



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

## **DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR DE  
CARGA INDUSTRIAL AUTOMATIZADO TIPO COLUMNA DE  
TRES NIVELES PARA TRANSPORTAR LOS PRODUCTOS  
CERÁMICOS EN LA EMPRESA NOVEL**

**AUTORES: LUIS FRANCISCO BUSTAMANTE SARABIA  
DAVID ANDRÉS EUGENIO SALTOS**

**DIRECTOR: ING. FÉLIX JAVIER MANJARRÉS ARIAS  
CODIRECTOR: ING. WILSON EDMUNDO SÁNCHEZ OCAÑA**

**LATACUNGA  
2015**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERA ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**


Certifico que el trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR DE CARGA INDUSTRIAL AUTOMATIZADO TIPO COLUMNA DE TRES NIVELES PARA TRANSPORTAR LOS PRODUCTOS CERÁMICOS EN LA EMPRESA NOVEL”** realizado por los señores **BUSTAMANTE SARABIA LUIS FRANCISCO y EUGENIO SALTOS DAVID ANDRÉS**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **BUSTAMANTE SARABIA LUIS FRANCISCO y EUGENIO SALTOS DAVID ANDRÉS** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 21 de agosto del 2015.



**Ing. Félix Manjarrés**

**DIRECTOR**



**Ing. Wilson Sánchez**

**CODIRECTOR**




**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERA ELECTROMECAÁNICA**


**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **BUSTAMANTE SARABIA LUIS FRANCISCO** con C.I. **0502889413** y **EUGENIO SALTOS DAVID ANDRÉS** con C.I. **1804477626**, declaro que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR DE CARGA INDUSTRIAL AUTOMATIZADO TIPO COLUMNA DE TRES NIVELES PARA TRANSPORTAR LOS PRODUCTOS CERÁMICOS EN LA EMPRESA NOVEL**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 21 de agosto del 2015.

  
**Bustamante Sarabia Luis Francisco**  
CI. 0502889413

  
**Eugenio Saltos David Andrés**  
CI. 1804477626




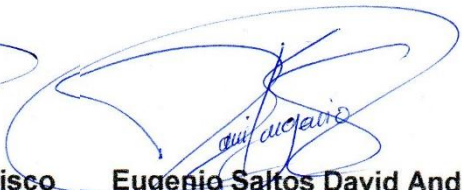
**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **BUSTAMANTE SARABIA LUIS FRANCISCO** y **EUGENIO SALTOS DAVID ANDRÉS**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR DE CARGA INDUSTRIAL AUTOMATIZADO TIPO COLUMNA DE TRES NIVELES PARA TRANSPORTAR LOS PRODUCTOS CERÁMICOS EN LA EMPRESA NOVEL**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 21 de agosto del 2015.

  
**Bustamante Sarabia Luis Francisco**

  
**Eugenio Saltos David Andrés**

**CI. 0502889413** **CI. 1804477626**



## DEDICATORIA

Alcanzar las metas propuestas no hubiese sido posible si en el camino recorrido no se hubiese hallado personas con tanta capacidad intelectual y social, que siempre estuvieron dispuestos a compartir su conocimiento, y de esta manera, aportar a la formación del criterio y personalidad.

Dedicamos este trabajo a nuestros padres y a nuestra familia, ya que han sido los ejes fundamentales para nuestra formación.

**Francisco Bustamante, David Eugenio.**

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros padres que nos dieron el regalo de la vida, un agradecimiento eterno.

Posteriormente a nuestros tutores, Ingeniero Félix Manjarrés e Ingeniero Wilson Sánchez, que han aportado con su conocimiento a la mejor realización del proyecto.

Y como no agradecer al Ing. Jaime Guevara, CEO de la empresa Cerámica Novel, ya que sin su apoyo y consejos, no se hubiese logrado un trabajo con tal alto grado de satisfacción.

**Francisco Bustamante, David Eugenio.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PORTADA.....</b>	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS.....</b>	<b>xviii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xxiv</b>

## CAPÍTULO I

<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Antecedentes .....	2
1.3. Justificación .....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3

## CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. La industria cerámica.....	4

2.2.	Procesos de fabricación de la cerámica.....	5
2.3.	Ascensores industriales .....	6
2.3.1.	Ascensores eléctricos .....	6
2.3.2.	Ascensores hidráulicos .....	7
2.3.3.	Montacargas .....	7
2.4.	Ventaja del empleo de ascensores industriales .....	7
2.5.	Normas para el diseño y construcción de ascensores industriales	8
2.5.1.	Ordenanza municipal #3746 de Latacunga ascensores y elevadores .....	9
2.6.	Diseño estructural .....	14
2.6.1.	Acero.....	14
2.6.2.	Cargas .....	16
a.	Cargas vivas .....	16
b.	Cargas muertas.....	16
2.6.3.	Columnas.....	17
a.	Propiedades de la sección transversal de la columna .....	17
b.	Fijación de un extremo.....	17
c.	Carga crítica.....	18
2.6.4.	Vigas .....	21
a.	Esfuerzo debido a flexión.....	22
b.	Factor de seguridad de la viga .....	22
2.6.5.	Cables.....	22
a.	Tamaño del cable.....	24
2.7.	Diseño de elementos de maquinas .....	25
2.7.1.	Poleas.....	25
a.	Diámetro de la polea .....	25

b.	Perfil de gargantas o canales de la polea .....	26
c.	Material de construcción de la polea.....	27
d.	Presión específica.....	27
e.	Presión específica máxima .....	28
2.7.2.	Amortiguadores.....	28
a.	Amortiguador de acumulación de energía .....	29
2.8.	Diseño y selección de elementos eléctricos.....	30
2.8.1.	Motorreductor.....	31
2.8.2.	Controlador lógico programable .....	32
2.8.3.	Interruptor automático (breaker) .....	33
2.8.4.	Guardamotor.....	34
2.8.5.	Contactores.....	34
2.8.6.	Fusible .....	35
2.8.7.	Sensor final de carrera.....	35
2.8.8.	Pulsadores y botoneras .....	36

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>CASA DE LA CALIDAD .....</b>	<b>37</b>
3.1.	Ingeniería en función de la calidad (QFD).....	37
3.2.	Consideraciones para la determinación de las especificaciones	37
3.2.1.	Situación inicial del sistema .....	39
3.2.2.	Situación final del sistema.....	39
3.3.	Despliegue de la función de la calidad.....	39
3.4.	La casa de la calidad .....	40
3.4.1.	La voz del usuario .....	40
3.4.2.	La voz del ingeniero .....	40

3.5. Diagramas de la casa de la calidad para los procesos seleccionados .....	41
3.5.1. La voz del usuario para la estructura del elevador de carga.....	41
3.5.2. La voz del ingeniero para la estructura del elevador de carga....	41
3.5.3. Diagrama de la casa de la calidad para la estructura del elevador de carga .....	43
a. Prioridades según los valores de la plantilla de la casa de la calidad.....	44
b. Conclusiones de la casa de la calidad para la estructura del elevador de carga .....	44
b.1. Diseño de la estructura .....	44
b.2. Materiales empleados .....	45
b.3. Seguridad en el diseño .....	45
3.5.4. La voz del usuario para el mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga .....	46
3.5.5. La voz del ingeniero para el mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga .....	46
3.5.6. Diagrama de la casa de la calidad para el mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga .....	48
a. Prioridades según los valores de la plantilla de la casa de la calidad.....	49
b. Conclusiones de la casa de la calidad para el mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga .....	49
b.1. Diseño del mecanismo .....	49
b.2. Material empleado.....	50
b.3. Nivel de automatización .....	50
b.4. Exactitud y precisión .....	51

3.5.7. La voz del usuario para el sistema y control eléctrico del elevador de carga .....	51
3.5.8. La voz del ingeniero para el sistema y control eléctrico del elevador de carga .....	51
3.5.9. Diagrama de la casa de la calidad para el sistema y control eléctrico del elevador de carga .....	53
a. Prioridades según los valores de la plantilla de la casa de la calidad.....	54
b. Conclusiones de la casa de la calidad para el sistema y control eléctrico del elevador de carga .....	54
b.1. Diseño del sistema.....	54
b.2. Material empleado.....	54
b.3. Seguridad eléctrica .....	55
3.6. Especificaciones técnicas .....	55
3.7. Análisis funcional .....	59
3.7.1. Definición del análisis funcional .....	59
3.7.2. Análisis de los diagramas funcionales .....	60
3.7.3. Definición modular .....	61
3.8. Selección de alternativas .....	64
3.8.1. Módulo 1 .....	64
3.8.2. Módulo 2 .....	65
3.8.3. Módulo 3 .....	66
3.9. Análisis de alternativas de solución para los módulos .....	67
3.10. Principio de solución .....	68
3.10.1. Evaluación de los principios de solución.....	69
3.11. Conclusión a la casa de la calidad.....	69

## CAPÍTULO IV

<b>4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN.....</b>	<b>71</b>
4.1. Diseño mecánico.....	71
4.1.1. Carga viva.....	72
4.1.2. Carga muerta.....	72
4.1.3. Diseño de la viga.....	74
a. Esfuerzo normal máximo.....	75
b. Esfuerzo debido a la flexión.....	75
4.1.4. Diseño de las columnas.....	76
a. Cálculo de la longitud efectiva.....	78
b. Cálculo del radio de giro de la sección transversal.....	78
c. Cálculo de la carga crítica.....	80
d. Cálculo de la carga admisible.....	81
e. Comparación del peso distribuido con la carga admisible de la columna.....	82
4.1.5. Diseño de las placas base.....	82
4.1.6. Diseño de los pernos de anclaje.....	85
4.1.7. Diseño de los cables de tracción.....	87
4.1.8. Diseño de la polea tractora.....	92
a. Presión específica sobre la garganta de la polea.....	93
b. Presión máxima.....	94
4.1.9. Diseño del amortiguador.....	94
a. Diámetro del alambre del resorte.....	95
b. Diámetro medio del resorte.....	95
4.1.10. Diseño del eje.....	96
a. Sumatoria de fuerzas en el plano $xy$ .....	98



b.	Sumatoria de fuerzas en el plano zx.....	99
4.1.11.	Selección del rodamiento.....	101
a.	Relación carga vida confiabilidad.....	102
4.1.12.	Diseño de la estructura de la cabina.....	103
a.	Diseño de las vigas.....	103
b.	DISEÑO DE LAS COLUMNAS.....	104
4.2.	Diseño eléctrico.....	105
4.2.1.	Calculo de la potencia del motor.....	105
4.2.2.	SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES PARA CONEXIÓN DEL MOTORREDUCTOR.....	107
4.2.3.	Selección del breaker de alimentación.....	108
4.2.4.	Selección del guardamotor.....	108
4.2.5.	Selección de los contactores.....	109
4.2.6.	Selección del fusible.....	109
4.2.7.	Selección de los sensores finales de carrera.....	110
4.2.8.	Selección del controlador lógico programable.....	110

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>DISEÑO ASISTIDO POR SOFTWARE.....</b>	<b>111</b>
5.1.	Diseño asistido por el software RISA 3d versión académica ....	111
5.1.1.	Resultado de la simulación para la viga principal.....	113
5.1.2.	Resultado de la simulación para una sección..... de la columna principal.....	115
5.1.3.	Resultado de la simulación para una sección..... de la columna secundaria.....	117
5.1.4.	Resultado de la simulación para los arrostros.....	119
5.1.5.	Análisis de resultados para la estructura de la cabina.....	121

5.2.	Diseño asistido por el software inventor versión académica.....	125
5.2.1.	Diseño y simulación de elementos externos a la..... estructura empleando la plataforma de inventor..... versión académica .....	127
a.	Diseño del eje .....	127
a.1.	Resultados de la simulación para el eje.....	127
b.	Diseño y simulación de la polea.....	129
5.3.	Determinación de la convergencia en el software..... ansys inc. versión académica aplicada a una viga heb 100.....	130
5.3.1.	Validación de la malla generada por el software ansys inc.....	130
5.4.	Simulación de la estructura del elevador asistida..... por el software Ansys inc. versión académica .....	135
5.5.	Simulación de la estructura de la cabina asistida..... por el software ansys inc. versión académica .....	141

## **CAPITULO VI**

<b>6.</b>	<b>PROCESO DE MANUFACTURA Y MONTAJE.....</b>	<b>144</b>
6.1.	Cursograma sinóptico de la construcción .....	146

## **CAPITULO VII**

<b>7.</b>	<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS.....</b>	<b>159</b>
-----------	----------------------------------	------------

## **CAPÍTULO VIII**

<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>160</b>
8.1.	Inversión inicial del sistema elevador de carga.....	162
8.2.	Estudio del costo generado por el proceso manual .....	163
8.3.	Período de recuperación de la inversión.....	164

8.3.1. Flujo de caja.....	164
a. Valor presente neto (vpn).....	166
b. Tasa interna de retorno.....	166
c. Análisis del costo beneficio.....	167

## **CAPÍTULO IX**

### **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 168**

9.1. Conclusiones .....	168
-------------------------	-----

9.2. Recomendaciones .....	169
----------------------------	-----

### **BIBLIOGRAFÍA ..... 172**

### **LINKOGRAFÍA ..... 173**

### **ANEXOS..... 174**

#### **A. PROPIEDADES MECÁNICAS**

A.1 Momento respecto a los ejes para perfil HEB

A.2 Resistencias De Pernos Y Tuercas

A.3 Equivalencias Pernos Pulgadas Normas SAE

A.4 Datos Para Cable De Acero

A.5 Catálogo De Cables De Acero

A.6 Momento Respecto A Los Ejes Para Tubo Estructural Cuadrado

#### **B. MANUAL DE MANTENIMIENTO**

#### **C. MANUAL DE OPERACIÓN**

### **CERTIFICACIÓN..... 175**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ventajas del acero como material estructural.....	15
Tabla 2	Propiedades de los aceros estructurales .....	16
Tabla 3	Prioridades de la casa de la calidad para la..... estructura del elevador de carga.....	44
Tabla 4	Prioridades de la casa de la calidad para el..... mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga	49
Tabla 5	Prioridades de la casa de la calidad para el control..... eléctrico del elevador de carga .....	54
Tabla 6	Especificaciones técnicas para la estructura..... del elevador de carga.....	56
Tabla 7	Especificaciones técnicas para el mecanismo..... de ascenso/descenso del elevador de carga .....	57
Tabla 8	Especificaciones técnicas para el sistema y control..... eléctrico del elevador de carga .....	58
Tabla 9	Alternativas de solución al módulo 1 .....	64
Tabla 10	Alternativas de solución al módulo 2 .....	65
Tabla 11	Alternativas de solución al módulo 3 .....	66
Tabla 12	Valoración de alternativas para diseño..... estructural calificación.....	67
Tabla 13	Valoración de alternativas para mecanismo..... de transporte.....	67
Tabla 14	Valoración de alternativas para sistema eléctrico.....	68
Tabla 15	Comparación de valoraciones.....	68
Tabla 16	Elementos fijos para carga muerta .....	73
Tabla 17	Conversión de unidades .....	88
Tabla 18	Datos técnicos para el diseño de la cabina.....	103
Tabla 19	Resultado de los cálculos para el diseño de la viga .....	104
Tabla 20	Resultado de los cálculos para el diseño..... de las columnas.....	104
Tabla 21	Resultado de los esfuerzos generados .....	104
Tabla 22	Motor disponible en el mercado.....	107

<b>Tabla 23</b>	<b>Especificaciones Conductor Multipolar de Cobre .....</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 24</b>	<b>Selección del breaker.....</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 25</b>	<b>Propiedades del Guardamotor .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 26</b>	<b>Propiedades del contactor.....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 27</b>	<b>Características Microswitch .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 28</b>	<b>Características SIEMENS Micro LOGO 230RC.....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 29</b>	<b>Perfiles seleccionados para el diseño de la..... geometría del elevador de carga .....</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 30</b>	<b>Valores máximos para relación de esbeltez.....</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 31</b>	<b>Comparación de las soluciones del factor..... de seguridad .....</b>	<b>134</b>
<b>Tabla 32</b>	<b>Operaciones tecnológicas para la construcción .....</b>	<b>145</b>
<b>Tabla 33</b>	<b>Simbología para el cursograma sinóptico..... de la construcción .....</b>	<b>146</b>
<b>Tabla 34</b>	<b>Ítems analizados en el protocolo de pruebas .....</b>	<b>159</b>
<b>Tabla 35</b>	<b>Costos directos generados por el diseño mecánico .....</b>	<b>160</b>
<b>Tabla 36</b>	<b>Costos directos del proceso de maquinado .....</b>	<b>160</b>
<b>Tabla 37</b>	<b>Costos directos generados por el diseño eléctrico.....</b>	<b>161</b>
<b>Tabla 38</b>	<b>Costo directo total .....</b>	<b>161</b>
<b>Tabla 39</b>	<b>Costo indirecto parcial.....</b>	<b>162</b>
<b>Tabla 40</b>	<b>Costo indirecto total.....</b>	<b>162</b>
<b>Tabla 41</b>	<b>Costos de la inversión inicial .....</b>	<b>162</b>
<b>Tabla 42</b>	<b>Proceso de transporte de productos por..... parte del obrero .....</b>	<b>163</b>
<b>Tabla 43</b>	<b>Cuadro de amortización de préstamos.....</b>	<b>165</b>
<b>Tabla 44</b>	<b>Tasa de interés para producto empresarial.....</b>	<b>165</b>
<b>Tabla 45</b>	<b>Valores de TIR.....</b>	<b>167</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Figura 1</b>	<b>Proceso de fabricación de la cerámica .....</b>	<b>5</b>
<b>Figura 2</b>	<b>Valor de k para longitud efectiva .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 3</b>	<b>Constitución de un cable de acero .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4</b>	<b>Constitución de un cable de acero .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 5</b>	<b>Los tres perfiles de gargantas empleados comúnmente ..</b>	<b>26</b>
<b>Figura 6</b>	<b>Diagrama de la Casa de la Calidad..... para la Estructura del Elevador de Carga.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 7</b>	<b>Diagrama de la Casa de la Calidad para el Mecanismo..... de Ascenso/Descenso del Elevador de Carga .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 8</b>	<b>Diagrama de la Casa de la Calidad para el..... Sistema y Control Eléctrico del Elevador de Carga.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 9</b>	<b>Simbología de módulos en interfaces.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 10</b>	<b>Nivel cero o función global para el diagrama funcional ..</b>	<b>61</b>
<b>Figura 11</b>	<b>Diagrama Funcional .....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 12</b>	<b>Estructura Funcional .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 13</b>	<b>Solución de la alternativa 2 para el sistema de elevación</b>	<b>70</b>
<b>Figura 14</b>	<b>Espacio técnico designado para el trabajo.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 15</b>	<b>Dimensiones de la vista de planta para el..... diseño estructural.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 16</b>	<b>Diagrama de cargas .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 17</b>	<b>Diagrama de fuerza cortante .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 18</b>	<b>Diagrama de momento.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 19</b>	<b>Columna primaria.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 20</b>	<b>Sección transversal de perfiles estructurales .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 21</b>	<b>Recomendación técnica para el diseño de la placa base</b>	<b>82</b>
<b>Figura 22</b>	<b>Diagrama de cuerpo libre .....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 23</b>	<b>Requerimiento de diseño para la polea.....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 24</b>	<b>Parámetros de diseño.....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 25</b>	<b>Ubicación de las poleas en el eje .....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 26</b>	<b>Diagrama de cuerpo libre .....</b>	<b>97</b>

Figura 27 Determinación de momento de torsión.....	
en la polea A y polea B.....	97
Figura 28 Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante .....	99
Figura 29 Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante ....	100
Figura 30 Vista superior preliminar al diseño de la.....	
estructura para la cabina .....	103
Figura 31 Diagrama de cuerpo libre .....	105
Figura 32 Diseño estructural del sistema de.....	
elevación con soportes fijos y carga viva de 1900 [kg]	112
Figura 33 Fuerza puntual aplicada a la viga principal .....	113
Figura 34 Resultados para simulación de la viga cuando.....	
se aplica carga puntual .....	114
Figura 35 Columna principal.....	115
Figura 36 Resultados para simulación de la columna principal....	116
Figura 37 Columnas secundarias.....	117
Figura 38 Resultados para simulación de la columna secundaria	118
Figura 39 Arrostramientos .....	119
Figura 40 Resultados para simulación de los arrostramientos .....	120
Figura 41 Diseño preliminar de la cabina .....	121
Figura 42 Resultados para simulación de las vigas de la cabina..	122
Figura 43 Resultados para simulación de las.....	
columnas de la cabina .....	123
Figura 44 Resultados para simulación de los.....	
arrostramientos de la cabina.....	124
Figura 45 Diseño para la estructura del sistema elevador .....	125
Figura 46 Diseño para la estructura de la cabina.....	126
Figura 47 Diseño del eje en software inventor .....	127
Figura 48 Diagrama de la fuerza de corte .....	127
Figura 49 Diagrama del momento flector.....	128
Figura 50 Valor máximo de deformación por flexión.....	128
Figura 51 Diseño de la polea.....	129
Figura 52 Presión máxima admitida .....	129

<b>Figura 53 Diagrama de cargas .....</b>	<b>131</b>
<b>Figura 54 Diagrama de fuerza cortante .....</b>	<b>131</b>
<b>Figura 55 Diagrama de momento.....</b>	<b>131</b>
<b>Figura 56 Mallado del perfil HEB 100 con precisión.....</b> <b>de 0,1 metros.....</b>	<b>132</b>
<b>Figura 57 Resultado del factor de seguridad.....</b> <b>con precisión de 0,1 metros .....</b>	<b>132</b>
<b>Figura 58 Mallado del perfil HEB 100 con.....</b> <b>precisión de 0,01 metros.....</b>	<b>133</b>
<b>Figura 59 Resultado del factor de seguridad.....</b> <b>con precisión de 0,01 metros .....</b>	<b>133</b>
<b>Figura 60 Mallado del perfil HEB 100 con.....</b> <b>precisión de 0,08 metros.....</b>	<b>133</b>
<b>Figura 61 Resultado del factor de seguridad.....</b> <b>con precisión de 0,08 metros .....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 62 Módulos empleados para la simulación estructural ....</b>	<b>135</b>
<b>Figura 63 Definición de fuerzas sobre las vigas principales .....</b>	<b>136</b>
<b>Figura 64 Soportes distribuidos en cada.....</b> <b>columna de la estructura .....</b>	<b>136</b>
<b>Figura 65 Deformación elástica equivalente .....</b>	<b>137</b>
<b>Figura 66 Deformación direccional en el eje y.....</b>	<b>137</b>
<b>Figura 67 Esfuerzo equivalente, Teoría de Von Mises.....</b>	<b>138</b>
<b>Figura 68 Factor de seguridad.....</b>	<b>138</b>
<b>Figura 69 Deformación total en el análisis modal.....</b>	<b>139</b>
<b>Figura 70 Deformación total en el análisis de la.....</b> <b>respuesta armónica.....</b>	<b>139</b>
<b>Figura 71 Deformación elástica máxima.....</b>	<b>140</b>
<b>Figura 72 Diseño de la estructura para la cabina.....</b>	<b>141</b>
<b>Figura 73 Definición de las fuerzas que actúan sobre la cabina ...</b>	<b>141</b>
<b>Figura 74 Deformación total máxima .....</b>	<b>142</b>
<b>Figura 75 Deformación elástica equivalente .....</b>	<b>142</b>
<b>Figura 76 Esfuerzo máximo, teoría de Von Mises .....</b>	<b>143</b>



<b>Figura 77 Factor de seguridad.....</b>	<b>143</b>
<b>Figura 78 Proceso de construcción .....</b>	<b>145</b>
<b>Figura 79 Preparación de la fosa.....</b>	<b>147</b>
<b>Figura 80 Preparación de las placas base .....</b>	<b>147</b>
<b>Figura 81 Preparación de columnas y montaje .....</b>	<b>148</b>
<b>Figura 82 Preparación y montaje de vigas principales.....</b>	<b>148</b>
<b>Figura 83 Preparación de la cabina .....</b>	<b>149</b>
<b>Figura 84 Montaje del motorreductor .....</b>	<b>149</b>
<b>Figura 85 Montaje de la cabina .....</b>	<b>150</b>
<b>Figura 86 Dimensiones del espacio de trabajo .....</b>	<b>150</b>
<b>Figura 87 Hueco de la fosa y endurecimiento del piso.....</b>	<b>151</b>
<b>Figura 88 Cimentación.....</b>	<b>151</b>
<b>Figura 89 Amarre de la varilla y posicionamiento.....</b>	<b>152</b>
<b>de las placas base .....</b>	<b>152</b>
<b>Figura 90 Fosa terminada.....</b>	<b>152</b>
<b>Figura 91 Colocación de las columnas .....</b>	<b>153</b>
<b>Figura 92 Desarrollo de la estructura.....</b>	<b>153</b>
<b>Figura 93 Estructura terminada, ducto principal y.....</b>	<b>154</b>
<b>ducto secundario.....</b>	<b>154</b>
<b>Figura 94 Construcción de la cabina.....</b>	<b>154</b>
<b>Figura 95 Cabina en fases finales de construcción .....</b>	<b>155</b>
<b>Figura 96 Ruedas guía para rigidizar el deslizamiento.....</b>	<b>155</b>
<b>de la cabina .....</b>	<b>155</b>
<b>Figura 97 Selección de rodamientos, SKF de.....</b>	<b>155</b>
<b>3 in de diámetro interno .....</b>	<b>155</b>
<b>Figura 98 Adaptación de amortiguadores .....</b>	<b>156</b>
<b>Figura 99 Selección e implementación de eje,.....</b>	<b>156</b>
<b>poleas y chumaceras .....</b>	<b>156</b>
<b>Figura 100 Instalación de sistema transferidor de movimiento.....</b>	<b>156</b>
<b>Figura 101 Instalación de los cables de tracción.....</b>	<b>157</b>
<b>en conjunto con el guarda cable .....</b>	<b>157</b>
<b>Figura 102 Instalación de los grilletes .....</b>	<b>157</b>

<b>Figura 103 Selección del motorreductor.....</b>	<b>158</b>
<b>Figura 104 Instalación de elementos de potencia.....</b>	<b>158</b>
<b>Figura 105 Instalación de elementos de control .....</b>	<b>158</b>

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR DE CARGA INDUSTRIAL AUTOMATIZADO TIPO COLUMNA DE TRES NIVELES PARA TRANSPORTAR LOS PRODUCTOS CERÁMICOS EN LA EMPRESA NOVEL”. Previo al diseño se ha realizado el estudio técnico de factores que intervienen en el requerimiento de la implementación de un elevador de carga, tales como el tiempo de producción, la mano de obra, la calidad del producto, el impacto económico. Es esta la razón por la cual se crea el llamado fenómeno “cuello de botella”, pues el transporte de piezas en proceso, de un lugar a otro, conlleva mucho tiempo, lo cual se traduce en pérdidas para la empresa, pues no se puede iniciar un proceso hasta finalizar el anterior. El diseño se basa en el desarrollo de un elevador de carga para evitar utilizar los escalones, y así, poder transportar las piezas de cerámica en menos de la mitad del tiempo empleado por un obrero al hacer su trabajo habitual. El diseño mecánico debe cumplir normas técnicas, de igual manera tender a lograr factores de diseño de 3 a 4, para asegurar la integridad humana en caso de que el uso por parte del personal sea requerido. Se hace énfasis al trabajo de investigación en las fuentes de estudio que sean necesarias, pues se debe consultar las normas técnicas que rigen un trabajo de diseño de estructuras metálicas, tanto a nivel nacional como a nivel internacional, lo cual permitirá relacionar los requerimientos técnicos con los equipos disponibles en el mercado. El proyecto consta también de la parte de control eléctrico, el cual se va a apoyar en la programación de PLC’s para permitir el control de recorrido de la cabina entre las diferentes plantas del edificio.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **ASCENSORES**
- **CERÁMICA – INDUSTRIA**
- **DISEÑO CONCURRENTE**

## **ABSTRACT**

This project consists of the " DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR DE CARGA INDUSTRIAL AUTOMATIZADO TIPO COLUMNA DE TRES NIVELES PARA TRANSPORTAR LOS PRODUCTOS CERÁMICOS EN LA EMPRESA NOVEL ". Prior to design it has made the technical study of factors involved in implementing the requirement of a forklift, such as production time, labor, product quality, economic impact. Is this the reason why you create the phenomenon called "bottleneck" for the transportation of parts in process, from one place to another takes a long time, which results in losses for the company because it can not be initiate a process to finish before. The design is based on the development of a forklift to avoid using the steps, and thus able to transport the ceramic pieces in less than half the time spent by a worker to do their usual work. The mechanical design must meet technical requirements, likewise tend to achieve design factors 3 and 4 to ensure human integrity if use by staff required. emphasis on research in the sources of study necessary It becomes, therefore you should consult the technical rules governing design work of metal structures, both nationally and internationally, which will link the technical requirements with the equipment available on the market. The project also consists of the electrical control part, which is to support the programming of PLCs to allow control of travel of the car between the different floors.

### **KEYWORDS:**

- **ELEVATORS**
- **CERAMIC – INDUSTRY**
- **CONCURRENT DESIGN**

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. Planteamiento del problema

La Empresa Novel está ubicada en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, sector El Calvario; tiene como enfoque de producción la manufactura de piezas de cerámica, empleando la mano de obra humana, es decir, personas que realizan el proceso de producción en diferentes etapas, moldeado, horneado y decorado.

Las instalaciones de la empresa consta de un edificio de tres plantas; en la primera planta se realiza el vaciado de los moldes de cerámica, mediante lo cual se obtiene la forma deseada, a continuación el molde es llevado al horno para ser expuesto a altas temperaturas y así obtener el producto con propiedades de dureza, posteriormente se transporta la pieza a la segunda planta para realizar el lacado, decorado y acabados de pintura; a continuación el producto final es embodegado en la tercera planta.

La matriz de la producción de cerámica requiere 50 piezas para iniciar el proceso de pintura, y debido a que el transporte del producto a través de las escaleras lo realiza un obrero, se origina pérdidas económicas, de calidad y de tiempo; dando lugar al efecto llamado “cuello de botella” en los procesos de fabricación. Dicha situación es entonces la causa que afecta directamente al tiempo, costo y calidad de producción, ya que depende prácticamente de la capacidad física del obrero para transportar un número determinado de piezas, por lo cual se pierde tiempo de elaboración y existe degradación física del producto, debido a manchas o deformidades causadas por la manipulación.

## **1.2. Antecedentes**

El desarrollo industrial, sitúa en desventaja a las empresas artesanales, esto frente a una competencia que en su mayoría emplea tecnología de punta, para así satisfacer las exigencias del mercado nacional y extranjero.

La fuerza humana es el recurso mayor de las empresas artesanales, con lo cual buscan mantener el mercado que han ganado con la calidad de su producto y con la experiencia obtenida a través del empirismo en el transcurso de los años de trabajo, pero el hecho de que la globalización abarque cada vez con mayor porcentaje a países del tercer mundo, permite que la visión hacia una era industrializada sea real, obligando a que las fábricas busquen automatizar sus procesos de producción, elevando entonces los niveles de productividad.

La Empresa Novel, es una industria artesanal que se encarga de fabricar la línea de productos cerámicos, buscando mantener la gama de servicios estéticos y actualizados.

Los productos de la Empresa Novel tienen un enfoque funcional y estético, es decir, ofrece productos que el cliente no solo los emplea para una función específica, sino también que buscan contribuir a la mejora del decorado en el lugar donde van a ser exhibidos, para lo cual se emplea formas y colores llamativos al sentido visual.

## **1.3. Justificación**

El desarrollo tecnológico motiva a que las empresas propongan objetivos para alcanzar niveles elevados en los estándares de calidad, de tal manera que se pueda mejorar la productividad en las industrias y así tener mayor oportunidad de consolidarse en el mercado industrial, siendo factible realizar inversiones sustanciales en los procesos de manufactura para lograr satisfacer las necesidades del cliente y elevar el flujo de ventas.

Convertirse en un proveedor líder en el mercado nacional e internacional es la misión y visión de la empresa Novel, para alcanzar estos objetivos se analiza la automatización de los procesos, logrando entonces pasar a formar parte de las empresas artesanales que no han desaparecido en el auge industrial e intenta innovar y extender los procesos de producción, empleando técnicas que pueden competir con estándares técnicos.

El empleo de los conocimientos en el área de diseño de elementos de máquinas para hallar una solución del sistema elevador, no solo va a resolver el requerimiento de la empresa, sino que también va a permitir el enriquecimiento práctico al aplicar la teoría académica en sistemas reales.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Implementar un sistema transportador de carga que permita movilizar el producto final desde un nivel inferior hacia un nivel superior y viceversa.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar el desarrollo de la función de la calidad para el sistema transportador de carga.
- Seleccionar los elementos estructurales, mecánicos y eléctricos necesarios para la implementación del sistema elevador de carga, basados en la ingeniería.
- Diseñar, construir e implementar el sistema elevador de carga, para transportar los productos elaborados en la empresa Novel.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. La industria cerámica**

Se denomina producto cerámico al material formado por compuestos no metálicos, en cuya estructura pueden existir contenidos orgánicos, que posteriormente serán estabilizados mediante un proceso de cocción. En un principio, los productos cerámicos eran utilizados en su totalidad como recipientes para almacenar alimentos sólidos o líquidos, posteriormente su acabado vidriado le otorgaba un atractivo estético, por lo cual fue empleado para plasmar caracteres simbólicos en el área de la religión y la sociedad, al igual que para productos de la construcción, como ladrillos, tejas, baldosa.

Gracias a las propiedades que presenta la composición cerámica, se la empieza a utilizar en la industria como aislante eléctrico debido a sus peculios de baja conductividad eléctrica, como aislante térmico por su resistencia a las altas temperaturas, en motores por su resistencia a la abrasión, vibración y corrosión; y así en varios campos de la manufactura como, pavimentación, construcción, decoración, alimentación, etcétera.

Empresas transnacionales cuyas matrices se encuentran en países como Alemania, Brasil, Japón; presentan un enfoque claro acerca de sus objetivos en el mercado de la cerámica, lo cual les permite tener una visión más amplia sobre la automatización industrial al momento de facilitar el trabajo manual, con el fin de mejorar los índices de fabricación de su producto.

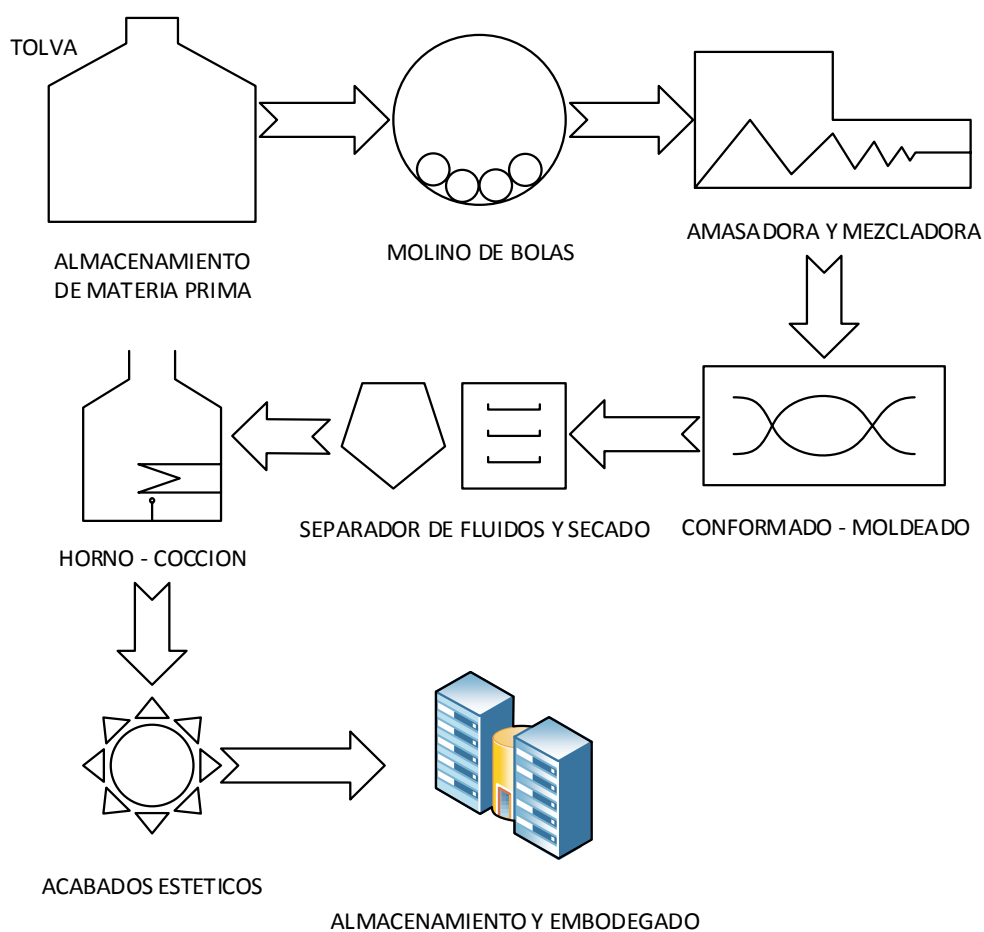
La situación actual en Ecuador, da como resultado altos números de empresas artesanales, sobretodo en la industria cerámica, pues al no necesitar cubrir un exigente mercado de demanda, ocasiona que las empresas no tengan la necesidad de actualizar su tecnología, pues la mano de obra humana es suficiente para cubrir la cuota anual de producción.



En el país se comercializa, en su gran mayoría, cerámica para la construcción, tales como losas decorativas, baldosas, porcelana, sanitarios, ladrillos; en el área decorativa floreros, platos; entre otras cosas.

## 2.2. Procesos de fabricación de la cerámica

El proceso de fabricación de productos cerámicos lleva un estándar común, sin embargo y dependiendo de la empresa, presenta variaciones en el tipo de horno, el origen y calidad de materia prima, las diversas formas, tamaños y colores del producto final, entre otras. En la figura 2.1 se presenta el proceso general para la fabricación de la cerámica.



**Figura 1 Proceso de fabricación de la cerámica**

El gráfico muestra el proceso general que se ejecuta para la manufactura de productos cerámicos; empieza en la adquisición de la materia prima, que puede venir de diferentes partes del continente, ya que existe variedad en calidad de material que en este caso es la arcilla; depende de cada empresa la condición en la que almacenan la materia prima.

A continuación, mediante un proceso manual o automático se lleva la materia prima a la molienda y con la ayuda de una máquina adecuada, en conjunto con cierta cantidad de agua, se reduce la arcilla de materia sólida a líquida, quedando lista para pasar al siguiente proceso.

Posteriormente, en la mezcladora se evita que el material, ahora líquido, se solidifique, de esta manera poder continuar con el proceso de conformado o moldeado, en el cual se realiza el vaciado del material líquido en las matrices, para que después del secado se obtenga la forma final del producto cerámico.

El siguiente proceso involucra el horno, en donde las piezas son expuestas a temperaturas de hasta 1100 grados centígrados, logrando de esta manera transformar los minerales de la arcilla en cerámica.

Por último se aplica técnicas de decoración, mediante impresión de calcomanías, pintura manual u otras formas de decoración estética.

## **2.3. Ascensores industriales**

### **2.3.1. Ascensores eléctricos**

El cuarto de máquinas de un ascensor eléctrico esta generalmente constituido por un motor eléctrico, acoplado a una caja reductora de velocidad con o sin freno, en el eje del reductor va instalada la polea con sus respectivos canales, en donde se ajusta perfectamente los cables de arrastre, o de otra manera, sustituyendo a la polea acanalada, se instala un tambor que se encargara de enrollar el cable que sujeta a la cabina.

