



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR  
HIDRÁULICO CON VOLTEO PARA LA COSECHA DE  
PALMA AFRICANA PARA UNA CAPACIDAD DE 5 TON.”**

**ANALUISA TOPA DIEGO ARMANDO  
JÁCOME IZA JULIO CÉSAR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

---

**2016-12-08**

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**ANALUISA TOPA DIEGO ARMANDO**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR HIDRÁULICO CON  
VOLTEO PARA LA COSECHA DE PALMA AFRICANA PARA UNA  
CAPACIDAD DE 5 TON.”**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Javier Enrique Orna Chávez  
**DIRECTOR**

---

Ing. Santiago Alejandro López Ortiz  
**MIEMBRO**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2016-12-08

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**JÁCOME IZA JULIO CÉSAR**

---

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR HIDRÁULICO CON  
VOLTEO PARA LA COSECHA DE PALMA AFRICANA PARA UNA  
CAPACIDAD DE 5 TON.”**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

---

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

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Javier Enrique Orna Chávez  
**DIRECTOR**

---

Ing. Santiago Alejandro López Ortiz  
**MIEMBRO**

---

---

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ANALUISA TOPA DIEGO ARMANDO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR HIDRÁULICO CON VOLTEO PARA LA COSECHA DE PALMA AFRICANA PARA UNA CAPACIDAD DE 5 TON.”

**Fecha de Examinación:** 2018-04-25

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Javier Enrique Orna Chávez <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Santiago Alejandro López Ortiz <b>MIEMBRO</b>			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

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

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** JÁCOME IZA JULIO CÉSAR

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR HIDRÁULICO CON VOLTEO PARA LA COSECHA DE PALMA AFRICANA PARA UNA CAPACIDAD DE 5 TON.”

**Fecha de Examinación:** 2018-04-25

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Javier Enrique Orna Chávez <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Santiago Alejandro López Ortiz <b>MIEMBRO</b>			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

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

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

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

---

**Analuisa Topa Diego Armando**

---

**Jácome Iza Julio César**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Diego Armando Analuisa Topa y Julio Cesar Jácome Iza, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

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

---

**Analuisa Topa Diego Armando**

Cedula de Identidad: 172065056-1

---

**Jácome Iza Julio César**

Cedula de Identidad: 050280442-0

## **DEDICATORIA**

Este trabajo dedico principalmente a Dios, por la sabiduría y la fortaleza que en el camino de mi vida me ha brindado sin dejar que me derrumbe hasta alcanzar mi meta anhelada.

A mis padres Paula Topa y Humberto Analuisa por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre el apoyo en esta ardua lucha sin dejarme caer, me han enseñado valores y a vencer obstáculos que se presenten en mi camino hasta llegar a conseguir lo que me proponga.

A mis hermanos por los consejos y ánimos que me han brindado y por su apoyo incondicional ya que muchas veces hicieron el papel de padres, para ellos mis más sinceros agradecimientos ya que este logro cumplido es de todos por el esfuerzo y dedicación que contribuyeron.

A los ingenieros que formaron parte de mi vida estudiantil, y que aportaron con sus conocimientos para cumplir con éxito una etapa de mi vida.

**Diego Armando Analuisa Topa**

El presente trabajo quiero dedicar primeramente a Dios, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre María Iza, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi padre César Jácome, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi tía Olga, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mis hermanos, Darío y Jairo, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

**Julio César Jácome Iza**



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la salud y vida para lograr una meta más, a mi familia por brindarme todo el apoyo y confianza en mi carrera estudiantil.

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

Agradezco al Ing. Javier Orna e Ing. Santiago López, por brindarme su amistad y asesoramiento durante el trabajo de titulación, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente documento.

**Diego Armando Analuisa Topa**

Agradezco a Dios por darme salud y vida para alcanzar mis objetivos y culminar una etapa de mi vida profesional y a mis familiares por todo el apoyo brindado a través del tiempo.

Mi sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica por darme la oportunidad de realizar mis estudios y culminar una etapa de mi vida profesional para ser una persona productiva y útil para la sociedad.

Agradezco al Ing. Javier Orna e Ing. Santiago López, por brindarme su amistad y asesoramiento en el trabajo de titulación, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente proyecto.

**Julio César Jácome Iza**

## CONTENIDO

Pág.

<b>RESUMEN</b>	
<b>SUMMARY</b>	
<b>1</b>	<b>ANTECEDENTES Y OBJETIVOS ..... 1</b>
<b>1.1</b>	<b>Antecedentes ..... 1</b>
<b>1.2</b>	<b>Formulación del problema ..... 2</b>
<b>1.3</b>	<b>Justificación ..... 2</b>
<b>1.3.1</b>	<b><i>Justificación teórica</i> ..... 2</b>
<b>1.3.2</b>	<b><i>Justificación metodológica</i> ..... 2</b>
<b>1.3.3</b>	<b><i>Justificación práctica</i> ..... 3</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos ..... 3</b>
<b>1.4.1</b>	<b><i>Objetivo general</i> ..... 3</b>
<b>1.4.2</b>	<b><i>Objetivos específicos</i> ..... 3</b>
<b>2</b>	<b>MARCO REFERENCIAL ..... 4</b>
<b>2.1</b>	<b>Conceptos y fases del proceso de diseño ..... 4</b>
<b>2.2</b>	<b>Hidráulica de fluidos ..... 10</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Las ventajas de la hidráulica</i> ..... 13</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Las desventajas de la hidráulica</i> ..... 13</b>
<b>2.3</b>	<b>Turbo máquinas ..... 14</b>
<b>2.4</b>	<b>Cálculo del cilindro ..... 16</b>
<b>2.5</b>	<b>Válvulas para el sistema de accionamiento ..... 19</b>
<b>2.6</b>	<b>Bombas Hidráulicas ..... 20</b>
<b>2.7</b>	<b>Tipos de elevadores hidráulicos ..... 23</b>
<b>2.8</b>	<b>Tipos de volteo ..... 24</b>
<b>2.9</b>	<b>La palma africana y sus características ..... 25</b>

