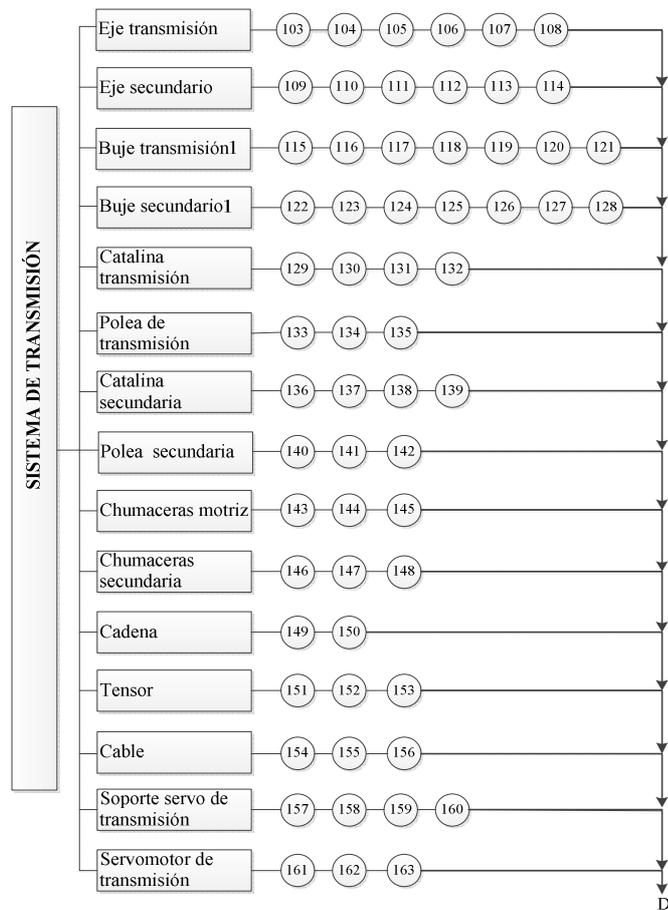
Fuente: Autores

Figura 56. Flujograma de la construcción del sistema de lazos



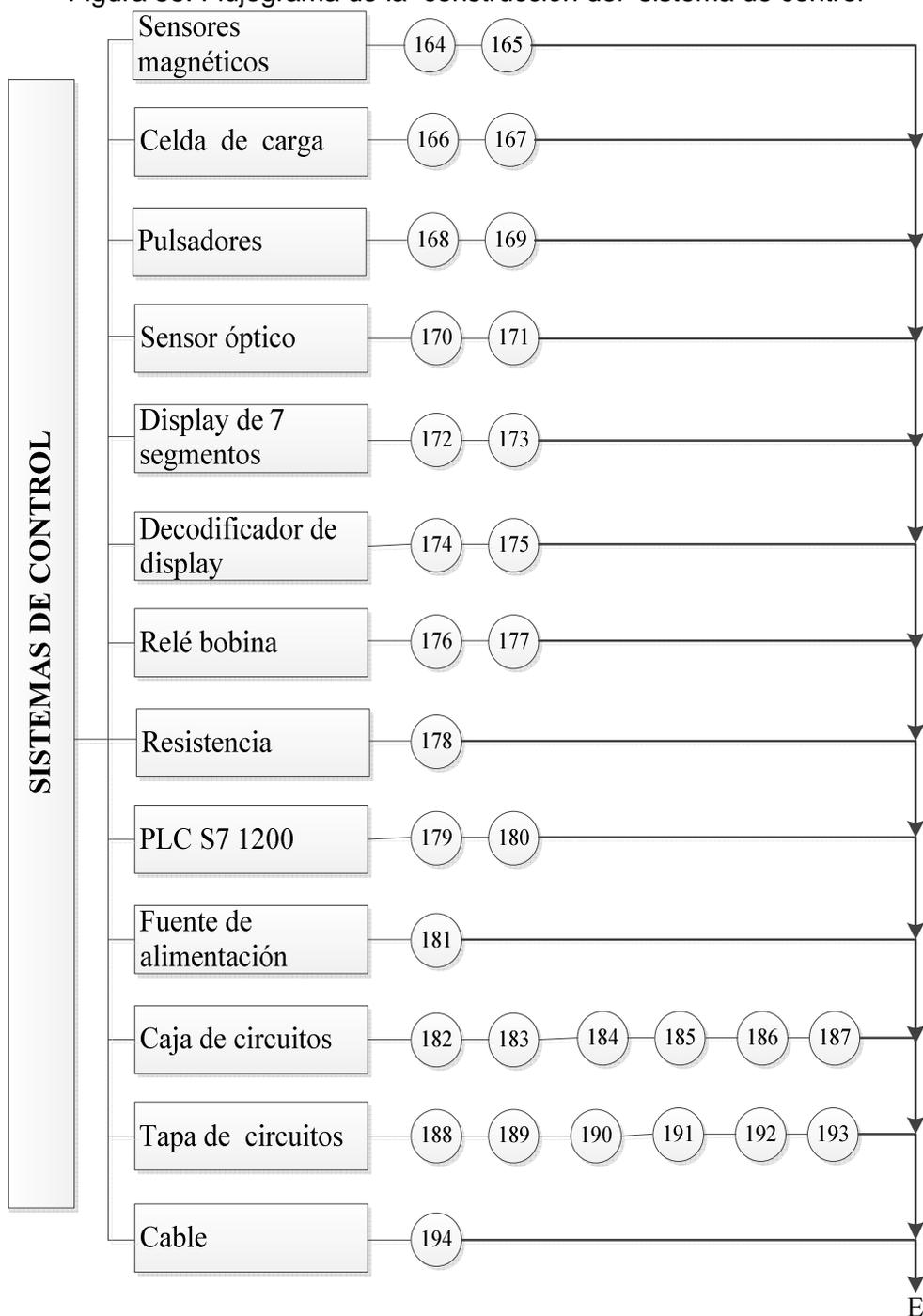
Fuente: Autores

Figura 57. Flujograma de la construcción del sistema de transmisión



Fuente: Autores

Figura 58. Flujograma de la construcción del sistema de control



Fuente: Autores

6.3.2 Montaje del ascensor. Los tiempos utilizados durante el montaje de la maquina se presentan a continuación.

Tabla 55. Montaje del sistema estructural del ducto

Montaje del sistema estructural del ducto		
Operación	Símbolo	Tiempo(horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M1	1
Montaje estructura	M2	5
Montaje tapa superior	M3	0.1
SUBTOTAL		6.1