Los motores de corriente alterna son los más empleados en las instalaciones de los ascensores eléctricos, en conjunto con un variador de frecuencia; o puede también ser motores de dos velocidades, y en casos muy especiales se utilizan los motores de corriente continua.

### **2.3.2. Ascensores hidráulicos**

El ascensor hidráulico, aplicado al transporte vertical, fue el origen de los elevadores, aunque en los últimos años fue considerado como un método caduco.

Pero la tecnología ha permitido modernizar los equipos hidráulicos, dando lugar a que vuelva a ser empleado en su gran mayoría para elevadores de automóviles, en la industria como montacargas e incluso en edificios de pequeña altura. Su técnica se basa en una central hidráulica formado por un cilindro en conjunto con un pistón, la cabina y el cuarto de máquinas.

### **2.3.3. Montacargas**

La única diferencia entre un montacargas y un ascensor son sus dimensiones, pues la cabina, en su mayoría de instalaciones, no está preparada para el transporte de pasajeros; y si tiene dimensiones grandes, su configuración no asegura la integridad de las personas, pues está dedicado solamente al transporte de carga.

## **2.4. Ventaja del empleo de ascensores industriales**

El empleo de los ascensores se ha popularizado desde el inicio de su invención, adaptando las seguridades que hacen que el usuario se sienta más cómodo y confiado de abordar un sistema de transporte vertical.

El problema que trascendieron con la instalación de los primeros ascensores, radica en que los edificios limitaban su altura debido a que el usuario se sentía agobiado con el hecho de subir gradas de larga distancia, entonces al reducir tiempo y esfuerzo, se eliminó prácticamente el límite de altura para la construcción de edificaciones, existiendo actualmente, construcciones con altura de hasta 1 km.

La mayor ventaja del empleo de ascensores industriales, es que justamente su uso esta aplicado al campo de la manufactura, pudiendo así transportar cargas de grandes proporciones, eliminando los cuellos de botella originados por emplear grandes cantidades de tiempo al tener que desplazar cargas pesadas, evitando el uso excesivo de personal humano y cuidando sobretodo la integridad física del obrero en cuestión de seguridad industrial, para evitar las enfermedades laborales que se puedan ocasionar debido al levantamiento repetitivo de pesos muertos.

## **2.5. Normas para el diseño y construcción de ascensores industriales**

La normativa y reglamentación aplicada para el diseño y construcción de elevadores a nivel industrial, son leyes que se encuentran en vigencia en la Republica de Ecuador hasta la presente fecha, con revisiones constantes y adecuaciones en relación a las tecnologías actuales, entre los principales estatutos se enuncian las siguientes.

- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC); Capítulo 2 y Capítulo 5.
- Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 095 “Ascensores, escaleras mecánicas y andenes móviles”.
- Código de Seguridad de Ascensores para Pasajeros. CPE INEN 18:2000

### **2.5.1. Ordenanza municipal #3746 de Latacunga ascensores y elevadores**

Art. 82.- Ascensores.- Es obligatoria la instalación de ascensores en edificios cuya altura sea superior a cinco (5) pisos, que se considerará desde el subsuelo en caso de haberlo. Se exonera de esta obligación a las edificaciones existentes que acogándose a la zonificación vigente, presenten proyectos modificatorios o ampliatorios hasta seis (6) pisos incluido subsuelos.

En edificios de estacionamiento de más de tres plantas, incluyendo planta baja, deberán instalarse ascensores.

Art. 83.- Cálculo de los ascensores.- El número, capacidad y velocidad de los ascensores se calculará en función del tipo de edificación, del uso de suelo, estimación de la población, capacidad de transporte y tiempo de espera.

Art. 84.- Características generales de los ascensores.- En edificios públicos, el espacio para embarque y desembarque debe tener un área mínima de 1,50m x 1,50m. En condiciones simétricas y centradas a la puerta.

En caso de que el ascensor tenga puertas batientes, la dimensión del espacio exterior frente al ascensor, se definirá por la posibilidad de inscribir un círculo de 1,20 m de diámetro en el área libre del barrido de la puerta. El piso de ingreso al ascensor debe estar señalizado mediante pavimento texturizado con un área mínima de 1,2m x 1,20m.

El pozo de ascensores debe garantizar:

- Que tan sólo las personas debidamente autorizadas puedan ingresar a éste para realizar trabajos de instalación, inspección, reparación, mantenimiento o modernización del ascensor.
- El pozo del ascensor debe prever medios o sistemas que eviten la acumulación de humo o gases calientes en caso de incendio.

- Se prohíbe ubicar dentro del pozo elementos, accesorios y materiales de naturaleza ajena a los ascensores.
- El foso debe mantenerse permanentemente limpio y no puede ser utilizado como depósito de basura.
- Entre pozos de ascensores adyacentes, en los cuales no existan paredes divisorias que separen un pozo de otro, debe existir una separación en la parte inferior del foso (malla o pared) con altura mínima de 2,5m.
- El foso debe construirse o recubrirse con materiales impermeabilizantes y disponer de sistemas de drenaje que impidan la acumulación de agua.
- El fondo del foso debe ser construido para soportar y garantizar las cargas y reacciones establecidas por el fabricante del ascensor.
- No deben existir en el pozo y foso, elementos constructivos estructurales o de cualquier otra naturaleza, que impidan la correcta instalación y operación de los distintos dispositivos de los ascensores.

La sala de máquinas debe:

- Mantenerse permanentemente limpia y no puede ser usada como depósito de basura, bodegaje y otros fines.
- No puede ser lugar de tránsito para acceder a otras áreas.
- Los accesos y sala de máquinas deben ser iluminados por uno o varios dispositivos eléctricos, instalados permanentemente.
- Deben estar ventiladas, garantizando la evacuación del calor emitido por el equipo, según las especificaciones técnicas del fabricante. Deben protegerse de vapores nocivos y humedad.
- La estructura será diseñada de acuerdo a las características requeridas por el fabricante.

- Se prohíbe dentro de la sala de máquinas, elementos, accesorios, materiales e instalaciones ajenos a los ascensores.

La cabina:

- El sistema operativo del ascensor no debe permitir que la puerta se abra mientras esté en movimiento y fuera de la zona y velocidad de nivelación.
- El sistema operativo del ascensor no debe permitir que éste arranque mientras la puerta de cabina se encuentre abierta.
- Las paredes, piso y techo deben encontrarse siempre en buen estado, sin presentar desgaste o deterioro excesivos.
- Todo ascensor debe poseer una alarma, la cual puede ser accionada por energía normal o por un sistema auto soportante.
- Toda cabina de ascensor debe tener iluminación adecuada e ininterrumpida durante el funcionamiento del elevador.
- Todo ascensor debe estar provisto de una fuente de energía recargable automática en caso de interrupción de la energía eléctrica regular.
- Las cabinas que tengan elementos de vidrio, como paredes o puertas, deben utilizar vidrios de seguridad.
- En la cabina no debe haber alarmas, ni dispositivos de seguridad sin operar, contactos de puertas puenteados, puertas que se arrastren o rocen, ni zapatas y rolletes de puertas desgastadas.
- Para permitir la salida de los pasajeros en el caso de parada imprevista, debe ser posible abrir o entreabrir manualmente la puerta de cabina.
- Todo ascensor debe mantener, en el lugar más visible, la placa en la que se establece la carga máxima que el elevador puede levantar, con letras de altura no menor a 6,5mm.

En esta placa se indicará el número de pasajeros que puede transportar el ascensor y la marca de fábrica.

- Toda cabina panorámica que tenga sus paredes laterales o posteriores de vidrio, debe ser provista de un pasamano para protección del pasajero.
- Las dimensiones mínimas libres interiores de la cabina del ascensor deben ser 1,20m de fondo y 1,00m de ancho, para permitir alojar a una silla de ruedas y a un eventual acompañante. Cuando el lado de la puerta de la cabina no coincide con el lado de la puerta de la parada, las dimensiones mínimas deben ser de 1,20m x 1,40m. para permitir el libre giro de la silla de ruedas.
- Los tableros de control de ascensores y las instalaciones eléctricas, se instalarán de acuerdo a las específicas técnicas de cada fabricante.

Art. 85.- Montacargas.- Los elevadores de servicio, de carga y vehiculares cumplirán con todo lo especificado para ascensores en lo que les fuere aplicable, y además respetarán las siguientes condiciones:

- Dispondrán de acceso propio, independiente y separado de los pasillos, pasajes, o espacios para accesos a elevadores de pasajeros.
- No podrán usarse para transporte de pasajeros, a no ser sus propios operadores.
- Podrán desplazarse vertical y horizontalmente o de manera combinada.
- Los tipos no usuales de montacargas, además de cumplir las condiciones anteriores, deberán garantizar la absoluta seguridad de servicio.



- En el caso de edificaciones que alberguen más de 30 vehículos, y que únicamente solucionen el acceso vehicular con elevadores, se requerirán dos unidades como mínimo, para asegurar la salida vehicular en caso de mantenimiento o daño.

Art. 86.- Instalación y mantenimiento.- La instalación y mantenimiento de ascensores y montacargas deberá realizarse por personas naturales, jurídicas o empresas registradas en el Municipio de Latacunga a través de su respectiva licencia de funcionamiento, y calificadas por el Cuerpo Metropolitano de Bomberos.

La Municipalidad contará con el registro de las empresas calificadas para instalar y prestar el servicio de mantenimiento y será la encargada de conformar el inventario de edificaciones que cuentan con instalación de ascensores, y otorgará la certificación de instalación y mantenimiento de ascensores.

El mantenimiento de los ascensores debe ser preventivo o correctivo. El mantenimiento preventivo se lo debe realizar periódicamente, de acuerdo a las normas establecidas por el fabricante del ascensor.

El mantenimiento correctivo por reparaciones o sustitución de piezas implica dejar fuera de servicio el ascensor hasta su reparación.

Cuando se lo requiera, la Municipalidad y el Cuerpo de Bomberos, podrán exigir al propietario o administrador del edificio, la presentación de la certificación actualizada del correcto mantenimiento; copia de la cual debe ser exhibida en la parte más visible del nivel principal de ingreso.

En todo ascensor sometido a mantenimiento debe colocarse, en la parte más visible de la cabina, una placa que contenga la marca de fábrica del ascensor, nombre de la empresa responsable del mantenimiento, teléfonos de emergencia.

Cuando se realice un trabajo de mantenimiento a ascensores, se debe colocar un letrero de por lo menos 10 por 30cm, en la parte más visible del nivel principal de ingreso, que indique “EL MANTENIMIENTO”, y por tanto fuera de servicio.

Si durante el servicio de mantenimiento se comprueba que una o más partes del ascensor no pueden ser reparadas, siendo necesaria su sustitución, ésta debe hacerse con piezas o repuestos nuevos, originales y genuinos.

Si por algún motivo la pieza a ser sustituida compromete la seguridad de los usuarios, el ascensor debe suspender su servicio al público, debiéndose colocar un letrero de por lo menos 10 por 30 cm. En la parte más visible del nivel principal de ingreso, que indique “FUERA DE SERVICIO”.

## **2.6. Diseño estructural**

De acuerdo con Rafael Ridell y Pedro Hidalgo (1997) el objetivo final del diseño estructural es proveer una estructura segura y económica para satisfacer una necesidad específica. Por seguridad entendemos la capacidad resistente de la estructura para servir sin fallas durante su vida útil. Por cierto, el diseño incorpora consideraciones de orden económico, ya que siempre puede haber soluciones alternativas, y para cada una de ellas un óptimo, o costo mínimo, al que se procura llegar.

### **2.6.1. Acero**

Se define al acero como un material formado por la aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono, el cual al aplicar un temple adquiere gran dureza y elasticidad; una de las propiedades del acero es que permite aplicar tratamientos térmicos para mejorar sus cualidades.

**Tabla 1****Ventajas del acero como material estructural**

<b>Propiedad</b>	<b>Descripción</b>
Alta Resistencia	La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que sea poco el peso de las estructuras; esto es de gran importancia en puentes de grandes claros, edificios altos y en estructuras con malas condiciones en la cimentación.
Uniformidad	Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo, como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.
Elasticidad	El acero se acerca más en su comportamiento a las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, gracias a que sigue la ley de Hooke hasta esfuerzos bastantes altos. Los momentos de inercia de una estructura de acero pueden calcularse exactamente, en tanto que los valores obtenidos para una estructura de concreto reforzado son relativamente imprecisos.
Durabilidad	Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado duraran indefinidamente.
Ductilidad	Es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión.
Tenacidad	Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad.

---

**Fuente: (Mott, 2006)**

Tabla 2

**Propiedades de los aceros estructurales**

DESIGNACIÓN DE LA ASTM	FORMAS	RESISTENCIA A LA FLUENCIA $S_y$ , MPa	RESISTENCIA A LA TENSIÓN $S_u$ , MPa
<b>A36</b>	Perfiles, placas y barras de acero al carbono	248	400
<b>A53</b>	Tubo grado B	240	414
<b>A242</b>	Perfiles, placas y barras HSLA resistentes a la corrosión	345	483
<b>A500</b>	Tubería estructural formada en frío	345	427
<b>A501</b>	Tubería estructural formada en caliente	248	400
<b>A514</b>	Acero aleado templado y enfriado en aceite	690	758

Fuente: (Mott, 2006)

**2.6.2. Cargas**

Se encuentra definido como la acción directa de una fuerza o conjunto de fuerzas actuando sobre un elemento estructural. Se clasifican en:

**a. Cargas vivas**

Son cargas no permanentes debido al uso de la estructura, producidas por materiales, artículos e inclusive por las personas en constante movimiento; es decir, son variables en magnitud y posición.

**b. Cargas muertas**

Son cargas permanentes y que no son debidas al uso de la estructura.

### 2.6.3. Columnas

#### a. Propiedades de la sección transversal de la columna

La tendencia de una columna a pandearse depende de la forma y las dimensiones de su sección transversal y también de su longitud y la forma de fijarla a miembros o apoyos adyacentes. Las propiedades de la sección transversal son:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

A = Área de la sección transversal.

I = Momento de inercia de la sección transversal, con respecto al eje neutro.

r = Valor mínimo del radio de giro de la sección transversal.

#### b. Fijación de un extremo

El termino fijación de un extremo se refiere a la forma en que soportan los extremos de una columna. Las columnas pueden estar fijadas de la siguiente manera:

- Extremo articulado: El extremo articulado de una columna está guiado de tal modo que no se puede mover de un lado a otro, pero no ofrece resistencia a la rotación del extremo.
- Extremo empotrado: Es aquel que se sujeta contra la rotación en el soporte. Un ejemplo es el de una columna cilíndrica introducida en una camisa de fijación que está empotrada.
- Extremo libre: Se considera cuando un extremo esta fijo y el otro libre.
- Longitud Efectiva: La longitud efectiva se define de la siguiente manera:

$$L_e = K \cdot L$$

Ecuación (2)

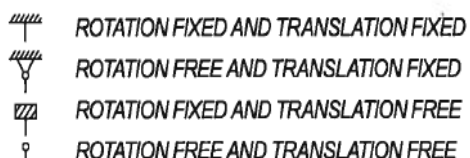
Dónde:

$L_e$  = Longitud efectiva de la columna.

$L$  = Longitud real de la columna entre los soportes.

$K$  = Constante que depende del extremo fijo.

A continuación se detalla en la figura 2.2 los valores de  $K$  para obtener la longitud efectiva. Para distintos tipos de conexiones en los extremos.

BUCKLED SHAPE OF COLUMN IS SHOWN BY DASHED LINE.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
THEORETICAL $K$ VALUE	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
RECOMMENDED DESIGN VALUE WHEN IDEAL CONDITIONS ARE APPROXIMATED	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
END CONDITION CODE	 ROTATION FIXED AND TRANSLATION FIXED ROTATION FREE AND TRANSLATION FIXED ROTATION FIXED AND TRANSLATION FREE ROTATION FREE AND TRANSLATION FREE					

**Figura 2 Valor de  $k$  para longitud efectiva**

Fuente: (Ridell C., 2010)

### c. Carga crítica

La carga crítica se la establece como el valor a la que la columna estará sometida para que ocurra un desplazamiento o deformación en la misma para ello se aplicará la ecuación (3) para columnas largas o la ecuación (4) para columnas cortas.

$$P_{CR} = \frac{\pi \cdot E \cdot I}{K \cdot L^2} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Dónde:

$P_{CR}$  = Carga crítica donde la columna comenzará a pandearse.

$E$  = Módulo de elasticidad del acero.

$I$  = Momento de inercia de la sección transversal, con respecto al eje neutro.

$K$  = constante que depende del extremo fijo

$L$  = Longitud real de la columna entre los soportes

$$P_{CR} = A \cdot S_y \left[ 1 - \frac{S_y \left( \frac{K \cdot L}{r} \right)^2}{4\pi E^2} \right] \quad \text{Ecuación (4)}$$

Dónde:

$P_{CR}$  = Carga crítica donde la columna comenzará a pandearse.

$A$  = Área de la sección transversal.

$S_y$  = Resistencia a la fluencia del acero.

$K$  = constante que depende del extremo fijo.

$L$  = Longitud real de la columna entre los soportes.

$r$  = El valor mínimo del radio de giro de la sección transversal.

$E$  = Módulo de elasticidad del acero.

El objetivo del análisis y diseño de las columnas es garantizar que la carga aplicada a una columna sea segura, que sea bastante menor que la

carga crítica de pandeo. Y se debe tomar en cuenta las siguientes definiciones:

$P_{CR}$  = Carga crítica donde la columna comenzará a pandearse.

$P_a$  = Carga admisible de la columna.

FS = Factor de seguridad para la columna.

Entonces:

$$P_a = \frac{P_{CR}}{FS} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Para el cálculo del esfuerzo normal existente en la columna se aplicará la ecuación 6.

$$\sigma_N = \frac{P_a}{A} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Dónde:

$\sigma_N$  = Esfuerzo normal.

$P_a$  = Carga admisible de la columna.

A = Área de la sección transversal.

La deflexión máxima que ocurre en las columnas cargadas de forma excéntrica se lo calcula de la siguiente manera.

$$Y_{\max} = e \left( \sec \left( \frac{K \cdot L}{2r} \sqrt{\frac{P_a}{A \cdot E}} \right) - 1 \right) \quad \text{Ecuación (7)}$$

Dónde:

$Y_{\max}$  = Deflexión máxima producida en la columna.

$P_a$  = Carga admisible de la columna.

$e$  = Distancia de excentricidad a la que se aplica la carga.



El esfuerzo normal máximo que soportará la columna de manera excéntrica se lo calcula aplicando al ecuación (8) de la siguiente manera.

$$\sigma_{\max} = \frac{P_a}{A} \left( 1 + \frac{eC}{r^2} \sec \left( \frac{KL}{2r} \sqrt{\frac{P_a}{AE}} \right) \right) \quad \text{Ecuación (8)}$$

Dónde:

$\sigma_{\max}$  = Esfuerzo normal máximo.

$P_a$  = Carga admisible de la columna.

$A$  = Área de la sección transversal.

$e$  = Distancia de excentricidad a la que se aplica la carga.

$C$  = Distancia del eje centroidal al extremo de la columna en la sección transversal del perfil.

$r$  = Valor mínimo del radio de giro de la sección transversal.

$K$  = constante que depende del extremo fijo.

$L$  = Longitud real de la columna entre los soportes.

$E$  = Módulo de elasticidad del acero.

#### 2.6.4. Vigas

Una viga es un elemento que soporta cargas transversales a su eje. Esas cargas producen momentos de flexión en la viga, las cuales a su vez causan el desarrollo de esfuerzos de flexión. Los esfuerzos de flexión son esfuerzos normales, esto es, son de tensión y compresión.

### a. Esfuerzo debido a flexión

La magnitud del esfuerzo de flexión varía linealmente dentro del área transversal desde el valor cero en el eje neutro, hasta el esfuerzo de tensión máximo en un lado del eje neutro y hasta el esfuerzo de compresión máximo en el lado contrario.

$$\sigma_F = \frac{MC}{I} \quad \text{Ecuación (9)}$$

Dónde:

$M$  = Momento flector específico para cierta sección de la viga.

$I$  = Momento de inercia de la sección transversal con respecto a su eje neutro.

$C$  = Distancia del eje centroidal al extremo, en la selección transversal del perfil.

### b. Factor de seguridad de la viga

Este valor determina la capacidad que tiene la viga para soportar la carga a la que será sometida, determina un diseño óptimo con el fin de evitar posibles fallas en el diseño final.

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_F} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Dónde:

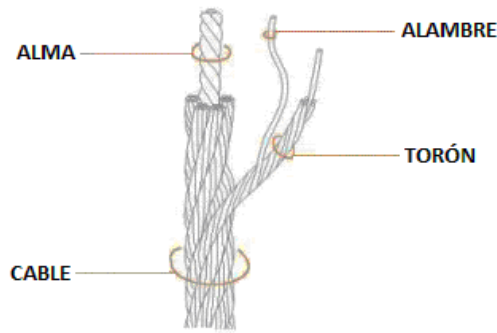
$FS$  = Factor de seguridad para la viga.

$S_y$  = Resistencia a la fluencia del acero.

$\sigma_F$  = Esfuerzo debido a flexión.

## 2.6.5. Cables

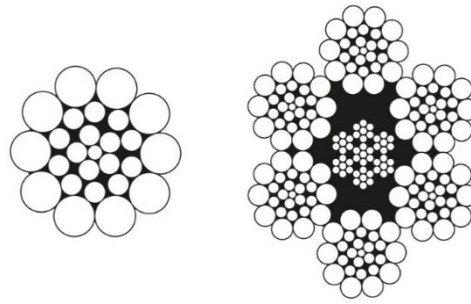
Los cables metálicos se fabrican con alambres de acero estirado en frío que se enrollan primero en torones o cordones y luego los cordones en hélices alrededor de un elemento de núcleo o central. En general, cuanto mayor es el número de alambres de un cordón, más flexible es el cable; recíprocamente, cuanto menor es el número de alambres, más rígido es el cable. Los cables constituidos por alambres pequeños son adecuados para dobleces pronunciados. Sin embargo, los alambres exteriores están sometidos a desgaste cuando rozan superficies (contacto con polea), y los alambres pequeños se desgastarán más rápidamente que los grandes.



**Figura 3 Constitución de un cable de acero**

Fuente: (Larrode E., 2007)

La disposición de construcción está indicada por dos números, de los cuales el primero da el número de cordones, y el segundo el número de alambres de cada cordón. Por ejemplo, un cable 6 x 19, tiene 6 cordones de 19 alambres cada uno. Las construcciones especiales como la tipo Seale, están proyectadas para que tengan buena resistencia al desgaste con alambres gruesos en el exterior, y buena flexibilidad por tener alambres delgados en la capa interior.



**Figura 4 Constitución de un cable de acero**

Fuente: (Larrode E., 2007)

#### a. Tamaño del cable

Los tamaños de cables son estándar y su selección depende mucho del tipo de aplicación en la que se va a emplear.

La configuración Seale es la más utilizada en lo que respecta a cables de tracción para elevadores, debido a su alta resistencia a la abrasión y su flexibilidad. El tamaño del cable viene expresado por la siguiente ecuación:

$$D_{cb} D_s = \frac{2 \cdot f_s \cdot F_t}{\left( \frac{P}{S_u} S_u \right)} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Dónde:

$D_{cb}$  = Diámetro del cable.

$D_s$  = Diámetro de la polea de tracción.

$f_s$  = Factor de Seguridad.

$F_t$  = Fuerza de Tracción en el Cable.

$\frac{P}{S_u}$  = Relación de Rotura por Fatiga.

$S_u$  = Resistencia a la Tensión del Cable.

## **2.7. Diseño de elementos de maquinas**

De acuerdo con Joseph Shigley (1985) diseñar es “formular un plan para satisfacer una necesidad. En principio, una necesidad que habrá de ser satisfecha puede estar bien determinada” (p. 4).

En el campo de la ingeniería, el diseño mecánico puede ser definido como el proceso de calcular las propiedades que debe cumplir un elemento para posteriormente ser fabricado, satisfaciendo los requerimientos establecidos en normas y estándares.

### **2.7.1. Poleas**

A diferencia de los aparatos de elevación y transporte o grúas, donde las poleas giran libres, en un elevador la polea superior es siempre tractora, y por este motivo se debe diseñar de forma cuidadosa para que además de soportar los esfuerzos que le transmite el cable, sea capaz de transmitir la tracción a éste por adherencia. Las poleas que arrastran los cables por adherencia tienen tres características que las definen:

- Diámetro de la polea
- Perfil de gargantas o canales de la polea
- Material de construcción de la polea

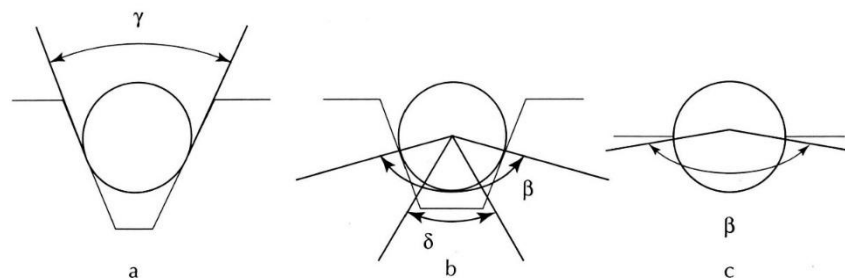
#### **a. Diámetro de la polea**

El diámetro viene en parte determinado por la velocidad de desplazamiento que se fije para la cabina. Así, es normal que se utilice un mismo grupo tractor para la obtención de varias velocidades de desplazamiento de la cabina utilizando poleas de arrastre de diámetros adecuados.

Sin embargo, este diámetro tiene un límite inferior, ya que la duración del cable es tanto mayor cuanto mayor sea la relación entre el diámetro de la polea y el diámetro del cable, a igualdad de los demás factores. Normalmente se fija esta esta relación en un mínimo de 40.

### b. Perfil de gargantas o canales de la polea

El perfil de las gargantas de las poleas de arrastre tiene una influencia en la duración de los cables. Si la garganta de la polea es demasiado estrecha, el cable queda enclavado en ella. Y si es demasiado ancha, no encuentre el apoyo necesario y el cable se aplasta. En los dos casos se produce un desgaste anormal y prematuro del cable. Los perfiles de garganta más utilizados son los trapezoidales y los semicirculares.



**Figura 5 Los tres perfiles de gargantas empleados comúnmente**

Fuente: (Larrode E., 2007)

Mediante las gargantas trapezoidales o de cuña, figura 2.5 (a) se consigue una buena adherencia de las poleas con los cables, pero a costa de una gran presión que acelera el desgaste del cable y de la garganta.

Con las gargantas semicirculares, se obtiene menor adherencia pero tiene una duración mucho mayor de cable y garganta, siendo el ángulo de apoyo del cable más favorable de  $120^\circ$  a  $150^\circ$ , figura 2.5 (b).

Sin embargo, para las poleas de tracción de los elevadores la garganta que más se emplea es la semicircular con ranura o entalla, que mejora la adherencia de la garganta semicircular y evita el rozamiento y deformación del fondo de la garganta figura 2.5 (c).

### c. Material de construcción de la polea

El material empleado para la construcción de las poleas de tracción de los ascensores es la fundición de hierro gris, de resistencia suficiente para soportar la presión específica del cable sobre la garganta, sin que se produzca un desgaste anormal.

### d. Presión específica

La presión específica de los cables sobre las gargantas de las poleas de arrastre no debe superar ciertos límites, para evitar su desgaste prematuro, y el de los cables. La presión específica para poleas de tracción viene expresada por la siguiente expresión.

$$P_e = \frac{T}{n_{cb} D_{cb} D_s} \cdot \frac{8}{\beta + \sin \beta} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Dónde:

$P_e$  = Presión Específica del Cable Sobre la Garganta.

T = Tensión Estática del Cable (que es igual al peso de la carga nominal más el peso de la cabina más el peso del cable).

$n_{cb}$  = Número de Cables.

$D_{cb}$  = Diámetro del Cable.

$D_s$  = Diámetro de la Polea de Tracción.

$\beta$  = Ángulo del canal Semicircular.

### e. Presión específica máxima

Las presiones específicas de los cables sobre las gargantas de las poleas no deben superar el valor obtenido por la fórmula siguiente, estando la cabina llena con su carga nominal.

$$P_e < P_{e_{\max}} = \frac{12.5 + 4v}{1 + v} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Dónde:

$P_e$  = Presión Específica del Cable Sobre la Garganta.

$P_{e_{\max}}$  = Presión Específica Máxima del Cable Sobre la Garganta.

$v$  = Velocidad Nominal de la Cabina.

### 2.7.2. Amortiguadores

Los elevadores deben estar provistos de amortiguadores para detener la cabina o el contrapeso en caso necesario, se sitúan generalmente en el foso al final del recorrido de la cabina o del contrapeso.

Los amortiguadores pueden ser de tres tipos:

- Elástico: se pueden utilizar cuando la velocidad de la cabina no sobrepase los 0.60 m/s.
- De resorte: se pueden utilizar cuando la velocidad de la cabina no sobrepase los 1.75 m/s.
- Hidráulicos: se pueden utilizar en cualquier caso.



Los amortiguadores de resorte son los más utilizados, están formados por un alambre o barra de acero de sección circular, arrollada en forma helicoidal. Para facilitar su fijación el muelle va soldado a una placa base. Estos amortiguadores también denominados de acumulación de energía, pueden ir equipados con amortiguadores de retorno.

#### a. Amortiguador de acumulación de energía

El principal componente de un amortiguador de acumulación de energía es un resorte helicoidal de espiras de sección circular o cuadrada.

Dado que la tensión de torsión en el resorte helicoidal aumenta conforme disminuye la distancia del punto de evaluación de la tensión al eje del resorte es necesario inicialmente evaluar este factor mediante el denominado coeficiente de Wahl que se encuentra expresado por la ecuación siguiente.

$$\psi = \frac{\frac{D}{d} - 0.25}{\frac{D}{d} - 1} + \frac{0.615}{\frac{D}{d}} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Dónde:

$\psi$  = Factor de Wahl.

$d$  = Diámetro del alambre del resorte.

$D$  = Diámetro medio del resorte.

$D/d$  = Relación entre el diámetro medio del resorte y el diámetro del alambre y se le conoce como índice del resorte.

El índice del resorte es un valor muy importante para la formación del resorte tomando valores que van de 6 a 12. Los esfuerzos y las deflexiones de los resortes dependen del índice del resorte, un mayor índice ayudará a eliminar la tendencia de un resorte a pandearse.

Para la obtención del diámetro de la espira se utiliza la ecuación (15).

$$d \geq \sqrt{\frac{8F_{\max} \cdot \psi \cdot D}{\pi \cdot \tau_T \cdot d}} \quad \text{Ecuación (15)}$$

Dónde:

$F_{\max}$  = Fuerza máxima a realizar por el resorte.

$\psi$  = Factor de Wahl.

$\tau_T$  = Tensión admisible del resorte.

$D/d$  = Relación entre el diámetro medio del resorte y el diámetro del alambre y se le conoce como índice del resorte.

La máxima fuerza realizada por el resorte viene expresada por la ecuación (16).

$$F_{\max} = 4(Q_u + Q_b)g \quad \text{Ecuación (16)}$$

Dónde:

$F_{\max}$  = Fuerza máxima a realizar por el resorte

$Q_u$  = Carga nominal a elevar.

$Q_b$  = Peso de la cabina.

$g$  = Gravedad [9,8 m/s<sup>2</sup>].

## 2.8. Diseño y selección de elementos eléctricos

### 2.8.1. Motorreductor

Es un equipo electromecánico cuya aplicación se ha popularizado en la industria en general, tanto de pequeña como de gran potencia, consta de un motor eléctrico que puede ser de corriente alterna o corriente continua, el eje del motor esta acoplado a un reductor, el cual está conformado por un conjunto de engranajes de diferente tamaño que transmiten el movimiento; tanto el motor como el reductor deben tener prestaciones complementarias entre sí, en lo referente a potencia y a par transmitido.

El cálculo de la potencia de elevación del motor viene dado por la ecuación (17).

$$Potencia_{motor} = \frac{m_{desequilibrio} \cdot g \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad \text{Ecuación (17)}$$

Dónde:

$Potencia_{motor}$  = Potencia de elevación del motorreductor.

$m_{desequilibrio}$  = Masa en desequilibrio del sistema.

$g$  = Gravedad [9,8 m/s<sup>2</sup>].

$v$  = Velocidad nominal de elevación.

$\eta$  = Rendimiento del motorreductor.

La velocidad de giro de salida viene determinada por la ecuación 18.

$$n_s = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_s} \quad \text{Ecuación (18)}$$

Dónde:

$n_s$  = Velocidad de giro en la salida del motorreductor.

$v$  = Velocidad nominal de elevación.

$D_s$  = Diámetro de la Polea de Tracción.

Para determinar la relación de transmisión se debe aplicar la siguiente ecuación.

$$i = \frac{n_e}{n_s} \quad \text{Ecuación (19)}$$

Dónde:

$i$  = Relación de transmisión del motorreductor.

$n_e$  = Velocidad de giro en la entrada del motorreductor.

$n_s$  = Velocidad de giro en la salida del motorreductor.

### 2.8.2. Controlador lógico programable

Un controlador lógico programable es un dispositivo de estado sólido operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. El lenguaje de programación depende de la empresa que fabrica el PLC, debido a que cada productor diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad de software que utiliza su propia representación de símbolos.

Sin embargo, existen tres tipos de lenguajes de programación que son los más utilizados a nivel mundial; lenguaje de contactos o LADDER, lenguaje BOOLEANO o lista de instrucciones y diagrama de funciones.

Las operaciones que realiza el PLC pueden clasificarse en operaciones con bits, comparación, conversión, aritméticas, de transferencia, temporización, conteo, etc. Cada segmento de programación puede contener instrucciones de entrada y salida, Las instrucciones de entrada realizan una comparación o prueba y colocan el estado del segmento dependiendo del resultado, las instrucciones de salida examinan el estado del segmento y ejecutan alguna operación o función. Entre los principales elementos utilizados para la programación tenemos los siguientes.

El PLC proporciona soluciones tanto en la industria manufacturera como en la industria de procesos, al igual que en edificios industriales y terciarios con una alta eficiencia energética, esta gran variedad de aplicaciones ha hecho que gane popularidad en las industrias debido a las ventajas que ofrecen.

### **2.8.3. Interruptor automático (breaker)**

Un interruptor automático (Breaker) es un dispositivo electromecánico de conexión y desconexión eléctrica capaz de establecer, mantener e interrumpir las intensidades de corriente de servicio. Puede ser unipolar o multipolar y producir la desconexión de la red por sobrecorrientes instantáneas, por sobrecorrientes de tiempo inverso y por mínima tensión. Sus características técnicas principales son:

- Corriente nominal: la intensidad de corriente que soporta en condiciones normales de trabajo y en servicio permanente.
- Poder de corte en cortocircuito: la capacidad de apertura que posee el interruptor al momento de una sobrecorriente con voltaje y frecuencia nominales y preestablecidos.

- Características tiempo/corriente: curva logarítmica que indica el momento en el que se produce el disparo.

#### **2.8.4. Guardamotor**

El Guardamotor o disyuntor magneto térmico es un dispositivo de protección contra los cortocircuitos, dentro de los límites de su poder de corte a través de disparadores magnéticos (un disparador por fase).

Dependiendo del tipo de circuito que se desee proteger, el umbral de disparo magnético se situará entre 3 y 15 veces la corriente térmica, de acuerdo del tipo de guardamotor dicho umbral de disparo puede ser fijo o ajustable. Cuando la corriente de cortocircuito no es muy elevada, los guardamotors funcionan a mayor velocidad que los fusibles.

#### **2.8.5. Contactores**

El contactor es un dispositivo mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía (menos manual), capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Los contactores frecuentemente utilizados en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina. Un contactor accionado por energía magnética, consta de un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles contrarios que mantienen separado el núcleo de una pieza magnética, solidaria al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos.

### **2.8.6. Fusible**

Los fusibles son el medio más antiguo de protección de los circuitos eléctricos y se basan en la fusión por efecto de Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil.

Los fusibles son de formas y tamaños muy diferentes según sea la intensidad para la que deben fundirse, la tensión de los circuitos donde se empleen y el lugar donde se coloquen.

El conductor fusible tiene sección circular cuando la corriente que controla es pequeña, o está formado por láminas si la corriente es grande. En ambos casos el material de que están formados es siempre un metal o aleación de bajo punto de fusión a base de plomo, estaño, zinc, etc.

### **2.8.7. Sensor final de carrera**

Son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido o de un elemento móvil son utilizados para controlar la posición de una máquina, permitiendo la puesta en marcha, la disminución de velocidad o la parada en un sitio determinado o para mandar ciclos de funcionamiento automático en las máquinas modernas.

Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), normalmente cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

El uso de estos dispositivos presta diferentes ventajas como; la facilidad en la instalación, la robustez del sistema, es insensible a estados transitorios, trabaja a tensiones altas, debido a la inexistencia de imanes es inmune a la electricidad estática.

### **2.8.8. Pulsadores y botoneras**

Son dispositivos auxiliares de mando provistos de un elemento destinado a ser accionado por la fuerza ejercida por una parte del cuerpo humano, generalmente el dedo o la palma de la mano y que tiene una energía de retorno acumulada (resorte).



## CAPÍTULO III

### 3. CASA DE LA CALIDAD

#### 3.1. Ingeniería en función de la calidad (QFD)

En épocas antiguas, el usuario, en calidad de cliente y demandante de una solución a un problema explícito, debía simplemente aceptar las condiciones que el ingeniero a cargo le entregaba como respuesta, provocando que se ponga fin a un problema identificado en la situación inicial, pero sin tomar en cuenta los costos productivos y económicos que se han obviado en el proceso para llegar al objetivo.

Posteriormente se identificaron las debilidades y contrariedades que acarreaban estos métodos de trabajo, junto con la insatisfacción del cliente y los bajos índices de eficiencia alcanzados por el departamento a cargo. Esta es la razón por la cual se ha profundizado en el desarrollo de la función de la calidad o **QFD (quality function design)**, cuyo objetivo global es asegurar que en el proceso para definir un producto o servicio, sea prioridad las necesidades y criterios del cliente, siendo prácticamente la voz del usuario el inicio para la gestión del diseño, sin olvidar que una de las funciones del ingeniero es traducir los requerimientos y exigencias del usuario en requerimientos técnicos de ingeniería en cada fase del diseño y de la fabricación.

#### 3.2. Consideraciones para la determinación de las especificaciones

El diseño en ejecución tiene como objetivo satisfacer los requerimientos para el transporte del producto final y materia prima en la empresa CERÁMICA NOVEL, ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, sector Virgen del Calvario.

La empresa CERÁMICA NOVEL está instalada en un edificio de tres plantas; en la primera se realiza el vaciado de los moldes de cerámica, en la segunda se realiza el lacado y decorado de los moldes, el producto debe regresar nuevamente a la primera planta para entrar al horno y por último pasa al tercer nivel para ser almacenado.

La matriz de la producción de cerámica requiere 50 piezas para iniciar el proceso de pintura, y debido a que el transporte del producto a través de las escaleras lo realiza un obrero, se origina pérdidas económicas, de calidad y de tiempo; dando lugar al efecto llamado “cuello de botella” en los procesos de fabricación.

Dicha situación es entonces la causa que afecta directamente al tiempo, costo y calidad de producción, ya que depende prácticamente de la capacidad física del obrero para transportar un número determinado de piezas, por lo cual se pierde tiempo de elaboración y existe degradación física del producto, debido a manchas o deformidades causadas por la manipulación.