2.10	Procesos y tecnologías de cosechado.....	28
2.11	Tipos de transporte de la palma africana en el mundo .....	30
3	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	32
3.1	Determinación de las especificaciones de la máquina.....	32
3.2	Especificaciones técnicas .....	37
3.1	Análisis funcional .....	39
3.2	Alternativas de módulos .....	50
3.3	Evaluación de soluciones .....	54
3.4	Criterios de valoración del módulo .....	55
3.5	Características del elevador hidráulico con volteo seleccionado .....	58
3.6	Elementos del elevador hidráulico con volteo. ....	59
4	DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	60
4.1	Dimensionamiento.....	60
4.1.1	<i>Dimensionamiento de la tolva</i> .....	60
4.1.2	<i>Área de la base de la tolva</i> .....	61
4.1.3	<i>Cálculo del volumen del fruto</i> .....	62
4.2	Diseño y cálculo del espesor de la tolva por método de elemento finito.....	63
4.3	Cálculo y análisis estructural .....	70
4.4	Posición máxima del elevador .....	71
4.4.1	<i>Análisis de fuerzas en posición máxima</i> .....	72
4.5	Posición media del elevador .....	75
4.5.1	<i>Análisis de fuerzas en posición media</i> .....	75
4.6	Posición mínima del elevador.....	78
4.6.1	<i>Análisis de fuerzas en posición mínima</i> .....	78
4.7	Análisis estructural del elevador .....	82
4.8	Diseño para el pasador en las articulaciones .....	89

4.9	Diseño para el bocín en las articulaciones .....	91
4.10	Diseño de la barra inferior de la estructura .....	92
4.11	Diseño del trasmisor de fuerza a las tijeras de la estructura .....	97
4.12	Diseño de las placas de refuerzo para los cilindros hidráulicos.....	101
4.13	Diseño del frontal del elevador hidráulico .....	108
4.14	Diseño y selección de los componentes hidráulicos. ....	115
4.15	Análisis dinámico en los cilindros hidráulicos de elevación.....	118
4.16	Análisis dinámico en los cilindros hidráulicos telescópicos de volteo .....	123
4.17	Diagrama de los circuitos hidráulicos .....	123
4.18	Análisis dinámico de la estructura del elevador hidráulico .....	125
4.19	Análisis dinámico del elevador hidráulico en las trayectorias curvas.....	128
5	<b>CONSTRUCCIÓN, MONTAJE, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .</b>	<b>131</b>
5.1	Construcción.....	131
5.1.1	<i>Componentes del elevador con volteo.....</i>	<i>132</i>
5.2	Procedimiento de construcción .....	134
5.2.1	<i>Elementos de construcción. ....</i>	<i>134</i>
5.2.2	<i>Tiempos de construcción de la máquina .....</i>	<i>135</i>
5.3	Montaje del elevador hidráulico .....	138
5.3.1	<i>Montaje del sistema estructural. ....</i>	<i>138</i>
5.3.2	<i>Montaje de la tolva de alimentación y vaciado. ....</i>	<i>138</i>
5.3.3	<i>Montaje del sistema hidráulico. ....</i>	<i>139</i>
5.3.4	<i>Tiempo de construcción y montaje del elevador. ....</i>	<i>139</i>
5.4	Pruebas de funcionamiento del elevador hidráulico.....	140
5.4.1	<i>Plan de pruebas de funcionamiento .....</i>	<i>140</i>
5.5	Resultado de la prueba del elevador hidráulico con volteo.....	142
5.6	Comparación del cosechado a mano con el elevador hidráulico .....	143

<b>5.7</b>	<b>Verificación de los requerimientos .....</b>	<b>143</b>
<b>5.7.1</b>	<b><i>Verificación de los requerimientos del cliente .....</i></b>	<b>144</b>
<b>5.7.2</b>	<b><i>Verificación del criterio del ingeniero .....</i></b>	<b>144</b>
<b>6</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y COSTOS.....</b>	<b>145</b>
<b>6.1</b>	<b>Manual de operación .....</b>	<b>145</b>
<b>6.1.1</b>	<b><i>Vista General del equipo.....</i></b>	<b>145</b>
<b>6.1.2</b>	<b><i>Accesorios de equipo. ....</i></b>	<b>145</b>
<b>6.2</b>	<b>Características del elevador hidráulico.....</b>	<b>147</b>
<b>6.3</b>	<b>Instalación del equipo .....</b>	<b>147</b>
<b>6.3.1</b>	<b><i>Requerimientos necesarios. ....</i></b>	<b>148</b>
<b>6.4</b>	<b>Instrucciones de operación.....</b>	<b>148</b>
<b>6.4.1</b>	<b><i>Puesta en jornada.....</i></b>	<b>148</b>
<b>6.4.2</b>	<b><i>Limpieza del equipo.....</i></b>	<b>150</b>
<b>6.5</b>	<b>Manual de mantenimiento.....</b>	<b>152</b>
<b>6.6</b>	<b><i>Peligros y medidas preventivas .....</i></b>	<b>153</b>
<b>6.6.1</b>	<b><i>Riesgos ergonómicos .....</i></b>	<b>153</b>
<b>6.6.2</b>	<b><i>Riesgo hidráulico .....</i></b>	<b>153</b>
<b>6.7</b>	<b>Análisis de costos del elevador hidráulico con volteo .....</b>	<b>154</b>
<b>6.8</b>	<b>Rentabilidad del equipo.....</b>	<b>158</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>167</b>
<b>7.1</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>167</b>
<b>7.2</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>168</b>