Fuente: Autores

Tabla 56. Montaje del sistema estructural de la cabina

Montaje del sistema estructural de la cabina		
Operación	Símbolo	Tiempo(horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M4	1
Montaje de estructura	M5	2
Montaje de la tapa lateral derecha	M6	0.5
Montaje de la tapa lateral izquierda	M7	0.5
Montaje de la tapa exterior	M8	0.5
Montaje de la tapa trasera	M9	0.5
Montaje de las puertas	M10	0.5
Montaje del riel inferior de soporte	M11	0.5
Montaje del riel superior de bolas	M12	0.5
Montaje del acople de sujeción superior	M13	0.1
Montaje del acople guía de bolas superior	M14	0.5
Montaje del acople de sujeción inferior	M15	1.5
Montaje del acople guía de bolas inferior	M16	0.1
Montaje de las puerta automáticas	M17	0.1
SUBTOTAL		8.8

Fuente: Autores

Tabla 57. Montaje del sistema de lazos

Montaje del sistema de lazos		
Operación	Símbolo	Tiempo(horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M18	1
Montaje de la contrapesa	M19	1
Montaje acople de sujeción superior	M20	0.1
Montaje acople guía de bolas superior	M21	0.1
Montaje acople de sujeción inferior	M22	0.1
Montaje acople guía de bolas inferior	M23	0.1
SUBTOTAL		2.4

Fuente: Autores

Tabla 58. Montaje del sistema de transmisión

Montaje del sistema de transmisión		
Operación	Símbolo	Tiempo(horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M24	1
Montaje del eje de transmisión	M25	0.1
Montaje del eje secundario	M26	0.1
Montaje del buje de transmisión1	M27	0.1
Montaje buje secundario1	M28	0.1
Montaje de la catalina de transmisión	M29	0.1
Montaje de la polea de transmisión	M30	0.1
Montaje de la catalina secundaria	M31	0.1
Montaje de polea secundaria	M32	0.1
Montaje de la chumacera motriz	M33	0.1
Montaje chumacera secundaria	M34	0.1
Montaje de la cadena	M35	0.1
Montaje del tensor	M36	0.05
Montaje del cable	M37	0.1
Montaje del soporte del servo de transmisión	M38	0.1
Montaje del servo de transmisión	M39	0.1
SUBTOTAL		2.45

Fuente: Autores

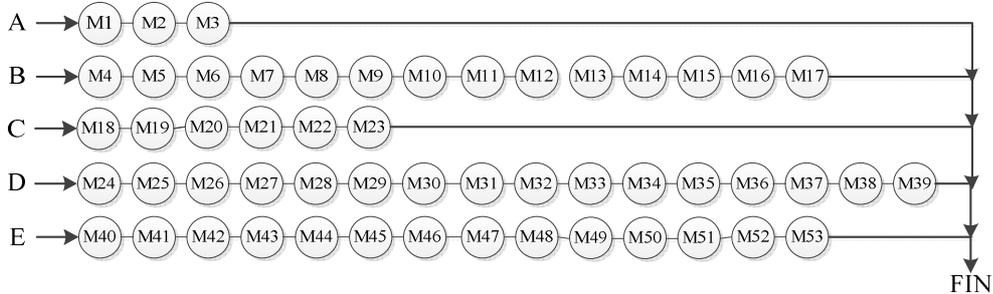
Tabla 59. Montaje del sistema de control

Montaje del sistema de control		
Operación	Símbolo	Tiempo(horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M40	1
Montaje de sensores magnéticos	M41	0.1
Montaje de celda de carga	M42	0.1
Montaje de pulsadores	M43	0.1
Montaje de sensor óptico	M44	0.1
Montaje de display de 7 segmentos	M45	0.05
Montaje de decodificador de display	M46	0.05
Montaje del relé de bobina	M47	0.05
Montaje de la resistencia	M48	0.1
Montaje del PLC s7	M49	0.05
Montaje de la fuente de alimentación	M50	0.05
Montaje de la caja de circuitos	M51	0.1
Montaje la tapa de circuitos	M52	0.1
Montaje cables	M53	3
SUBTOTAL		4.95

Fuente: Autores

6.3.2.1 Flujograma de montaje del ascensor

Figura 59. Flujograma de montaje del ascensor



Fuente: Autores

En el Flujograma mostrado en la figura 60 indica las distintas operaciones de montaje señaladas, así como también como su secuencia, y teniendo como resultado el tiempo de montaje total es de 27.7 horas y si adicionamos el tiempo total de construcción del ascensor es de 58.75 horas, equivalente, a 11 días, teniendo en cuenta que la jornada de trabajo sea de 8 horas.

6.4 Mantenimiento del ascensor

El ascensor, con el transcurrir del tiempo y su uso está expuesto a un proceso de desgaste, envejecimiento y a una degradación de eficiencia técnica. Por lo cual es

necesario el mantenimiento para preservar o mantener la vida útil de ascensor teniendo muy cuenta que hay elementos vitales que fallan prematuramente por los grandes esfuerzos que están sometidos.