Motivo por el cual existe la necesidad de crear un sistema que permita:

- Transportar ascendente o descendentemente la carga conformada por productos de cerámica y afines.
- Ser capaz de elevar o descender cargas de hasta 1,5 toneladas de peso.
- Permitir trabajar en 3 niveles diferentes de altura, es decir, 1 parada para cada planta del edificio; e incluso, si es necesidad de la empresa, permitir el accionamiento del mecanismo ajustado a los requerimientos diarios del trabajo.

### **3.2.1. Situación inicial del sistema**

Piezas de cerámica denominadas bizcocho ubicadas en la primera planta del edificio.

### **3.2.2. Situación final del sistema**

Piezas de cerámica convertidas en producto final ubicadas y almacenadas en la tercera planta del edificio.

## **3.3. Despliegue de la función de la calidad**

(Riba, 2002)

Como ya se ha dicho, el desarrollo de la función de calidad QFD (quality function deployment) es un método globalizador cuyo objetivo principal es asegurar que en la definición de un producto o servicio se han considerado las necesidades y requerimientos de los usuarios (o, la voz del usuario), a la vez que también constituye una herramienta para la planificación de la calidad durante el ciclo de vida. Consiste en un proceso estructurado que permite traducir los requerimientos y deseos de los usuarios en requerimientos técnicos de ingeniería en cada fase del diseño y de la fabricación.

Fue introducido por primera vez en Japón en el año 1972, e inmediatamente tuvo una gran aceptación en este país; más tarde, en 1983 fue introducido en EE.UU. de la mano de Yoji Akao, y hoy día se utiliza en numerosas empresas de los países desarrollados y en vías de desarrollo.

Es un método que presupone el establecimiento de un equipo pluridisciplinario orientado al consenso, basado en aproximaciones creativas y que permite la síntesis de nuevas ideas de una manera estructurada. (p. 177)

### **3.4. La casa de la calidad**

Para guiar el proceso del desarrollo de la función de calidad se ha establecido una serie de matrices que consiste en planificación del producto, despliegue de componentes, planificación del proceso y planificación de la producción. La planificación del producto o casa de la calidad, se basa en los requerimientos del cliente o voz del usuario, apoyados en un análisis de competitividad que describe la posición del producto en relación a la competencia, y esto se traduce en características técnicas de diseño del producto o voz del ingeniero. Finalmente se encuentra una “correlación” entre la voz del usuario y la voz del ingeniero para establecer una comparación y compromisos técnicos para las diferentes características finales del producto.

#### **3.4.1. La voz del usuario**

Está definida como los requerimientos y demandas que el cliente o usuario solicita para el diseño del servicio o producto.

#### **3.4.2. La voz del ingeniero**

Es una traducción de los requerimientos y demandas del usuario a criterios técnicos, necesarios y adecuados para el servicio o producto.

### **3.5. Diagramas de la casa de la calidad para los procesos seleccionados**

#### **3.5.1. La voz del usuario para la estructura del elevador de carga**

Las necesidades y requerimientos del cliente son el pilar fundamental para la gestión del diseño, esto de acuerdo a la casa de la calidad; por lo cual el sistema elevador de carga debe cumplir con las características a continuación:

- Que sea una estructura liviana.
- Que sea una estructura fuerte.
- Que soporte las cargas de trabajo.
- Que la estructura metálica cumpla condiciones de construcción.
- Que ocupe poco espacio.
- Que sea de fácil mantenimiento.
- Que sea una estructura confiable.
- Que sea capaz de soportar movimientos telúricos.
- Capaz de soportar los agentes externos del medio ambiente.
- Que sea estético con el edificio y la empresa en sí.
- Que sea de bajo costo.
- Que permita implementar materiales reutilizables.

#### **3.5.2. La voz del ingeniero para la estructura del elevador de carga**

Luego de puesto en conocimiento los requerimientos de la empresa, se puede dar un criterio técnico de las necesidades de construcción.

- Materiales estandarizados por normas INEN para la construcción.
- Tamaño de materiales ajustados a las máximas exigencias de trabajo.
- Materiales con adecuada resistencia a la flexión.

- Materiales con adecuada resistencia a la fluencia.
- Materiales con prolongada vida útil.
- Diseño ergonómico y ajustado a estándares de calidad y seguridad.
- Tomar en cuenta factores del medio ambiente como viento, lluvia y movimientos telúricos para el diseño de la estructura.
- Capaz de soportar el peso de trabajo con hasta un factor de seguridad por encima de 2.
- Diseño estable para evitar vibraciones que pueden afectar a las piezas de cerámica.
- Diseño eficiente con el espacio de trabajo en la empresa.
- Diseño apoyado en la ingeniería mecánica, civil y eléctrica.
- Elaboración con materiales y elementos de fácil adquisición en el mercado nacional.
- Diseño que permita el mantenimiento preventivo y predictivo del elevador.

### 3.5.3. Diagrama de la casa de la calidad para la estructura del elevador de carga

Título: SISTEMA ESTRUCTURAL PARA ELEVADOR DE CARGA  
 Autor: BUSTAMANTE FRANCISCO - EUGENIO DAVID  
 Fecha: 21 DE JULIO, 2014  
 Notas: CASA DE LA CALIDAD BASADO EN LA VOZ DEL USUARIO Y LA VOZ DEL CLIENTE  
 REQUERIMIENTO DE LA EMPRESA VS CRITERIO TÉCNICO

Leyenda		
⊗	Relación Fuerte	9
○	Relación Moderada	3
△	Relación Débil	1
⊕	Correlación positiva Fuerte	
+	Correlación Positiva	
-	Correlación Negativa	
▽	Correlación negativa Fuerte	
▼	Objetivo para minimizar	
▲	Objetivo para maximizar	
X	Objetivo para alcanzar meta	

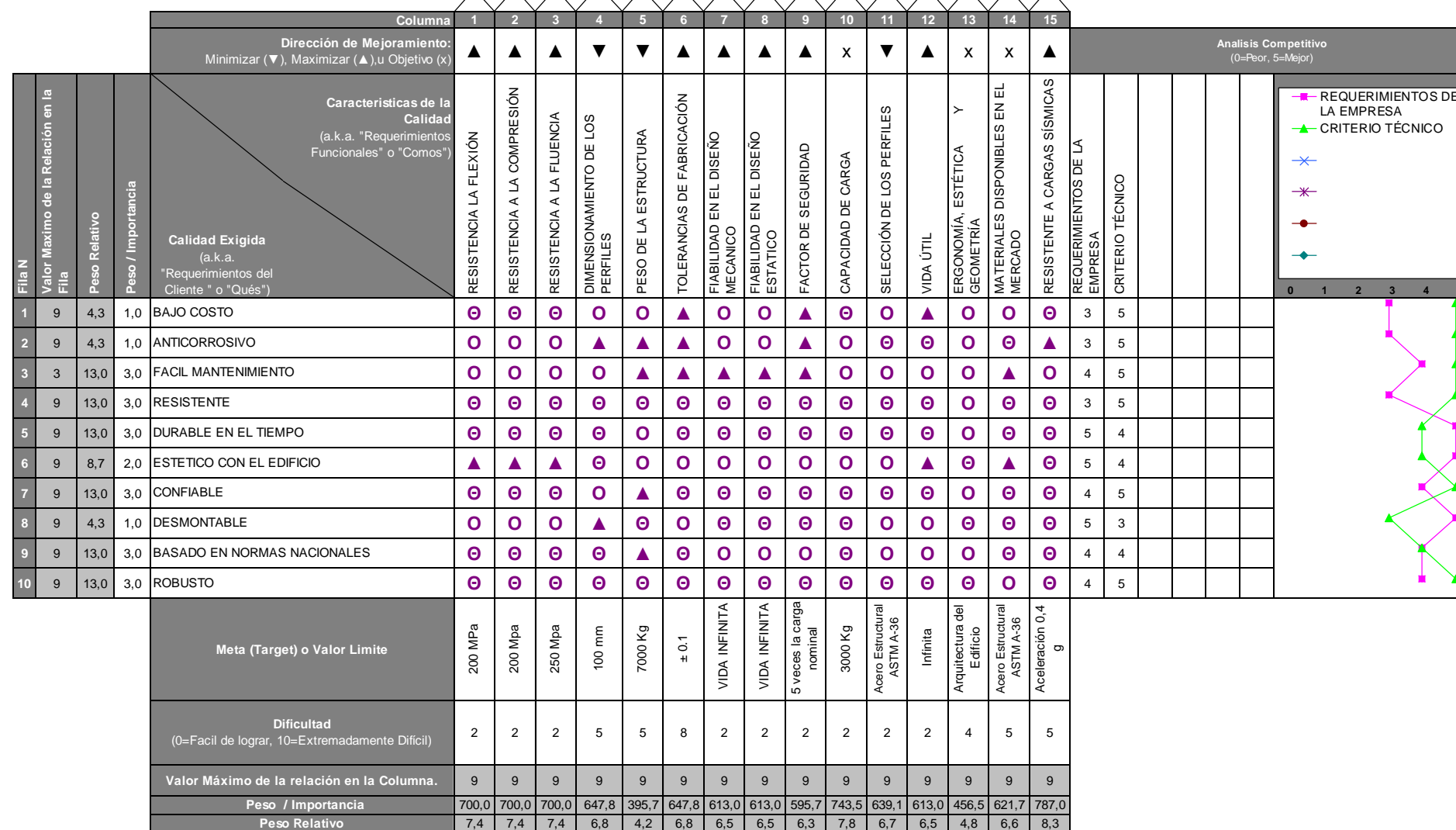


Figura 6 Diagrama de la Casa de la Calidad para la Estructura del Elevador de Carga

**a. Prioridades según los valores de la plantilla de la casa de la calidad**

**Tabla 3**

**Prioridades de la casa de la calidad para la estructura del elevador de carga**

<b>Característica de la calidad</b>	<b>Nivel de Prioridad (1 más relevante, 15 menos relevante)</b>
Resistente a cargas sísmicas	1
Capacidad de carga	2
Resistencia a la flexión	3
Resistencia a la compresión	4
Resistencia a la fluencia	5
Dimensionamiento de los perfiles	6
Tolerancias de fabricación	7
Selección de los perfiles	8
Materiales disponibles en el mercado	9
Fiabilidad en el diseño mecánico	10
Fiabilidad en el diseño estático	11
Vida útil	12
Factor de seguridad	13
Ergonomía, estética y geometría	14
Peso de la estructura	15

**b. Conclusiones de la casa de la calidad para la estructura del elevador de carga**

**b.1. Diseño de la estructura**

Existen ciertas limitaciones que ponen a prueba el diseño inicial de la estructura, una de ellas es el espacio físico en la empresa, pues el sistema elevador no debe interferir en lo posible con las actividades diarias de carga y descarga de productos. De igual manera el diseño debe guardar la estética necesaria para compaginar con el edificio, pues pasa a ser parte de la cara principal de la edificación.



Se debe tomar en cuenta la forma y posición de los perfiles, la disposición de los arrostros para que distribuya la carga uniformemente y la fosa en donde se va a asentar el sistema completo del elevador de carga. La vida útil corresponderá a las propiedades del acero existente en el mercado ecuatoriano.

### **b.2. Materiales empleados**

Debido a la seriedad que maneja la empresa, se va a utilizar materiales de carácter estandarizado a nivel nacional e internacional, de tal manera que el diseño práctico cumpla con los resultados de la teoría, en relación a propiedades del material, en este caso, del Acero. Se debe tener en cuenta que va a soportar una carga máxima estimada de 3000 Kg.

El costo va a jugar un papel importante, ya que se espera reducir el precio de la estructura mediante un diseño ergonómico, estético, estandarizado y actual, el mismo que debe cumplir con los requerimientos de carga estática.

### **b.3. Seguridad en el diseño**

El factor de seguridad que se va a manejar para el diseño de los componentes debe ser a consideración de los diseñadores, pues por tratarse de un elevador de carga y sobretodo de piezas de cerámica se espera que no existen fallas de diseño, para evitar accidentes.

#### **3.5.4. La voz del usuario para el mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga**

- Que tenga facilidad y confiabilidad de movimiento entre las tres plantas del edificio.
- Que no esté sujeto a cambios bruscos de velocidad.
- Que no maltrate las piezas de cerámica con el movimiento.
- Que no exista peligro en el ascenso/descenso del mecanismo.
- Que sea capaz de satisfacer los requerimientos especiales.
- Que sea fácil de maniobrar.
- Que sea de fácil mantenimiento.
- Que no necesite de un operador especializado.
- Que sea automático pero a veces permita la operación manual.

#### **3.5.5. La voz del ingeniero para el mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga**

- Control adecuado de velocidad.
- Control de inicio y parada de movimiento para evitar cambios bruscos.
- Reducción lineal de la velocidad al inicio y final del accionamiento del mecanismo de movimiento para obtener arranques más suaves.
- Adecuada selección de elementos que permita la reducción de desgaste por fricción y que alargue de esta forma la vida útil del sistema.
- De fácil maniobrabilidad, evitando el empleo de un operador.
- Ajustable a mando automático y mando manual.
- La cabina cuente con tres paradas en cada planta, y ajuste variable de altura para paradas especiales.
- Adecuado para el trabajo forzado que se exija en el momento.
- Diseño con factibilidad de mantenimiento preventivo y predictivo.

- Elaboración con materiales y elementos de fácil adquisición en el mercado nacional.



**a. Prioridades según los valores de la plantilla de la casa de la calidad**

**Tabla 4**

**Prioridades de la casa de la calidad para el mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga**

<b>Característica de la calidad</b>	<b>Nivel de Prioridad (1 más relevante, 15 menos relevante)</b>
Fiabilidad en el sistema de arranque	1
Fiabilidad en el movimiento	2
Control de velocidad variable	3
Ciclos de trabajo	4
Fácil operación	5
Factor de seguridad	6
Selección de materiales	7
Supresión de vibraciones	8
Diseño a sobrecargas	9
Vida útil	10
Resistencia a la fatiga	11

**b. Conclusiones de la casa de la calidad para el mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga**

**b.1. Diseño del mecanismo**

Para el diseño del mecanismo de ascenso y descenso del elevador de carga se ha considerado sobretodo la suavidad en la ejecución de sus operaciones, pues al ser piezas de cerámica se debe asegurar un arranque y una parada suave, de tal forma que se logre tener un movimiento adecuado, sin cambios bruscos en la velocidad.

El mecanismo a diseñarse debe ser capaz de subir o bajar una tonelada y media de peso útil, esto entre las paradas conformadas por las tres plantas del edificio, con una altura promedio de 2,5 metros por cada planta.

Se va a emplear un sistema con contrapeso, el mismo que permitirá reducir la potencia del motor en hasta un 80 %, ya que el movimiento que se busca será simplemente para romper la inercia entre dos cuerpos.

## **b.2. Material empleado**

La casa de máquinas va a constar de un mecanismo conformado básicamente por un motor, un freno, un reductor de velocidad y las poleas de arrastre. Adicionalmente el motor facilitará el movimiento a una cabina que contara con guías de desplazamiento para asegurar su movimiento lineal.

El motor debe contar con un grado IP para condiciones extremas de medio ambiente; la selección adecuada de materiales se asemejará al objetivo de poseer un motorreductor para el movimiento, una polea de arrastre para asegurar la adherencia de los cables que sujetan la cabina y el contrapeso. Todos estos materiales debidamente diseñados y seleccionados de acuerdo a catálogos y estándares manejados en diseño mecánico.

## **b.3. Nivel de automatización**

El nivel de automatización para este sistema elevador debe contar con un adecuado control de desplazamiento y velocidad.

Debe permitir la selección de operación automática y manual para cumplir con los requerimientos del usuario/operador. Al ser un transporte de piezas de cerámica como producto final, debe brindar la seguridad requerida para no generar pérdidas, de igual manera debe soportar cargas críticas y trabajos continuos.

#### **b.4. Exactitud y precisión**

Debido a que las paradas son en cada planta del edificio, se debe contar con exactitud al momento de detener la operación del motor, de tal forma que la cabina quede alineada completamente al nivel del piso.

#### **3.5.7. La voz del usuario para el sistema y control eléctrico del elevador de carga**

Los requerimientos del usuario para el sistema y control eléctrico tienen las siguientes necesidades:

- Que permita el fácil acceso a los tableros de control.
- Que estén basados en normas de construcción.
- Que no provoque cortes de energía eléctrica.
- Que sea de alta eficiencia eléctrica.
- Que sea de fácil mantenimiento.
- Que permita implementar materiales reutilizables.
- Que emplee bajos costos.
- Que utilice tecnología adecuada.
- Que cumpla todos los requerimientos para evitar fallas eléctricas.
- Que sea amigable con el medio ambiente.
- Que sea confiable.

#### **3.5.8. La voz del ingeniero para el sistema y control eléctrico del elevador de carga**

- Tablero de control eléctrico elaborado con especificaciones técnicas y normativas nacionales e internacionales.
- Construido con normas de seguridad, tanto de puesta a tierra como de adecuado aislamiento para accidentes eléctricos.

- De fácil mantenimiento basados en planos eléctricos para técnicos autorizados.
- Con implementación de PLC's o variador de frecuencia, de acuerdo a la necesidad específica del sistema.
- Instalación de dispositivos de protección eléctrica para elementos sensibles a la temperatura, variaciones de voltaje, sobrecarga.
- Sistema ergonómico y funcional.





**a. Prioridades según los valores de la plantilla de la casa de la calidad**

**Tabla 5**

**Prioridades de la casa de la calidad para el control eléctrico del elevador de carga**

<b>Característica de la calidad</b>	<b>Nivel de Prioridad (1 más relevante, 15 menos relevante)</b>
Fiabilidad en el control eléctrico	1
Diseño seguro contra fallas	2
Fiabilidad en las instalaciones eléctricas	3
Operación automática del motor	4
Seguridad de puesta a tierra	5
Sensor de sobrecarga	6
Sensor de inoperatividad	7
Sensor de temperatura	8
Operación manual del motor	9
Fácil mantenimiento	10

**b. Conclusiones de la casa de la calidad para el sistema y control eléctrico del elevador de carga**

**b.1. Diseño del sistema**

El sistema eléctrico será el encargado de controlar la operación del grupo tractor, de tal forma que se pueda arrancar, parar o frenar según sea la necesidad del servicio. El sistema eléctrico debe controlar en si el desplazamiento del elevador de carga, pero también debe proveer seguridad en caso de mal funcionamiento de uno de sus componentes.

**b.2. Material empleado**

Los materiales a emplear son comunes en el mercado, alambre, contactor, pulsador, finales de carrera, PLC's.

### **b.3. Seguridad eléctrica**

Por el motivo de estar en un sitio estratégico de la empresa debe contar con el respectivo sistema de puesta a tierra, para de esta forma evitar accidentes con el personal y los operadores. De esta manera también se va a garantizar la protección de los equipos eléctricos, ya que se evita las descargas eléctricas a los equipos delicados.

### **3.6. Especificaciones técnicas**

A continuación del desarrollo de la Casa de la Calidad, se definen las características técnicas con las que debe cumplir el servicio.

Tabla 6

## Especificaciones técnicas para la estructura del elevador de carga

Empresa	CERÁMICA NOVEL		Fecha Inicial 01/ENE/2014
Producto	ESTRUCTURA PARA EL ELEVADOR DE CARGA		Última Revisión 14/DIC/2014
Diseñadores	BUSTAMANTE FRANCISCO EUGENIO DAVID		Página 1
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>PROPONE</b>	<b>R/D</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Función</b>	D	R	Soportar carga axiales y de compresión generadas por elevar y descender carga.
<b>Altura</b>	C+D	R	La altura útil de la estructura es de 11 metros, con una distancia mínima de 1,50 metros más para la casa de máquinas.
<b>Carga</b>	D	R	La carga útil que soporta es 1500 kilogramos, y la carga máxima es 3000 kilogramos.
<b>Durabilidad</b>	C	D	El diseño está previsto para vida infinita, asegurando que la distribución de fuerzas permita un trabajo acorde al límite de la fluencia mínima de 250 MPa y el límite mínimo de rotura de 410 MPa.
<b>Mantenimiento</b>	C+D	D	Efectuar una revisión mensual de las condiciones de la estructura, para verificar que no existan oxidaciones penetrantes o posibles fallos mecánicos.
<b>Robusto</b>	C+D	R	El diseño de la estructura soporta cargas de trabajo de hasta 3000 kg de peso, e incluso fuerzas externas generadas por el viento y vibraciones resultantes del trabajo diario.
<b>Ergonómico</b>	C	D	El diseño de la estructura ocupa como máximo un área de 5 metros cuadrados para la base de la construcción, para no interferir con las actividades diarias de la empresa.
<b>Estandarizado</b>	C+D	R	El diseño de columnas y vigas están sujetas a módulos de fluencia, de compresión y de flexión, así mismo los arrostros se basan en modelos Chevron o en V, con bases en el manual de la NEC.
<b>Propone: (C=Cliente, D=Diseñador) - R/D: (R=Requerimiento, D=Deseo)</b>			

Tabla 7

**Especificaciones técnicas para el mecanismo de ascenso/descenso del elevador de carga**

Empresa	CERÁMICA NOVEL		Fecha Inicial 01/ENE/2014
Producto	MECANISMO DE ASCENSO/DESCENSO DEL ELEVADOR DE CARGA		Última Revisión 14/DIC/2015
Diseñadores	BUSTAMANTE FRANCISCO EUGENIO DAVID		Página 2
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>PROPONE</b>	<b>R/D</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Función</b>	C+D	R	Elevar o descender carga de 1000 Kg alternadamente entre tres paradas de distinta altura.
<b>Costo</b>	C	D	Disminuir los costos hasta en un 50%, generados por la implementación de un grupo tractor conformado por un motor, una caja reductora y el control de velocidad.
<b>Durabilidad</b>	C+D	R+D	El diseño se realizó para 60000 ciclos de vida, y en el mejor de los casos vida infinita.
<b>Mantenimiento</b>	C	D	Revisión semestral para verificar el estado del mecanismo, evitando que existan desgastes prematuros de rodamientos, inicios de pandeo en el eje y deterioro de elementos.
<b>Robusto</b>	D	R	El mecanismo es capaz de levantar 1000 Kg en condiciones normales y 2000 Kg en condiciones extremas.
<b>Control</b>	C+D	R	El control eléctrico asegura una velocidad de desplazamiento de 0,7 m/s y permite el movimiento entre las tres plantas del edificio.
<b>Seguridad</b>	C+D	R	El factor de seguridad mínimo es de 2, asegurando que el diseño del mecanismo soporte los ciclos de trabajo sin fallas mecánicas.
<b>Velocidad</b>	D	R	Alcanzar una velocidad recomendada de 0,7 metros por segundo y máximo de 1,0 metro por segundo.
<b>Propone: (C=Cliente, D=Diseñador) - R/D: (R=Requerimiento, D=Deseo)</b>			

Tabla 8

**Especificaciones técnicas para el sistema y control eléctrico del elevador de carga**

Empresa	CERÁMICA NOVEL		Fecha Inicial 01/ENE/2014
Producto	SISTEMA Y CONTROL ELÉCTRICO DEL ELEVADOR DE CARGA		Última Revisión 14/DIC/2015
Diseñadores	BUSTAMANTE FRANCISCO EUGENIO DAVID		Página 3
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>PROPONE</b>	<b>R/D</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Función</b>	D	R	Control del accionamiento eléctrico para el grupo tractor que permite el desplazamiento de la cabina.
<b>Protección</b>	D	R	Elementos eléctricos seleccionados con grado de protección IP5.
<b>Seguridad</b>	C+D	R	Instalación para corrientes parasitas mediante conexión a tierra.
<b>Automatización</b>	D	R	Desplazamiento de la cabina a una velocidad de 0,7 m/s entre las distintas plantas del edificio mediante el uso de pulsadores y PLC.
<b>Durabilidad</b>	C	D	Equipos electrónicos con voltaje de entrada estándar de 5 voltios en corriente continua y con tolerancia mínima de +- 5 voltios en corriente alterna.
<b>Dimensiones y estética</b>	C+D	D	La caja de control tiene un área de 1 metro cuadrado para su adecuada organización, los cables deben estar etiquetados.
<b>Fallas eléctricas</b>	D	R	Instalar señalización que permitan al operador identificar las fallas térmicas, exceso de peso o fallas eléctricas.
<b>Propone: (C=Cliente, D=Diseñador) - R/D: (R=Requerimiento, D=Deseo)</b>			

### **3.7. Análisis funcional**

#### **3.7.1. Definición del análisis funcional**

La técnica del análisis funcional se enfoca hacia el reconocimiento de las funciones principales del servicio a diseñarse, basándose en los flujos de entrada o requerimientos; para mejorar entonces los flujos de salida o diseño final. La aplicación del análisis funcional se realiza independientemente de la solución a materializarse, logrando entonces obtener un producto con mejores resultados en calidad, disminución de pérdidas, costo bajo y optimización de tiempo.

La ejecución del diseño consiste en idealizar y estructurar las posibles soluciones del servicio, basándose en las funciones que debe realizar; por lo tanto, en el proceso del diseño se debe enfocar hacia las condiciones, necesidades y especificaciones que debe cumplir el producto a fin de satisfacer también al cliente.

Finalmente la técnica del análisis funcional aconseja reconocer las funciones primarias y secundarias requeridas por el servicio que se va a diseñar, tomando en cuenta que el primer requerimiento asignado es la función que debe realizar el producto.

La función primaria se define como las condiciones iniciales que el cliente toma en cuenta para solicitar el diseño, estructurando los servicios que tendrá el producto de una manera generalizada.

Las funciones secundarias llevan a conocer más a fondo los factores que permiten el correcto desenvolvimiento de la función primaria, mediante un análisis previo de las sub – funciones de la función principal. Posteriormente se enfocara en seleccionar las tipologías más relevantes y de mayor desempeño que cumple cada función a fin de generar un diseño modular.

La descomposición de las funciones del diseño se basa en diagramas de flujo, asignando a cada recuadro una función con tres tipos de entrada y salida que se dividen en energía, materia e información.

Los diagramas de flujo inician en una función global o nivel 0, y alcanzan los niveles que el diseñador estime conveniente.



**Figura 9 Simbología de módulos en interfaces**

Fuente: (Riba, 2002)

### 3.7.2. Análisis de los diagramas funcionales

Los diagramas funcionales se desarrollan entre un nivel 0 y 1, siendo esto útil para detallar las funciones que el producto debe realizar; cada desglose de nivel conlleva una nueva solución a cada subproceso.

El nivel 0 se caracteriza por ser la función principal con la que debe cumplir el producto, en este caso, transportar ascendente o descendentemente la carga; y obviamente para que esta función se pueda cumplir, se necesita de energía, materiales e información o señales de control generadas por un factor externo, en este caso, un operador.

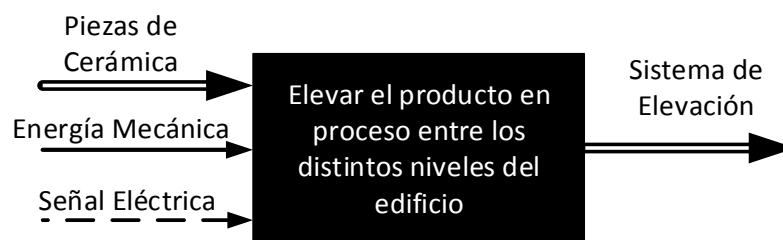
El nivel 1 contempla los procedimientos que cada subproceso debe cumplir para de esta manera lograr la ejecución correcta de las funciones principales, tomando en cuenta que durante el proceso existen transformaciones en los materiales, la forma de energía y las señales de control o información.



### 3.7.3. Definición modular

La división del producto en un cierto número de módulos permite analizar la función que debe cumplir cada subproceso, lo cual se detalla en el número de bloques a crearse, influyendo prioritariamente en la reducción de costos, elevación de calidad, eficiencia de productividad, eficiencia de tiempo, mantenimiento adecuado; entre otros.

El nivel 0 representara la función principal del sistema, que en este caso es la de elevar o descender carga entre 3 paradas distintas con una altura del edificio de 11 metros.

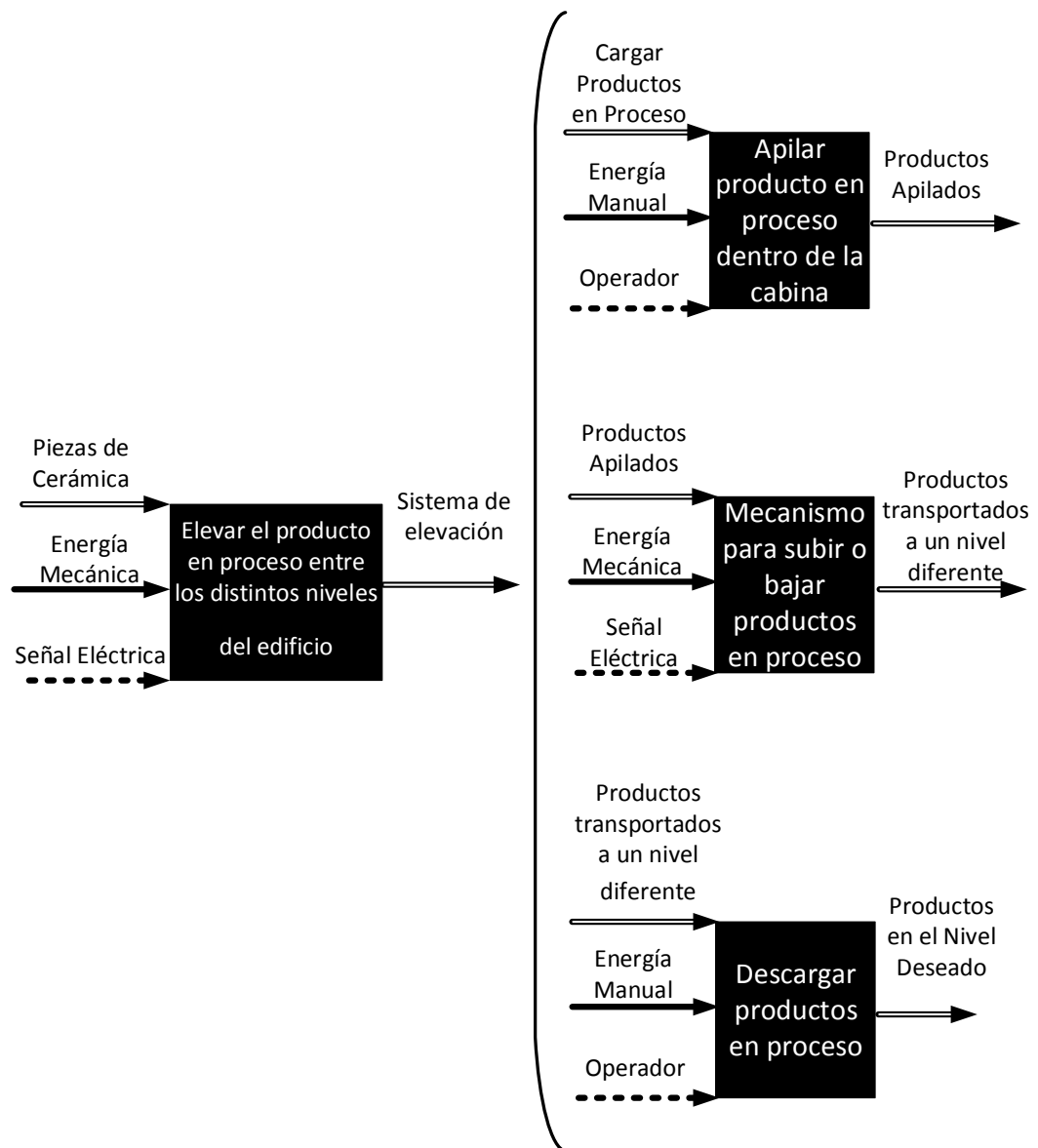


**Figura 10 Nivel cero o función global para el diagrama funcional**

En el ejercicio de subir o bajar carga se puede reconocer el siguiente proceso que permite el correcto ejercicio del sistema:

- Apilar piezas de cerámica o productos afines dentro de la cabina del elevador, asegurando un peso máximo de 1500 kilogramos.
- Accionar el desplazamiento vertical de la cabina con la facilidad de realizar tres paradas distintas a los 0 metros, a los 4 metros, a los 7 metros y viceversa.
- Una vez alcanzada la altura requerida, asegurar la estabilidad de la cabina para permitir la descarga de las piezas de cerámica.

La función global para el sistema elevador deriva en un proceso, que inicia desde la situación inicial reconocida al inicio del ejercicio, que es productos en proceso en el nivel inferior del edificio, y la situación final es los mismos productos en proceso en un nivel superior del edificio, por lo cual se puede reconocer, en general, los pasos a seguir para lograr el objetivo:



**Figura 11 Diagrama Funcional**

Una vez identificado el nivel cero del diagrama funcional, se puede presentar el conjunto de los módulos que deben trabajar entre sí para lograr el objetivo, desglosando el trabajo que cada uno debe cumplir.

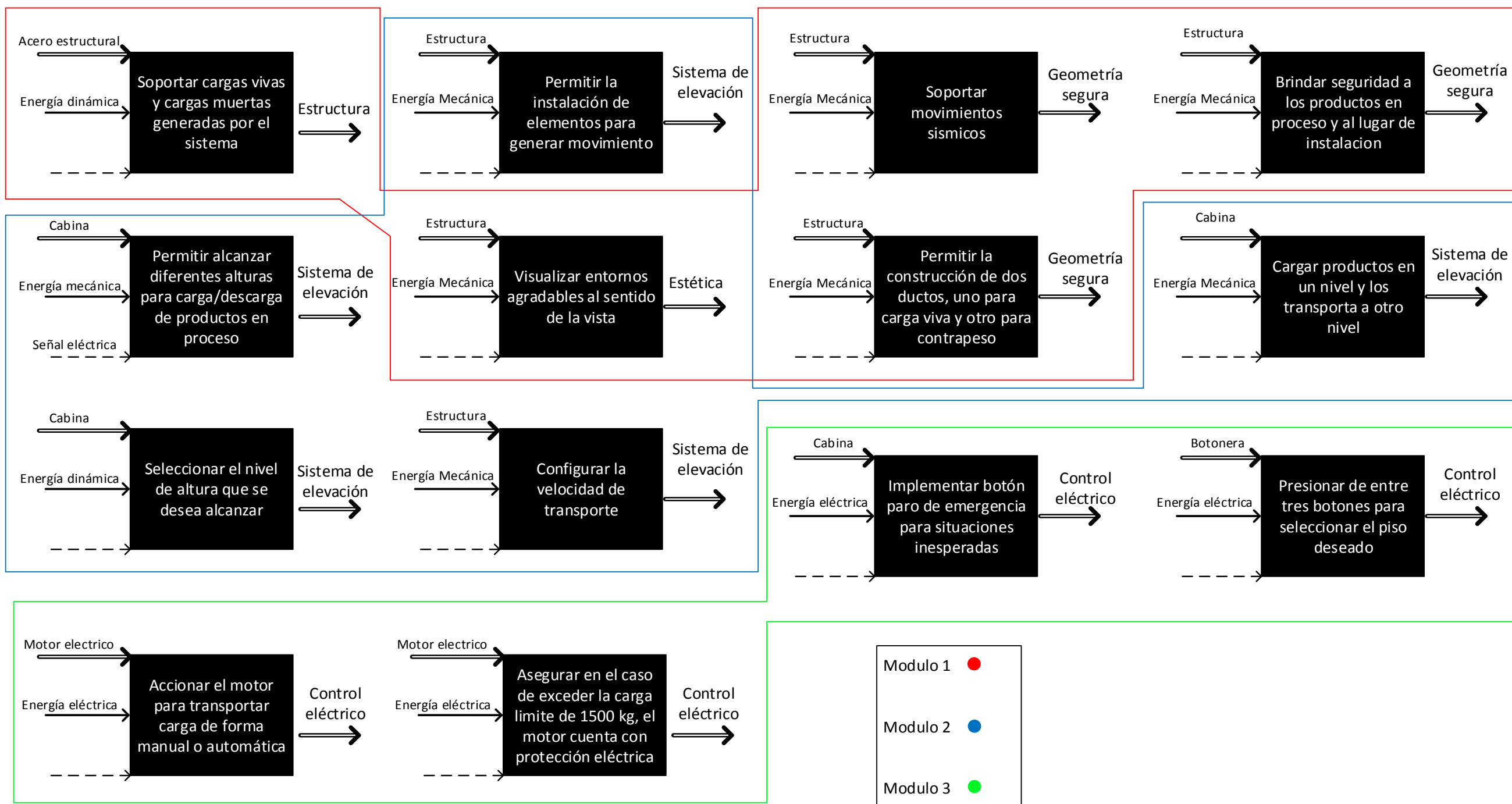


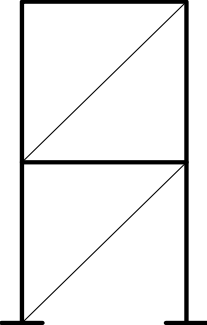
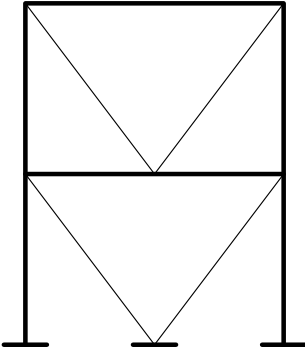
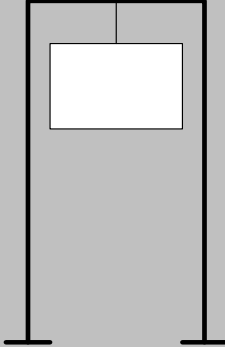
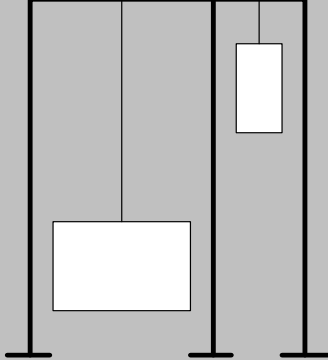
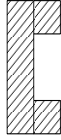
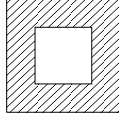
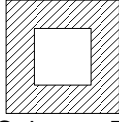
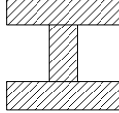
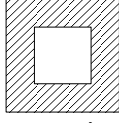
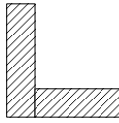
Figura 12 Estructura Funcional