## **BIBLIOGRAFIA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-2:</b> Relación entre el factor de carga y la velocidad del pistón.....	17
<b>Tabla 2-2:</b> Producción mundial, los 10 mayores productores desde 1991 a 2011 .....	26
<b>Tabla 1-3:</b> Ficha técnica de la competencia 1.....	34
<b>Tabla 2-3:</b> Ficha técnica de la competencia 2.....	35
<b>Tabla 3-3:</b> Matriz QFD (Casa de la calidad). .....	36
<b>Tabla 4-3:</b> Especificaciones técnicas de la máquina.....	38
<b>Tabla 5-3:</b> Alternativas de la máquina.....	50
<b>Tabla 6-3:</b> Evaluación del peso específico de cada criterio.....	55
<b>Tabla 7-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio de dimensiones del equipo.....	56
<b>Tabla 8-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio de volumen almacenamiento. ...	56
<b>Tabla 9-3:</b> Evaluación del peso específico del sistema de transporte con dirección. ....	57
<b>Tabla 10-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio de sistema elevación mínimo.	57
<b>Tabla 11-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio del sistema hidráulico. ....	57
<b>Tabla 12-3:</b> Tabla de conclusiones. ....	58
<b>Tabla 13-3:</b> Pre-diseño de la alternativa seleccionada.....	59
<b>Tabla 1-4:</b> Parámetros de malla de la tolva. ....	64
<b>Tabla 2-4:</b> Parámetro para el análisis de método de elemento finito de la tolva. ....	65
<b>Tabla 3-4:</b> Refinamiento de la malla respecto a la deformación de la tolva.....	66
<b>Tabla 4-4:</b> Refinamiento de la malla respecto al esfuerzo de la tolva. ....	68
<b>Tabla 5-4:</b> Refinamiento de la malla respecto al factor de seguridad de la tolva. ....	69
<b>Tabla 6-4:</b> Parámetros de malla de la estructura.....	82
<b>Tabla 7-4:</b> Parámetro generales para el análisis de método de elemento finito.....	83
<b>Tabla 8-4:</b> Refinamiento de la malla respecto a la deformación de la estructura. ....	85
<b>Tabla 9-4:</b> Refinamiento de la malla respecto al esfuerzo de la estructura. ....	86
<b>Tabla 10-4:</b> Refinamiento de la malla respecto al factor de seguridad de la estructura.	87
<b>Tabla 11-4:</b> Parámetros de malla en el software ANSYS de la placa.....	102
<b>Tabla 12-4:</b> Parámetro generales del programa ANSYS en la placa. ....	103
<b>Tabla 13-4:</b> Refinamiento de la malla respecto a la deformación. ....	104
<b>Tabla 14-4:</b> Refinamiento de la malla respecto al esfuerzo de la placa.....	105
<b>Tabla 15-4:</b> Refinamiento de la malla respecto al factor de seguridad de la placa. ....	107

<b>Tabla 16-4:</b> Parámetros de malla del frontal.....	109
<b>Tabla 17-4:</b> Parámetro generales del método de elemento finito del frontal.....	110
<b>Tabla 18-4:</b> Refinamiento de la malla respecto a la deformación del frontal.....	111
<b>Tabla 19-4:</b> Refinamiento de la malla respecto al esfuerzo del frontal. ....	112
<b>Tabla 20-4:</b> Refinamiento de la malla respecto al factor de seguridad del frontal. ....	114
<b>Tabla 1-5:</b> Partes del elevador hidráulico con volteo. ....	132
<b>Tabla 2-5:</b> Sistema de construcción del elevador hidráulico. ....	134
<b>Tabla 3-5:</b> Tiempos en la construcción del elevador hidráulico.....	136
<b>Tabla 4-5:</b> Montaje del sistema estructural.....	138
<b>Tabla 5-5:</b> Montaje del sistema de recepción del fruto.....	138
<b>Tabla 6-5:</b> Montaje del sistema hidráulico. ....	139
<b>Tabla 7-5:</b> tiempo de construcción y montaje del elevador. ....	140
<b>Tabla 8-5:</b> Protocolo de pruebas del elevador hidráulico. ....	140
<b>Tabla 9-5:</b> Datos de elevación y volteo en vacío.....	141
<b>Tabla 10-5:</b> Datos obtenidos a plana carga.....	141
<b>Tabla 11-5:</b> Prueba del sistema de dirección. ....	142
<b>Tabla 12-5:</b> Pruebas del elevador hidráulico. ....	142
<b>Tabla 13-5:</b> Comparación de parámetros.....	143
<b>Tabla 14-5:</b> Verificación de los requerimientos. ....	144
<b>Tabla 15-5:</b> Verificación de la voz del ingeniero. ....	144
<b>Tabla 1-6:</b> Características del elevador hidráulico. ....	147
<b>Tabla 2-6:</b> Puesta en marcha.....	149
<b>Tabla 3-6:</b> Limpieza del equipo.....	151
<b>Tabla 4-6:</b> Manual de mantenimiento del equipo .....	152
<b>Tabla 5-6:</b> Partes del elevador hidráulico con volteo. ....	154
<b>Tabla 6-6:</b> Costo de materiales. ....	154
<b>Tabla 7-6:</b> Costo de equipos y herramientas.....	156
<b>Tabla 8-6:</b> Costos de la mano de obra. ....	156
<b>Tabla 9-6:</b> Costo total directo. ....	157
<b>Tabla 10-6:</b> Costos indirectos. ....	157
<b>Tabla 11-6:</b> Costo total de la máquina.....	158
<b>Tabla 12-6:</b> Depreciación del elevador hidráulico con volteo.....	160

<b>Tabla 13-6:</b> Costos por operación y mantenimiento de la máquina. ....	162
<b>Tabla 14-6:</b> Costos totales egresos. ....	163
<b>Tabla 15-6:</b> Datos para evaluar el TIR. ....	163
<b>Tabla 16-6:</b> Valores del VAN para diferente valor de interés. ....	164