Tabla 60. Manual de mantenimiento
Ascensor controlado por un PLC

Tareas	Frecuencia	Tiempo	F													
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
Revisar del sistema es estructural ducto.	1500h	30min.	x							x						x
Aplicar lubricante en las guías (Trico100)	1800h	30min.	x								x					
Lubricar los rodamientos	1000h	30min..	x					x				x				
Cambiar rodamientos de los ejes.	12000h	30min.	x													
Cambiar bocines de desgaste.	12000h	30min.	x													
Cambiar rodamientos de las guías de la cabina.	12000h	30min.	x													
Revisar el cable de tracción.	1500h	15min.	x							x						x
Cambiar el cable de tracción.	12000h	15min.	x													
Revisar sistema de puertas automáticas	1000h	30min.	x					x				x				
Revisar servomotor de puertas	2000h	15min	x									x				
Cambiar la banda.	12000h	15min.	x													
Lubricar la cadena	1000h	15min.	x					x				x				
Cambiar de la cadena	24000h	30min	x													
Revisar las catalinas	1600h	15min	x								x					
Cambiar las catalinas	26000h	60min	x													
Revisar poleas	1000h	30min.	x					x				x				

Cambiar poleas	12000h	60min.	x											
Revisar servomotor de transmisión	2000h	15min.	x								x			
Revisar el sistema eléctrico	800h	30min.	x				x				x			
Revisar el PLC	12000h	30min.	x											
Revisar ajuste de tornillos	12000h	30min.	x											
Realizar una limpieza adecuada de todo el equipó	DIARIA	15min.												

Fuente: Autores

6.5 Secuencia de operación y funcionamiento del ascensor.

Es muy indispensable tomar en cuenta que los siguientes procedimientos de operaciones y funcionamiento se efectúen para que el ascensor controlado por un PLC S7 1200 marche correctamente.

- Asegurarse que el ascensor este en un lugar nivelado.
- Verificar que la cabina este en la planta baja.
- Realizar una inspección visual de todos los sistemas para evitar la presencia de elementos extraños que pongan en peligro el correcto funcionamiento del ascensor.
- Tener precaución que la fuente de alimentación se 24 cd.
- Verificar que el cable alimentación no tenga desperfectos con el fin de evitar descargas.
- Verificar que el PLC S7 1200 este en modo Stop.
- Conectar el tablero de control.
- Observar que todos los sensores envíen señal al PLC (modo Stop).
- Cargar el programa básico al PLC S7 1200 que nos permite encender los servomotores de subida y bajada así como apertura y cierre de puertas

respectivamente además controlar el peso de la cabina y evitar el cierre de las puertas cuando una persona este ingresando.

- La operación del ascensor dependerá de la programación de cada usuario.
- Pulsar uno por uno los botones de llamado del ascensor.
- Luego de realizada la demostración poner el PLCS71200 en modo stop y proceder a desenergizar o apagar.

6.6 Protocolo de pruebas

El protocolo de pruebas consiste en un documento escrito en el que se describen los pasos a seguir para la realización de diversas pruebas al prototipo en base a las que se pueden determinar la fiabilidad del diseño y la construcción.

En el protocolo de pruebas se establecen una serie de pruebas en vacío y a plena carga las que permitirán determinar el correcto funcionamiento del ascensor a escala o nos revelara desperfectos y limitaciones para lo que se analizaran los parámetros principales de los mecanismos.

Tabla 61. Ensayo 1

NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO 1
<p>Objetivo de las pruebas Verificar en base a las especificaciones técnicas de los mecanismos en los aspectos correspondientes: Verificar que la cabina se desplace los niveles distancias respectivas.</p>
<p>Conjunto de actividades para el protocolo de pruebas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la cabina este en el Planta baja. • Verificar que el PLC este en modo stop. • Dar marcha al ascensor por medio de un pulsador en cualquier nivel. • Verificar que la cabina se desplace adecuadamente. • Verificar el perfecto posicionamiento en los respectivos niveles. • Con la ayuda de un flexómetro medir la altura de cada nivel debe

ser de 249cm.

- Poner el PLC en modo stop.
- Proceder desenergizar el ascensor.

Nota: Si al desplazarse la cabina no está dentro del rango, se verifica el posicionamiento de los sensores magnéticos de be estar a una altura de 249 cm.