### 3.8. Selección de alternativas

#### 3.8.1. Módulo 1

Tabla 9

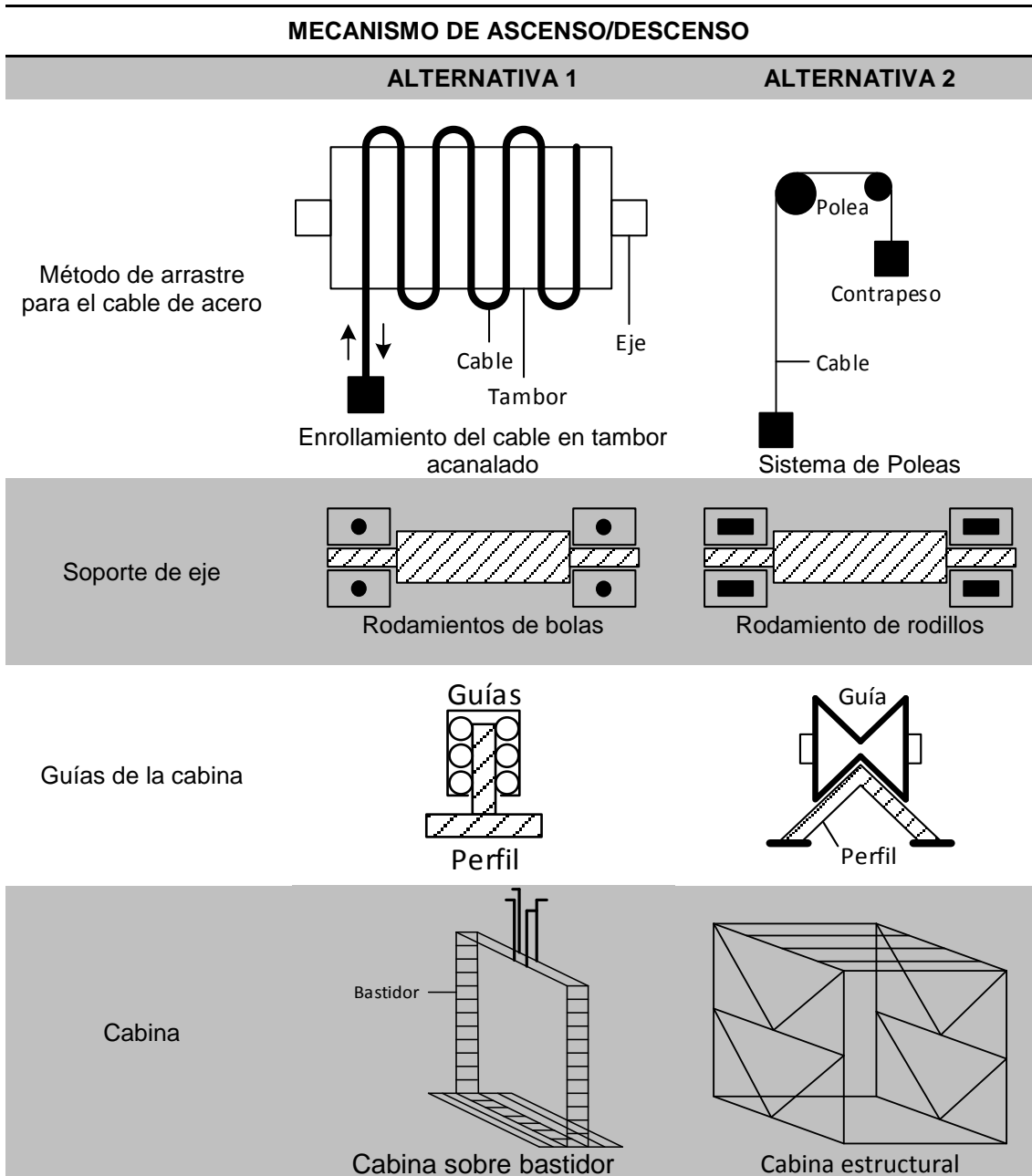
Alternativas de solución al módulo 1

DISEÑO ESTRUCTURAL		
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Arrostramientos, Mecanismos de disipación de energía.	 <p>Diagonal Simple</p>	 <p>Chevron en V</p>
Geometría de diseño	 <p>Ducto sin contrapeso</p>	 <p>Ducto con contrapeso</p>
Selección de perfiles	 <p>Vigas y columna secundaria</p>	 <p>Vigas y columna secundaria</p>
	 <p>Viga y Columna Principal</p>	 <p>Viga y Columna Principal</p>
	 <p>Arrostramientos</p>	 <p>Arrostramientos</p>

### 3.8.2. Módulo 2

Tabla 10

#### Alternativas de solución al módulo 2



### 3.8.3. Módulo 3

Tabla 11

#### Alternativas de solución al módulo 3

Control eléctrico		
ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	
Fuerza de movimiento	 Motor eléctrico	 Motorreductor
Control electrónico	 Implementación de relés	 Implementación de PLC
Control de velocidad	 Variador de velocidad	 Reducción de velocidad mecánica
Sensores de posición	 Sensor fotoeléctrico	 Final de carrera

### 3.9. Análisis de alternativas de solución para los módulos

Tabla 12

Valoración de alternativas para diseño estructural calificación

Ponderación	Parámetro	Alternativa 1		Alternativa 2	
		Dificultad	Valoración	Dificultad	Valoración
0,2	BAJO COSTO	6	1,2	8	1,6
0,1	ANTICORROSIVO	5	0,5	5	0,5
0,09	FÁCIL MANTENIMIENTO	5	0,45	8	0,72
0,15	RESISTENTE	7	1,05	9	1,35
0,1	DURABLE EN EL TIEMPO	8	0,8	8	0,8
0,05	ESTÉTICO CON EL EDIFICIO	5	0,25	8	0,04
0,1	CONFIABLE	7	0,7	8	0,8
0,06	DESMONTABLE	4	0,24	9	0,54
0,05	BASADO EN NORMAS NACIONALES	5	0,25	5	0,25
0,1	ROBUSTO	5	0,5	6	0,5
$\Sigma = 1$	Ponderación total		5,94		7,1

Para obtener la valoración se multiplica la dificultad por la ponderación

Tabla 13

Valoración de alternativas para mecanismo de transporte

Ponderación	Parámetro	Alternativa 1		Alternativa 2	
		Dificultad	Valoración	Dificultad	Valoración
0,15	FIABILIDAD DE MOVIMIENTO	8	1,2	9	1,35
0,2	SUAVIDAD EN EL ARRANQUE	8	1,6	9	1,8
0,15	FÁCIL OPERACIÓN	8	1,2	9	1,35
0,1	FÁCIL MANTENIMIENTO	7	0,7	8	0,8
0,08	SELECCIÓN AUTOMÁTICO O MANUAL	8	0,64	9	0,72
0,09	BAJO COSTO DE COMPONENTES	6	0,54	8	0,72
0,08	VIDA ÚTIL	9	0,72	9	0,72
0,05	CONFIABLE	8	0,4	9	0,45
0,1	ROBUSTO	8	0,8	9	0,09
$\Sigma = 1$	Ponderación total		7,8		8

Para obtener la valoración se multiplica la dificultad por la ponderación

**Tabla 14**

**Valoración de alternativas para sistema eléctrico**

Ponderación	Parámetro	Alternativa 1		Alternativa 2	
		Dificultad	Valoración	Dificultad	Valoración
0,1	BAJOS COSTOS	6	0,6	9	0,9
0,19	FÁCIL OPERACIÓN	7	1,33	8	1,52
0,1	FÁCIL ACCESO A TABLEROS DE CONTROL	8	0,8	8	0,8
0,08	MANTENIMIENTO	6	0,48	8	0,64
0,12	EFICIENCIA ELÉCTRICA	8	0,96	9	1,08
0,08	AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE	7	0,56	9	0,72
0,08	QUE NO HAGA RUIDO	7	0,56	9	0,72
0,1	SEGURO PARA EL PERSONAL	9	0,9	9	0,9
0,1	CONFIABLE	8	0,8	9	0,9
0,05	CON TECNOLOGÍA ACTUAL	8	0,4	9	0,45
$\Sigma = 1$	Ponderación total		7,39		8,63

Para obtener la valoración se multiplica la dificultad por la ponderación

**Tabla 15**

**Comparación de valoraciones**

	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Total
Alternativa 1	<b>5,94</b>	<b>7,8</b>	<b>7,39</b>	<b>21,13</b>
Alternativa 2	<b>7,1</b>	<b>8</b>	<b>8,63</b>	<b>23,73</b>
Alternativa 2 > Alternativa 1				

**3.10. Principio de solución**

La alternativa 2 se presenta como solución al diseño mecánico para el sistema de elevación, con un valor de ponderación de 23,73 por encima de los 21,13 que obtuvo la alternativa 1.



### **3.10.1. Evaluación de los principios de solución**

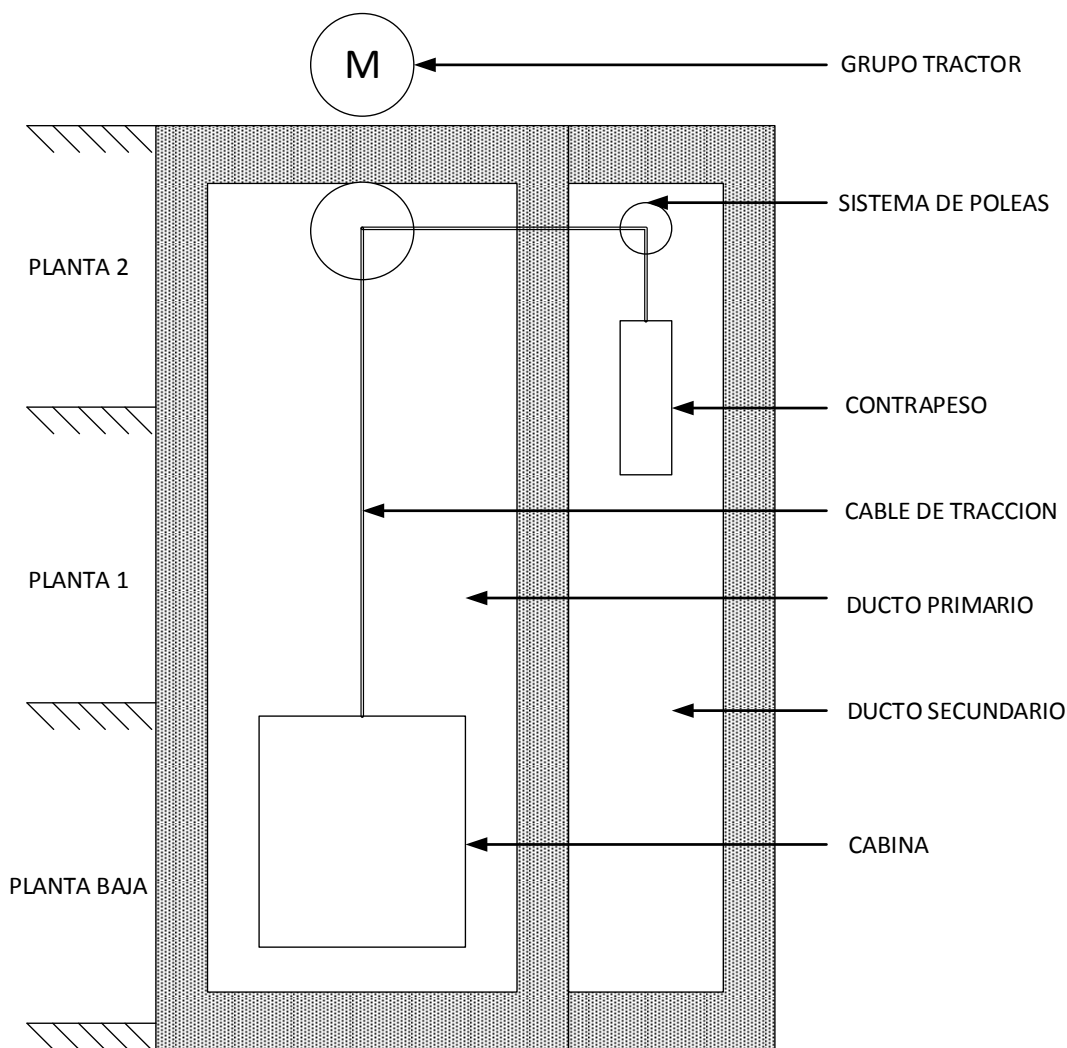
Debido a la facilidad de construcción y funcionamiento que presenta la alternativa 1, se posiciona como una primera solución para iniciar el diseño del sistema.

Aun así, la alternativa 2 presenta una ponderación mayor a la alternativa 1, sobretodo en el factor económico, ya que al utilizar un contrapeso para el sistema elevador de carga se puede disminuir hasta en un 70% la potencia necesaria de motor para subir este tipo de cargas. De igual manera el motor acoplado con un polipasto debería estar conformado por un tambor robusto, necesario para enrollar el cable de acero, esta característica de robustez se debe presentar para todo el sistema, a pesar de que el motor es la fuente de energía; se necesita también de una estructura con suficiente resistencia a la fluencia y a la flexión.

### **3.11. Conclusión a la casa de la calidad**

Una vez realizado el análisis sobre el proceso para el diseño del sistema Elevador de Carga, se ha encontrado múltiples factores que deben ser tomados en cuenta al momento de seleccionar el sistema a ser empleado, es decir, entre un sistema con polipasto para que el cable de acero tienda a enrollarse; o, un sistema acoplado a un contrapeso para de esta manera disminuir la potencia requerida del motor. De igual manera, la estructura debe originar valores por encima del límite de fluencia y el límite de flexión, asegurando una estructura robusta, capaz de soportar cargas externas ocasionadas no solo por la función principal del servicio sino también por factores ambientales.

Por último, se debe tomar en cuenta el sistema eléctrico, ya que el mismo va a asegurar un funcionamiento óptimo del sistema, logrando ser eficiente con la energía eléctrica requerida y utilizando todos los recursos tecnológicos para permitir el arranque y la parada del motor, ofreciendo protección a los usuarios y a las piezas que van a ser transportadas.



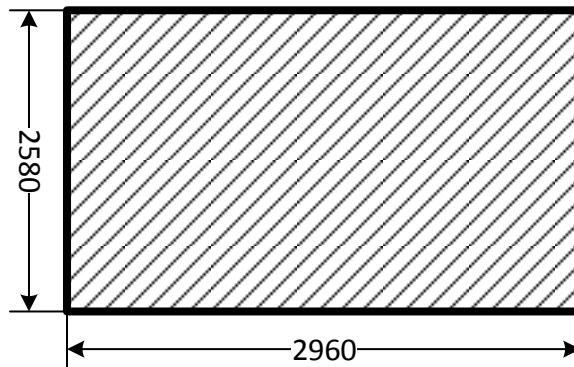
**Figura 13 Solución de la alternativa 2 para el sistema de elevación**

## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN

#### 4.1. Diseño mecánico

Para el diseño del sistema de elevación se ha tomado la consideración de limitarse a las dimensiones determinadas en el desarrollo de la casa de la calidad, ya que no se desea interferir con el espacio de trabajo, por tal razón se ha designado las siguiente dimensiones.

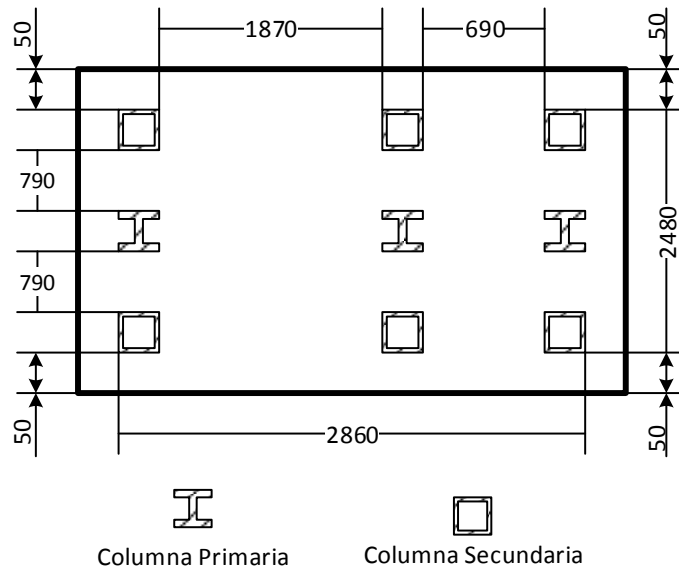


\* Los valores, de ahora en adelante, son en milímetros [mm]

**Figura 14 Espacio técnico designado para el trabajo**

El tema de tesis trata sobre la construcción de un sistema elevador de carga tipo columna, por tal razón y luego de una exhaustiva investigación se tiene una solución preliminar, limitándose a las dimensiones de trabajo permitidas; la construcción de un ducto principal en donde se desliza la cabina y un ducto secundario que alberga el contrapeso.

Es necesaria entonces la implementación de una columna primaria que soporta exclusivamente las cargas resultantes en el eje  $y$ , así también una columna secundaria que distribuye uniformemente las cargas resultantes en el eje  $x$  y  $z$ , con el objetivo de obtener un sistema rígido y antisísmico.



**Figura 15 Dimensiones de la vista de planta para el diseño estructural**

#### 4.1.1. Carga viva

Se tiene en consideración a los elementos que no están fijos en la estructura para determinar la carga viva, para este caso se requiere levantar 1500 [kg] como peso útil y se desea que la cabina no tenga un peso mayor a 400 [kg], siendo la sumatoria de estos dos elementos la carga viva del sistema.

$$\begin{aligned}
 C_{viva} &= P_{productos} + P_{cabina} \\
 C_{viva} &= 1500[kg] + 400[kg] \\
 C_{viva} &= 1900[kg]
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

#### 4.1.2. Carga muerta

Se la define como la sumatoria del peso de los elementos fijos del sistema, tales como las columnas, las vigas, y elementos necesarios para la construcción de la estructura.

Si se toma en cuenta el requerimiento preliminar del diseño, propuesto en la figura 4.15 entonces se hace una aproximación de la carga muerta con los valores de catálogo de los perfiles.

**Tabla 16**  
**Elementos fijos para carga muerta**

Posición	Valoración	Descripción	Cantidad	Peso unitario [kg/m]	Longitud [m]	Peso total [kg]
Columnas	Primaria	Perfil HEB 100	3	20,40	6	367,2
	Secundaria	Tubo estructural cuadrado de 100x100x4	6	11,73	6	422,28
Vigas	Primaria	Perfil HEB 100	1	20,40	6	122,4
	Secundaria	Perfil HEB 100	1	20,40	6	122,4
Arrostramientos		Perfil angular 75x75x5	10	33,39	6	2003,4
Otros		Caja contrapeso	1	150	1	150
		Motor	1	100		100
		Otros (cable de tracción, puntos de suelda, guías para la cabina, uniones, elementos no determinados,)		1000	1	1000
Sumatoria de pesos						4287,68
Propiedades	Descripción		Norma de fabricación		Norma de calidad	
	Tubo estructural cuadrado		NTE INEN 2415		ASTM A500, GR. A	
	Perfil HEB		INEN 2215/EN 10034		ASTM A-36/ASTM A 572 GR. 50	
	Perfil Angular		NTE INEN 1623		ASTM A-36/ASTM A 572 GR.50	

Fuente: IPAC, (2015)

Luego de un breve análisis de los elementos para el diseño del sistema de elevación, tomando condiciones extremas y un factor de seguridad mayor a 2, se selecciona trabajar con un valor de carga muerta de 4500 [kg].

$$C_{muerta} = 4500 \text{ [kg]} \quad \text{Ecuación (21)}$$

### 4.1.3. Diseño de la viga

Para el diseño de la viga se aplica una carga puntual con dos apoyos fijos, con ayuda del software MDSolid Versión Estudiantil se realiza el análisis de las reacciones, fuerza cortante y momento.

$$P_{puntual} = C_{viva} \cdot g \text{ (gravedad)}$$

$$P_{puntual} = 1900[kg] \cdot 9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \quad \text{Ecuación (22)}$$

$$P_1 = P_{puntual} = 18,62[kN]$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$R_A = 18,62 kN - R_B$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_A \cdot 0 + 18,62 kN \cdot 1,05[m] - R_B \cdot 2,1[m]$$

$$R_B = 9,31[kN]$$

Al reemplazar  $R_B$  en  $R_A$

$$R_A = 9,31 [kN]$$

$$R_B = 9,31[kN]$$

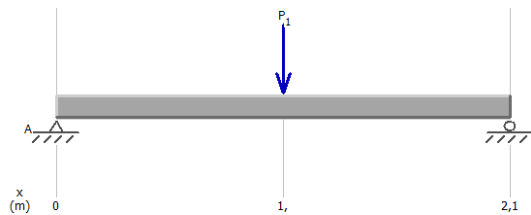


Figura 16 Diagrama de cargas

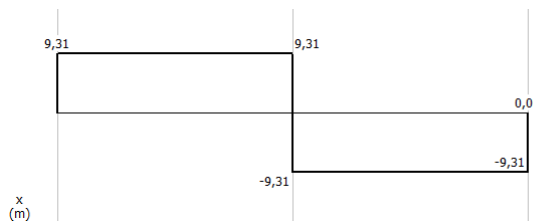


Figura 17 Diagrama de fuerza cortante

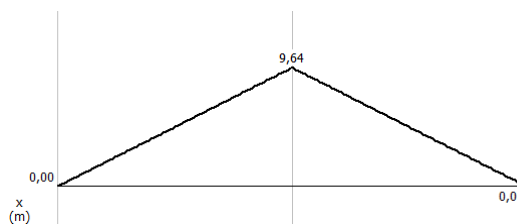


Figura 18 Diagrama de momento

### a. Esfuerzo normal máximo

A partir de la fórmula del esfuerzo normal máximo para cargas estáticas.

$$\frac{1}{fs_{(\text{factor de seguridad})}} = \frac{\sigma_{\max}}{S_y} \quad \text{Despejar } \sigma_{\max}$$
$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{fs} \quad \text{Ecuación (23)}$$

### b. Esfuerzo debido a la flexión

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{S_x} \quad \text{Ecuación (24)}$$

Al igualar la ecuación (23) y la ecuación (24) se obtiene la solución para hallar la variable del momento de resistencia  $S_x$ , con dicho valor se puede seleccionar el perfil adecuado.

ecuación(23)=ecuacion(24)

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\max}$$
$$\frac{S_y}{fs} = \frac{M_{\max}}{S_x}$$
$$S_x = \frac{M_{\max} \cdot fs}{S_y} \quad \text{Ecuación (25)}$$

El análisis con el software MDSolid versión estudiantil, permite conocer el valor del momento máximo.

$$M_{\max} = 9,64 \text{ [N]}$$

El factor de seguridad recomendado por el manual de diseño de máquinas de Robert L. Mott es de 1.5, de tal forma que se toma un valor, a criterio personal, de 2 para realizar el diseño del sistema.

$$fs = 2$$

Las propiedades mecánicas del acero ASTM, Modulo de elasticidad 207 [GPa], Resistencia a la fluencia 248 [MPa].

Reemplazando los valores en la ecuación (25):

$$S_x = \frac{M_{max} \cdot fs}{S_y}$$

$$S_x = \frac{9,64[kN] \cdot 2}{248[MPa]}$$

$$S_x = 7,7742 \times 10^{-5} \frac{m^3}{m^3}$$

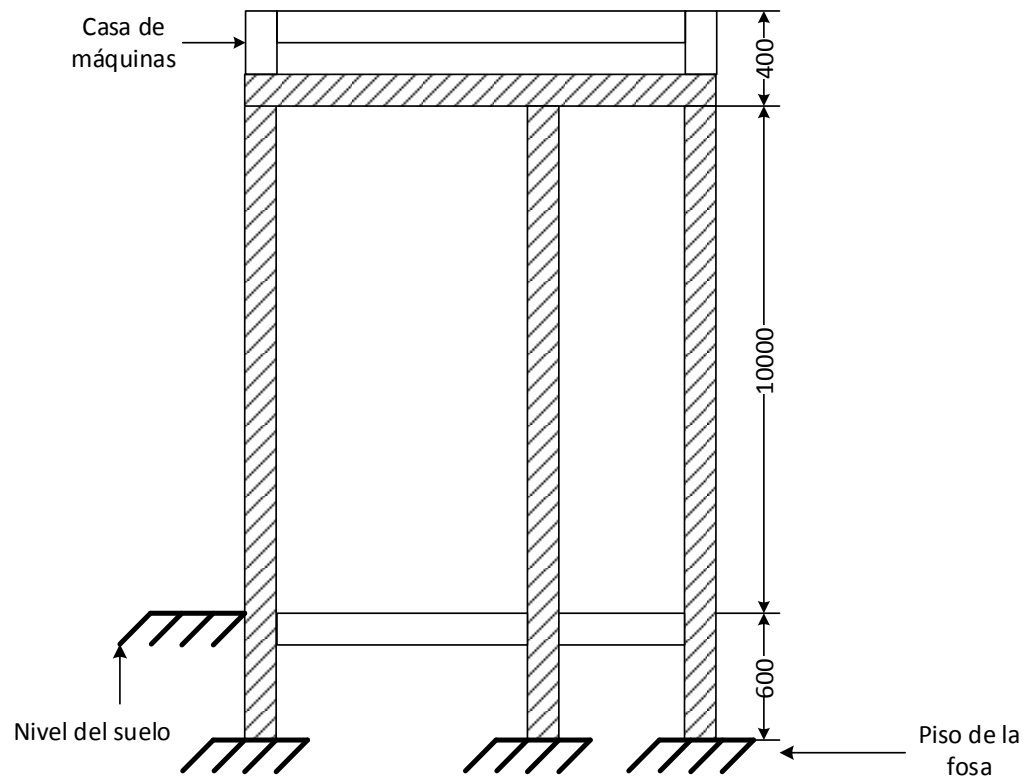
$$S_x = 77,742[cm^3]$$

La magnitud de  $S_x$  se debe buscar y comparar en los valores del anexo A.1., en este caso el inmediato superior tiene un resultado de  $S_x = 89,9[cm^3]$  que corresponde a un perfil HEB 100.

#### 4.1.4. Diseño de las columnas

La figura a continuación contiene información, en general, sobre el diseño que se busca implementar, como inicio a la solución de los cálculos.





**Figura 19 Columna primaria**

La columna debe soportar la sumatoria de los pesos de la carga viva más la carga muerta.

$$C_{total} = C_{viva} + C_{muerta}$$

$$C_{total} = 1900[kg] + 4500[kg]$$

$$C_{total} = 6400[kg]$$

$$P_{total} = C_{total} \cdot g$$

$$P_{total} = 6400[kg] \cdot 9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$P_{total} = 62,72[kN]$$

Se debe tomar en cuenta que existen tres columnas primarias y tres columnas secundarias, para el análisis se toma el peso total distribuido entre las columnas primarias, cada una con 12 metros de largo.

$$P_{distribuido} = \frac{P_{total}}{3_{ColumnasPrimarias}}$$

$$P_{distribuido} = 20,91[kN]$$

### a. Cálculo de la longitud efectiva

A continuación se realiza el cálculo de la longitud efectiva, para lo cual se toma el valor de  $K=0,65$  de la figura 2.2 y se aplica la ecuación de la longitud efectiva.

$$L_e = K \cdot L$$

$$L_e = 0,65 \cdot 12[m]$$

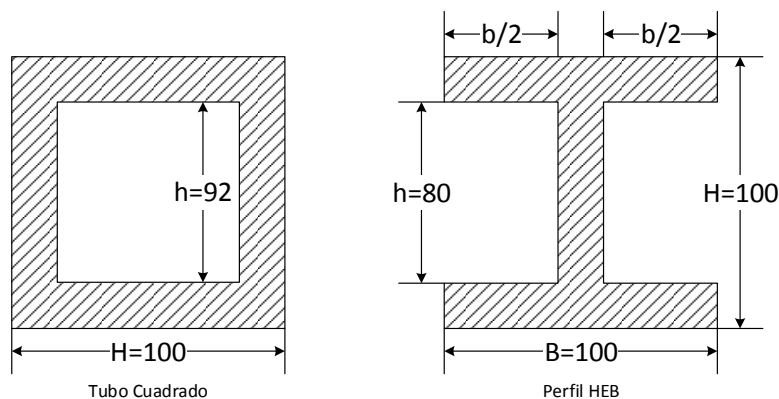
$$L_e = 7,8[m]$$

### b. Cálculo del radio de giro de la sección transversal

Para aplicar la ecuación del radio de giro se necesita obtener el momento de inercia de la sección transversal, tanto para la columna primaria como para la columna secundaria.

Sección transversal del tubo estructural cuadrado:  $I = \frac{H^4 - h^4}{12}$

Sección transversal del perfil HEB:  $I = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$



**Figura 20 Sección transversal de perfiles estructurales**

Determinar la sección transversal, el área y el radio de giro del tubo estructural cuadrado seleccionado.

Sección Transversal del Tubo Cuadrado 100x100x4

$$I = \frac{H^4 - h^4}{12}$$

$$I = \frac{100^4 [mm^4] - 92^4 [mm^4]}{12}$$

$$I = 2363392,00 [mm^4] \cdot \frac{1^4 [cm^4]}{10^4 [mm^4]}$$

$$I = 236,3392 [cm^4]$$

Área del Tubo Cuadrado 100x100x4

$$A = B^2 - b^2$$

$$A = 100^2 [mm^2] - 92^2 [mm^2]$$

$$A = 1536 [mm^2] \cdot \frac{1^2 [cm^2]}{10^2 [mm^2]}$$

$$A = 15,36 [cm^2]$$

Radio de giro del tubo estructural cuadrado 100x100x4

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{236,3392 [cm^4]}{15,36 [cm^2]}}$$

$$r = 3,9226 [mm]$$

Determinar la sección transversal, el área y el radio de giro del perfil estructural HEB seleccionado.

Sección Transversal del Perfil Estructural HEB 100

$$I = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$$

$$I = \frac{100 [mm] \cdot 100^3 [mm^3] - 94 [mm] \cdot 80^3 [mm^3]}{12}$$

$$I = 4,3227 [mm^4] \cdot \frac{1^4 [cm^4]}{10^4 [mm^4]}$$

$$I = 432,27 [cm^4]$$

Área del Perfil Estructural HEB 100

$$A = BH - bh$$

$$A = 100[mm] \cdot 100[mm] - 94[mm] \cdot 80[mm]$$

$$A = 2480[mm^2] \cdot \frac{1^2 [cm^2]}{10^2 [mm^2]}$$

$$A = 24,80[cm^2]$$

Radio de giro del tubo estructural cuadrado 100x100x4

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{432,27[cm^4]}{24,80[cm^2]}}$$

$$r = 4,1749[cm]$$

### c. Cálculo de la carga crítica

Las propiedades mecánicas del acero ASTM A500, Módulo de Elasticidad 207 [GPa], Resistencia a la Fluencia 228 [Mpa].

Carga crítica para el tubo estructural cuadrado 100x100x4

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(e)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 207[GPa] \cdot 2,3634 \times 10^{-6} [m^4]}{7,8^2 [m^2]}$$

$$P_{cr} = 79,363[kN]$$

Carga crítica para el perfil estructural HEB 100

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(e)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 207[GPa] \cdot 4,3227 \times 10^{-6} [m^4]}{7,8^2 [m^2]}$$

$$P_{cr} = 145,1563[kN]$$

#### d. Cálculo de la carga admisible

Se aplica la ecuación siguiente:

Carga admisible para tuboestructura cuadrado 100x100x4

$$P_a = \frac{P_{cr}}{fs}$$
$$P_a = \frac{79,363[kN]}{2}$$
$$P_a = 39,6815[kN]$$

Carga admisible para perfil estructura HEB 100

$$P_a = \frac{P_{cr}}{fs}$$
$$P_a = \frac{145,1563[kN]}{2}$$
$$P_a = 72,5782[kN]$$

El valor de la carga admisible se lo puede considerar como el esfuerzo máximo de la columna, de tal forma se puede calcular el esfuerzo normal.

Esfuerzo normal para tuboestructura cuadrado 100x100x4

$$\sigma = \frac{P_a}{A}$$
$$\sigma = \frac{39,6815[kN]}{1,536 \times 10^{-3} [m^2]}$$
$$\sigma = 25,8343[MPa]$$

Esfuerzo normal para perfil estructura HEB 100

$$\sigma = \frac{P_a}{A}$$
$$\sigma = \frac{72,5782[kN]}{2,48 \times 10^{-3} [m^2]}$$
$$\sigma = 29,2654[MPa]$$

#### e. Comparación del peso distribuido con la carga admisible de la columna

El peso distribuido se lo considera también como la carga real aplicada, por lo cual, si el valor del peso distribuido es menor al valor de la carga admisible, la columna no corre riesgo de pandearse.

Tubo estructural cuadrado 100x100x4

$$P_{distribuido} < P_{admisible}$$

$$20,91[kN] < 39,6815[kN]$$

Perfil estructural HEB 100

$$P_{distribuido} < P_{admisible}$$

$$20,91[kN] < 72,5782[kN]$$

Para ambos casos, la columna primaria y la columna secundaria cumplen con el peso admisible, descartando la posibilidad de que se pueda pandear el perfil.

#### 4.1.5. Diseño de las placas base

Para el diseño de la placa base se aplica la recomendación técnica de la figura siguiente.

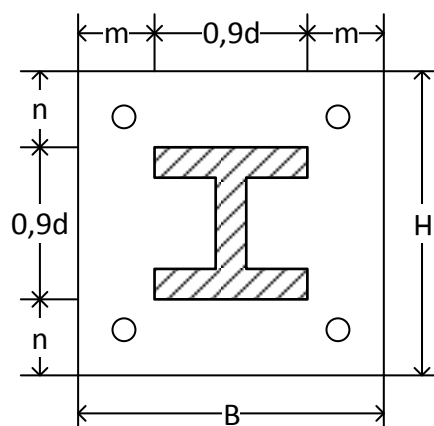


Figura 21 Recomendación técnica para el diseño de la placa base

Para iniciar el diseño se asume un valor del tamaño de la placa base mediante la siguiente ecuación.

$$H = d + \left( \frac{P}{k_c \cdot n} \right) \quad \text{Ecuación (26)}$$

Donde:

$H$  = Longitud de la altura de la placa asumida para el cálculo.

$d$  = Lado del perfil seleccionado.

$n$  = Longitud aumentada para determinar el tamaño de la placa base.

$B$  = Longitud de la base de la placa asumida para el cálculo.

En este caso  $H = B$ , por lo tanto.

$$H = 10[cm] + \left( \frac{P}{k_c \cdot 7,5[cm]} \right)$$

$$H = 25[cm]$$

$$B = 25[cm]$$

A continuación se calcula el área asumida de la placa base.

$$A_{asumida} = H \times B$$

$$A_{asumida} = 25[cm] \cdot 25[cm]$$

$$A_{asumida} = 625[cm^2]$$

Posteriormente, se calcula el área requerida de la placa base para soportar las cargas resultantes del sistema, de esta manera se comprueba si el valor asumido para el diseño satisface las necesidades mecánicas.

$$A_{real} = \frac{P_{total}}{k_c \cdot f_c} \quad \text{Ecuación (27)}$$

Donde:

$A_{real}$  = Área requerida de la placa base.

$P_{total}$  = Sumatoria de las cargas vivas y cargas muertas.

$k_c$  = Factor de diseño para el hormigón.

$f_c$  = Esfuerzo admisible del hormigón.

El factor de diseño para el hormigón, por recomendación de ingeniería civil, es de 0,3. El esfuerzo admisible es de  $240 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$  por lo tanto.

$$A_{real} = \frac{6400[kg]}{0,3 \cdot \left( 240 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right] \right)}$$
$$A_{real} = 88,89[cm^2]$$

Si el área real es menor al área asumida, entonces el diseño de la placa es correcto.

$$A_{real} < A_{asumida}$$
$$88,89[cm^2] < 625[cm^2]$$

A continuación se procede a calcular el espesor de la placa.

$$e_{placa} = \sqrt{\frac{3 \cdot f_{c_{real}} \cdot n^2}{k_y \cdot S_y}} \quad \text{Ecuación (28)}$$

Donde:

$e_{placa}$  = Espesor de la placa.

$f_{c_{real}}$  = Esfuerzo admisible real del hormigón.

$n$  = Longitud aumentada para determinar el tamaño de la placa base.

$s_y$  = Resistencia a la fluencia del acero.

$k_y$  = Factor de diseño para el acero.



$$f_c = \frac{P_{total}}{H \cdot B}$$

$$f_c = \frac{6400[kg]}{25[cm] \cdot 25[cm]}$$

$$f_c = 10,24 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

Determinar la longitud aumentada asumida para el diseño.

$$n = \frac{H - \phi,9 \cdot d}{2}$$

$$n = \frac{25 - \phi,9 \cdot 10}{2}$$

$$n = 8[cm]$$

Reemplazar en la fórmula para el espesor.

$$e_{placa} = \sqrt{\frac{3 \cdot f_{c_{real}} \cdot n^2}{k_y \cdot S_y}}$$

$$e_{placa} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10,24 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right] \cdot 8^2 [cm^2]}{0,75 \cdot 2450 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]}}$$

$$e_{placa} = 1,03[cm]$$

Luego del análisis, las dimensiones de la placa a escoger determina, placa de acero de 250x250x10 [mm].

#### 4.1.6. Diseño de los pernos de anclaje

El diseño de los pernos de anclaje permite escoger un diámetro adecuado, capaz de soportar los esfuerzos generados por el sistema, por lo tanto, para diámetros mayores a  $\frac{3}{4}in$  Fairies propone la siguiente ecuación:

$$A_p = \frac{P_{total}}{k_p \cdot f_y} \quad \text{Ecuación (32)}$$

Dónde:

$A_p$  = Área total del perno.

$P_{total}$  = Carga real aplicada.

$k_p$  = Factor de diseño para el perno.

$f_y$  = Resistencia de fluencia mínima a la tracción del perno.

Fuerza externa total:

$$\begin{aligned}P_{total} &= (C_{viva} + C_{muerta}) \cdot g \\P_{total} &= (900[kg] + 4500[kg]) \cdot 9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \\P_{total} &= 62,72[kN]\end{aligned}$$

Para poder comparar los valores obtenidos con los disponibles en el mercado comercial, se realiza un cambio de unidades.

$$\begin{aligned}P_{total} &= 62,72[kN] \cdot \frac{2,2046[lbf]}{9,8066[N]} \\P_{total} &= 14099,94[lbf]\end{aligned}$$

La resistencia de fluencia mínima a la tracción se obtiene al seleccionar un perno de alta resistencia SAE Grado 8, del anexo A.2. se puede obtener las propiedades:

$$\begin{aligned}f_y &= 120kpsi \\f_u &= 150kpsi\end{aligned}$$

Reemplazar en la ecuación (32).

$$\begin{aligned}A_p &= \frac{14099,94[lbf]}{0,4 \cdot 130000 \left[ \frac{lbf}{in^2} \right]} \\A_p &= 0,2712[in^2]\end{aligned}$$

Posteriormente se puede determinar el diámetro:

$$D_p = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_p}{\pi}}$$

$$D_p = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,2712[in^2]}{\pi}}$$

$$D_p = 0,5876[in]$$

Con el valor del diámetro calculado se puede hallar el perno adecuado, realizando una comparación en la tabla del anexo A.3. que contiene los pernos disponibles en el mercado.

Al escoger el inmediato superior, por factor de seguridad, se determina que el perno seleccionado es: SAE Grado 8, diámetro de  $\frac{3}{4}$  in. x 11 cm de largo, rosca fina.

#### **4.1.7. Diseño de los cables de tracción**

Los cables de tracción determinan la seguridad del usuario o de la carga, pues son los que directamente sujetan a la cabina, por lo cual, en caso de rotura, la cabina quedaría expuesta a la caída libre, provocando daños materiales e incluso mortales.

Para la correcta selección de un cable de acero, se debe tomar en cuenta principalmente los siguientes:

- Capacidad de carga adecuada
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia a la corrosión
- Resistencia al aplastamiento

Para el diseño de los cables se ha tomado como referencia el catálogo de alambres de Faires, cuarta edición, página 320.

Cabe mencionar que la fabricación del cable es realizada ya con un factor de seguridad de 10, por tal motivo se ha de ejecutar los cálculos con un factor de seguridad mínimo de 2.

A continuación se realiza el diseño a fatiga de los cables de tracción, para lo cual, los valores deben poder ser comparados con catálogo disponibles en mercado, es por eso que se realiza una conversión de unidades.

De antemano, por referencia al manual del usuario para cables de acero, se recomienda trabajar con cable de acero Seale 8x19, ya que su flexibilidad es la adecuada para la aplicación de elevadores o ascensores. En el anexo A.4. se puede hallar información útil sobre el cable seleccionado.