## LISTADO DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfico 1-4:</b> Deformación vs Número de elementos de la tolva. ....	67
<b>Gráfico 2-4:</b> Esfuerzo vs Número de elementos de la tolva. ....	68
<b>Gráfico 3-4:</b> Factor de seguridad vs Número de elementos de la tolva. ....	70
<b>Gráfico 4-4:</b> Esquema posición máxima del elevador. ....	72
<b>Gráfico 5-4:</b> Diagrama de cuerpo libre en la máxima posición. ....	72
<b>Gráfico 6-4:</b> Diagrama de fuerzas en el punto E de la posición máxima. ....	73
<b>Gráfico 7-4:</b> Diagrama de fuerzas en el punto F de la posición máxima. ....	73
<b>Gráfico 8-4:</b> Diagrama de fuerzas en el punto D de la posición máxima. ....	74
<b>Gráfico 9-4:</b> Esquema posición media del elevador. ....	75
<b>Gráfico 10-4:</b> Diagrama de cuerpo libre en posición media. ....	76
<b>Gráfico 11-4:</b> Diagrama de fuerzas en el punto E de la posición media. ....	76
<b>Gráfico 12-4:</b> Diagrama de fuerzas en el punto F de la posición media. ....	77
<b>Gráfico 13-4:</b> Diagrama de fuerzas en el punto D de la posición media. ....	77
<b>Gráfico 14-4:</b> Esquema posición baja del elevador. ....	79
<b>Gráfico 15-4:</b> Diagrama de cuerpo libre de la posición baja. ....	79
<b>Gráfico 16-4:</b> Diagrama de fuerzas en el punto E de la posición mínima. ....	80
<b>Gráfico 17-4:</b> Diagrama de fuerzas en el punto E de la posición mínima. ....	80
<b>Gráfico 18-4:</b> Diagrama de fuerzas en el punto D en la posición mínima. ....	81
<b>Gráfico 19-4:</b> Convergencia de la estructura. ....	85
<b>Gráfico 20-4:</b> Convergencia del Esfuerzo vs Número de elementos de la estructura. ..	86
<b>Gráfico 21-4:</b> Factor de seguridad vs Número de elementos de la estructura. ....	88
<b>Gráfico 22-4:</b> Fuerzas que actúan en la barra inferior del elevador. ....	93
<b>Gráfico 23-4:</b> Diagrama de cuerpo libre de la barra inferior del elevador hidráulico. ..	93
<b>Gráfico 24-4:</b> Diagrama de cuerpo libre en el plano “xy” de la barra inferior. ....	94
<b>Gráfico 25-4:</b> Diagrama de cortantes “xy” del eje de la barra inferior del elevador. ....	94
<b>Gráfico 26-4:</b> Diagrama de momentos “xy” del eje de la barra inferior. ....	94
<b>Gráfico 27-4:</b> Diagrama de cuerpo libre en el plano “xz” de la barra inferior. ....	95
<b>Gráfico 28-4:</b> Diagrama de cortantes “xz” de la barra inferior. ....	95
<b>Gráfico 29-4:</b> Diagrama de momentos “xz” de la barra inferior. ....	95
<b>Gráfico 30-4:</b> Diagrama de cuerpo libre de la barra de transmisión del elevador. ....	97

<b>Gráfico 31-4:</b>	Diagrama de cuerpo libre en el plano "xy" de la barra de transmisión. ...	98
<b>Gráfico 32-4:</b>	Diagrama de cortantes de la barra de transmisión del elevador.....	98
<b>Gráfico 33-4:</b>	Diagrama de momentos de la barra de transmisión del elevador.....	98
<b>Gráfico 34-4:</b>	Diagrama de cuerpo libre en el plano "xy" de la barra superior. ....	99
<b>Gráfico 35-4:</b>	Diagrama de cortantes de la barra de transmisión del elevador.....	99
<b>Gráfico 36-4:</b>	Diagrama de momentos de la barra de transmisión del elevador.....	99
<b>Gráfico 37-4:</b>	Deformación vs Número de elementos de la placa. ....	104
<b>Gráfico 38-4:</b>	Esfuerzo vs Número de elementos de la placa.....	106
<b>Gráfico 39-4:</b>	Factor de seguridad vs Número de elementos de la placa. ....	107
<b>Gráfico 40-4:</b>	Deformación vs Número de elementos del frontal. ....	111
<b>Gráfico 41-4:</b>	Esfuerzo vs Número de elementos del frontal. ....	113
<b>Gráfico 42-4:</b>	Factor de seguridad vs Número de elementos del frontal. ....	114
<b>Gráfico 43-4:</b>	Diagrama hidráulico de elevación de la estructura .....	124
<b>Gráfico 44-4:</b>	Diagrama hidráulico del volteo de la tolva. ....	124
<b>Gráfico 45-4:</b>	Curva de desplazamiento en el eje Y .....	126
<b>Gráfico 46-4:</b>	Curva de fuerza del cilindro hidráulico.....	127

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-2:</b> Fases del proceso de diseño.....	7
<b>Figura 2-2:</b> Circuito del cilindro hidráulico.....	11
<b>Figura 3-2:</b> Principio de pascal.....	13
<b>Figura 4-2:</b> Tipos de cilindros hidráulicos.....	15
<b>Figura 5-2:</b> Cilindro hidráulico de simple efecto y de doble efecto.....	15
<b>Figura 6-2:</b> Cilindro hidráulico telescópico.....	16
<b>Figura 7-2:</b> Cilindro hidráulico simple.....	16
<b>Figura 8-2:</b> Actuador hidráulico giratorio.....	17
<b>Figura 9-2:</b> Tipos de montaje y curvas de límites de carrera del pistón.....	18
<b>Figura 10-2:</b> Amortiguamiento de final de carrera del pistón.....	18
<b>Figura 11-2:</b> Bomba de engranes.....	22
<b>Figura 12-2:</b> Bomba de paletas.....	23
<b>Figura 13-2:</b> Tipos de elevadores de 4 y 2 columnas.....	24
<b>Figura 14-2:</b> Elevadores de tijera.....	24
<b>Figura 15-2:</b> Grano de palma africana pisífera y dura.....	27
<b>Figura 16-2:</b> Grano de palma africana pisífera y dura.....	27
<b>Figura 17-2:</b> Forma de cosechado del fruto por tracción animal.....	29
<b>Figura 18-2:</b> Forma de cosechado del fruto en animales.....	30
<b>Figura 19-2:</b> Sistema de recolección de frutos del interior de las parcelas.....	30
<b>Figura 20-2:</b> Vehículos utilizados para el transporte del fruto de palma de aceite.....	31
<b>Figura 1-3:</b> Resultados de las encuestas.....	33
<b>Figura 2-3:</b> funciones del elevador.....	39
<b>Figura 3-3:</b> Diagrama de funciones secundarias del elevador.....	40
<b>Figura 4-3:</b> Estructura modular del elevador.....	40
<b>Figura 5-3:</b> Alimentación manual en la tolva de almacenamiento.....	41
<b>Figura 6-3:</b> Alimentación mediante una banda transportadora.....	42
<b>Figura 7-3:</b> Carretón de tracción animal.....	43
<b>Figura 8-3:</b> Conexión de remolque-tractor.....	43
<b>Figura 9-3:</b> Acoples rápidos.....	44
<b>Figura 10-3:</b> Sistema de dirección.....	45