Entradas

Cabina carga máxima 3Kg

Energía eléctrica 9v cd

Energía eléctrica 24v cd

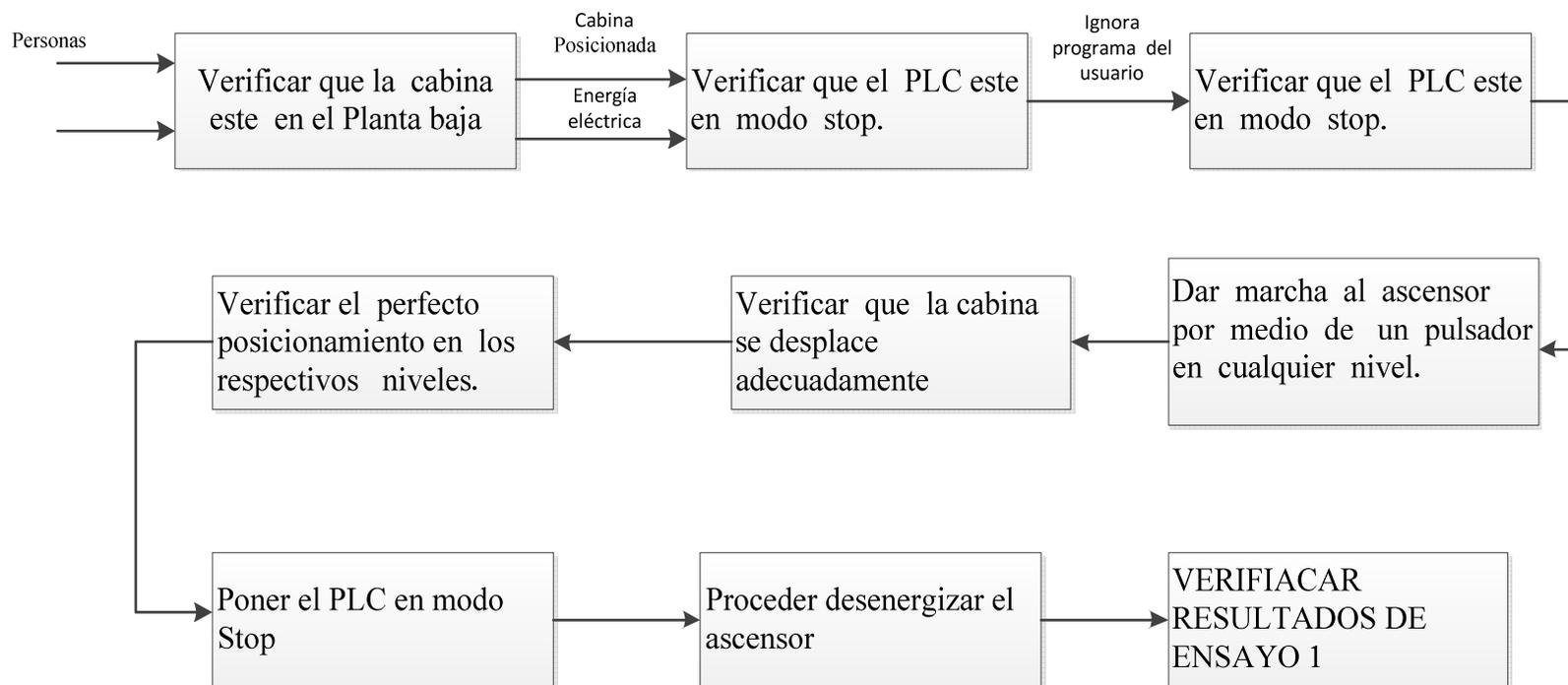
Flexómetro

Salidas

Cabina desplazada

Fuente: Autores

Figura 60. Esquema del ensayo 1



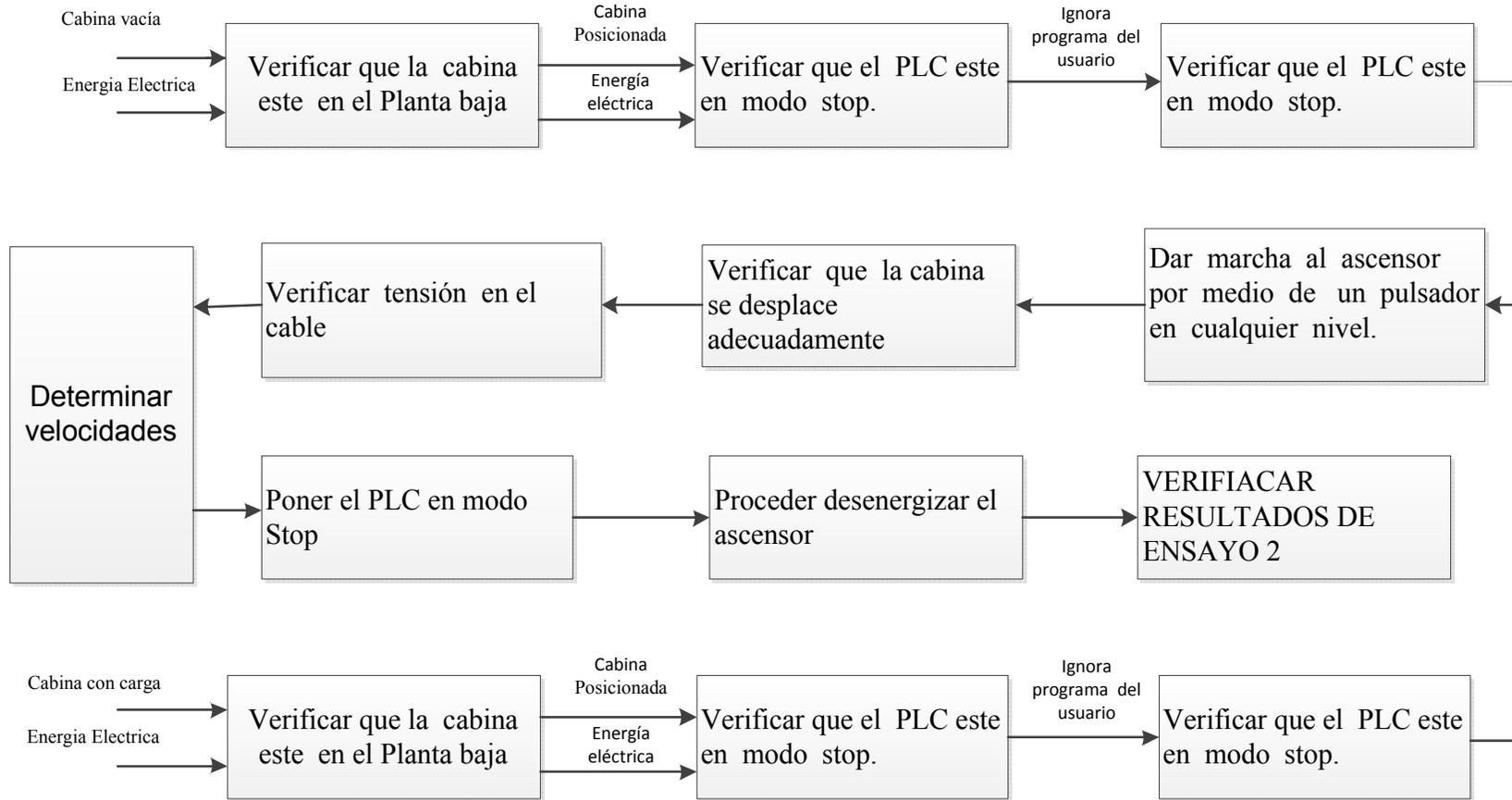
Fuente: Autores

Tabla 62. Ensayo 2

<p>NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO 2</p>
<p>Objetivo de las pruebas Verificar en base a las especificaciones técnicas de los mecanismos en los aspectos correspondientes: Medir la velocidad con que se desplaza la cabina.</p>
<p>Conjunto de actividades para el protocolo de pruebas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la cabina este en el Planta baja. • Verificar que el PLC este en modo stop. • Damos marcha al ascensor por medio de un pulsador en cualquier nivel. • Verificar que la cabina se desplace adecuadamente. • Verificar tensión en el cable. • Inspeccionar visualmente el movimiento de la cabina y contrapeso es paralelo. • Inspeccionar que el cable no patine en la polea. • Tomar el tiempo de recorrido de la cabina en ascender y descender. • Verificar el perfecto posicionamiento en los respectivos niveles. • Con la ayuda de un flexómetro medir la altura de cada nivel debe ser de 249cm. • Poner el PLC en modo stop. • Proceder desenergizar el ascensor. <p>Nota: Las velocidades serán adecuadas si: La velocidad de ascenso sea de entre $0.0625 \frac{m}{s}$ La velocidad de descenso sea de entre $0.083 \frac{m}{s}$ La tensión en el cable de tracción se verifica visualmente, será adecuada si el movimiento entre la cabina y el contrapeso son simultáneos.</p>
<p>Entradas Cabina carga máxima 3Kg Energía eléctrica 9v cd Energía eléctrica 24v cd Flexómetro</p>