**Tabla 17**

**Conversión de unidades**

Descripción	Sistema métrico	Sistema ingles	Factor de conversión
<b>Carga viva</b> $C_{viva}$	1900 [kg]	4188,7827 [lb]	2,2046 [lb] = 1 [kg]
<b>Altura</b> $h$	10 [m]	32,8084 [ft]	3,2808 [ft] = 1 [m]
<b>Velocidad</b> $v$	0,7 [m/s]	2,2966 [ft/s]	3,2808 [ft] = 1 [m]

Sumatoria de fuerzas para el diagrama de cuerpo libre.

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$F_1 - C_{viva} - P_{cable} = m \cdot a$$

Ecuación (33)

Fórmula para determinar el peso del cable de acero Seale 8x19.

$$P_{cable} = 1,45 \cdot longitud \cdot dr^2$$

$$P_{cable} = 1,45 \cdot 32,8084[ft] \cdot dr^2$$

$$P_{cable} = \text{Peso del cable}$$

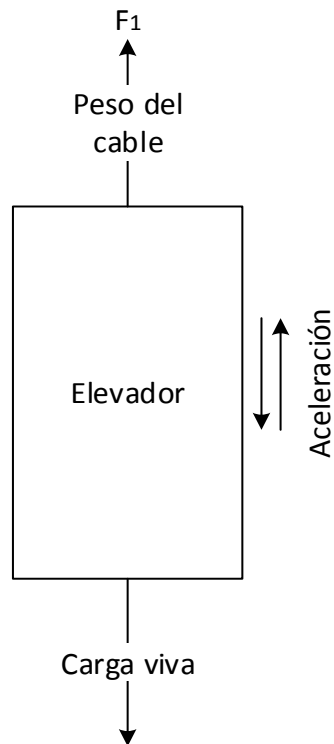
$$dr^2 = \text{diámetro del cable}$$

Ecuación (34)

Se desea alcanzar  $2,2966 \frac{ft}{seg}$  de velocidad en 2 seg.

$$a = \frac{2,2966 \left[ \frac{ft}{seg} \right]}{2 [seg]}$$

$$a = 1,1483 \frac{ft}{seg^2}$$



**Figura 22 Diagrama de cuerpo libre**

Reemplazar en la ecuación (33).

$$F_1 - 4188,7827[lb] - 47,5722 \cdot dr^2 = \left( \frac{4188,7827[lb] + 47,5722 \cdot dr^2}{32,2 \left[ \frac{ft}{seg^2} \right]} \right) \cdot \left( 1,1483 \left[ \frac{ft}{seg^2} \right] \right)$$

$$F_1 - 4188,7827[lb] - 47,5722 \cdot dr^2 = (30,0864[lb] + 1,4774 \cdot dr^2) \cdot \left( 1,1483 \left[ \frac{ft}{seg^2} \right] \right)$$

$$F_1 - 4188,7827[lb] - 47,5722 \cdot dr^2 = 149,3682 + 1,6965 \cdot dr^2$$

$$F_1 = 4338,1609 + 49,2687 \cdot dr^2 \quad \text{Ecuación (35)}$$

Para determinar el diámetro del cable, aplicar la fórmula de la resistencia a la tracción por fatiga.

$$n = \frac{\left( \frac{P}{S_u} \right) \cdot S_u \cdot d_r \cdot D_s}{2 \cdot F_1} \quad \text{Ecuación (36)}$$

Donde:

$n$  = factor de seguridad,  $n = 2$

$\frac{P}{S_u}$  = vida específica, recomendada por Robert Mott  $\frac{P}{S_u} = 0,002$

$S_u$  = Máxima resistencia del cable a la tracción, según Faires  $S_u = 280[kpsi]$

$d_r$  = Diámetro del cable

$D_s$  = Diámetro recomendado para la polea tractor, según Mott,

21 ·  $d_r$  mínimo y 26 ·  $d_r$  máximo

Despejar el diámetro del cable en la ecuación (36) y resolver.

$$d_r \cdot D_s = \frac{2 \cdot n \cdot F_1}{\frac{p}{S_u} \cdot S_u}$$

$$d_r \cdot D_s = \frac{2 \cdot 2 \cdot (338,1609 + 49,2687 \cdot dr^2)}{0,002 \cdot 280[kpsi]}$$

$$D_s = 21 \cdot dr$$

$$d_r \cdot 21 \cdot dr = 30,9869 + 0,3519 \cdot dr^2$$

$$21 \cdot dr^2 = 30,9869 + 0,3519 \cdot dr^2$$

$$20,6481 \cdot dr^2 = 30,9869$$

$$dr^2 = \frac{30,9869}{20,6481}$$

$$dr^2 = 1,5007$$

$$\sqrt{dr^2} = \sqrt{1,5007}$$

$$dr = 1,2250[in]$$

El diámetro del cable diseñado tiene un valor de  $d_r = 1,2250 [in]$  .

La condición de diseño resuelve colocar dos cables en dos puntos de sujeción a la cabina, es decir, el valor de diámetro calculado se divide para dos cables.

$$d_r = \frac{1,2250[in]}{2[cables]}$$

$$d_r = 0,6125[in]$$

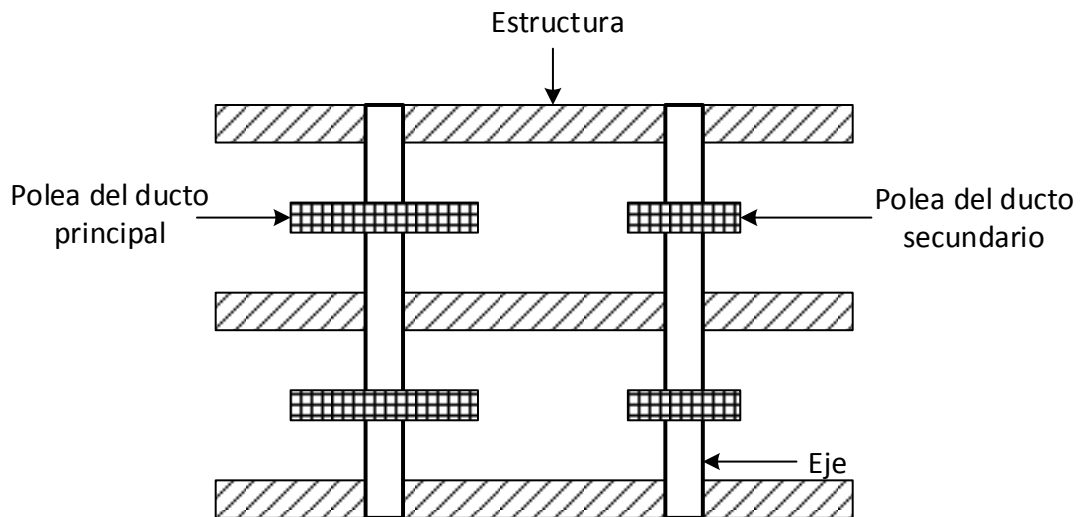
$$d_r = 0,6125[in] \approx 0,625 = \frac{5}{8} [in]$$

Con el valor del diámetro calculado, se puede seleccionar el cable de acero adecuado para el sistema de elevación, para lo cual se compara en el catálogo de cables disponibles en el mercado, anexo A.5.

El cable que se ha seleccionado es, Cable de Acero Seale 8x19, con alma de fibra de yute, diámetro 5/8 de pulgada.

#### 4.1.8. Diseño de la polea tractora

En el anexo A.4. se puede verificar que la recomendación para el diámetro mínimo y máximo de la polea depende del diámetro del cable, por lo tanto, se procede a escoger la polea en referencia a la siguiente figura.



**Figura 23 Requerimiento de diseño para la polea**

Se ha establecido el colocar dos cables para la sujeción de la cabina y la caja del contrapeso; por lo cual se debe diseñar dos poleas.

La polea del ducto principal es la encargada de soportar el mayor esfuerzo resultante de soportar la carga viva de 1900 [kg] por lo cual se toma en consideración el valor del diámetro máximo de la polea especificado en el anexo A.4.

La polea secundaria realiza un trabajo menor, por lo tanto se toma en cuenta para el cálculo el valor del diámetro mínimo recomendado en el manual de diseño mecánico.

Polea del ducto principal

$$D_{\text{maximo}} = 26 \cdot d_r$$

$$D_{\text{maximo}} = 26 \cdot \left( \frac{5}{8} [in] \right)$$

$$D_{\text{maximo}} = 16,25 [in] \rightarrow 40 [cm]$$



Polea del ducto secundario

$$D_{\text{mínimo}} = 21 \cdot d_r$$

$$D_{\text{mínimo}} = 21 \cdot \left( \frac{5}{8} [\text{in}] \right)$$

$$D_{\text{mínimo}} = 13,125 [\text{in}] \rightarrow 30 [\text{cm}]$$

### a. Presión específica sobre la garganta de la polea

Según la norma EN 81 la presión específica de poleas motrices de gargantas semicirculares con entalla se calcula por la fórmula:

$$P_{\text{específica}} = \frac{T}{n_c \cdot d_r \cdot D_p} \times \frac{8 \cdot \cos \frac{\delta}{2}}{\pi - \delta - \sin \delta}$$

Donde:

$P_{\text{específica}}$  = Presión específica del cable sobre la garganta [MPa]

T = Tensión estática del cable en N, que es igual al peso de la cabina más el peso de la carga viva más el peso del cable en el piso más bajo

$d_r$  = Diámetro del cable en [mm]

$D_p$  = Diámetro de la polea de arrastre en [mm]

n = Número de cables

$\delta$  = Ángulo del arco cortado por la entalla de la garganta semicircular [radianes]

$$m_L = n \cdot m_1 \cdot L$$

$$m_L = 2 \cdot 0,91 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right] \cdot (90 [\text{m}] + 5 [\text{m}])$$

$$m_L = 27,30 [\text{kg}]$$

Donde:

$m_1$  = Carga ejercida por los cables de tracción

n = Número de cables de tracción

L = Longitud de recorrido de cables de tracción + 5 metros de accesorios

$$T = (C_{\text{viva}} + m_L) \cdot g$$

$$T = (900 [\text{kg}] + 27,30 [\text{kg}]) \cdot 9,8 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$T = 18,8875 [\text{kN}]$$

$$P_{\text{especifica}} = \frac{18,875[kN]}{2 \cdot 15,875[mm] \cdot 400[mm]} \cdot \frac{8 \cdot \cos \frac{1,5708}{2}}{\pi \cdot 1,5708 \cdot \sin 1,5708}$$

$$P_{\text{especifica}} = 1,4862 \times 1,1463$$

$$P_{\text{especifica}} = 1,7036[MPa]$$

### b. Presión máxima

$$P_{\text{maxima}} = \frac{12,5 + 4(v)}{1 + v}$$

$$P_{\text{maxima}} = \frac{12,5 + 4 \left( 0,7 \left[ \frac{m}{s} \right] \right)}{1 + 0,7 \left[ \frac{m}{s} \right]}$$

$$P_{\text{maxima}} = 9[MPa]$$

Se debe comparar que la presión específica sea menor a la presión máxima, de tal manera se comprueba que el diámetro de la polea ha sido seleccionado adecuadamente.

$$P_{\text{especifica}} < P_{\text{maxima}}$$

$$1,7036[MPa] < 9[MPa]$$

### 4.1.9. Diseño del amortiguador

El amortiguador es un mecanismo de acumulación de energía que actúa como seguridad en situaciones de emergencia únicamente, por tal motivo su diseño debe asegurar que el tamaño del mismo garantice la seguridad de los usuarios. Básicamente el diseño consiste en calcular un diámetro de alambre y diámetro medio del resorte requerido para soportar la fuerza que se ejerce sobre el en caso de falla.

Para determinar la fuerza ejercida sobre el resorte se aplica la ecuación:

$$F_m = 3 \cdot C_{viva} \cdot g$$

$$F_m = 3 \cdot (900[kg]) \cdot 9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$F_m = 55,86[kN]$$

Para dar mayor seguridad al diseño se van a colocar dos resortes, por lo tanto la fuerza ejercida se divide para dos.

$$F_m = 27,93[kN]$$

### a. Diámetro del alambre del resorte

$$d_w \geq \sqrt{\frac{8 \cdot F_m \cdot k \cdot C}{\pi \cdot \tau_p}}$$

Donde:

k = factor de Wahl

C = Índice de resorte

$\tau_p$  = Tensión permisible

El acero empleado para resortes de vehículos es el acero 9260, cuya resistencia a la tracción es 1758 MPa.

$$d_w \geq \sqrt{\frac{8 \cdot 27,9585[kN] \cdot 1,25}{\pi \cdot 1758[MPa]} \cdot 6}$$

$$d_w \geq 0,01743m$$

$$d_w \geq 17,43[mm]$$

### b. Diámetro medio del resorte

Se aplica la relación del índice de resorte para hallar el diámetro medio.

$$\frac{D}{d} = 6$$

$$D = 6 \cdot d$$

$$D = 6 \cdot 17,43[mm]$$

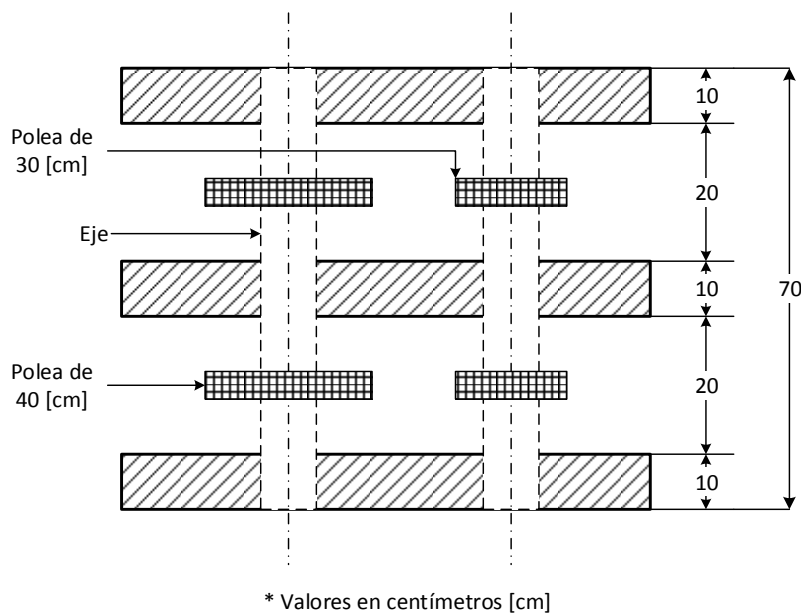
$$D = 104,58[mm]$$

#### 4.1.10. Diseño del eje

El eje móvil es un elemento rotatorio generalmente de sección transversal circular, cuya función es transmitir movimiento y potencia. En esta etapa del diseño se debe considerar la deformación por flexión, deformación por torsión, elementos soportados por ejes, esfuerzo y resistencia, resistencia estática, resistencia a la fatiga.

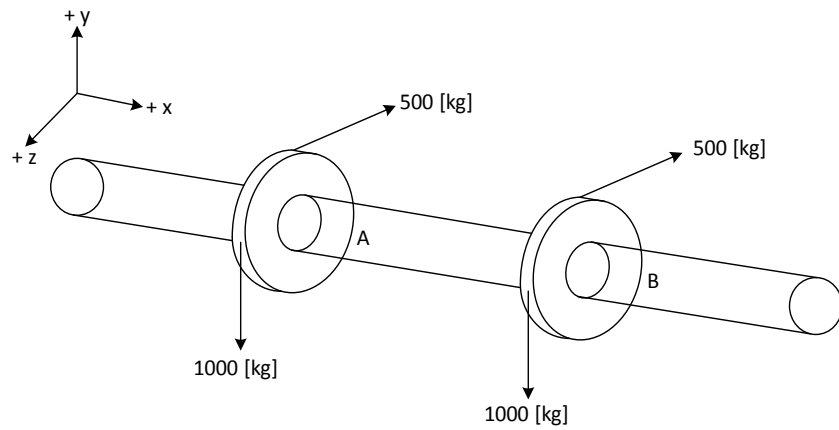
Se aplica el diseño a fatiga para el eje, ya que es el elemento que va a soportar cargas axiales y cortantes, al mismo tiempo que transmite el movimiento a las poleas para poder arrastrar los cables de tracción.

Los parámetros para el diseño del eje se especifican en la figura a continuación.

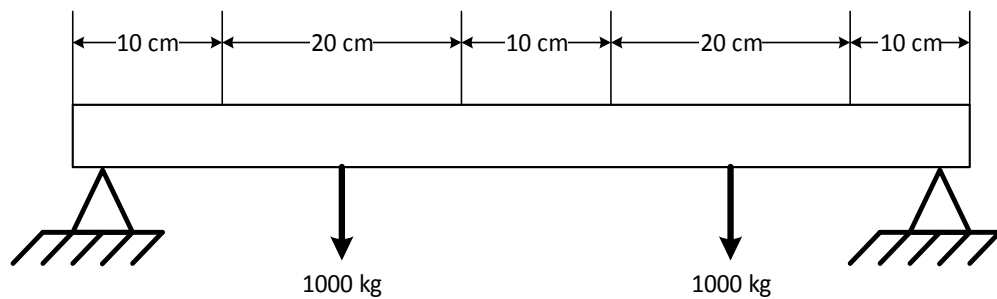


**Figura 24 Parámetros de diseño**

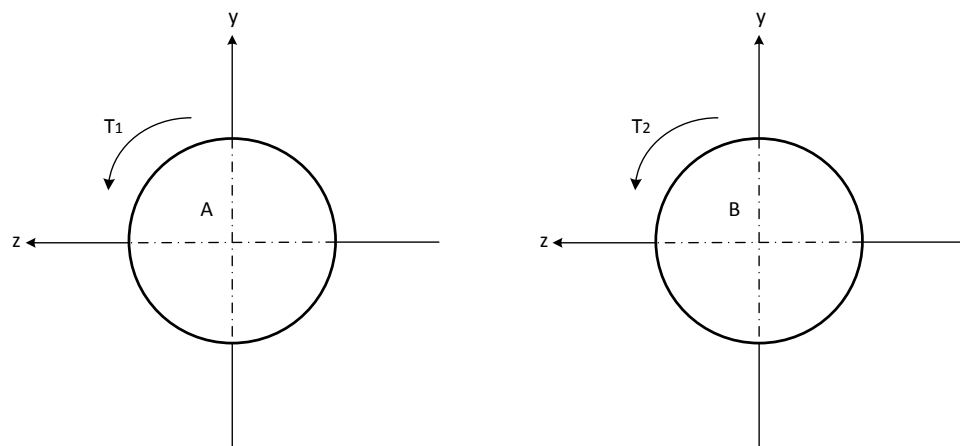
Longitud del eje = 70 cm, Factor de diseño = 2



**Figura 25 Ubicación de las poleas en el eje**



**Figura 26 Diagrama de cuerpo libre**



**Figura 27 Determinación de momento de torsión en la polea A y polea B**

$$T_A = P_{puntual} \cdot d_{polea}$$

$$T_A = \left( 1000[\text{kg}] \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,2[\text{m}]$$

$$T_A = 1960[\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$T_B = P_{puntual} \cdot d_{polea}$$

$$T_B = \left( 1000[\text{kg}] \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,2[\text{m}]$$

$$T_B = 1960[\text{kg} \cdot \text{m}]$$

**a. Sumatoria de fuerzas en el plano  $xy$**

$$\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$R_{1y} - \left(1000[kg] \times 9,8 \frac{m}{s^2}\right) - \left(1000[kg] \times 9,8 \frac{m}{s^2}\right) + R_{2y} = 0$$

$$R_{1y} = 19600[kg] - R_{2y}$$

**Sumatoria de momentos en el plano  $xy$**

$$\rightarrow \Sigma M_A = 0$$

$$R_{1y} \cdot 0 - \left(1000[kg] \times 9,8 \frac{m}{s^2}\right) \cdot 0,2[m] - \left(1000[kg] \times 9,8 \frac{m}{s^2}\right) \cdot 0,5[m] + R_{2y} \cdot 0,7[m] = 0$$

$$0,7[m] \cdot R_{2y} = 1960[Nm] + 4900[kg]$$

$$R_{2y} = 9800[N]$$

**Despejar  $R_{1y}$  en sumatoria de fuerzas en el plano  $xy$**

$$R_{1y} = 19600[N] - 9800[N]$$

$$R_{1y} = 9800[N]$$

$$V_{Aizquierda} = 0 ; V_{Aderecha} = 9800$$

$$V_{Bizquierda} = 9800 ; V_{Bderecha} = 0$$

$$V_{Cizquierda} = 0 ; V_{Cderecha} = 9800$$

$$V_{Dizquierda} = 9800 ; V_{Dderecha} = 0$$

$$A_1 = 1960 ; A_2 = 1960$$

$$M_A = 0 ; M_B = 1960$$

$$M_C = 1960 ; M_D = 0$$

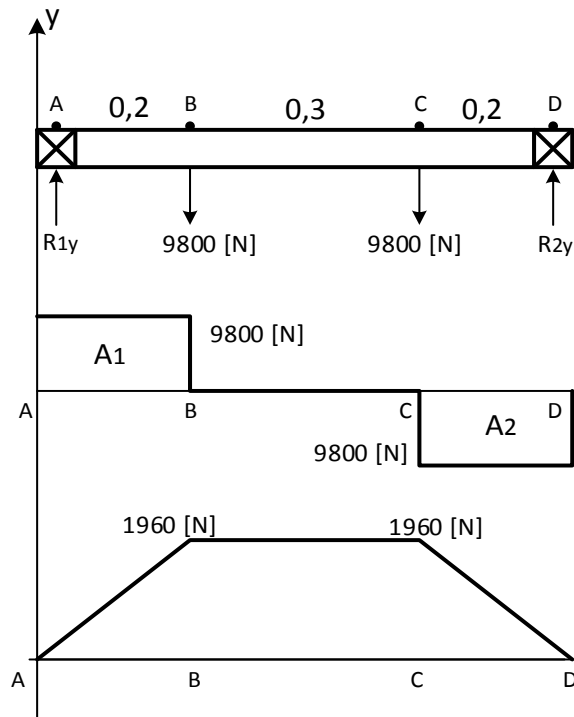


Figura 28 Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante

**b. Sumatoria de fuerzas en el plano  $zx$**

$$\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$R_{1y}' - \left( 500[\text{kg}] \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) - \left( 500[\text{kg}] \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) + R_{2y}' = 0$$

$$R_{1y}' = 9800[\text{N}] - R_{2y}'$$

**Sumatoria de momentos en el plano  $zx$**

$$\rightarrow \Sigma M_A = 0$$

$$R_{1y}' \cdot 0 - \left( 500[\text{kg}] \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,2[\text{m}] - \left( 500[\text{kg}] \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,5[\text{m}] + R_{2y}' \cdot 0,7[\text{m}] = 0$$

$$0,7[\text{m}] \cdot R_{2y}' = 980[\text{Nm}] + 2450[\text{Nm}]$$

$$R_{2y}' = 4900[\text{N}]$$

Despejar  $R_{1y}$  en sumatoria de fuerzas en el plano  $zx$

$$R_{1y}' = 9800[kg] - 4900[kg]$$

$$R_{1y}' = 4900[kg]$$

$$V_{Aizquierda} = 0 ; V_{Aderecha} = 4900$$

$$V_{Bizquierda} = 4900 ; V_{Bderecha} = 0$$

$$V_{Cizquierda} = 0 ; V_{Cderecha} = 4900$$

$$V_{Dizquierda} = 4900 ; V_{Dderecha} = 0$$

$$A_1 = 980 ; A_2 = 980$$

$$M_A = 0 ; M_B = 980$$

$$M_C = 980 ; M_D = 0$$

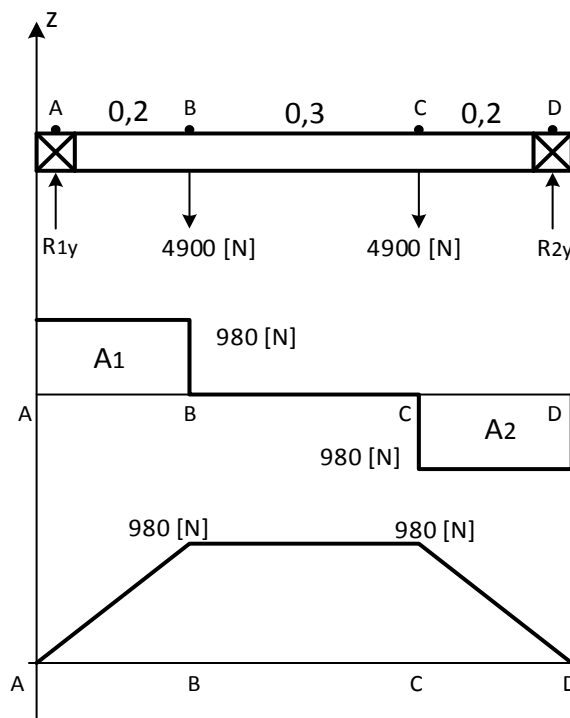


Figura 29 Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante

Determinación del momento máximo de torsión.

$$M_T = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}$$

$$M_T = \sqrt{1966,5197^2 + 1385,9292^2}$$

$$\tau = M_T = 2405,8261$$



Al aplicar la fórmula de la teoría de Sines:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot n}{S_u \cdot \pi} \cdot M}$$

$$S_u = 580[\text{MPa}]$$

Factor de seguridad = 2

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times 2}{580[\text{MPa}] \cdot \pi} \cdot 2405,8262[\text{Nm}]}$$

$$d = 0,0439[\text{m}]$$

$$d = 4,39[\text{cm}]$$

El elemento que se debe seleccionar es un acero para ejes de transmisión de 3 pulgadas de diámetro, por cuestiones de mayor seguridad.

#### 4.1.11. Selección del rodamiento

Como referencia para el diseño del rodamiento se toma el manual de diseño mecánico de Shigley, en el cual se especifica:

Carga Radial = 18620[N]

$L_D = 30000$  horas (Vida deseada del rodamiento)

$n = 28$  [rpm] (Velocidad deseada)

$$X_D = \frac{L}{L_{10}} = \frac{L_D \cdot M_D \cdot 60}{L_R \cdot N_R \cdot 60} = \frac{30000[\text{horas}] \cdot 28[\text{rpm}] \cdot 60}{10^6}$$

$$X_D = 50,4$$

### a. Relación carga vida confiabilidad

$$C_{10} = F_D \left( \frac{X_D}{X_0 + \theta - X_0 \left( \ln \frac{1}{R_0} \right)^{\frac{1}{b}}} \right)^{\frac{1}{a}} \quad \text{Ecuación (37)}$$

Donde:

$F_D$  = Carga Radial

$a = 3$ , para cojinetes de bolas;  $a = \frac{10}{3}$  para cojinetes de rodillos

$R_0$  = Confiabilidad,  $(0,9)$

Para los valores de  $X_0, \theta, b$  se aplica la experiencia del fabricante para una vida nominal de  $10^6$  revoluciones:

$X_0$  = Valor garantizado mínimo de la variante,  $(0,02)$

$\theta$  = Parámetro característico Weibull,  $(4,459)$

$b$  = Parámetro de la forma que controla el sesgo,  $(4,483)$

Reemplazar en la ecuación (37)

$$C_{10} = 18,62 [kN] \cdot \left( \frac{50,4}{0,02 + 4,459 - 0,02 \left( \ln \frac{1}{0,09} \right)^{\frac{1}{1,483}}} \right)^{\frac{3}{10}}$$

$$C_{10} = 32,28 [kN]$$

Con el valor de  $C_{10}$  se puede escoger el rodamiento en un catálogo comercial. Para la aplicación se seleccionó un rodamiento cónico de rodillos, de 3 in de diámetro interior.

#### 4.1.12. Diseño de la estructura de la cabina

##### a. Diseño de las vigas

Tabla 18

Datos técnicos para el diseño de la cabina

CARGA VIVA	1500 [KG]
CARGA MUERTA	400 [KG]
FUERZA TOTAL	14,7 [KN]
<b>La fuerza total se distribuye para las 9 vigas con las cuales ha sido planificado el diseño de la cabina</b>	
FUERZA TOTAL DISTRIBUIDA	1,633 [KN]
RESISTENCIA A LA FLUENCIA ACERO ASTM A 500 GR. A (Sy)	228 [MPa]
MODULO DE ELASTICIDAD (E)	207 GPA

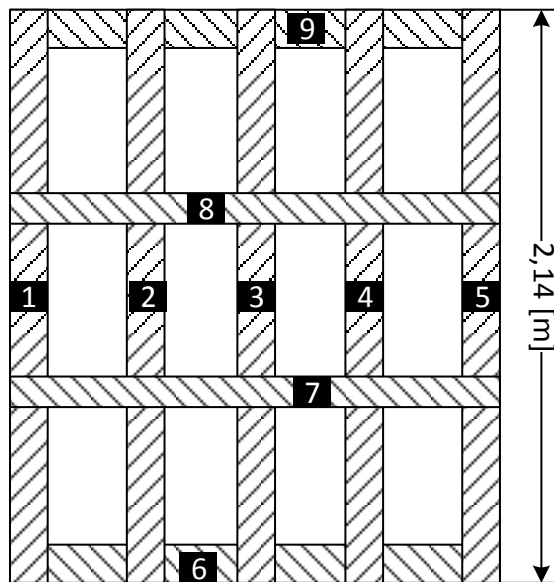


Figura 30 Vista superior preliminar al diseño de la estructura para la cabina

**Tabla 19**

**Resultado de los cálculos para el diseño de la viga**

Aplicando el software MDSolid Versión Estudiantil se realiza el análisis de las reacciones, fuerza cortante y momento, se obtiene también el valor del momento máximo

$M_{max}$	0,8737[kN.m]
$S_x$	7,664 [m <sup>3</sup> ]
Con el valor de $S_x$ tomar referencia al anexo A.6. Para seleccionar el tubo estructural cuadrado de 50x50x3 [mm]	

**b. DISEÑO DE LAS COLUMNAS**

**Tabla 20**

**Resultado de los cálculos para el diseño de las columnas**

Altura, h	2,2[m]
Carga muerta	1900[kg]
Fuerza aplicada	18,62[kN]
La construcción de la cabina debe contar con al menos 6 columnas que mejoren la distribución de la fuerza aplicada, por lo tanto el valor se divide para 6	
Fuerza distribuida	3,1033[kN]
Longitud efectiva, Le	1,43[m]
Sección transversal, I	20,8492 [m <sup>4</sup> ]
Área de la sección transversal, A	5,64 [m <sup>2</sup> ]

**Tabla 21**

**Resultado de los esfuerzos generados**

Radio de giro, r	1,9227[cm]
Peso crítico, Pcr	208,2971[kN]
Carga admisible, Pa	104,149[kN]
Esfuerzo normal, $\sigma$	184,6612[MPa]
Comparación, P distribuido < Pa	3,0133[kN] < 104,149[kN]
Si se cumple la condición, por lo tanto la selección del tubo cuadrado de 50x50x3 es correcta.	

## 4.2. Diseño eléctrico

### 4.2.1. Calculo de la potencia del motor

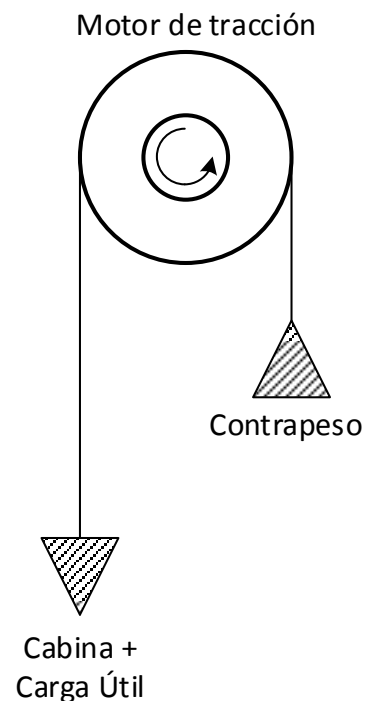
El motor es el elemento encargado de transmitir la energía mecánica al sistema para que la cabina pueda subir y bajar, ejerciendo el trabajo para el cual se diseñó el sistema de elevación.

A continuación se aplica las fórmulas para obtener la potencia requerida del motor.

$$P_{\text{contrapeso}} = C_{\text{cabina}} + 50\% \cdot C_{\text{util}}$$

$$P_{\text{contrapeso}} = 400 \text{ [kg]} + 50\% \cdot 1500 \text{ [kg]}$$

$$P_{\text{contrapeso}} = 1150 \text{ [kg]}$$



**Figura 31 Diagrama de cuerpo libre**

### Sumatoria de fuerzas en $y$

$$\uparrow \Sigma F_y = 0$$

Cabina + Carga útil = Contrapeso

$$\text{Masa}_{\text{desequilibrio}} = 400[kg] + 1500[kg] - 1250[kg]$$

$$\text{Masa}_{\text{desequilibrio}} = 650[kg]$$

$$F_{\text{desequilibrio}} = \text{Masa}_{\text{desequilibrio}} \cdot g$$

$$F_{\text{desequilibrio}} = 650[kg] \cdot 9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$F_{\text{desequilibrio}} = 6,37[kN]$$

$$\text{Potencia}_{\text{motor}} = \frac{F_{\text{desequilibrio}} \cdot v_{\text{nominal}}}{\eta}$$

$$v_{\text{nominal}} = \text{velocidad recomendada } 0,7 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$\eta$  = Rendimiento del motor, promedio 0,85

$$\text{Potencia}_{\text{motor}} = \frac{6,37[kN] \cdot 0,7 \left[ \frac{m}{s} \right]}{0,85}$$

$$\text{Potencia}_{\text{motor}} = 5,24 [kW]$$

La potencia del grupo tractor debe ser de  $5,24[kW]$  que transformados en caballos de fuerza se obtiene  $7,0269 \text{ hp}$ , necesarios para levantar la carga del sistema.

Potencia necesaria para romper la inercia

$$\text{Potencia}[kW] = \frac{\text{torque}[Nm] \cdot 2\pi \cdot \eta [rpm]}{60000}$$

$$\text{torque}[Nm] = \frac{\text{Potencia}[kW] \cdot 60000}{2\pi \cdot \eta [rpm]}$$

$$\text{torque}[Nm] = \frac{5,24[kW] \cdot 60000}{2\pi \cdot 1710[rpm]}$$

$$\text{torque}[Nm] = 29,26[Nm]$$

La velocidad de ascenso que se requiere alcanzar es de 0,7 [m/s], para transformar a revoluciones por minuto se aplica la ecuación siguiente, donde RPM es la velocidad final de la caja reductora.

$$v_{angular} = \frac{v_{lineal}}{r_{salida}}$$

$$v_{angular} = \frac{0,7 \left[ \frac{mts}{seg} \right]}{0,2 [mts]}$$

$$v_{angular} = 3,5 \left[ \frac{rad}{seg} \right] \cdot \left[ \frac{60 seg}{1 min} \right]$$

$$v_{angular} = 210 \left[ \frac{rad}{min} \right]$$

$$v_{angular} = RPM \cdot 2\pi \cdot rad$$

$$RPM = \frac{v_{angular}}{2\pi \cdot rad}$$

$$RPM = \frac{210 \left[ \frac{rad}{min} \right]}{2\pi \cdot rad}$$

$$RPM = 33,42$$

A continuación se identifica las características disponibles en el mercado.

**Tabla 22**

**Motor disponible en el mercado**

MARCA DEL MOTOR	CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR		CARACTERÍSTICAS DE LA CAJA REDUCTORA	
Lafert	Potencia [kW]	4,0	Potencia [kW]	4,0
MARCA DEL MOTORREDUCTOR	RPM	1710	RPM	28,5
Transtecno	$\cos\gamma$	0,81		
CON FRENO ELECTROMAGNÉTICO	Torque [Nm]	75		

**4.2.2. SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES PARA CONEXIÓN DEL MOTORREDUCTOR**

El motorreductor se convierte en el único elemento generador de potencia y por ende el que más energía consume, el calibre del conductor debe ser capaz de soportar la corriente nominal de trabajo del mismo, así como garantizar su integridad ante posibles fallos eléctricos; se realiza entonces la selección de materiales con un factor de sobrecarga de 1,25 a 1,5 de los valores de catálogo.

En relación a la placa de datos técnicos del motorreductor seleccionado, se tiene una corriente de trabajo de 15,8 amperios en conexión triángulo a 200/230 voltios. Si se aplica el factor de 1,25 se debe trabajar entonces con una corriente nominal de 19,75 amperios.

Con este valor de corriente se procede a determinar el tipo y calibre del conductor para la conexión del motorreductor, mediante catálogo del fabricante.

**Tabla 23**

**Especificaciones Conductor Multipolar de Cobre**

CONDUCTOR	CARACTERÍSTICAS
TIPO	Conductor multipolar de cobre tipo ST – THHN
CALIBRE AWG	3X10
CAPACIDAD DE CORRIENTE	30 amperios
VOLTAJE DE SERVICIO	600 voltios
TEMPERATURA	60 grados centígrados

FUENTE: Catálogo de Conductores Electro Cables C.A.

**4.2.3. Selección del breaker de alimentación**

**Tabla 24**

**Selección del breaker**

DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS
TIPO	3 polos
CURVA DE DISPARO	C 10
CAPACIDAD DE CORRIENTE	25 amperios
VOLTAJE DE SERVICIO	220/400 V CA

FUENTE: Catálogo de Dispositivos ABB

**4.2.4. Selección del guardamotor**

El guardamotor es un dispositivo magneto térmico de protección exclusiva para el motor, capaz de discriminar sobrecorriente causada por el arranque del motor.



**Tabla 25****Propiedades del Guardamotor**

DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS
TIPO	Guardamotor termo magnético mpw25-3-u016
CORRIENTE NOMINAL	19,75 amperios
RANGO DE AJUSTE DE CORRIENTE NOMINAL	16 a 20 amperios
VOLTAJE DE SERVICIO	220/400 voltios

FUENTE: Catálogo de Guardamotores WEG

**4.2.5. Selección de los contactores****Tabla 26****Propiedades del contactor**

DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS
TIPO	Contactores de tres polos CWM25
CORRIENTE NOMINAL	25 A
CORRIENTE TERMINA CONVENCIONAL	45 A
VOLTAJE DE SERVICIO	220/230 V CA
POTENCIA NOMINAL MÁXIMA DE OPERACIÓN PARA MOTORES TRIFÁSICOS	5.5 KW / 7.5 HP

FUENTE: Catálogo de contactores WEG

**4.2.6. Selección del fusible**

El fusible es recomendación del manual del operador del Micro controlador Siemens Logo 230RC, en el cual se establece la instalación en la entrada de la alimentación de un fusible de 2 amperios. El porta fusible tiene un capacidad de 10 amperios.

#### 4.2.7. Selección de los sensores finales de carrera

Debido a la robustez del sistema se necesita unos dispositivos capaces de soportar la tensión de trabajo así como el factor de servicio que ejecuta el sistema dentro de la empresa. Existen diferentes tipos de finales de carrera, dependiendo de la aplicación y requerimientos externos, en este caso se ha seleccionado un final de carrera tipo antena de punta flexible con las siguientes características.

**Tabla 27**

##### **Características Microswitch**

<b>DISPOSITIVO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>MODELO</b>	MOUJEN MJ-7106
<b>CONTACTOS</b>	1 NA + 1 NC
<b>VOLTAJE DE TRABAJO</b>	250 V
<b>TIPO DE CABEZA</b>	PALANCA FLEXIBLE

FUENTE: Catálogo Microswitch MOUJEN

#### 4.2.8. Selección del controlador lógico programable

La aplicación que se busca automatizar es sencilla, por lo cual y en relación a las características técnicas se ha seleccionado el controlador SIEMENS MICRO LOGO 230 RC.