<b>Figura 11-3:</b> Sistema de transporte lineal.....	45
<b>Figura 12-3:</b> Sistema propio del tractor de mandos hidráulicos.....	46
<b>Figura 13-3:</b> Sistema de acoples rápidos del tractor agrícola.....	46
<b>Figura 14-3:</b> Sistema de elevación hidráulico tipo tijera con araña. ....	47
<b>Figura 15-3:</b> Sistema de elevación hidráulico tipo tijera con dos cilindros. ....	48
<b>Figura 16-3:</b> Sistema de elevación hidráulico de dos columnas.....	48
<b>Figura 17-3:</b> Volteo normal con cilindros hidráulicos. ....	49
<b>Figura 18-3:</b> Volteo horizontal con cilindros hidráulicos.....	50
<b>Figura 19-3:</b> Alternativa 1. ....	52
<b>Figura 20-3:</b> Alternativa 2. ....	53
<b>Figura 21-3:</b> Alternativa 3. ....	53
<b>Figura 1-4:</b> Diseño final del elevador hidráulico.....	60
<b>Figura 2-4:</b> Dimensiones de la tolva asumida .....	61
<b>Figura 3-4:</b> Dimensiones de la tolva.....	63
<b>Figura 4-4:</b> Malla refinada de la tolva del elevador hidráulico .....	64
<b>Figura 5-4:</b> Carga aplicada en la tolva.....	66
<b>Figura 6-4:</b> Deformación total de la tolva .....	67
<b>Figura 7-4:</b> Esfuerzo máximo de von-Mises de la tolva.....	69
<b>Figura 8-4:</b> Factor de seguridad de la tolva .....	70
<b>Figura 9-4:</b> Esquema del elevador .....	71
<b>Figura 10-4:</b> Vista lateral del elevador en posición máxima.....	71
<b>Figura 11-4:</b> Vista lateral del elevador en posición media .....	75
<b>Figura 12-4:</b> Vista lateral del elevador en la posición mínima.....	78
<b>Figura 13-4:</b> Estructura del elevador hidráulico .....	82
<b>Figura 14-4:</b> Mallado de la estructura del elevador hidráulico.....	83
<b>Figura 15-4:</b> Carga aplicada en la estructura del elevador hidráulico .....	84
<b>Figura 16-4:</b> Deformación total de la estructura.....	85
<b>Figura 17-4:</b> Esfuerzo máximo de von-Mises de la estructura.....	87
<b>Figura 18-4:</b> Factor de seguridad de la estructura .....	88
<b>Figura 19-4:</b> pasador de las articulaciones .....	89
<b>Figura 20-4:</b> Bocín de las articulaciones de las tijeras .....	91
<b>Figura 21-4:</b> Barra inferior acoplado un refuerzo para evitar la flexión .....	96

<b>Figura 22-4:</b> Eje superior corredizo transmisor de movimiento.....	101
<b>Figura 23-4:</b> Placa de transmisión de fuerza .....	101
<b>Figura 24-4:</b> Mallado de la placa.....	102
<b>Figura 25-4:</b> Fuerza aplicada en el centro de las placas .....	103
<b>Figura 26-4:</b> Deformación total de la placa .....	105
<b>Figura 27-4:</b> Esfuerzo máximo de von-Mises de la placa .....	106
<b>Figura 28-4:</b> Factor de seguridad de la placa.....	108
<b>Figura 29-4:</b> Parte frontal de la estructura del elevador .....	108
<b>Figura 30-4:</b> Mallado del frontal .....	109
<b>Figura 31-4:</b> Carga aplicada en el elemento frontal del frontal.....	110
<b>Figura 32-4:</b> Deformación total del frontal .....	112
<b>Figura 33-4:</b> Esfuerzo máximo de von-Mises del frontal.....	113
<b>Figura 34-4:</b> Factor de seguridad del frontal. ....	115
<b>Figura 35-4:</b> Manguera hidráulica. ....	115
<b>Figura 36-4:</b> Cilindro hidráulico.....	116
<b>Figura 37-4:</b> Modelado del sistema elevador hidráulico .....	119
<b>Figura 38-4:</b> Sistema de elevación y volteo respectivamente configurado .....	119
<b>Figura 39-4:</b> Masa de la tolva modificada.....	120
<b>Figura 40-4:</b> Solución de la fuerza necesaria para el cilindro de elevación .....	120
<b>Figura 41-4:</b> Cilindro hidráulico telescópico.....	121
<b>Figura 42-4:</b> Carrera del cilindro telescópico .....	121
<b>Figura 43-4:</b> Solución de la fuerza necesaria para los cilindros de volteo .....	123
<b>Figura 44-4:</b> Estructura del elevador hidráulico en el software ANSYS .....	125
<b>Figura 45-4:</b> Parte inferior fija de la estructura para realizar el análisis.....	125
<b>Figura 46-4:</b> Cargas en la parte superior de la estructura (tolva y peso del producto) .....	126
<b>Figura 47-4:</b> Esfuerzos en el elevador hidráulico.....	127
<b>Figura 48-4:</b> Modelo para la simulación en el software ADAMS.....	128
<b>Figura 49-4:</b> Conexiones necesarias para la simulación.....	129
<b>Figura 50-4:</b> Simulación en plena curva para el giro.....	129
<b>Figura 51-4:</b> Volcamiento en plena curva a la velocidad crítica .....	130