<p>Salidas Cabina desplazada Velocidad de ascenso y descenso</p>

Fuente Autores

Figura 61. Esquema del ensayo 2



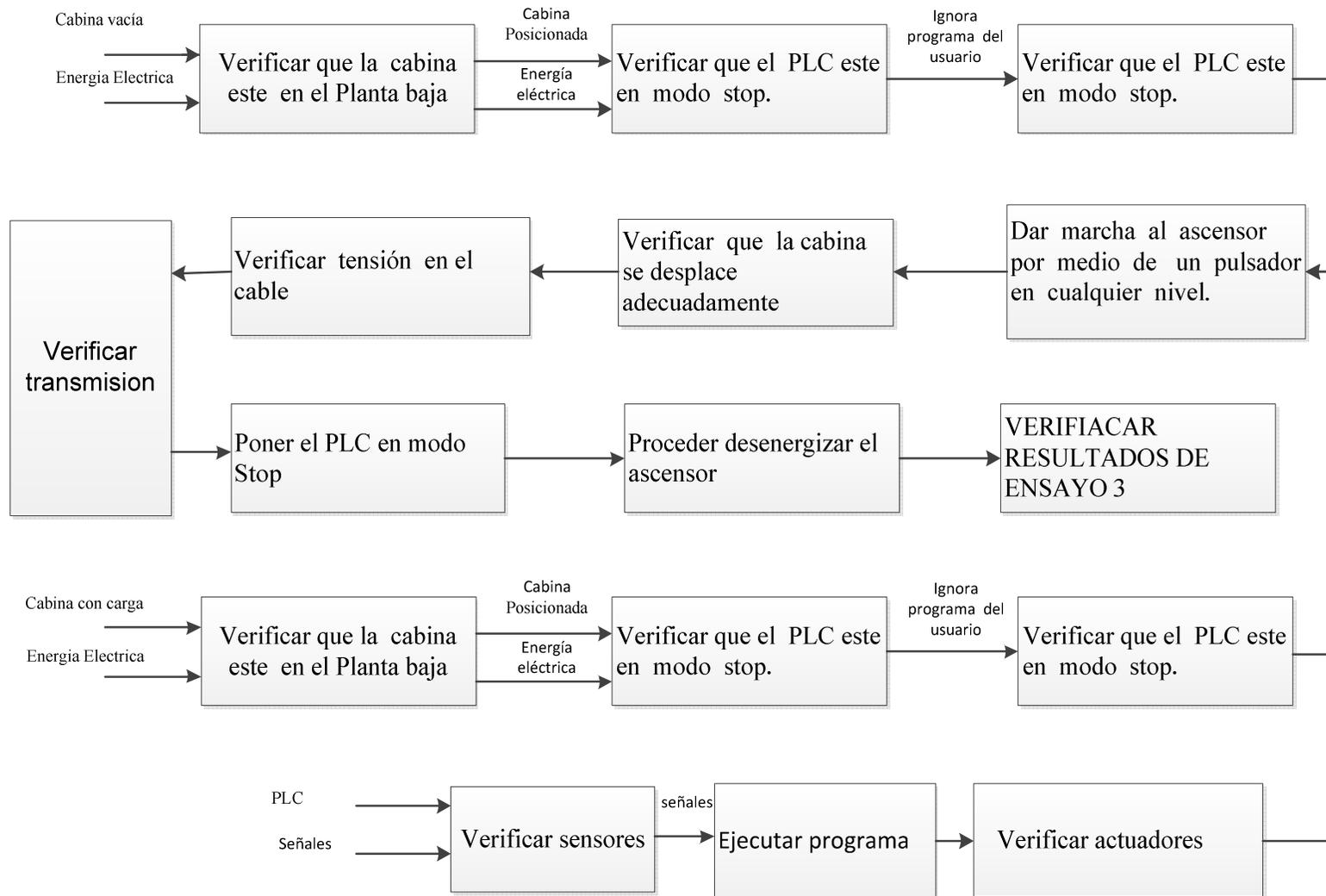
Fuente: Autores

Tabla 63. Ensayo 2

<p>NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO 3</p>
<p>Objetivo de las pruebas Verificar en base a las especificaciones técnicas de los mecanismos en los aspectos correspondientes: Probar que el sistema de control sea estable y eficiente, según condiciones preestablecidas</p>
<p>Conjunto de actividades para el protocolo de pruebas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la cabina este en el Planta baja. • Verificar que el PLC este en modo stop. • Dar marcha al ascensor por medio de un pulsador en cualquier nivel. • Dar marcha al ascensor por medio de pulsos múltiples en cualquier nivel. • Verificar que la cabina se desplace adecuadamente. • Verificar tensión en el cable. • Verificar las entradas. • Verificar las salidas. • Correr el programa de usuario. • Inspeccionar visualmente el movimiento de la cabina y contrapeso es paralelo. • Inspeccionar que el cable no patine en la polea. • Tomar el tiempo de recorrido de la cabina en ascender y descender. • Verificar el perfecto posicionamiento en los respectivos niveles. • Con la ayuda de un flexómetro medir la altura de cada nivel debe ser de 249cm. • Poner el PLC en modo stop. • Proceder desenergizar el ascensor <p>Nota: Sensores son: magnéticos, Celda de carga y sensor óptico. Actuadores: Servomotores (2)</p>
<p>Entradas Cabina carga máxima 3Kg Energía eléctrica 9v cd Flexómetro PLC</p>
<p>Salidas Ascensor controlado</p>