**Tabla 28**

##### **Características SIEMENS Micro LOGO 230RC**

<b>DISPOSITIVO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>MODELO</b>	Logo 230 RC
<b>VOLTAJE DE TRABAJO</b>	115 - 240 V
<b>MÓDULO</b>	DM: 8 entradas y 4 salidas digitales

FUENTE: Catálogo SIEMENS

## CAPÍTULO V

### 5. DISEÑO ASISTIDO POR SOFTWARE

El diseño asistido por computadora, más conocido por sus siglas en inglés **CAD**, es prácticamente un sistema que permite emplear una gran cantidad de herramientas tecnológicas para el diseño, simulación y corroboración de datos obtenidos teóricamente acerca de un elemento mecánico.

Para el análisis estructural se ha empleado el software RISA Versión Académica, este software permite analizar los esfuerzos máximos generados en una estructura; para el modelamiento del sistema de elevación y los elementos requeridos se ha empleado el software AUTODESK INVENTOR Versión Académica y para el análisis de elementos finitos se emplea en cambio el software ANSYS INC. Versión Académica, este programa es capaz de predecir cómo funcionará y reaccionará determinado producto bajo un entorno real.

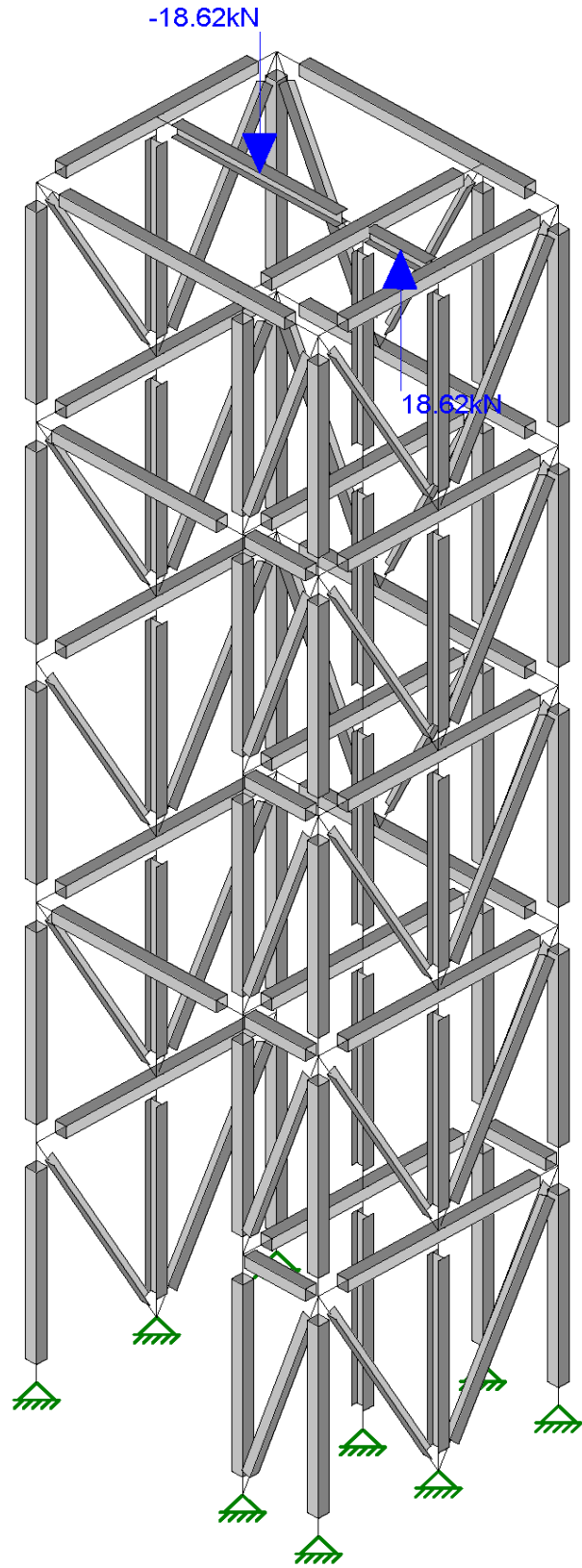
#### 5.1. Diseño asistido por el software RISA 3d versión académica

En el entorno de trabajo de RISA 3D Versión Académica se puede modelar la geometría de la estructura del sistema de elevación, de tal manera que se puede seleccionar los perfiles calculados para posteriormente verificar si la columna soporta las fuerzas de compresión, la viga es suficiente para no pandearse con la flexión y los arrostramientos ejercen fuerzas de estabilidad.

**Tabla 29**

**Perfiles seleccionados para el diseño de la geometría del elevador de carga**

<b>TUBO CUADRADO 100X100X4</b>	Columnas y vigas secundarias
<b>PERFIL HEB 100</b>	Columnas y vigas primarias
<b>PERFIL ANGULAR 75X75X5</b>	Arrostramientos
<b>TUBO CUADRADO 50X50X3</b>	Estructura de la cabina



**Figura 32** Diseño estructural del sistema de elevación con soportes fijos y carga viva de 1900 [kg]

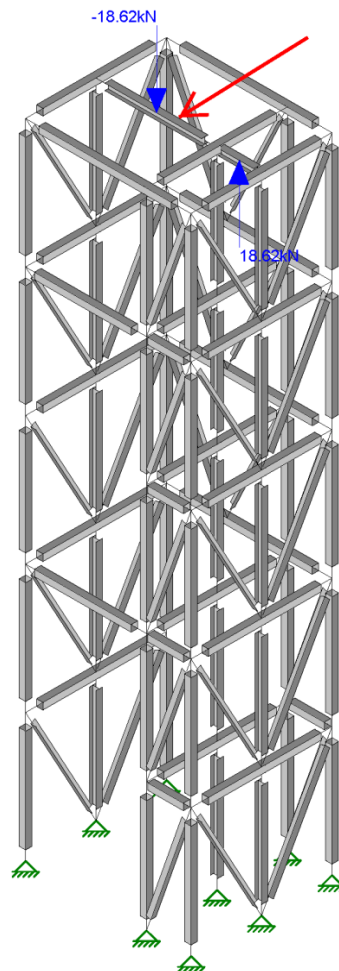
Para el análisis de resultados, se trabaja con el valor de la relación de esbeltez, en la siguiente tabla se especifica los valores máximos.

**Tabla 30**

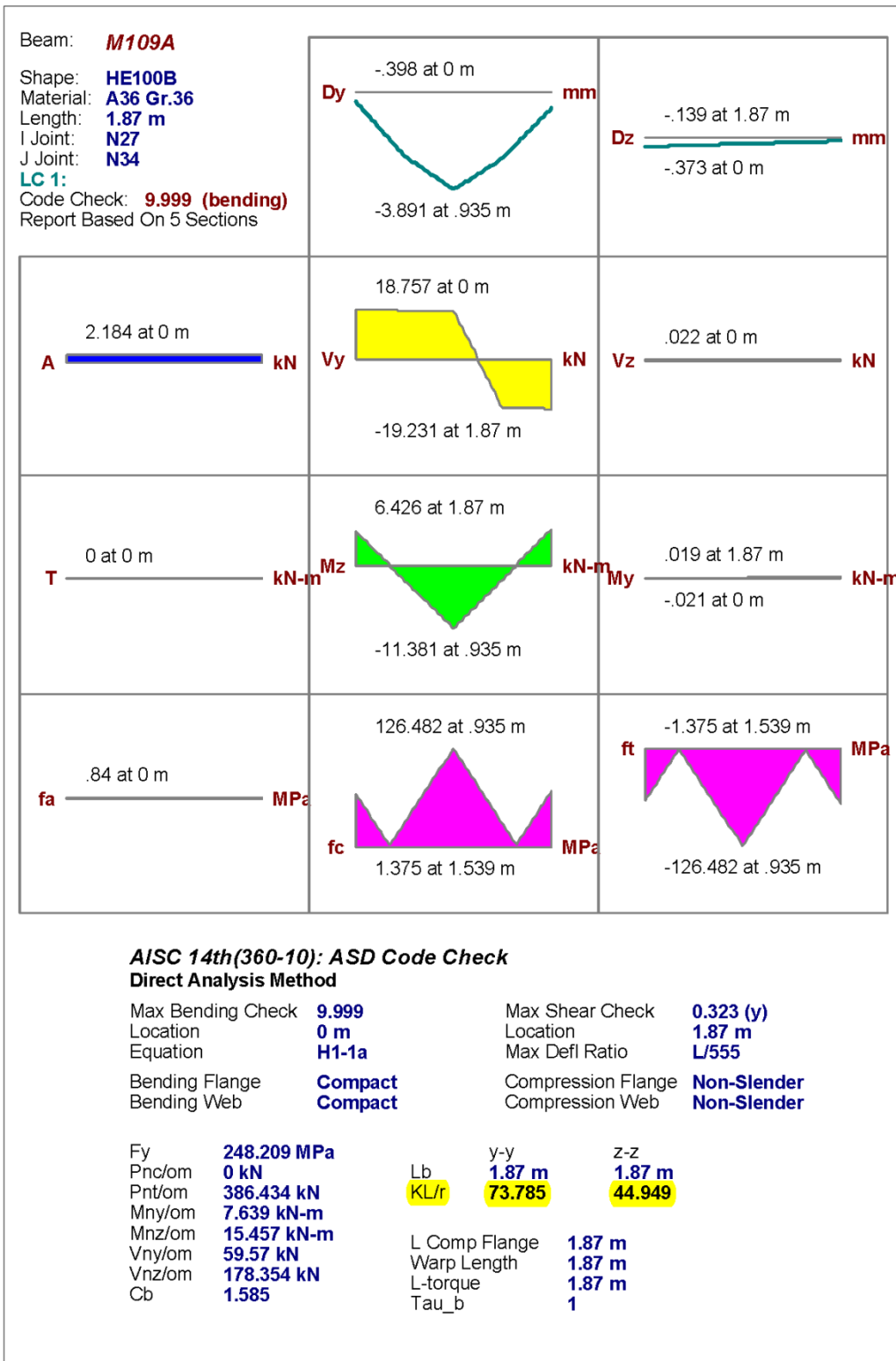
**Valores máximos para relación de esbeltez**

Miembros a compresión	$KL/r < 200$
Miembros a tensión	$KL/r < 240$
Arrostramientos y miembros secundarios	$KL/r < 300$

**5.1.1. Resultado de la simulación para la viga principal**



**Figura 33 Fuerza puntual aplicada a la viga principal**



**Figura 34 Resultados para simulación de la viga cuando se aplica carga puntual**

5.1.2. Resultado de la simulación para una sección de la columna principal

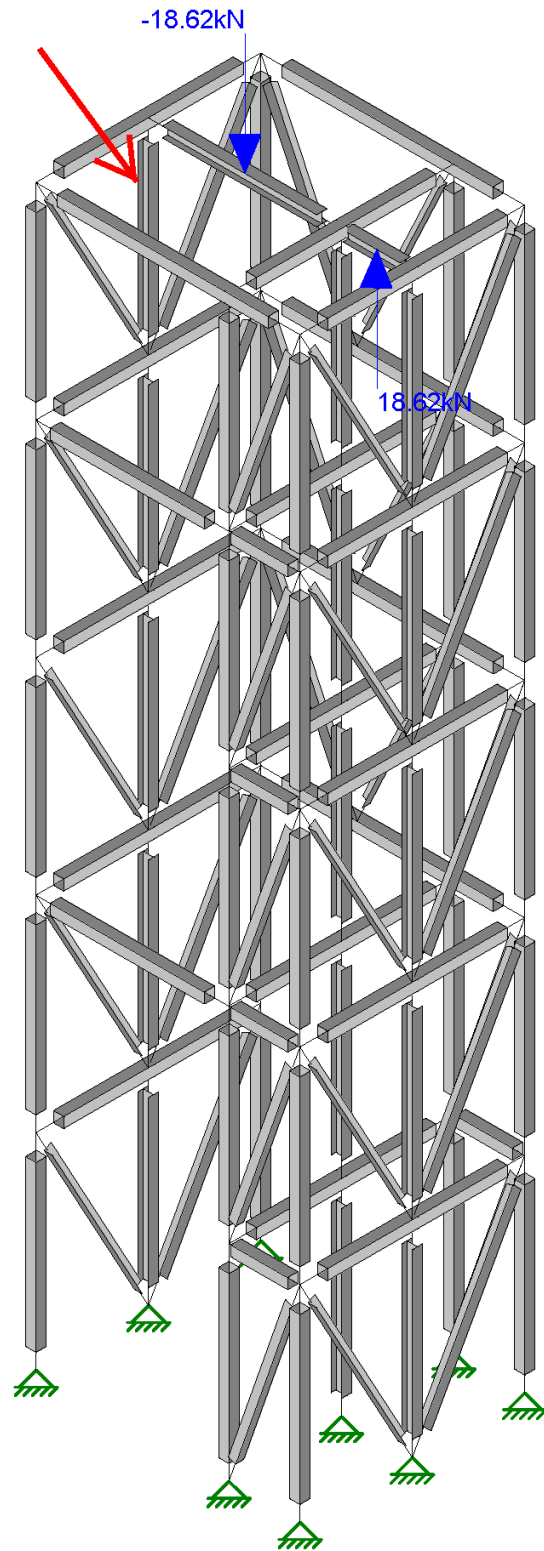
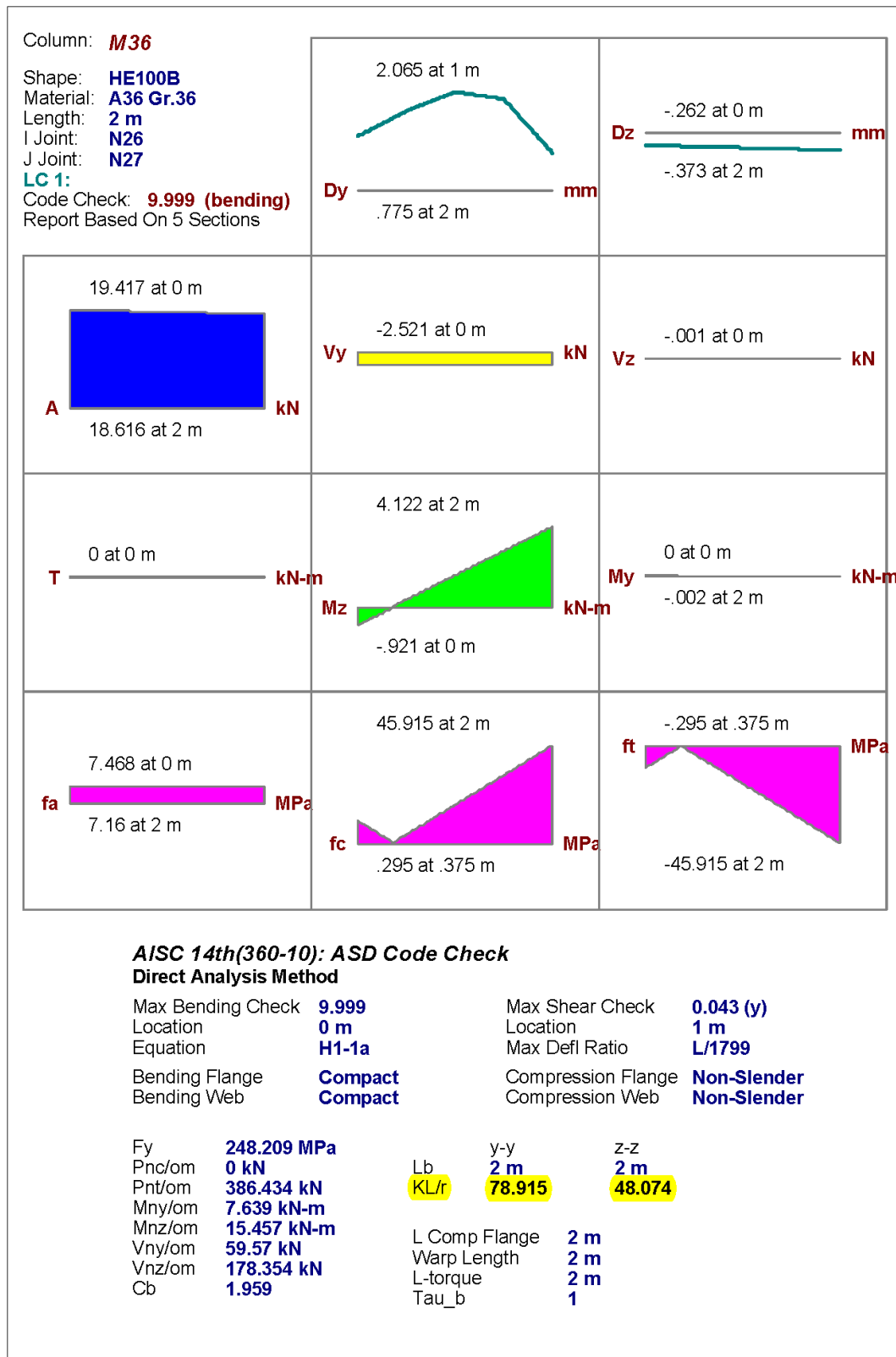


Figura 35 Columna principal



**Figura 36 Resultados para simulación de la columna principal**



### 5.1.3. Resultado de la simulación para una sección de la columna secundaria

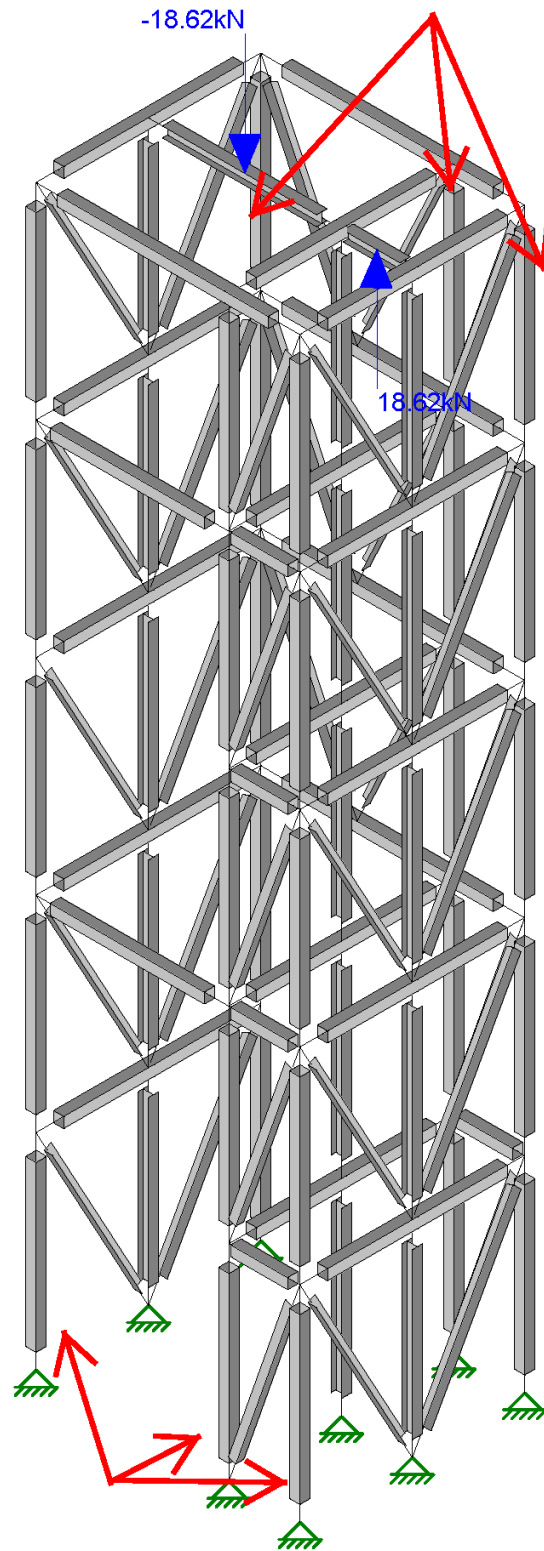
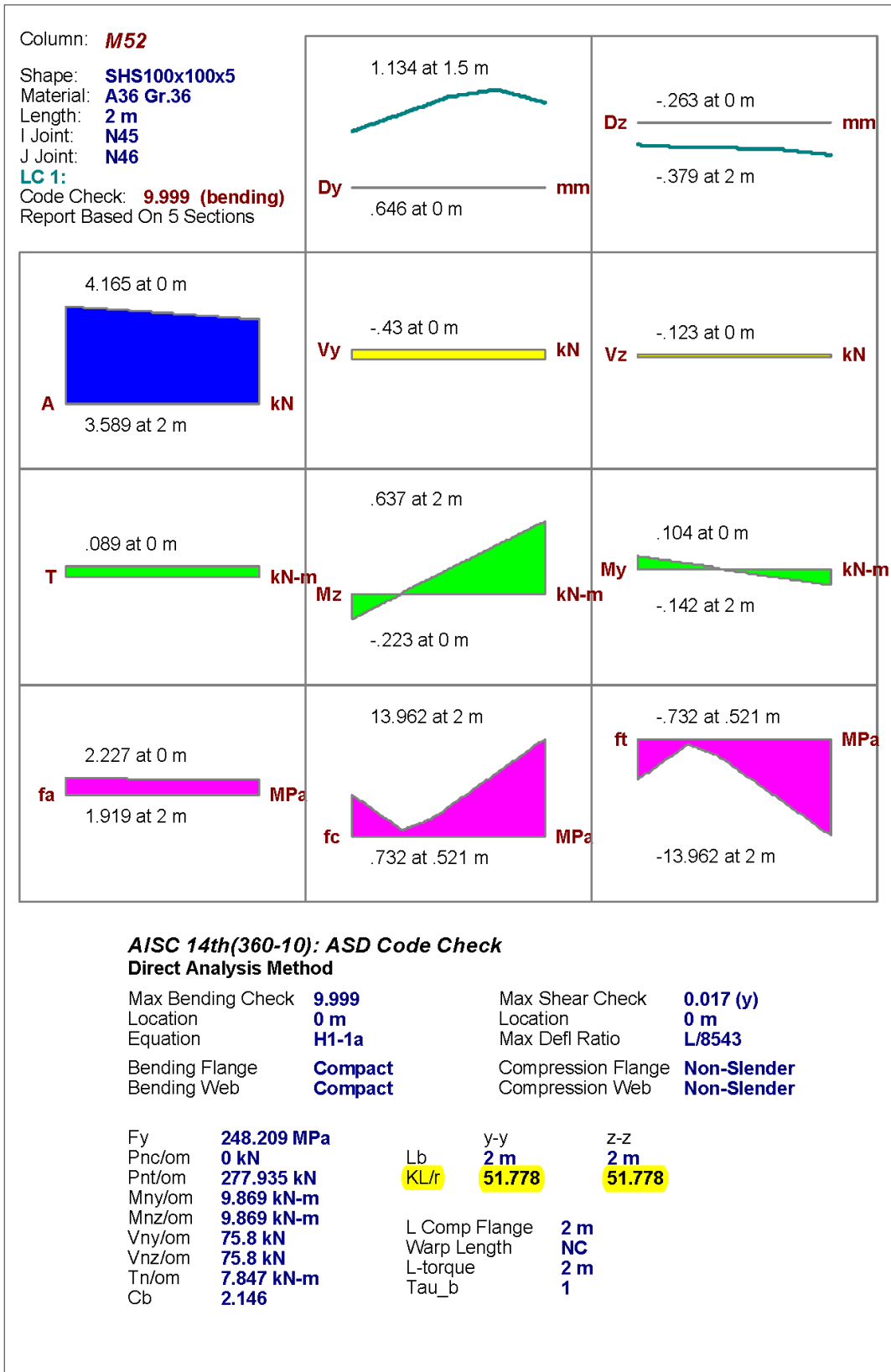


Figura 37 Columnas secundarias



**Figura 38 Resultados para simulación de la columna secundaria**

#### 5.1.4. Resultado de la simulación para los arrostramientos

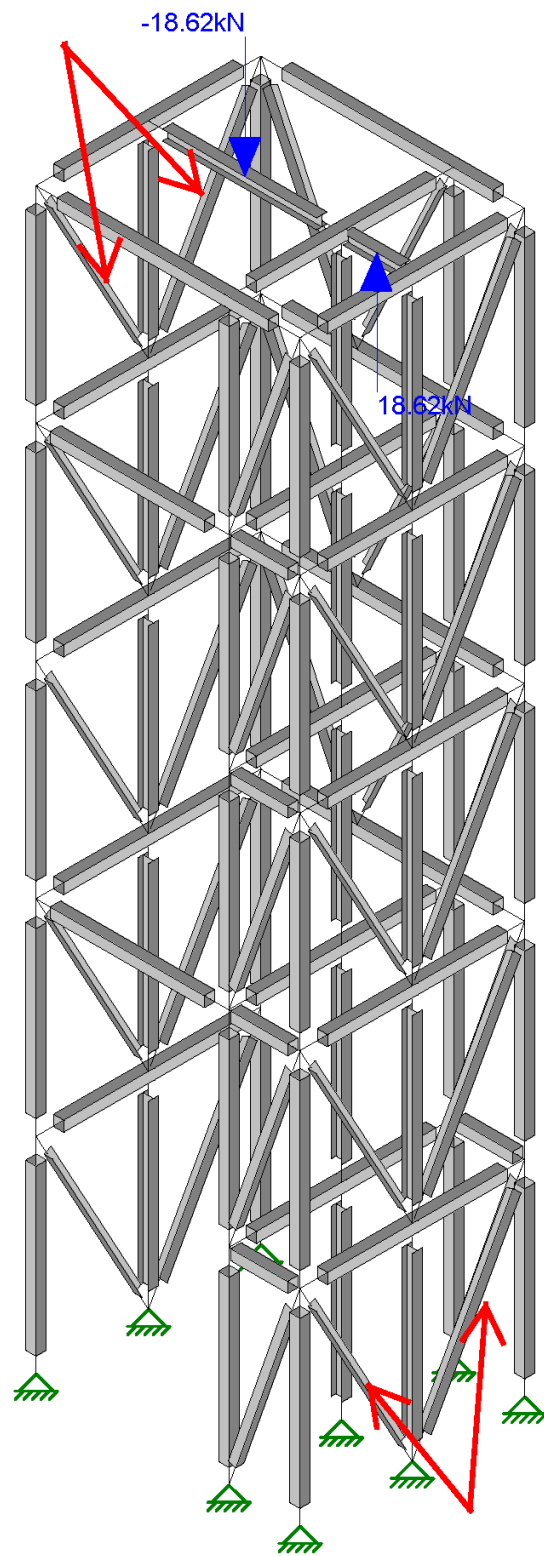
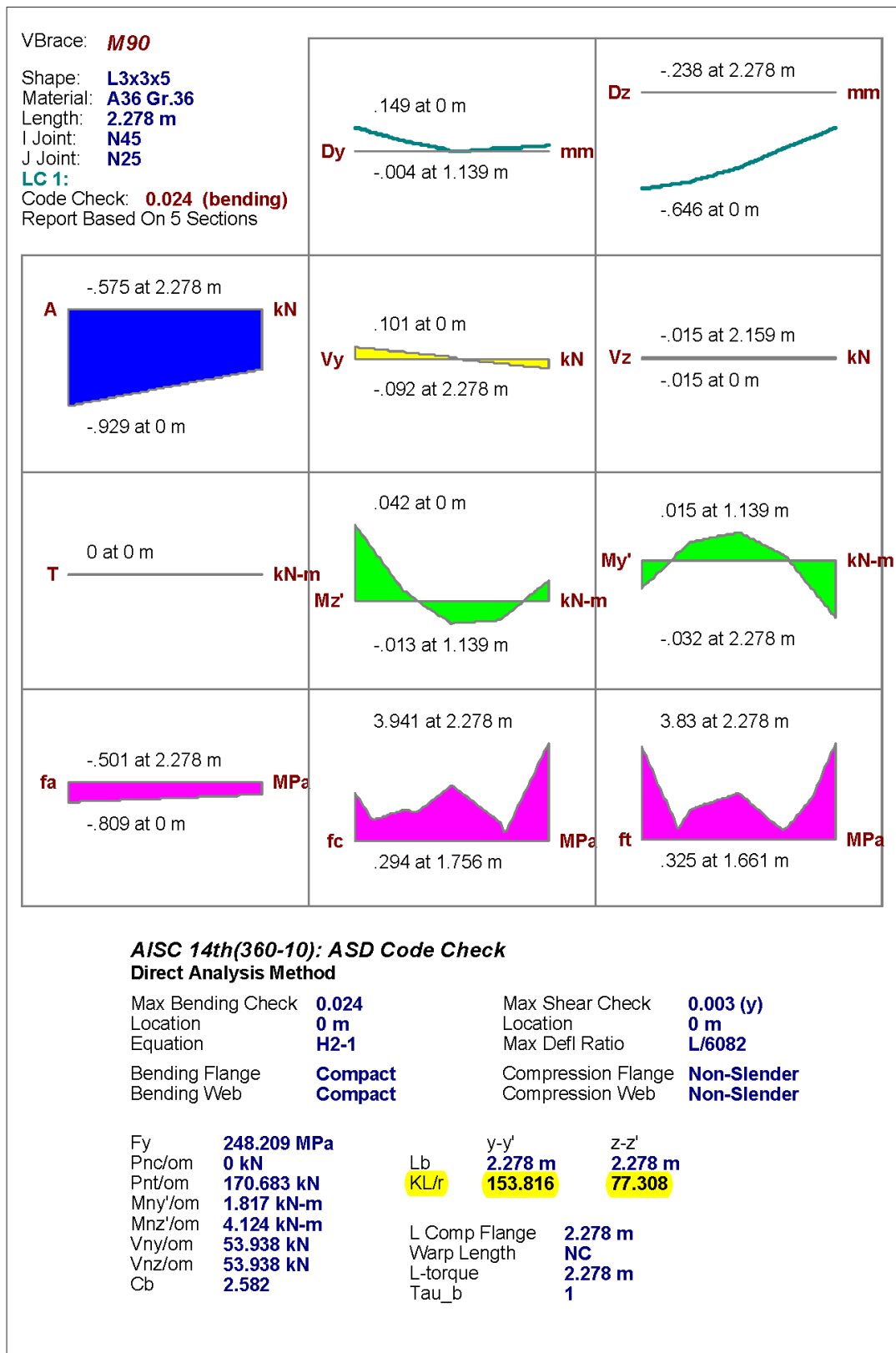


Figura 39 Arrostramientos



**Figura 40 Resultados para simulación de los arrostamientos**

### 5.1.5. Análisis de resultados para la estructura de la cabina

Para el diseño y construcción de la cabina se ha seleccionado el tubo cuadrado de 50x50x3, para las vigas, columnas y arrostramientos.

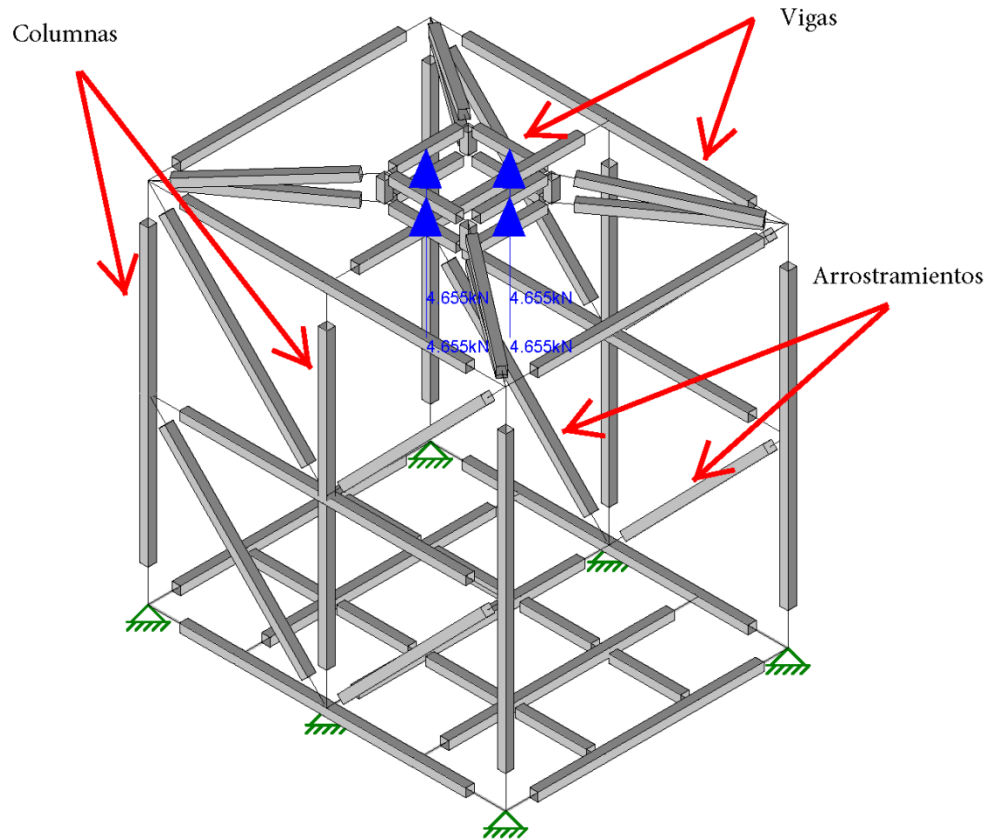


Figura 41 Diseño preliminar de la cabina

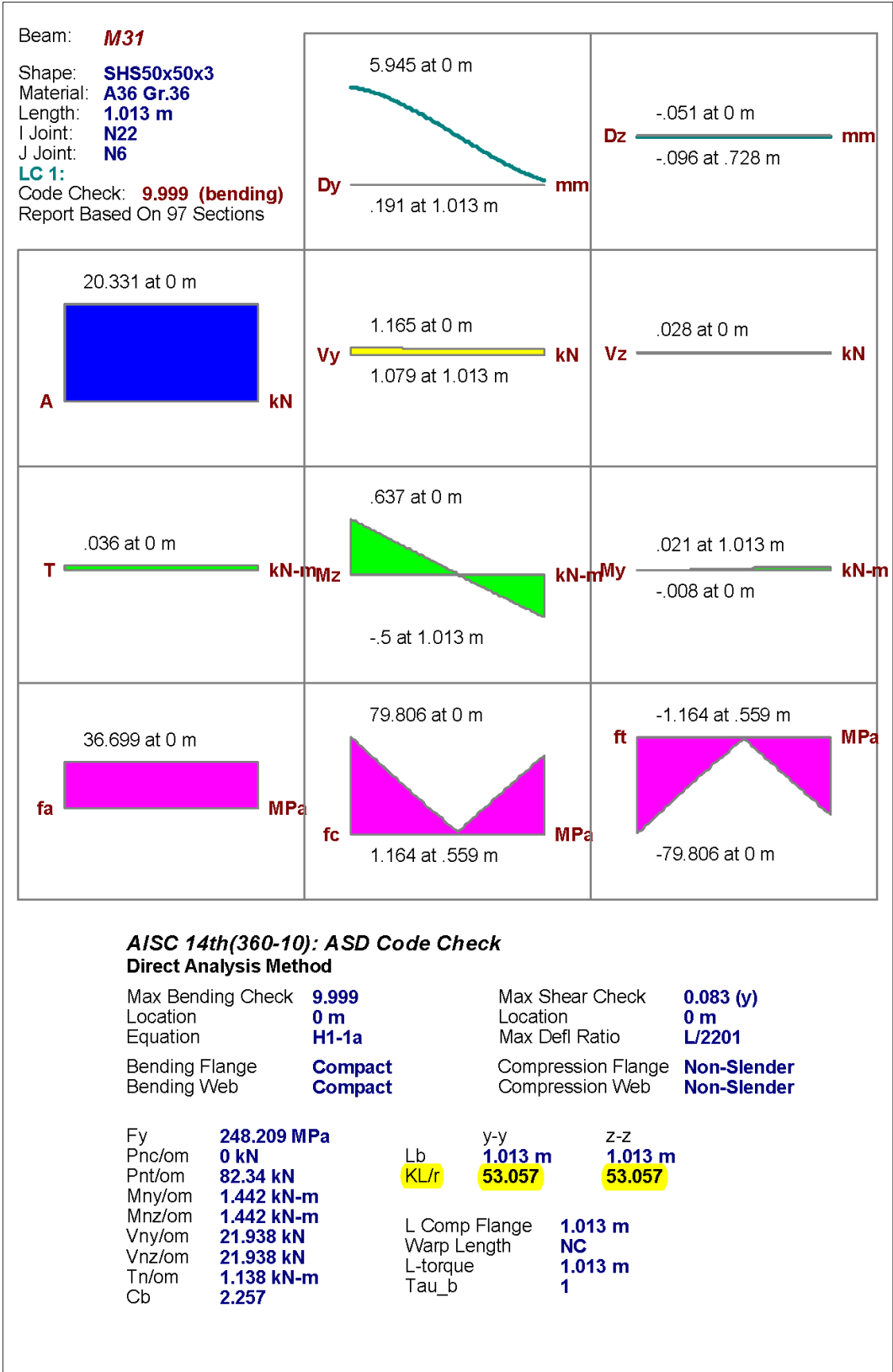


Figura 42 Resultados para simulación de las vigas de la cabina

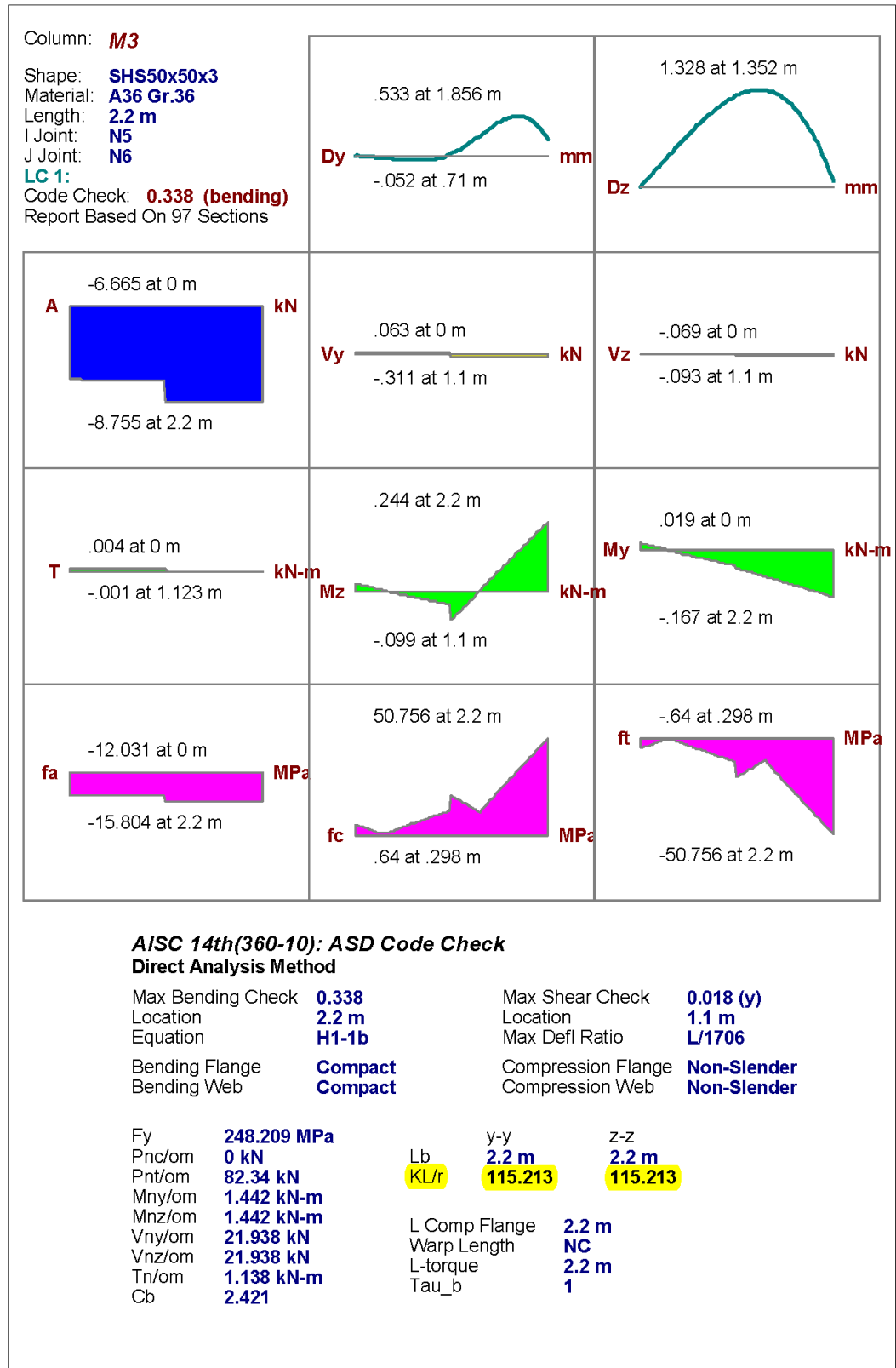
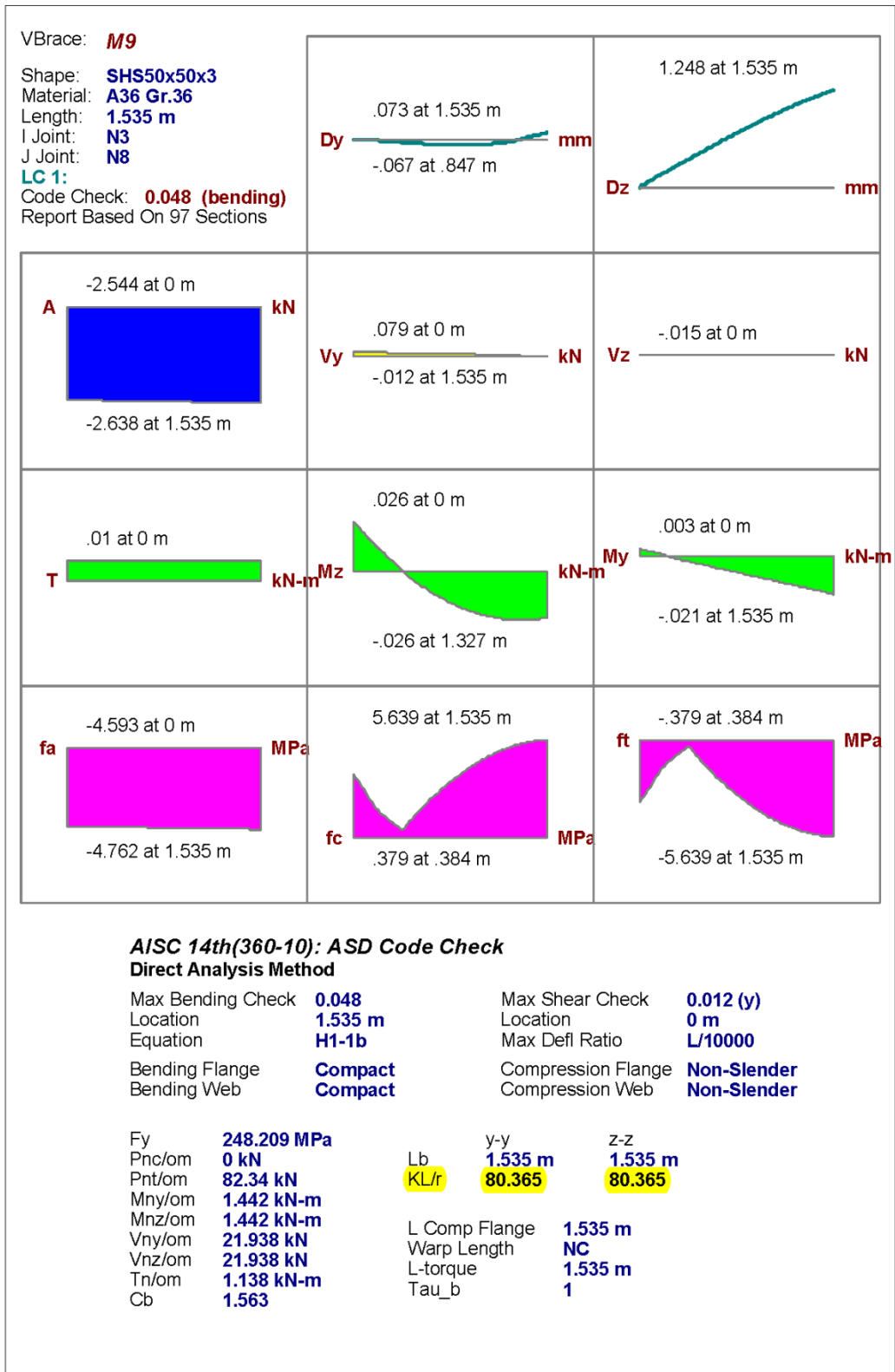


Figura 43 Resultados para simulación de las columnas de la cabina



**Figura 44 Resultados para simulación de los arrostamientos de la cabina**



## 5.2. Diseño asistido por el software inventor versión académica

La plataforma de inventor será utilizada para crear la estructura del sistema elevador y diseñar los elementos restantes.