<b>Figura 1-6:</b> Elevador hidráulico con volteo.....	145
<b>Figura 2-6:</b> Sistema de elevación. ....	146
<b>Figura 3-6:</b> Sistema de volteo.....	146
<b>Figura 4-6:</b> Instalación correcta del elevador hidráulico con volteo. ....	148
<b>Figura 5-6:</b> Mangueras instaladas del elevador hidráulico.....	153

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>INEN</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>AISI</b>	Instituto Americano del Hierro y el Acero
<b>QFD</b>	Despliegue de la Función de Calidad
<b>CAD</b>	Diseño Asistido por Computadora
<b>MEF</b>	Método de Elementos Finitos
<b>ASME</b>	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
<b>ASTM</b>	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>VAN</b>	Valor Actual Neto
<b>CFN</b>	Corporación Financiera Nacional
<b>VAI</b>	Valor Actual de Ingresos
<b>VAE</b>	Valor Actual de Neto.

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo A** Datos técnicos del tractor agrícola.
- Anexo B** Selección del diámetro nominal para mangueras hidráulicas.
- Anexo C** Selección para la manguera hidráulica.
- Anexo D** Selección cilindro hidráulico de elevación.
- Anexo E** Selección cilindro hidráulico telescópico para volteo.
- Anexo F** Partes constructivas y seleccionadas del elevador.
- Anexo G** Prueba en vacío del elevador hidráulico.
- Anexo H** Elevador cargado de palma africana.
- Anexo I** Prueba de funcionamiento a plena carga.



## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar y construir un elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana con una capacidad de 5 toneladas para aumentar la eficiencia y la producción de las empresas palmicultoras. Para su realización se recopiló la información necesaria acerca de la palma africana, sus características, propiedades, metodologías de cosecha y transporte mediante un estudio bibliográfico para proceder a realizar una matriz QFD (Quality Function Deployment) donde se procede a definir las especificaciones de diseño y elegimos la mejor opción con un material ASTM A-36. A continuación, se realizó el diseño mecánico donde se dimensionó la tolva para una capacidad de 5 toneladas, se comprobó su resistencia y factor de seguridad en el software ANSYS. Se realizó un análisis estático de la estructura en posición baja, media y alta donde la parte más crítica se encuentra en la posición alta en la cual se analizó en el software ANSYS la resistencia y factor de seguridad. Posteriormente se realizó el diseño de los pasadores, barras y placa. Para completar el diseño mecánico se realizó el análisis dinámico en el software ADAMS. Finalmente se seleccionó las mangueras hidráulicas de acuerdo a la presión que tiene la bomba hidráulica del tractor New Holland, se realizó la selección de los cilindros hidráulicos para elevación y volteo, se diseñó los diagramas del circuito hidráulico. En conclusión, el elevador hidráulico soporta una capacidad de carga de 6,5 toneladas y tiene un sistema de transporte adecuado lo cual garantiza una producción eficiente en la cosecha de palma africana. Se recomienda revisar el manual de mantenimiento del elevador hidráulico para alargar la vida útil del equipo.

**Palabras claves:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CAPACIDAD DE CARGA>, <SISTEMA DE DIRECCIÓN>, <SISTEMA HIDRÁULICO>, <SISTEMA TIPO TIJERA>, <ÁNGULO DE VOLTEO>

## SUMMARY

The purpose of this project is to design and build a hydraulic lift for the harvest of African palm with a capacity of 5 tons to increase the efficiency and production of palm oil companies. For its realization, it was compiled the necessary information about the African palm, its characteristics, properties, harvest methodologies and transport by means of a bibliographic study to proceed to make a QFD matrix (Quality Function Deployment) where the design specifications are defined and is chosen the best option with an ASTM A-36 material. Then, the mechanical design was performed where the hopper was dimensioned for a capacity of 5 tons, its resistance and safety factor were checked in the ANSYS software. A static analysis of the structure in low, medium and high position was performed where the most critical part is in the high position in which the resistance and safety factor was analyzed in the ANSYS software. Subsequently, it was made the design of the pins, bars and plate. In order to complete the mechanical design, it was carried out the dynamic analysis in the ADAMS software. Finally, the hydraulic hoses were selected according to the pressure of the hydraulic pump of the New Holland tractor, it was made the selection of the hydraulic cylinders for lifting and turning, they were designed the diagrams of the hydraulic circuit. In conclusion, the hydraulic lift supports a load capacity of 6.5 tons and has an adequate transportation system which guarantees an efficient production in the African palm harvest. It is recommended to review the maintenance manual of the hydraulic lift to extend the useful life of the equipment.

**KEY WORDS:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <LOAD CAPACITY>, <STEERING SYSTEM>, <HYDRAULIC SYSTEM>, <SCISSOR-TYPE SYSTEM>, <ANGLE OF VOLTAGE>.

## CAPÍTULO I

### 1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

#### 1.1 Antecedentes

En la actualidad, el cultivo de Palma africana es uno de los principales cultivos en el país debido a los múltiples usos de esta planta y así también a su uso como biocombustible. Se cultiva principalmente en las provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Santo Domingo, Sucumbíos y Orellana.

Los frutos de la palma aceitera son carnosos y forman un racimo, estos racimos son cultivados y llevados a las plantas extractoras de aceite donde después de varios procesos mecánicos y químicos se obtiene el aceite. Este se utiliza en la industria alimenticia para hacer manteca vegetal, utilizada como aceite para freír o alimentar se puede elaborar también derivados equivalentes al aceite de cacao y jabón. Actualmente dada la demanda de biocombustibles se utiliza también con este. Algunos de los subproductos resultantes en el proceso son utilizados como abono para las mismas plantas y como fuente de extracción de un aceite mucho más fino que el que se obtiene de esta. (TECNOLOGUIA, 2010)

Una planta de palma africana empieza a producir al tercer año. La producción es gradual, puede empezar con 4 o 6 toneladas por hectárea al año. Si la plantación tiene un buen cuidado y es bien tratada puede llegar a producir hasta las 20 toneladas por hectárea. Una palma tiene un ciclo de vida de entre 20 a 25 años. (DIARIO, 2011)

Es un procedimiento más común utilizado por los agricultores mediante la utilización de tambos para el almacenamiento del producto los cuales pueden ser de cemento, madera entre otros, estos tienen su uso dependiendo de la época y de las condiciones climáticas.