Fuente: Autores

Figura 62. Esquema del Ensayo 3



Fuente: Autores

Tipo de ensayo y cumplimiento. En tipo de ensayo y cumplimiento se va calificar con la siguiente nomenclatura. El tiempo de una maniobra completa del tipo:

- A tienen duraciones entre 12 y 30 Segundos
- B y O tienen duraciones menores que A.

Teniendo en cuenta que se va a realizar estos tipos de ensayo a carga máxima y a carga al vacío.

El tiempo total de ensayo sin interrupciones duro de tres días (60 maniobras a 30segundos/maniobra en vacío más 30 de carga máxima 3 minutos/maniobra.

Tabla 64. Distribución de ensayos cumplimiento Verificar que la cabina se desplace los niveles distancias respectivas

Fase Preliminar	Verificar que la cabina se desplace los niveles distancias respectivas	%Cumplimiento	% ensayo
O	Maniobras en vacío	11.1	2.2
B	Carga media	11.1	3.3
A	Carga extrema	11.1	2.2
Primera Fase			
O	Maniobras en vacío	11.1	5.5
B	Carga media	11.1	5.5
A	Carga extrema	11.1	6.6
Segunda Fase			
O	Maniobras en vacío	11.13	29.4
B	Carga media	11.13	15.9
A	Carga extrema	11.14	29.4

Fuente: Autores

Tabla 65. Distribución de ensayos cumplimiento Medir la velocidad con que se desplaza la cabina

Fase Preliminar	Medir la velocidad con que se desplaza la cabina.	%Cumplimiento	% ensayo
O	Maniobras en vacío	11.1	2.2
B	Carga media	11.1	3.3
A	Carga extrema	11.1	2.2
Primera Fase			

O	Maniobras en vacío	11.1	5.5
B	Carga media	11.1	5.5
A	Carga extrema	11.1	6.6
Segunda Fase			
O	Maniobras en vacío	11.13	29.4
B	Carga media	11.13	15.9
A	Carga extrema	11.14	29.4

Fuente: Autores

Tabla 66. Distribución de ensayos cumplimiento Probar que el sistema de control sea estable y eficiente, según condiciones preestablecidas

Fase Preliminar	Probar que el sistema de control sea estable y eficiente, según condiciones	%	%
O	Maniobras en vacío	11.1	2.2
B	Carga media	11.1	3.3
A	Carga extrema	11.1	2.2
Primera Fase			
O	Maniobras en vacío	11.1	5.5
B	Carga media	11.1	5.5
A	Carga extrema	11.1	6.6
Segunda Fase			
O	Maniobras en vacío	11.13	29.4
B	Carga media	11.13	15.9
A	Carga extrema	11.14	29.4

Fuente: Autores

CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo se realizara un análisis de costos para la construcción del ascensor a escala los cuales lo analizaremos en costos directos y en costos indirectos.

7.1 Costos directos

Son los cargos por concepto de materia prima, herramientas, equipos necesarios y la mano de obra en la construcción del ascensor.

Para el análisis de costos directos tomamos en consideración los siguientes aspectos:

- Costos de la materia prima.
- Costos de elementos normalizados.
- Costos de elementos de control
- Costos de procesos de fabricación y recubrimiento

7.1.1 Costos de materia prima. Los costos de materia prima son los generados por los materiales necesarios para la construcción de nuestro ascensor prototipo.

En los cuales se puede apreciar un valor bajo con respecto a lo que representa un ascensor en tamaño real y que utilizamos materia prima que no nos da un rango de seguridad muy alto ya que solo es un prototipo y no conlleva a mucha seguridad ya que no está en contacto con el elemento humano.

Tabla 67. Costos de materia prima

Item	Denominación	Unidad	Cantidad	Precio (usd)	Subtotal (usd)
01	Perfil de aluminio de 1" 6063-O	6m	3	11,55	34,65
02	Perfil D	6m	2	2,90	5,8
03	Ángulo de aluminio de 1/2"x1/2"	6m	1	4,05	4,05
04	Nudo esquinero plástico	-	8	0,63	5,04
05	Nudo ancla 1"	-	52	0,13	6,76
06	Nudo escuadra 1"	-	4	0,52	2,08
07	Plancha acero a-36, 150x150x2	m ²	1	3,5	3,5

08	Eje cilin. acero ASTM A-36 $\square=12$	M	1	5,2	5,2
09	Riel superior e interior Aluminio	M	1	20	20
10	Cable acero 3,19mmAA6x 19	m	3	0,2	0,6
11	Vertical de hoja cerrado	m ²	1	12,2	12,2
12	Madera 550x 450 x 20 tratada	m ²	1	15,3	15,3
13	Perfil acero galvanizado 1 1/4"	m	1	16,4	16,4
14	Pintura Esmalte	L	3	5,1	15,3
15	Tornillos ISO 7045	-	192	0,02	3,84
16	Poleas Aluminio	-	2	2,0	4,0
				total	154,72

Fuente: Autores

7.1.1.2 Costos de elementos normalizados. En esta sección se encuentran todos los elementos seleccionados necesarios para nuestro ascensor.