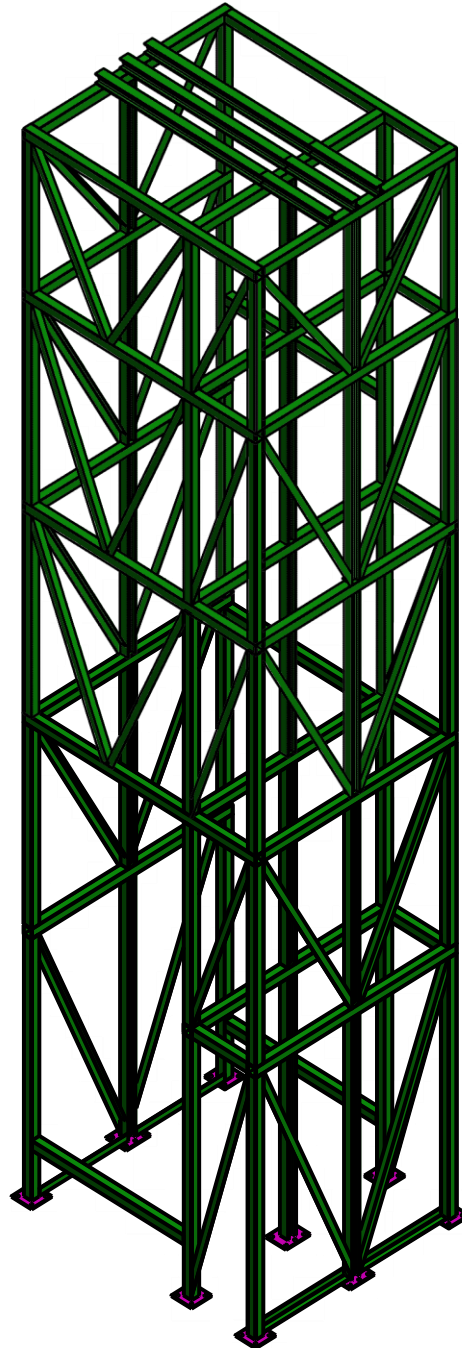
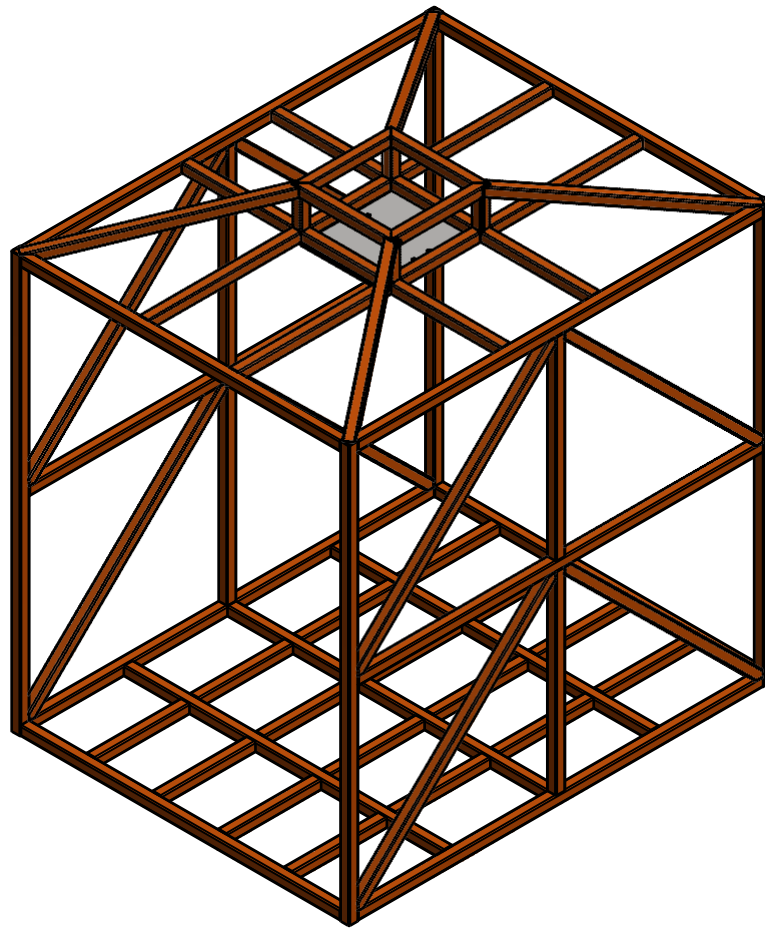


Figura 45 Diseño para la estructura del sistema elevador



**Figura 46** Diseño para la estructura de la cabina

## 5.2.1. Diseño y simulación de elementos externos a la estructura empleando la plataforma de inventor versión académica

### a. Diseño del eje

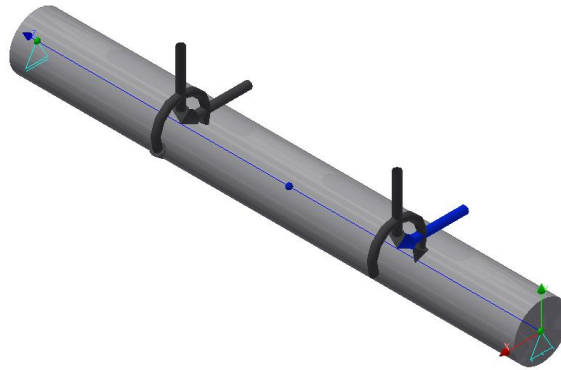


Figura 47 Diseño del eje en software inventor

### a.1. Resultados de la simulación para el eje

Esfuerzo máximo: 22,561 MPa

Momento flector máximo: 2210,62 Nm

Deformación máxima por flexión: 0,00036 m

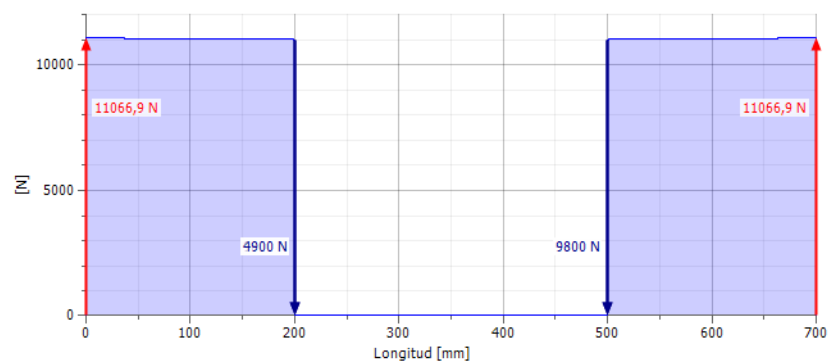
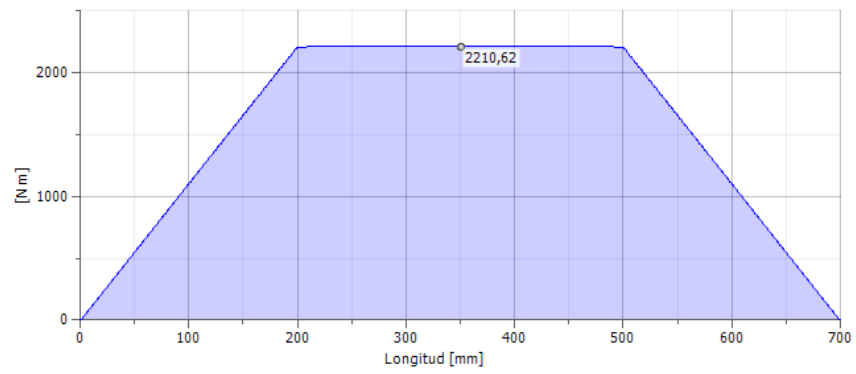
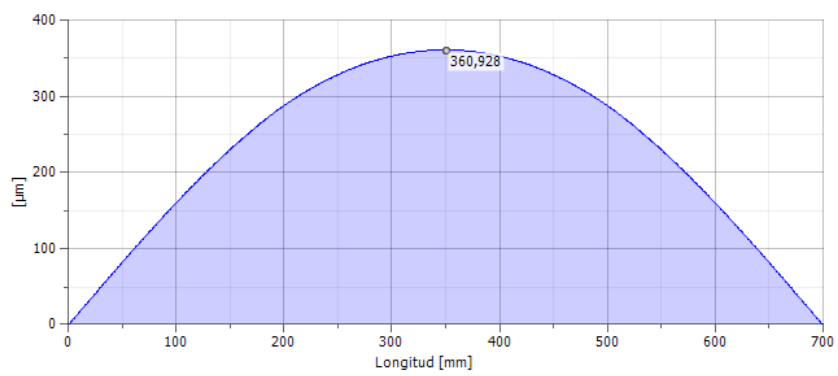


Figura 48 Diagrama de la fuerza de corte



**Figura 49 Diagrama del momento flector**



**Figura 50 Valor máximo de deformación por flexión**

El valor de 3 pulgadas de diámetro seleccionado para el eje, es correcto.

## b. Diseño y simulación de la polea

El diseño y simulación de la polea se lo realiza con el valor de la presión específica aplicada de que es de 9 MPa.



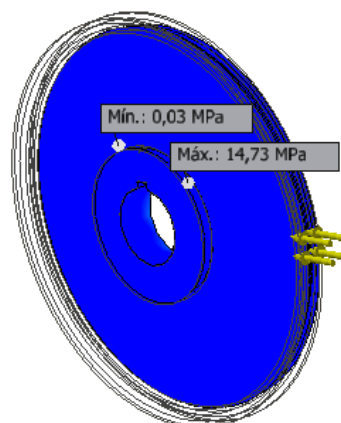
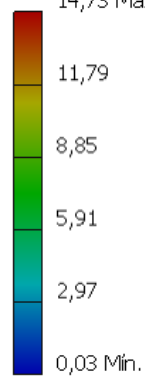
**Figura 51 Diseño de la polea**

Tipo: Tensión de Von Mises

Unidad: MPa

14/12/2015, 21:59:44

14,73 Máx.



**Figura 52 Presión máxima admitida**

### 5.3. Determinación de la convergencia en el software ansys inc. versión académica aplicada a una viga heb 100

A continuación se realiza la comprobación de los resultados que se obtienen mediante el software, a través de las soluciones halladas teóricamente al aplicar el análisis estático a una viga HEB 100 DE 2,10 metros de largo.

#### 5.3.1. Validación de la malla generada por el software ansys inc.

El software ANSYS INC. Efectúa el análisis de elementos dividiéndolos en varias partes, mientras más pequeñas son estas divisiones mayor precisión tiene la simulación, se debe relacionar el resultado del factor de seguridad al aplicar tres valores de mallas diferentes esquematizadas a continuación.

$$P_{puntual} = C_{viva} \cdot g \text{ (gravedad)}$$

$$P_{puntual} = 1900[kg] \cdot 9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$P_1 = P_{puntual} = 18,62[kN]$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0$$

$$R_A = 18,62 kN - R_B$$

$$\sum M_A = 0$$

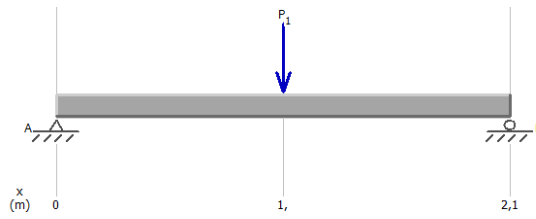
$$R_A \cdot 0 + 18,62 kN \cdot 1,05[m] - R_B \cdot 2,1[m]$$

$$R_B = 9,31[kN]$$

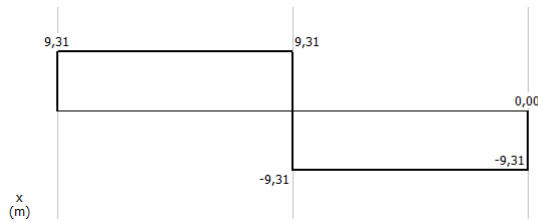
Al reemplazar  $R_B$  en  $R_A$

$$R_A = 9,31 [kN]$$

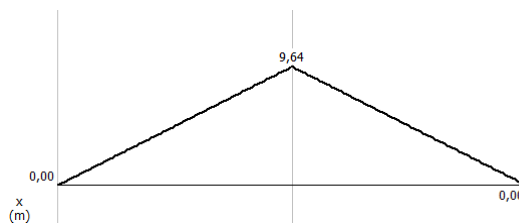
$$R_B = 9,31[kN]$$



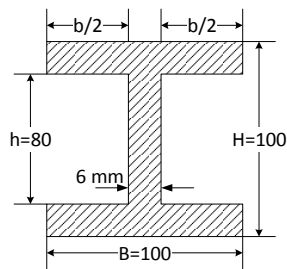
**Figura 53 Diagrama de cargas**



**Figura 54 Diagrama de fuerza cortante**



**Figura 55 Diagrama de momento**



$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot C}{I}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{\frac{I}{C}}$$

$$\frac{I}{C} = \frac{BH^3 - bh^3}{6H} = \frac{(100)(100)^3 - (4)(80)^3}{6 \cdot (100)} = 86,45333 \times 10^{-6} [m^3]$$

$$\sigma_{\max} = \frac{9,64 [kNm] \cdot}{86,45333 \times 10^{-6} [m^3]}$$

$$\sigma_{\max} = 111,505 \text{ MPa}$$

$$f_s = \frac{S_y}{\sigma_{\max}}$$

$$f_s = \frac{200[MPa]}{111,505[MPa]}$$

$$f_s = 1,79$$

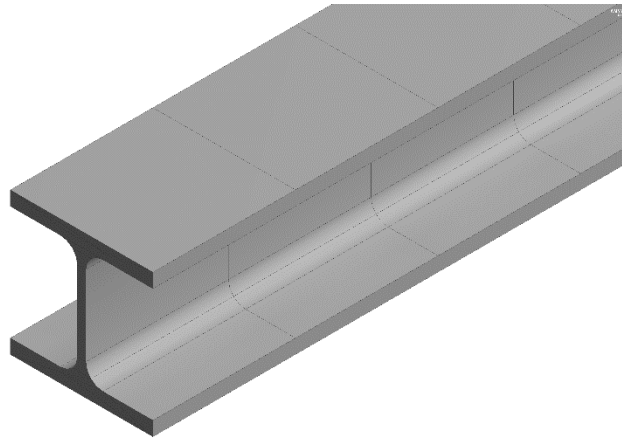


Figura 56 Mallado del perfil HEB 100 con precisión de 0,1 metros

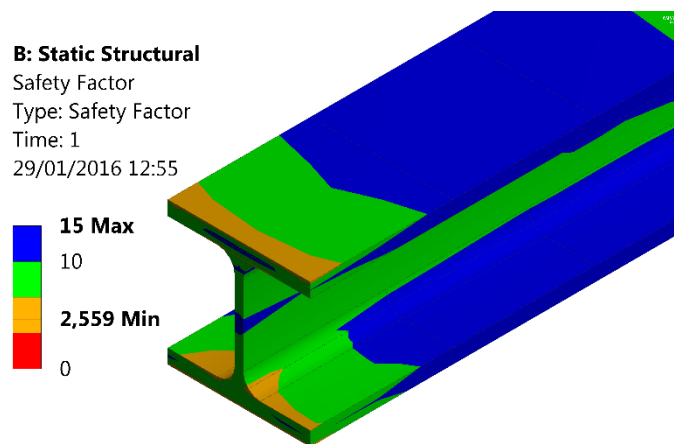
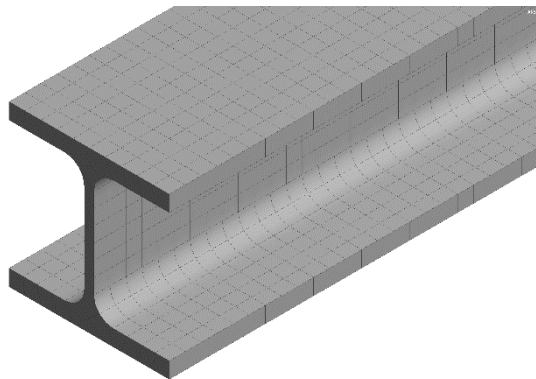
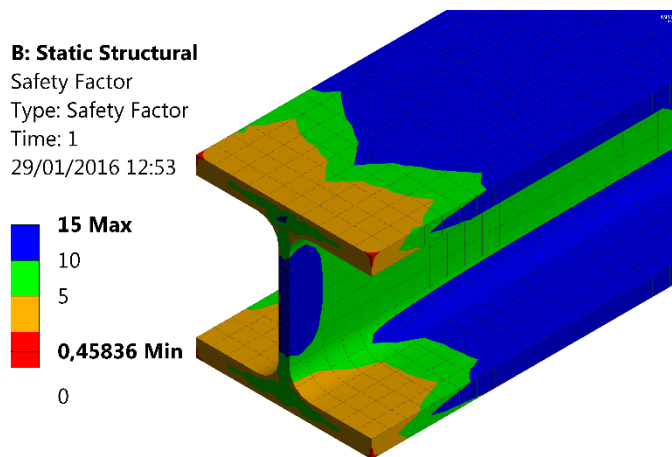


Figura 57 Resultado del factor de seguridad con precisión de 0,1 metros

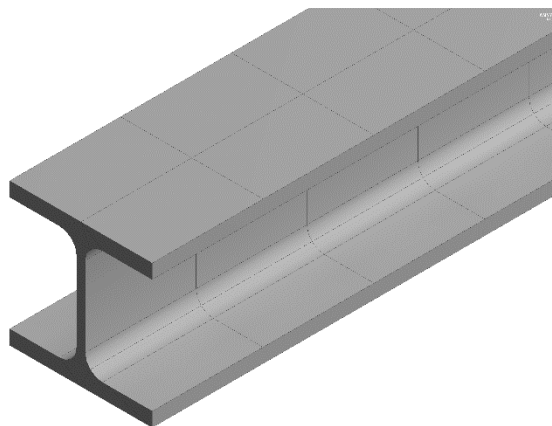




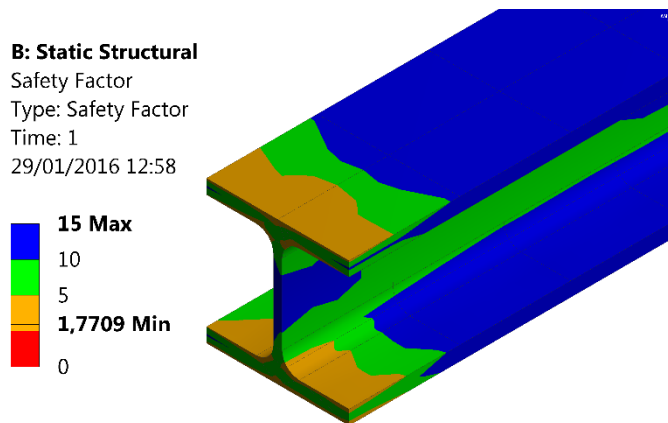
**Figura 58** Mallado del perfil HEB 100 con precisión de 0,01 metros



**Figura 59** Resultado del factor de seguridad con precisión de 0,01 metros



**Figura 60** Mallado del perfil HEB 100 con precisión de 0,08 metros



**Figura 61 Resultado del factor de seguridad con precisión de 0,08 metros**

**Tabla 31**

**Comparación de las soluciones del factor de seguridad**

MALLADO	MALLA 1	MALLA 2	MALLA 3
PRECISIÓN	0,1 metros	0,01 metros	0,08 metros
NUMERO DE NODOS	1803	46990	2134
NÚMERO DE ELEMENTOS	315	7350	324
FACTOR DE SEGURIDAD EN EL SOFTWARE	2,56	0,45	<b>1,77</b>

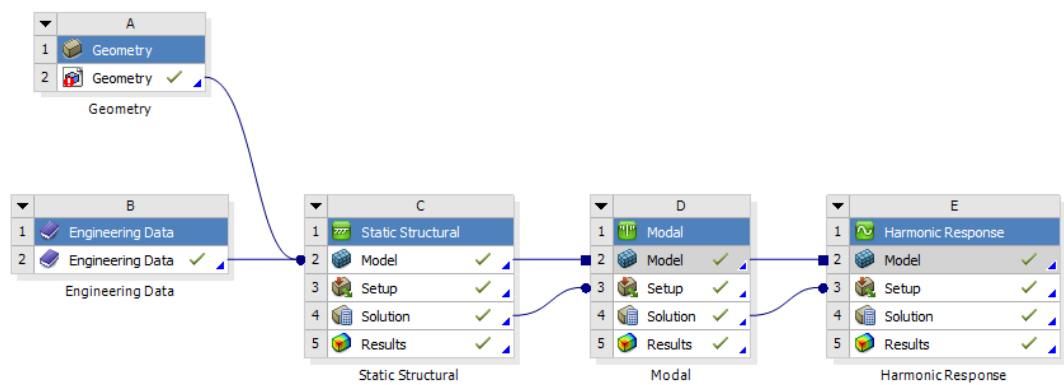
El valor del factor de seguridad con una malla de 0,08 metros de precisión, resulta en 1,77; mientras que el método analítico da un valor de 1,79.

Se escoge un mallado con precisión de 0,08 metros para corroborar las simulaciones siguientes.

#### 5.4. Simulación de la estructura del elevador asistida por el software Ansys inc. versión académica

En la plataforma de ANSYS INC. Se analiza el comportamiento a fatiga de la estructura del sistema elevador de carga y de la cabina.

Se va a trabajar con tres módulos principales, el análisis estático estructural, el análisis modal y la respuesta armónica. En la siguiente figura se detalla.

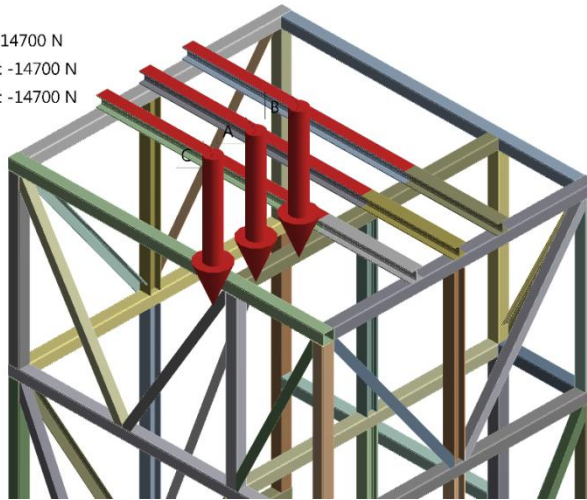


**Figura 62 Módulos empleados para la simulación estructural**

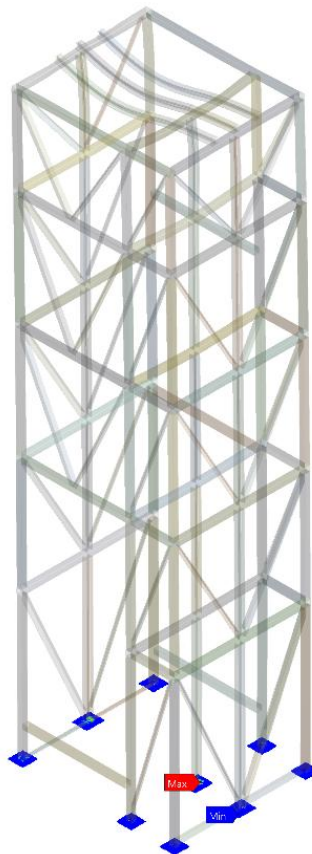
**C: Static Structural**

Static Structural  
Time: 1, s  
15/12/2015 0:43

- A** Remote Force: -14700 N
- B** Remote Force 3: -14700 N
- C** Remote Force 4: -14700 N
- D** Fixed Support

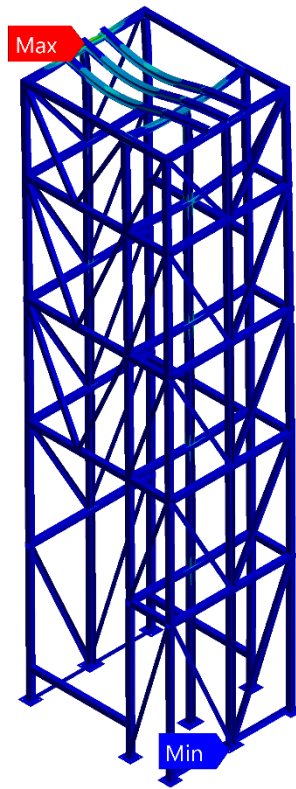
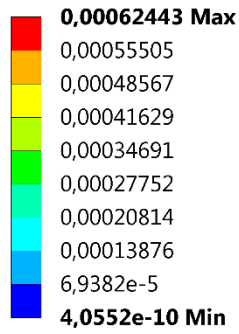


**Figura 63 Definición de fuerzas sobre las vigas principales**



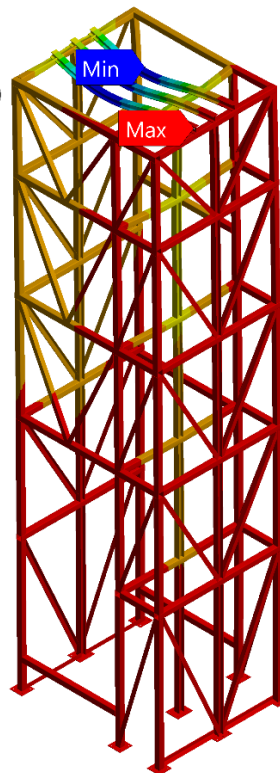
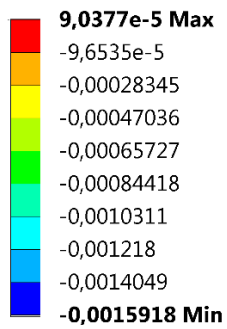
**Figura 64 Soportes distribuidos en cada columna de la estructura**

**C: Static Structural**  
Equivalent Elastic Strain  
Type: Equivalent Elastic Strain  
Unit: m/m  
Time: 1  
15/12/2015 0:53



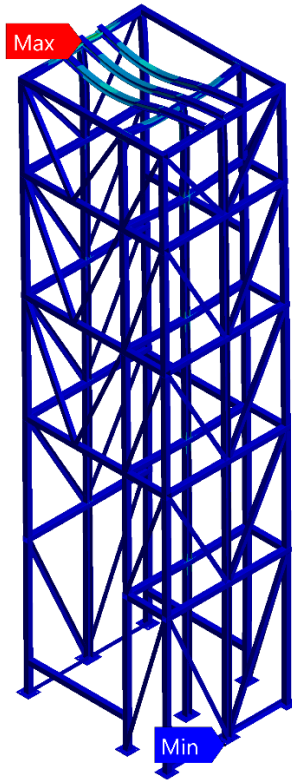
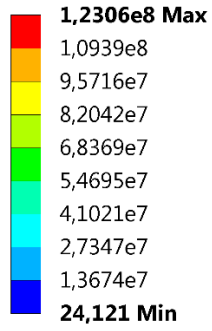
**Figura 65 Deformación elástica equivalente**

**C: Static Structural**  
Directional Deformation  
Type: Directional Deformation(Y Axis)  
Unit: m  
Global Coordinate System  
Time: 1  
15/12/2015 0:56



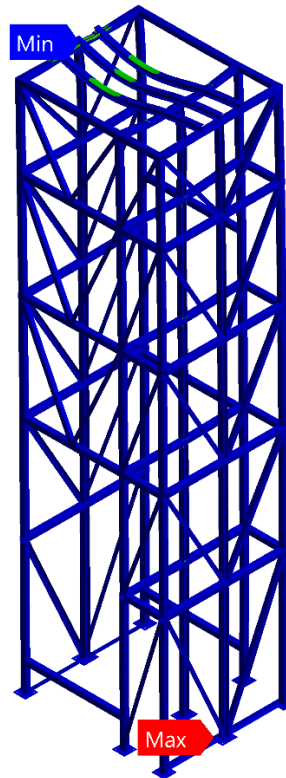
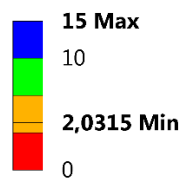
**Figura 66 Deformación direccional en el eje y**

**C: Static Structural**  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: Pa  
Time: 1  
15/12/2015 0:58



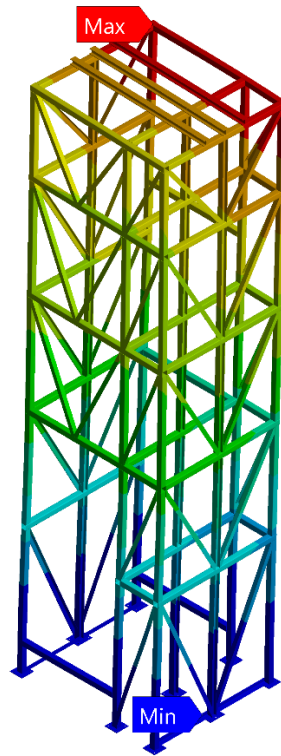
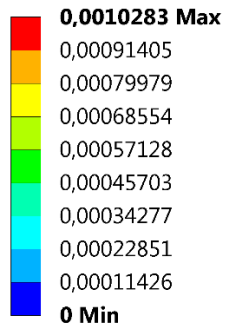
**Figura 67 Esfuerzo equivalente, Teoría de Von Mises**

**C: Static Structural**  
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
15/12/2015 1:00



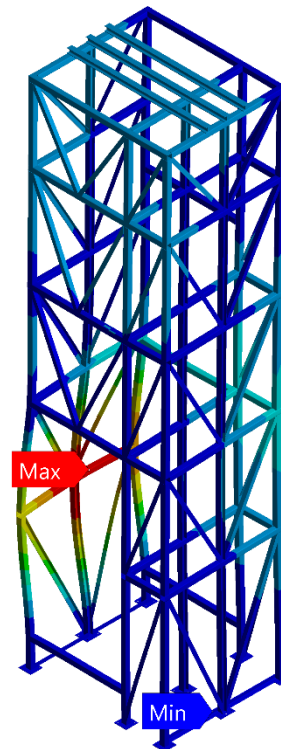
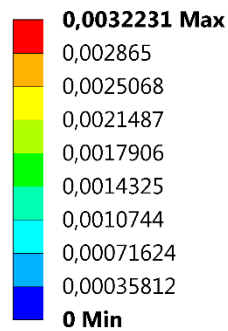
**Figura 68 Factor de seguridad**

**D: Modal**  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Frequency: 5,8735 Hz  
Unit: m  
15/12/2015 1:09



**Figura 69 Deformación total en el análisis modal**

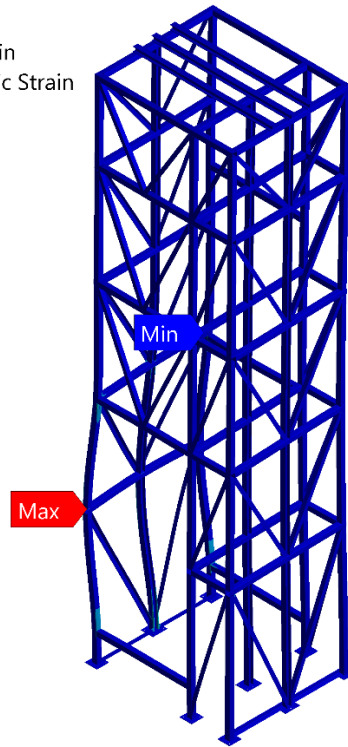
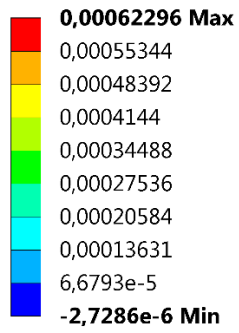
**E: Harmonic Response**  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Frequency: 20, Hz  
Sweeping Phase: 0, °  
Unit: m  
15/12/2015 9:03



**Figura 70 Deformación total en el análisis de la respuesta armónica**

**E: Harmonic Response**

Maximum Principal Elastic Strain  
Type: Maximum Principal Elastic Strain  
Frequency: 20, Hz  
Sweeping Phase: 0, °  
Unit: m/m  
15/12/2015 9:05



**Figura 71 Deformación elástica máxima**



5.5. Simulación de la estructura de la cabina asistida por el software ansys inc. versión académica

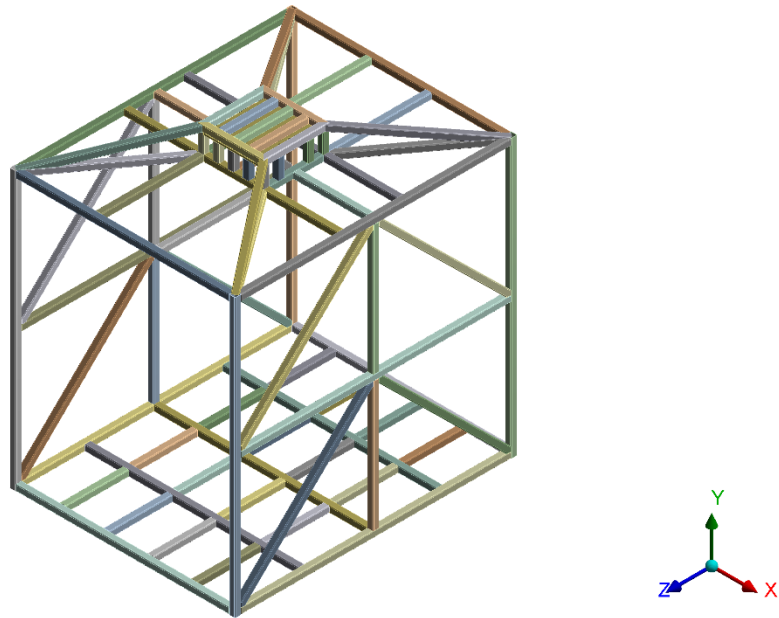


Figura 72 Diseño de la estructura para la cabina

**B: Static Structural**

Static Structural

Time: 1, s

15/12/2015 10:53

**A** Force: 14700 N

**B** Fixed Support

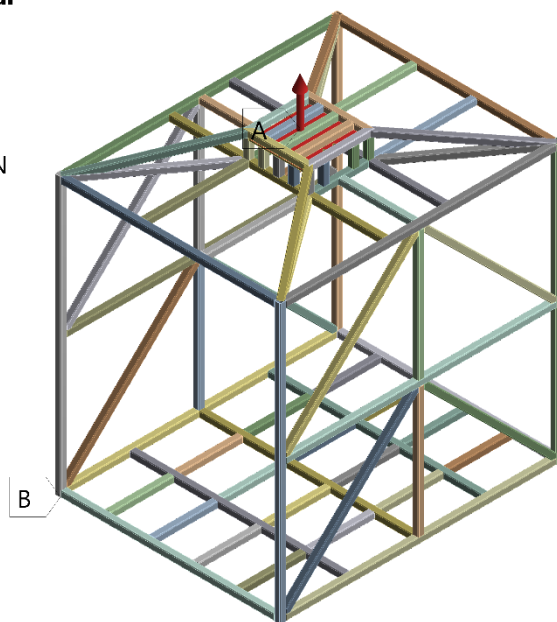
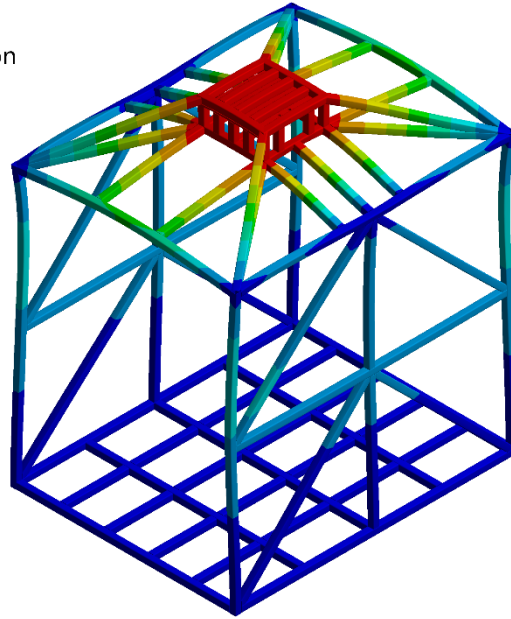
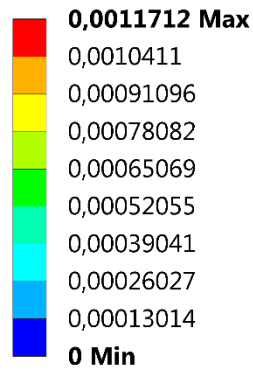