Actualmente, en el Ecuador hay sembradas unas 230 mil hectáreas. La producción en el 2014 fue de 430 mil toneladas métricas (TM) de aceite, "Esto genera divisas por alrededor de \$165 millones al año". Según datos la actividad genera unos 150 mil empleos (directos e indirectos) en el país y existen alrededor de 6 000 productores ubicados en San Lorenzo, Quinindé, La Concordia (Esmeraldas), Santo Domingo (Santo Domingo de los

colorados), Quevedo (Los Ríos), Shushufindi (Sucumbíos) y Guayas (Guayaquil). (OLEOFINOS, 2010)

## **1.2 Formulación del problema**

Al cosechar los racimos los obreros trasladan a los barriles metálicos donde se almacena para ser transportados a la vía principal por medio de carretas de tracción animal, por lo que toma mucho tiempo sacar el producto cosechado.

La cosecha es cada 8 a 10 días por planta con un gran espacio físico, donde no se puede abastecer la mano de obra para el cosechado del fruto de la palma africana por la amplia extensión de la hacienda. Otro de los inconvenientes es la construcción de los barriles mecánicos donde se acumula el producto y no es transportado a la planta procesadora por falta de mano de obra.

## **1.3 Justificación**

### *1.3.1 Justificación teórica*

La palma africana es de mucha importancia en la comercialización del país debido a que es uno de los productos que mayores derivados produce como el aceite, jabones, champú, etc. Al terminar con el proyecto, en el Cantón La Concordia contará con un prototipo de elevador hidráulico con volteo para cosechar el fruto de la palma africana lo cual optimizará el rendimiento de las empresas palmicultoras.

### *1.3.2 Justificación metodológica*

Para el diseño de los elementos de la estructura se considera el propósito fundamental por los diseñadores de estructuras, el cual es crear una estructura económica, funcional y segura en el momento de realizar la manipulación, al hacer el estudio se optimizará materiales, dimensiones y selección de los demás equipos que conforman el elevador hidráulico con volteo y esto se verá también favorecido en costos al momento de la fabricación.

### *1.3.3 Justificación práctica*

En el Ecuador no existen muchos lugares en donde fabriquen este tipo de elevadores hidráulicos con volteo, ya que la fabricación se la realiza de forma artesanal con las herramientas existentes que se encuentran en un taller, visto la necesidad y la demanda de la cosecha de palma africana este elevador hidráulico con volteo se va a construir para el sector agrícola de nuestro país, ayudando y mejorando el rendimiento de la empresa, así como la comodidad de los trabajadores y de esta manera satisfacer los requerimientos del mercado, para ello este proyecto se podrá tomar como referencia para comenzar a fabricar este tipo de elevadores hidráulicos con volteo a nivel nacional.

## **1.4 Objetivos**

### *1.4.1 Objetivo general*

Diseñar y construir un elevador hidráulico con volteo para transportar la cosecha de palma africana con el propósito de tener un prototipo de la máquina, aumentando la eficiencia y la producción de las empresas palmicultoras.

### *1.4.2 Objetivos específicos*

Recopilar la información necesaria acerca de la palma africana, sus características, propiedades, metodologías de cosecha y transporte mediante un estudio bibliográfico.

Diseñar y seleccionar los elementos que compone el elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana.

Simular el diseño estructural del elevador hidráulico con volteo mediante software especializados para ingeniería.

Construir el prototipo del elevador hidráulico con volteo para la cosecha de la palma africana.

Desarrollar las pruebas de funcionamiento para evaluar la eficiencia y producción del elevador hidráulico con volteo.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO REFERENCIAL

El objetivo de este capítulo es analizar los conceptos básicos del diseño de elementos mecánicos e hidráulicos, así como las tendencias actuales para la cosecha del fruto fresco de palma africana ya que en la actualidad existe la necesidad de maquinaria agroindustrial.

#### 2.1 Conceptos y fases del proceso de diseño

##### *Diseño mecánico*

Según (SHIGLEY, 2008), diseño es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema y mediante el uso de herramientas de ingeniería (como las matemáticas, la estadística, computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se puede fabricar y comercializar.

Mediante (HAMROCK, 2000), diseño es la transformación de conceptos e ideas en maquinaria útil, el objetivo de producir esta máquina que no solo sea resistente para funcionar con eficiencia durante un tiempo razonable, sino que también sea posible de realizar económicamente.

Para (NORTON, 2009) el diseño se ha definido como el proceso de aplicar las diversas técnicas y principios científicos con el propósito de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficientes detalles que permitan su realización.

(RIBA ROMEVA, 2002) El diseño Es un conjunto de actividades destinadas a concebir y definir un producto en todas las determinaciones necesarias para su posterior realización y utilización.

De los conceptos mencionados anteriormente sobre el diseño mecánico analizados cada uno de ellos y el más utilizado para esta área es la mencionada por el autor SHIGLEY, por su mejor entendimiento y facilidad de diseño que presenta este libro para el elevador

hidráulico con volteo, de los elementos que compone para su diseño se guiará mediante estos libros mencionados.