Tabla 68. Costos de elementos normalizados

Item	Denominación	Unidad	Cantidad	Precio (usd)	Subtotal (usd)
1	Pernos, tuercas, arandelas ISO 7045	-	40	0,05	2,0
2	Rodamiento FAG 626	-	4	4,8	19,2
3	Cadena N° 25 1 Hilera catalogo Rex	M	1	4,2	4,2
4	Catalina d=3mm	-	2	2,0	4,0
5	Chumacera Acero ASTMA-36	-	4	5,63	22,5
6	Bocín bronce	-	8	2,5	20
7	Servo motor	-	2	30,0	60,0
8	Remaches	-	8	0,02	0,16
9	Chumaceras ASTM A-36	-	4	1,0	4,0
				total	136,06

Fuente: Autores

7.1.1.3 Costos de elementos de control. En los costos de elementos de control se detallan todos los elementos necesarios para nuestro sistema de control.

Tabla 69. Costos de elementos de control

Item	Denominación	Unidad	Cantidad	Precio (usd)	Subtotal(usd)
01	Pulsadores	-	12	0,7	8,4
02	Relés de 4v	-	4	0,5	2
03	Relé de 24 v, 10 a	-	4	0,8	3,2
04	Bornera 2	-	17	0,4	6,8
05	Diodo 1n4007	-	8	0,13	1,04

06	Bornera 3	-	1	0,52	0,52
07	Transistores 3904	-	4	3,5	14
08	Resistencia 5,6 k	-	4	0,1	0,4
09	Resistencia 330	-	4	0,1	0,4
10	Resistencia 3904	-	4	0,1	0,4
11	Estaño	m	1	1,1	1,1
12	Placa 1	m ²	1	28,2	28,2
13	Placa 2	m ²	1	20,44	20,44
14	Módulo de expansión S7-14 8 entr.	-	1	140	140
15	Cable	m	100	0,25	25
16	Caja de tablero	-	1	40,0	40
17	Bornera	-	30	1,12	33,6
18	Fuente de 24v	-	2	5,2	10,4
19	Fusible	-	2	3,0	6
20	Porta fusible	-	1	3,3	3,3
21	Breaker	-	1	4,25	4,25
22	PLC S71200	-	1	850	850
23	Botonera	-	4	0,50	2,0
				TOTAL	1201,45

Fuente: Autores

7.1.1.4 Costos de procesos de fabricación y recubrimiento. En la siguiente tabla se detalla los costos de la mano de obra, a continuación especificamos las categorías de los salarios según el registro oficial N° 358 estipulado 2011 como se indica a continuación:

1. Nivel A. jefatura

2. Nivel B. supervisión

- B1.- Supervisión general.
- B1.- Supervisión técnica.
- B1.- Supervisión operativa.

3. Nivel C. operación

- C1.- Operación especializada.
- C2.- Operación técnica.
- C3.- Operación básica.

4. Nivel D. asistencia

- D1.- Asistencia administrativa.
- D2.- Asistencia técnica.

5. Nivel E. soporte

- E1.- Soporte administrativo.
- E2.- Soporte operativo.

Se detalla los costos de la mano de obra de cada proceso utilizado en la fabricación de los diferentes elementos. Se detalla en la tabla 70.

Tabla 70. Costo de procesos de fabricación y recubrimiento

Item	Denominación	Salario real xhora(usd)	Hora/h	Costo total (usd)	Categ.
01	Maestro Tornero	8	2	16	C2
02	Maestro Taladrador	2,5	5	12,5	C2
03	Cortador aluminio	2	8	16	C2
04	Cortador acero	3	1	3	C2
05	Carpintero	5	5	25	C2
06	Pintor	2	4	8	E2
07	Soldador	5	3	15	D2
			TOTAL	95,5	

Fuente: Autores

Tabla 71. Total costos directos

Item	Denominación	Subtotal (usd)
01	Costos de la materia prima.	154,72
02	Costos de elementos normalizados.	136,06
03	Costos de elementos de control	1201,45
04	Costos de procesos de Fabricación y recubrimiento	95,5
TOTAL		1587,73

Fuente: Autores

7.2 Costos indirectos

7.2.1 Costos de ingeniería. En todo proyecto se debe considerar los costos de diseño, elaboración de planos, supervisión de construcción, pruebas de campo, análisis de resultados de dichas pruebas, en este caso por tratarse de un proyecto de titulación no se lo adjunta al costo final.

7.2.2 Costos de materiales indirectos. Los costos de materiales indirectos se refieren a los objetos con los cuales se realiza la fabricación que no influyen directamente en el producto final por lo general se aplica un 25% de los costos directos.

Tabla 72. Costos indirectos (25%)

Item	Denominación	Porcentaje	Sub. Total(usd)
01	Imprevistos costos indirectos	14	222,28
02	Construcciones Imprevistas	3	47,63
03	Mantenimiento	1	15,87
04	Daños imprevistos	5	79,38
		TOTAL	365,16

Fuente: Autores

7.3 Costo total de fabricación

Para el costo total de fabricación del prototipo de ascensor representan la suma de los costos totales directos y los costos totales indirectos.

Tabla 73. Costo total

Item	Denominación	Subtotal(usd)
01	Costo Directo(USD)	1587,73
02	Costo Indirecto(USD)	365,16
	VALOR	1952,89

Fuente: Autores

El costo total del ascensor a escala tiene un valor aproximado de 1952,89USD que es un valor aceptable para su construcción.

7.4 Costos por mantenimiento

Para estimar los costos de operación de mantenimiento de nuestro prototipo de ascensor estimamos un mantenimiento semestral o cada seis meses por lo cual se consideran los siguientes aspectos.