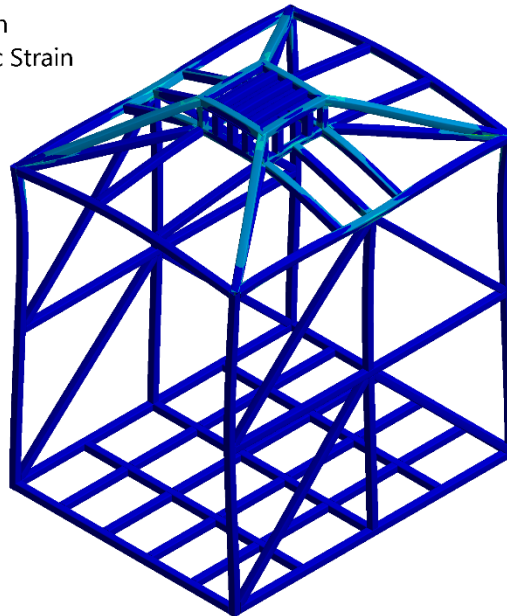
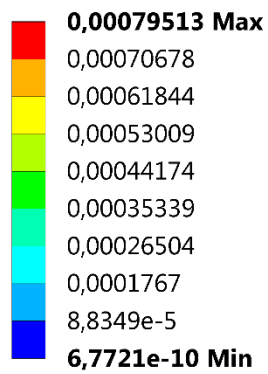
Figura 73 Definición de las fuerzas que actúan sobre la cabina

**B: Static Structural**  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: m  
Time: 1  
15/12/2015 10:52



**Figura 74 Deformación total máxima**

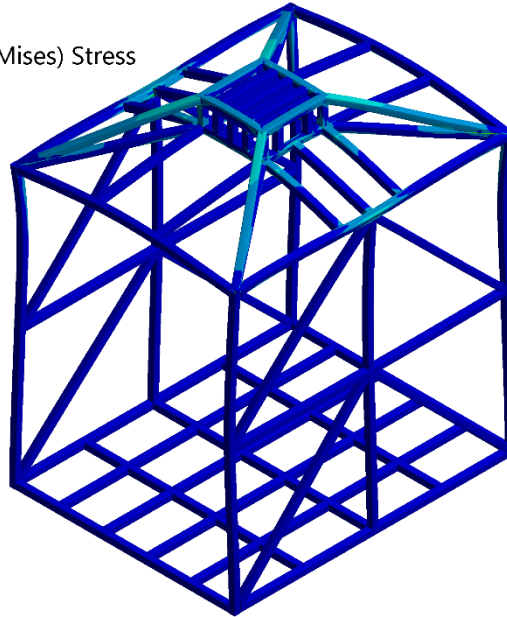
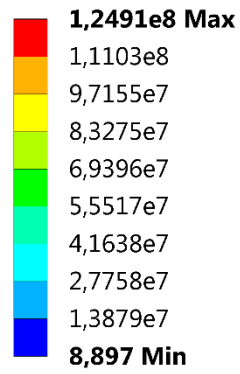
**B: Static Structural**  
Equivalent Elastic Strain  
Type: Equivalent Elastic Strain  
Unit: m/m  
Time: 1  
15/12/2015 10:51



**Figura 75 Deformación elástica equivalente**

**B: Static Structural**

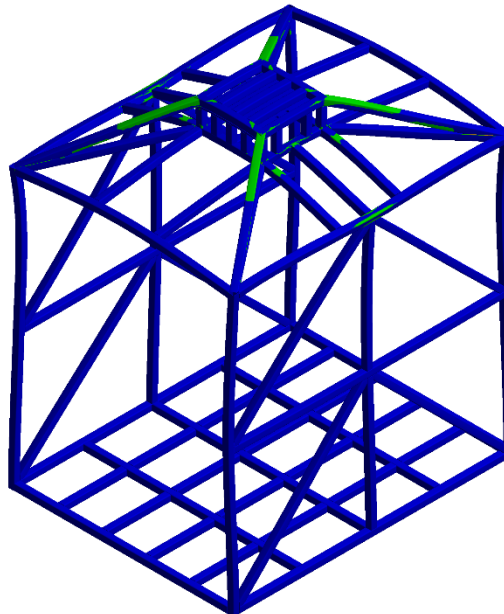
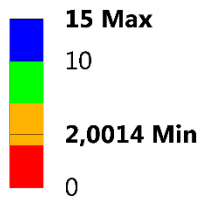
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: Pa  
Time: 1  
15/12/2015 10:55



**Figura 76 Esfuerzo máximo, teoría de Von Mises**

**B: Static Structural**

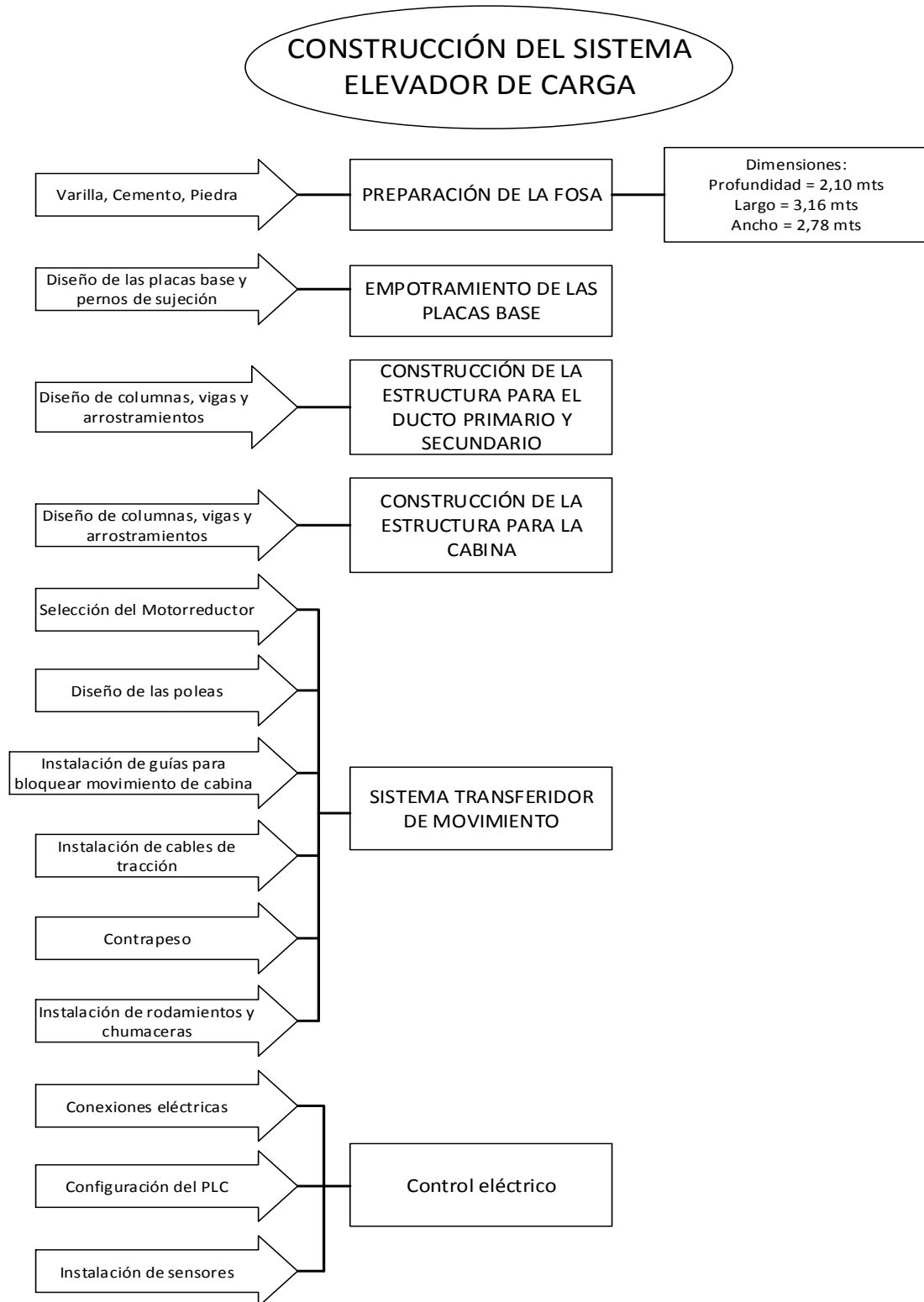
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
15/12/2015 10:56



**Figura 77 Factor de seguridad**

## CAPITULO VI

### 6. PROCESO DE MANUFACTURA Y MONTAJE



### Figura 78 Proceso de construcción

La ejecución de la construcción se lo hizo en las instalaciones de la empresa Novel, por la facilidad de contar con los equipos suficientes para los diferentes procesos de maquinado que se detallan en la tabla a continuación.

**Tabla 32**

#### Operaciones tecnológicas para la construcción



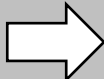


Numero de Operación	Operación
1	Medición y trazado
2	Corte del material con tronzadora, amoladora
3	Limpieza de rebabas con cincel, amoladora o lima
4	Perforado
5	Esmerilado
6	Taladrado
7	Nivelado
8	Grateado
9	Soldadura
10	Montaje
11	Doblado
12	Cavar en el suelo
13	Endurecer el piso con piedra
14	Amarrar varilla
15	Cimentar

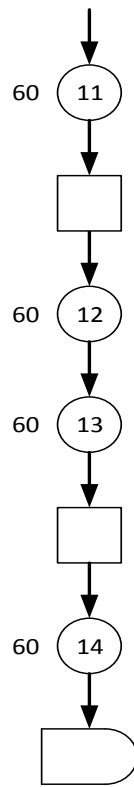
## 6.1. Cursograma sinóptico de la construcción

A continuación se presentan las operaciones tecnológicas que se realizan en las etapas de construcción del sistema elevador. Los procedimientos de construcción se ejecutan conforme a la necesidad del avance de la construcción y con base en los planos de construcción. El tiempo empleado en cada operación se indica a la izquierda de la operación con sus valores en minutos.

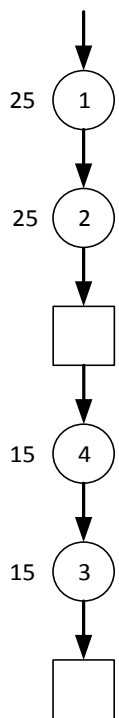
**Tabla 33**

### Simbología para el cursograma sinóptico de la construcción

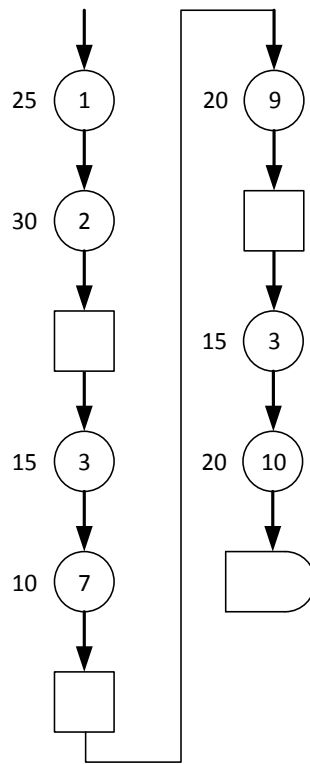
Símbolo	Significado
	Operación tecnológica
	Inspección
	Trabajo o transporte
	Almacenamiento
	Espera



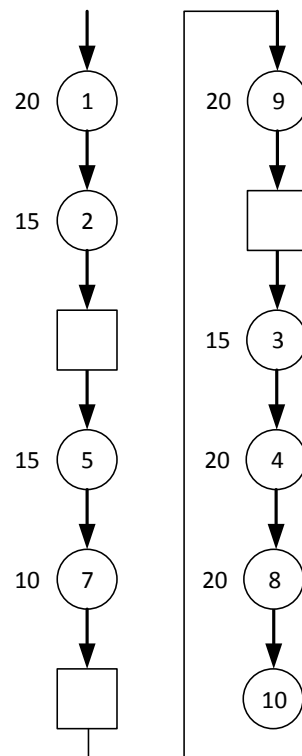
**Figura 79 Preparación de la fosa**



**Figura 80 Preparación de las placas base**

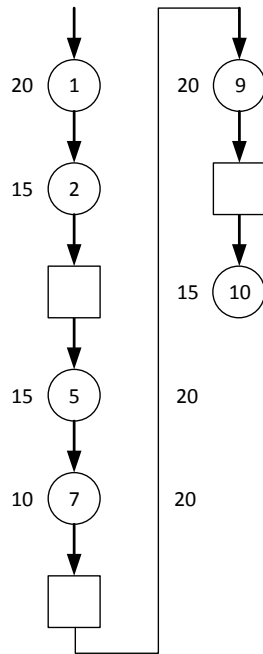


**Figura 81 Preparación de columnas y montaje**

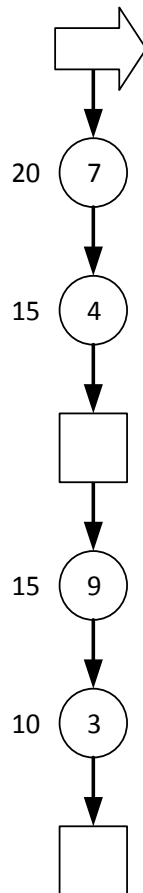


**Figura 82 Preparación y montaje de vigas principales**

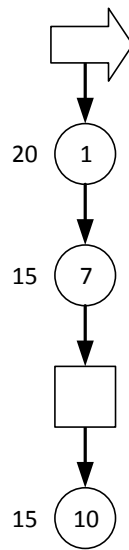




**Figura 83 Preparación de la cabina**



**Figura 84 Montaje del motorreductor**



**Figura 85 Montaje de la cabina**

Se presenta a detalle el proceso de construcción; iniciando la implementación de la fosa con los límites establecidos en el desarrollo de la casa de la calidad.



**Figura 86 Dimensiones del espacio de trabajo**



**Figura 87 Hueco de la fosa y endurecimiento del piso**



**Figura 88 Cimentación**



**Figura 89 Amarre de la varilla y posicionamiento de las placas base**



**Figura 90 Fosa terminada**



**Figura 91 Colocación de las columnas**



**Figura 92 Desarrollo de la estructura**





**Figura 93 Estructura terminada, ducto principal y ducto secundario**



**Figura 94 Construcción de la cabina**



**Figura 95 Cabina en fases finales de construcción**

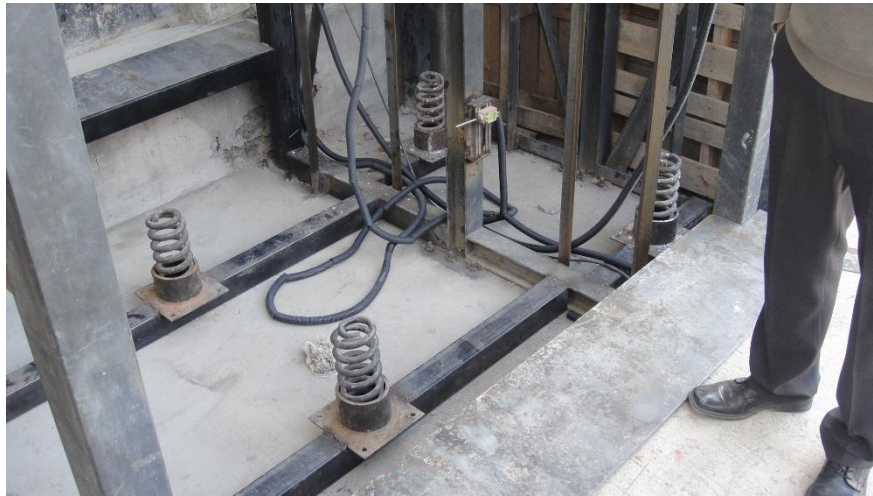


**Figura 96 Ruedas guía para rigidizar el deslizamiento de la cabina**



**Figura 97 Selección de rodamientos, SKF de 3 in de diámetro interno**





**Figura 98 Adaptación de amortiguadores**



**Figura 99 Selección e implementación de eje, poleas y chumaceras**

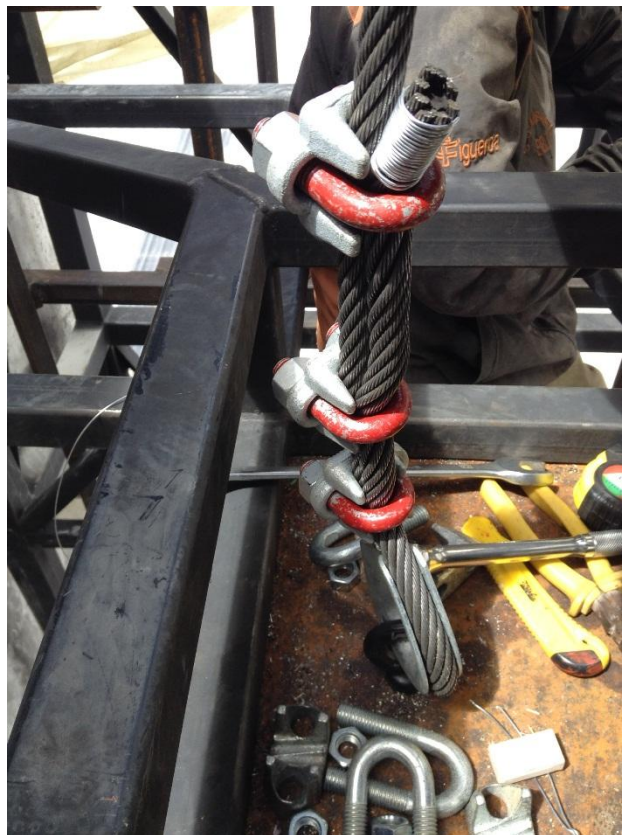


**Figura 100 Instalación de sistema transferidor de movimiento**





**Figura 101 Instalación de los cables de tracción en conjunto con el guarda cable**



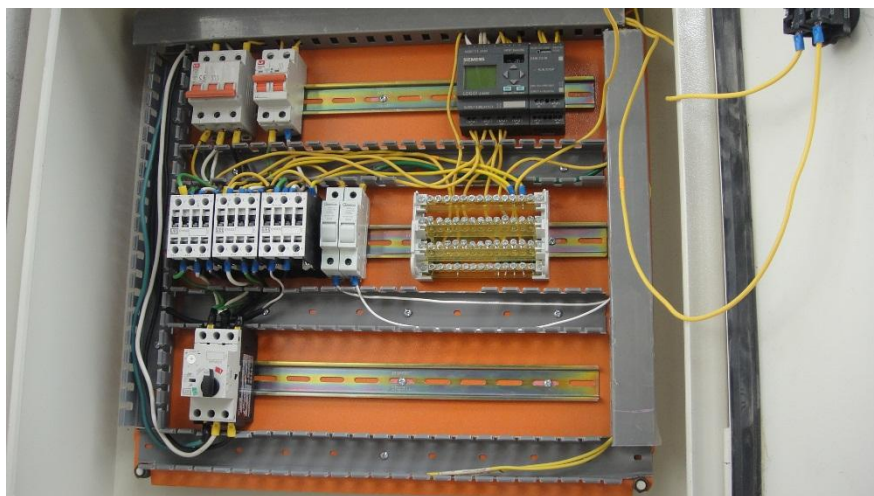
**Figura 102 Instalación de los grilletes**



**Figura 103 Selección del motorreductor**



**Figura 104 Instalación de elementos de potencia**



**Figura 105 Instalación de elementos de control**

## CAPITULO VII

### 7. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Para el protocolo de pruebas se realizado dos acciones, en la primera se cargó la cabina a la mitad de su capacidad y en la segunda se la cargó al total de su capacidad, con lo cual se realizado la verificación de los siguientes ítems.

**Tabla 34**

#### Ítems analizados en el protocolo de pruebas

<b>ASCENSO</b>		
<b>Detalle</b>	<b>% 50 de capacidad</b>	<b>% 100 de capacidad</b>
<b>Voltaje de trabajo</b>	220 voltios	220 voltios
<b>Corriente de trabajo</b>	9 – 10 amperios	13 – 15 amperios
<b>Velocidad</b>	0,7 m/s	0,6 m/s
<b>Recorrido</b>	9 metros	9 metros
<b>Tiempo de frenado</b>	0,5 segundos	0,75 segundos
<b>Vibración</b>	No existe	No existe
<b>Suavidad en el arranque</b>	Si	Si
<b>Ruido</b>	Muy Tolerable	Muy Tolerable
<b>DESCENSO</b>		
<b>Detalle</b>	<b>% 50 de capacidad</b>	<b>% 100 de capacidad</b>
<b>Voltaje de trabajo</b>	220 voltios	220 voltios
<b>Corriente de trabajo</b>	5 – 6 amperios	8 – 9 amperios
<b>Velocidad</b>	0,7 m/s	0,7 m/s
<b>Recorrido</b>	9 metros	9 metros
<b>Tiempo de frenado</b>	0,6 segundos	0,8 segundos
<b>Vibración</b>	No existe	No existe
<b>Suavidad en el arranque</b>	Si	Si
<b>Ruido</b>	Muy Tolerable	Muy Tolerable

## CAPÍTULO VIII

### 8. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico es planteado para verificar el costo beneficio, es decir, el tiempo en el que el proyecto en ejecución va a recuperar la inversión realizada. En la siguiente tabla se detallan los costos generados.

**Tabla 35**

#### Costos directos generados por el diseño mecánico

Material	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Perfil estructural HEB 100; 6 metros	7	286,42	2004,94
Tubo cuadrado 100x100x4; 6 metros	27	133,66	3608,82
Angulo 75x75x5; 6 metros	21	43,89	921,69
Angulo de 40x40x4; 6 metros	12	23,09	277,08
Placas base	18	20,00	360,00
Varilla	30	10,00	300,00
Cemento	5	7,00	35,00
Tubo cuadrado 50x50x3	7	44,00	308,00
Eje	1	80,00	240,00
Poleas	4	75,00	300,00
Chumaceras	4	50,00	200,00
Rodamientos 3 in diámetro interior	4	25,00	100,00
Rodamientos 1 in diámetro interior	16	1,00	16,00
Cable de acero	30	6,44	193,20
Cáncamos	2	37,89	75,78
Guardacabos	4	4,65	18,60
Grapas o grilletes	12	10,24	122,88
Plancha de tol 6 mm	1	150,00	150,00
Perno SAE Grado 8 ¾ x 11	42	7,50	315,00
Ruedas guía	16	20,00	320,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 9866,99</b>

**Tabla 36**

#### Costos directos del proceso de maquinado

Material	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Soldadura	S/E	500,00	500,00
Taladro	S/E	42,00	42,00
Torno	S/E	100,00	100,00
Oxicorte	S/E	20,00	20,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 662,00</b>

**Tabla 37**

**Costos directos generados por el diseño eléctrico**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Motorreductor	1	2300,00	2300,00
Micro LOGO 230RC	1	200,00	200,00
Módulo de salidas digitales 230RC	1	100,00	100,00
Guardamotor MPW25	1	57,84	57,84
Contactador CWM25	3	33,94	101,82
Rollo de cable flexible AWG 14	3	28,00	84,00
Gabinete	1	50,00	50,00
Pulsador paro de emergencia	3	4,00	12,00
Pulsador NA/NC para señales de control	18	3,50	63,00
Selector de 3 posiciones	1	3,50	3,50
Sensor final de carrera	5	23,00	115,00
Breaker tres polos 25/30 amperios	1	28,00	28,00
Breaker dos polos 25/30 amperios	1	20,00	20,00
Riel dimm	2	5,00	10,00
Porta fusibles 10 amperios	2	2,50	5,00
Cinta aislante	2	0,5	1,00
Borneras	1	4,90	4,90
Terminales para cable	1	5,00	5,00
Lámpara LED para cabina	1	20,00	20,00
Manguera corrugada de 1 pulgada	50	0,4	20,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 3201,06</b>

**Tabla 38**

**Costo directo total**

	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Costo por diseño mecánico		9866,99
Costo por proceso de maquinado		3201,06
Costo por diseño eléctrico		662,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 13730,05</b>

**Tabla 39**

**Costo indirecto parcial**

Material	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Disco de corte 14 in	2	6,50	13,00
Disco de corte 7 in	10	4,50	45,00
Disco de corte 3 in	5	3,50	17,50
Electrodos 6011	3	20,00	60,00
Electrodos 7018	2	30,00	60,00
Pintura anticorrosiva	3	18,00	54,00
Disco de pulir 3 in	4	3,00	12,00
Pernos, tuercas, arandelas	S/E	20,00	20,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 281,5</b>

**Tabla 40**

**Costo indirecto total**

Costo indirecto parcial	281,50
Gastos imprevisto	1000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1281,5</b>

**8.1. Inversión inicial del sistema elevador de carga**

**Tabla 41**

**Costos de la inversión inicial**

Costo directo total	<b>13730,05</b>
Costo indirecto total	1281,50
Costos de funcionamiento/anual	233,60
<b>Inversión inicial del sistema</b>	<b>\$ 15245,15</b>

$$\text{Consumo} = \text{Potencia} \times \text{Costo kWh}$$

$$\text{Costo del kWh} = 4[kw] \times 0,08 \text{ centavos de dólar}$$

$$\text{Consumo} = 0,32 \text{ centavos de dólar}$$

En promedio se va a utilizar el elevador por 2 horas al día, lo cual resulta en un costo de 0,64 centavos de dólar diarios; en promedio el costo anual de operaciones \$ 233,60



## 8.2. Estudio del costo generado por el proceso manual

En una jornada de 8 horas laborables un trabajador emplea 4 horas en transportar desde un nivel inferior a un nivel superior las piezas suficientes para iniciar la matriz del siguiente proceso, los productos transportados van desde pequeños floreros hasta botellones de agua, por lo cual difiere la cantidad de productos que puede completar en una jornada.

**Tabla 42**

### Proceso de transporte de productos por parte del obrero

El trabajador debe movilizarse entre la primera y segunda planta del edificio



El tamaño y peso del producto puede variar



El salario básico unificado que percibe un trabajador es de \$413,00 incluido los aportes al IESS para el período fiscal 2015, adicional a este valor se le debe sumar el décimo tercero y el décimo cuarto sueldo más los bonos propios dentro del reglamento de la empresa; entonces, la inversión total que debe hacer la empresa en sueldo para el obrero es de \$6000,00

### **8.3. Período de recuperación de la inversión**

#### **8.3.1. Flujo de caja**

Para el flujo de caja se estima una proyección de 5 años, tomando en cuenta también los siguientes valores.

- Las ventas estimadas por la empresa Novel para el año fiscal son de \$20,000.00
- La tasa de interés del producto empresarial, según datos del banco central del Ecuador, es de % 9,53
- La empresa prevé un crecimiento corporativo del % 8 anual.

Por parte de la empresa se cuenta con un financiamiento para el proyecto de \$10,000.00



**Tabla 43**

**Cuadro de amortización de préstamos**

Capital	6000		Pagos totales		
Años	5	Principal	10000,00		
Interés	% 9,53	Interés	2859,00		
Periodo de pago	1	Total	\$ 12859,00		
Tipo de amortización	2				
Años	Cuota	Interés	Amortización	Amortizado	Pendiente
0	0	0	0	0	10000,00
1	2953,00	953,00	2000,00	2000,00	8000,00
2	2762,40	762,40	2000,00	4000,00	6000,00
3	2571,80	571,80	2000,00	6000,00	4000,00
4	2381,20	381,20	2000,00	8000,00	2000,00
5	2190,60	190,60	2000,00	10000,00	0,00

**Tabla 44**

**Tasa de interés para producto empresarial**

VALORES	FLUJO DE CAJA					
	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial				10000,00		
Ingreso de ventas		20000	21600	23328	25194,24	27209,78
<b>Egresos</b>						
Interés de préstamo		953,00	762,40	571,80	381,20	190,60
Amortización		2000	2000	2000	2000	2000
Costo de operación		15245,15	15245,15	15245,15	15245,15	15245,15
Flujo de caja	10000,00	1801,85	3592,45	5511,05	7567,89	9774,03

### a. Valor presente neto (vpn)

Es el valor presente neto del flujo de caja proyectada para los cinco años de evaluación del proyecto.

$$VPN = -k_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+D)^i}$$

Donde:

$k_0$  = inversión

$FC_i$  = flujo de caja del año i

D = tasa de descuento real utilizada

i = número de períodos de vida del proyecto

$$\begin{aligned} VPN &= -10000 + \frac{1801,85}{(1+0,0953)^1} + \frac{3592,45}{(1+0,0953)^2} + \frac{5511,05}{(1+0,0953)^3} + \frac{7567,89}{(1+0,0953)^4} \\ &\quad + \frac{9774,03}{(1+0,0953)^5} \\ VPN &= \$10292,14 \end{aligned}$$

El valor de VPN tiene un valor positivo, lo cual indica que el proyecto es factiblemente económico y viable para el diseño.

El valor para la tasa de rendimiento requerida se establece con un valor de 12,48 % resultado de la siguiente operación.

$$TMAR = \% \text{ riesgo país } (6,24) + \% \text{ inflacion anual } (71) + \% \text{ interes pasivo } (53)$$

### b. Tasa interna de retorno

La TIR representa el porcentaje máximo de ganancia que se puede obtener, se define como la tasa de descuento que reduce a cero el valor presente neto.

**Tabla 45**

**Valores de TIR**

TIR (%)	VPN (\$)
54,95	1,09
54,96	0
54,97	-1,07

Se procede entonces a calcular el valor real de la TIR.

$$TIR = TIR_A + (TIR_p - TIR_A) \frac{VPA}{VPA - VPP}$$

$$TIR = 0,5495 + (0,5497 - 0,5495) \frac{1,09}{1,09 - 1,07}$$

$$TIR = 0,5496 = 54,96\%$$

El rendimiento del proyecto tiene un resultado de 54,96 %.

**c. Análisis del costo beneficio**

El análisis del costo beneficio representa la rentabilidad que origina el proyecto por cada dólar invertido, y es igual a la relación de la sumatoria de los flujos de caja por la inversión realizada.

$$\text{Costo - Beneficio} = \frac{\sum \text{Flujos de caja}}{\text{Inversión}}$$

$$\text{Costo - Beneficio} = \frac{\$20292,14}{\$10000,00}$$

$$\text{Costo - Beneficio} = \$2,03$$

Por cada dólar invertido en la construcción del sistema elevador de carga se recupera \$ 2,03 de ingreso. Posteriormente, el periodo de recuperación de la inversión resulta del producto de la inversión inicial por 12 meses y dividido para el sueldo anual del obrero, obteniendo que el tiempo de recuperación es de 30 meses, ó, 2 años y medio.

## CAPÍTULO IX

### 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 9.1. Conclusiones

1. El análisis que se realiza con la herramienta de la casa de la calidad permite traducir las necesidades del cliente en requerimientos técnicos, que deben estar acordes a las normativas de estandarización y con un sólido conocimiento del ingeniero diseñador. Los resultados se basan en analizar las funciones que debe cumplir el sistema y así entonces seleccionar la mejor solución para el diseño mecánico.
2. Para el diseño mecánico de los perfiles estructurales se trabajó con los datos de catálogo junto con las propiedades mecánicas, permitiendo alcanzar los valores del factor de seguridad adecuado para el proyecto del sistema elevador de carga, es así que la selección del perfil HEB100 es ideal para la columna principal, pues sus características presentan mejor respuesta al esfuerzo generado por el trabajo realizado.  
De igual manera el sistema eléctrico ha sido solucionado mediante el empleo de un controlador lógico programable, el cual permite la instalación de sensores que controlan el movimiento de la cabina entre los diferentes niveles del edificio.
3. El trabajo de construcción del sistema elevador de carga fue llevado a cabo en las instalaciones de la empresa, al contar con las máquinas herramientas necesarias para el trabajo mecánico y la implementación eléctrica.  
El trabajo de soldadura se lo realiza con el proceso SMAW, en conjunto con el electrodo 6011 y 7018 para los trabajos de penetración y de acabado, respectivamente.

4. Una vez que se realizó el trabajo de construcción y se aplicó el protocolo de pruebas, fue evidente el correcto funcionamiento del sistema elevador de carga; eliminando por completo signos de esfuerzos de deformación o vibración en la estructura.

Lo cual sustenta la simulación digital del factor de seguridad mayor a 2 que se obtuvo como resultado en el análisis de elementos finitos con el software ANSYS INC. Versión Académica.

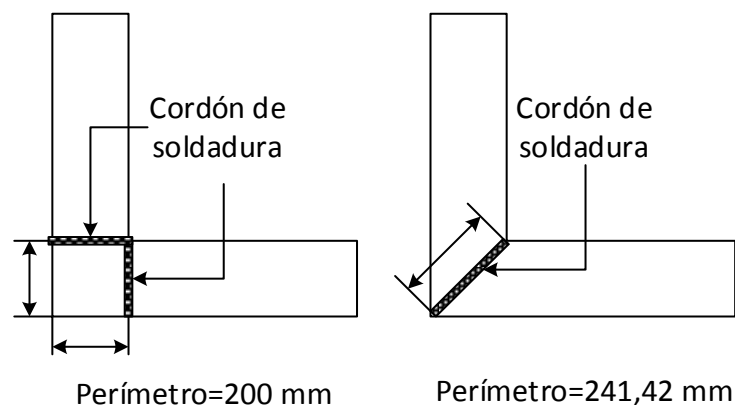
5. La instalación de una caja reductora con salida de 28 RPM, dio resultado para obtener una velocidad lineal de 0,7 m/s provocando que las bajas velocidades que ofrece el motorreductor instalado disminuyan la complejidad del circuito de control eléctrico; por lo tanto se propone la implementación de un variador de frecuencia, en conjunto con un sistema de sensores inteligentes que ofrezcan seguridad al usuario en el caso de un uso incorrecto en el desplazamiento de la cabina a través del ducto.

6. Con el análisis económico se verifica que la solución escogida para la construcción del proyecto es viable y cuenta con un rendimiento mayor a 54,96 %.

## **9.2. Recomendaciones**

1. En la fabricación de estructuras metálicas elaboradas con aceros de alta resistencia ASTM A 572 se recomienda utilizar electrodos E7018, pues el recubrimiento de este electrodo se caracteriza por tener un bajo contenido de hidrogeno y alto porcentaje de polvo de hierro, mejorando la penetración del material de aporte y eliminando el exceso de escoria.

2. Para la instalación de los cables de tracción y sus accesorios, es recomendable consultar el *wire rope users manual* del Instituto Americano del Hierro y el Acero; es en esta guía donde se puede encontrar las técnicas estandarizadas para el correcto armado de los productos relacionados a la sujeción del cable, por ejemplo, el número mínimo de grapas a instalarse para el cable de acero de 5/8 de diámetro es de 3.
3. Los topes para el cordón de soldadura es recomendable dejarlos con un acabado en biselado, pues de esta manera existe mayor sección transversal y, a mayor área menor esfuerzo; para una mejor explicación se detalla la siguiente figura, aplicado a un tubo cuadrado de 100 mm de lado.



4. Es indispensable el uso de equipo de protección personal, no solo como recomendación, sino como exigencia; pues se van a realizar trabajos en altura, lo cual ocasiona riesgo de accidente laboral.
5. Se recomienda la implementación de seguridades en el elevador de carga, es decir, el uso del sistema está enfocada específicamente a las cargas inertes, la propuesta para mejorarlo se basa en adaptar las instalaciones del elevador para que pueda ser usado por el personal de la empresa, sin que existan peligros de accidentes laborales.

6. Es necesario la instalación de puertas en la cabina, pues parte del correcto funcionamiento se basa en la seguridad de los productos que se van a transportar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Avallone, E. A. (2007). *Manual del Ingeniero Mecánico de Marks* (3ra ed.). México, D. F.: Mc-GRAW - HILL.
- Crawley, S. W. (1992). *Estructuras de Acero, Análisis y Diseño* (4ta ed.). México, D.F. D.F.: Limusa.
- Larrode E., M. A. (2007). *Elevadores, Principios e Innovaciones* (2da ed.). Barcelona: Reverte.
- McCormac, J. C. (2002). *Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD* (2da ed.). México D.F.: AlfaOmega Grupo Editor.
- MIDUVI. (06 de Abril de 2013). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (3ra ed.). México, D.F.: Pearson Education.
- O., R. R. (2010). *Diseño Estructural* (2da ed.). Santiago de Chile: Salesianos Impresores S.A.
- Riba, C. R. (2002). *Diseño Concurrente* (1ra ed.). Barcelona: Edicion UPC.
- Shigley, J. E. (1985). *Diseño en Ingeniería Mecánica* (3ra ed.). Mexico, D.F.: McGRAW-HILL.



## LINKOGRAFÍA

Normalización, S. E. (2015). *Normalización*. Recuperado el 23 de Enero de 2015, de <http://www.normalizacion.gob.ec/normalizacion/descarga>

QFD, A. L. (2015). *Gestión de Calidad Total*. Recuperado el 22 de Junio de 2015, de [http://www.gestiondecalidadtotal.com/casa\\_de\\_la\\_calidad.html](http://www.gestiondecalidadtotal.com/casa_de_la_calidad.html)

**ANEXOS**

**ANEXOS**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERA ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores **BUSTAMANTE SARABIA LUIS FRANCISCO** y **EUGENIO SALTOS DAVID ANDRÉS**.

En la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de Agosto del 2015.

Ing. Félix Javier Manjarrés Arias

**DIRECTOR DE PROYECTO**

Ing. Wilson Edmundo Sánchez Ocaña

**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

Aprobado por:

Ing. Katya Torres

**DIRECTORA DE CARRERA**

Dr. Rodrigo Vaca

**SECRETARIO ACADÉMICO**