Tabla 74. Costo de gastos estimados de mantenimiento

Item	Denominación	Costo(usd)
01	Mantenimiento de guías y Sist. Trans.(grasa)	10,0
02	Guaípe	3,0
03	Varios	2,0
04	Revisar el cable de tracción	0,20
05	Revisar las puertas automáticas	0,20
06	Revisar el sistema eléctrico	1,0
07	Revisar el PLC	5,00
08	Revisar los 2 servomotores	3,00
09	Revisar el ajuste de los tornillos	2,00
	TOTAL	26,40

Fuente: Autores

Podemos observar que no se aplica un sistema complejo de mantenimiento además resulta económico por ser un ascensor a escala.

7.4.1 Costos por mantenimiento anual

Tabla 75. Costo de mantenimiento anual

Costo Anual	52,80
Recambio de elementos de control	30,0
Cambiar los rodamientos	16,0
Cambiar los bocines	7,0
Cambiar la banda	2,0
Cambiar las catalinas	4,0
Pintura (cabina)	5,0
Costo total Anual	116,80(USD)

Fuente: Autores

Estimando que para la ejecución del plan de mantenimiento anual se necesita una cantidad de **116,80(USD)** para financiar los costos y sustituir las piezas y elementos en función de su periodicidad del plan de mantenimiento de cada elemento del ascensor a escala para de esta manera alargar la vida útil de nuestro ascensor.

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

El ascensor a escala contiene muchos de las condiciones y parámetros que un ascensor real. Donde se tuvo que solucionar con el criterio y el conocimiento que hoy en día existe sobre los ascensores reales que en la actualidad se encuentran en diferentes tamaños y modelos.

El ascensor a escala se trabajó con altos factores de seguridad recomendado en los archivos de los ascensores existentes porque en esta máquina se considera más el factor humano.

Durante su diseño y construcción se pudo aplicar los conocimientos en los diferentes software como son Solid Works, Ansys, AutoCAD Mechanical 2013, MDSolids 4.0 que en la actualidad son de suma importancia ya que hoy en día las grandes empresas utilizan estos programas para el diseño y construcción de las distintas maquinarias y accesorios para así con estos interfaces obtener una confiabilidad de los datos obtenidos y de esta manera evitar la falla o colisión de los elementos mecánicos para obtener un factor de seguridad que dependa del conocimiento y criterio de quien la construya.

Al realizar el protocolo de pruebas nuestro prototipo de ascensor se pudo obtener valores de funcionalidad aceptables predecidos en los cálculos además nuestro sistema de control tiene un alto grado de eficiencia.

Para la construcción de nuestro ascensor a escala se utilizó como material de construcción el aluminio por el motivo de que para un ascensor a escala el factor de seguridad para la resistencia de esfuerzos se estiman valores aceptables o altos además es de fácil mecanización y de baja densidad pero para ascensores reales se toma como material base de construcción los aceros al carbono y aceros inoxidable.

Para nuestro sistema de control se utilizó un PLC S7 1200 con módulo de expansión 7-14 porque este controlador puede resolver problemas desde un alto grado de complejidad hasta los sistemas más sencillos, además este controlador cumple con los requerimientos que exige nuestro sistema.

El ascensor a escala además de contener teoría y aplicaciones de ascensores se puede aprovechar como prácticas de simulación y programación en el laboratorio de automatización y control al que fue destinado y dedicado como para prácticas para los estudiantes futuros.

8.2 Recomendaciones

Al instalar los elementos de control, ubicarlos de la mejor manera ya que de esto depende el funcionamiento de nuestro sistema además también de la vida útil de los elementos de control.

Instalar elementos de control confiables para evitar cualquier anomalía en nuestro funcionamiento y así evitar efectos secundarios.

Antes de realizar la simulación del ascensor revisar la carga útil calculada ($Q_u = 2Kg$) que sea igual o menor ya que en estas condiciones nuestro ascensor está dentro del funcionamiento normal.

Al momento de la simulación del ascensor a escala realizar de la manera más viable y lógica posible para evitar cualquier distorsión de funcionamiento basado en la programación.

Al finalizar una simulación del ascensor a escala verificar su total desconexión eléctrica para evitar algún cortocircuito sin intención.

Cumplir con el plan de mantenimiento programado anunciado en el capítulo correspondiente para así evitar cualquier discontinuidad de funcionalidad de cualquiera de los sistemas que lo conforman el ascensor a escala además solo de esta manera nuestra maquina cumplirá su ciclo de vida útil.

Bibliografía

Acerosarequipa. 2010. *acerosarequipa.com. acerosarequipa.com.* [En línea] 02 de 02 de 2010. [Citado el: 05 de 10 de 2014.]

http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/docs/CATALOGO_PRODUCTOS.pdf.

Archive. 2009. *Archive.org. Archive.org.* [En línea] 01 de 03 de 2009. [Citado el: 20 de 09 de 2014.] <https://archive.org/details/ec.cpe.018.2000>.

electroprofesor. 2014. *electroprofesor.blogspot. electroprofesor.blogspot.* [En línea] 20 de 05 de 2014. [Citado el: 25 de 09 de 2014.]

<http://electroprofesor.blogspot.com/2013/11/plc-avanzado.html>.

Mitsubishi. 2014. *Mitsubishielectric. Mitsubishielectric.* [En línea] 08 de 08 de 2014. [Citado el: 20 de 09 de 2014.]

<http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/overview/elevators/systems.html>.

Ogata. 1995. *Ingeniería de Control Moderna.* México : Pearson, 1995.

Revesconsult. 2012. *revesconsult.com. revesconsult.com.* [En línea] 20 de 05 de 2012. [Citado el: 25 de 10 de 2014.] <http://www.revesconsult.com/>.

RIVA, Carles. 2002. *Diseño concurrente.* Barcelona : UPC, 2002.

Scribd. 2014. *es.scribd.com. es.scribd.com.* [En línea] 20 de 07 de 2014. [Citado el: 20 de 09 de 2014.] [http://es.scribd.com/doc/50835535/Definicion-de-PLC-y-Characterísticas](http://es.scribd.com/doc/50835535/Definicion-de-PLC-y-Caracteristicas).