### *Estructura metálica*

En su acepción más grande se refiere a la forma en que se organizan las partes de un sistema u objeto. Desde el punto de vista ingenieril, las “estructuras” están ligadas a la construcción; así, son estructuras los puentes, edificios, torres, presas y diversas máquinas, etc. Así decimos que es aquella parte de la construcción que soporta el conjunto, es decir que es capaz de resistir las diversas acciones que actúan sobre ella (peso propio, sobrecargas de uso, viento. Movimiento sísmico, transporte, etc.) (CERVERA RUIZ, BLANCO DÍAZ, 2004)

Hoy en día, los aceros estructurales son uno de los materiales de construcción de mayor importancia a nivel mundial. Por muchas características deseables, los aceros estructurales han llevado a que se utilicen en una gran variedad de aplicaciones. Esta disponibilidad en muchas formas de producción de máquinas y ofrecen una alta resistencia inherente. Tiene un módulo de elasticidad muy alto, de manera que las deformaciones bajo cargas son muy pequeñas. Además, los aceros estructurales poseen una gran ductilidad (capacidad de deformarse); tiene una relación esfuerzo-deformación unitaria en forma lineal, incluso para esfuerzos relativamente altos y su módulo de elasticidad es el mismo a tensión que a compresión. (CERVERA, 2003).

El diseño de la mayoría de las estructuras está regido por las especificaciones o normas. Aun si estas no rigen el diseño, el proyectista quizá las tomara como una guía. No importa cuántas estructuras haya diseñado es imposible que el proyectista haya encontrado toda situación posible, por lo mismo al recurrir a las especificaciones, el recomendará el mejor material de que se dispone. Las especificaciones de ingeniería son desarrolladas por varias organizaciones y contienen las opiniones más valiosas de esas instituciones sobre la buena práctica de la ingeniería. (MCCORMAC, 2002)

De los conceptos de estructuras metálicas mencionados el más acorde con nuestra maquina es el que menciona el autor MCCORMAC, por su facilidad de entendimiento que presenta este libro para la estructura del elevador hidráulico con volteo.

## *Máquinas y mecanismos*

Las máquinas son dispositivos que se utilizan al modificar, transmitir y dirigir fuerzas para llevar a cabo un objetivo específico. Una sierra de cadena es una máquina conocida que dirige fuerzas hacia la cadena con la finalidad de cortar madera. Un mecanismo es una parte mecánica de una máquina cuya función es transmitir movimiento y fuerza de una fuente de potencia a una salida. Es el corazón de la máquina. En la sierra de cadena el mecanismo toma la potencia de un pequeño motor y la suministra en el extremo de corte de la cadena. (MYSZKA, 2012)

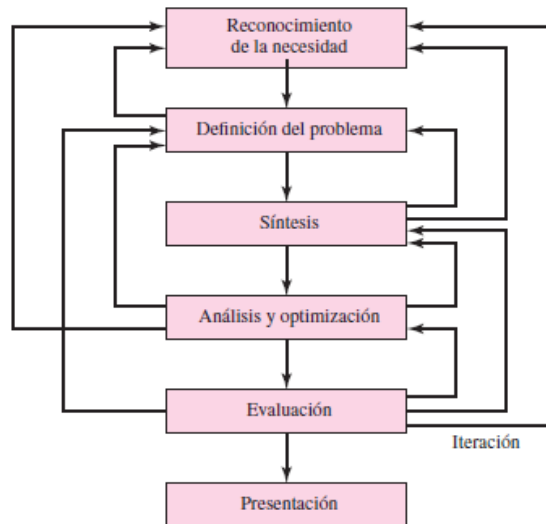
La teoría de los mecanismos y las máquinas es una ciencia aplicada que sirve para comprender las relaciones entre la geometría y los movimientos de las piezas de una máquina o un mecanismo, y las fuerzas que generan tales movimientos. (EDWARD SHIGLEY, JOSEPH UICKER, 2001)

Analizando la mejor opción de los mecanismos para nuestro elevador hidráulico es la mencionada por el autor MYSZKA, por la explicación de diversas máquinas y su amplia aplicación en nuestro medio.

En el proceso de diseño de máquinas, el ingeniero debe establecer ciertos criterios que recomiendan varios autores como son: SHIGLEY, DEUTSCHMAN, HAMROCK Y NORTON. Donde que el criterio apropiado para nuestro diseño del elevador hidráulico es el del autor SHIGLEY que dice: ¿Qué es el proceso de diseño? ¿Cómo comienza? ¿El ingeniero simplemente se sienta en la silla de su escritorio con una hoja de papel en blanco y anota algunas ideas? ¿Qué sucede después? ¿Qué factores influyen o controlan las decisiones que deben tomarse? Por último, ¿cómo termina el proceso de diseño? (SHIGLEY, 2008)

El proceso completo, de principio a fin, que a menudo se bosqueja como se muestra en la figura 1, comienza con la identificación de una necesidad y la decisión de hacer algo al respecto. Después de muchas iteraciones, termina con la presentación de los planes para satisfacer la necesidad. De acuerdo con la naturaleza de la tarea de diseño, algunas fases de éste pueden repetirse durante la vida del producto, desde la concepción hasta la terminación. (SHIGLEY, 2008)





**Figura 1-2:** Fases del proceso de diseño

Fuente: (SHIGLEY, 2008)

### *Reconocimiento de la necesidad*

Con frecuencia, el reconocimiento y la expresión de ésta constituyen un acto muy creativo, porque la necesidad quizá sólo sea una vaga inconformidad, un sentimiento de inquietud o la detección de que algo no está bien. A menudo la necesidad no es del todo evidente; el reconocimiento se acciona por una circunstancia adversa particular o por un conjunto de circunstancias aleatorias que se originan casi de manera simultánea. Por ejemplo, la necesidad de hacer algo acerca de una máquina de empaque de alimentos se manifiesta por el nivel de ruido, la variación en el peso del paquete y por alteraciones ligeras pero perceptibles en la calidad del paquete o envoltura. (SHIGLEY, 2008)

### *Definición del problema*

Es más específica y debe incluir todas las especificaciones del objeto que va a diseñarse. Las especificaciones son las cantidades de entrada y salida, las características y dimensiones del espacio que el objeto debe ocupar y todas las limitaciones sobre estas cantidades. Puede considerarse al objeto que va a diseñarse como algo dentro de una caja negra. En este caso deben especificarse las entradas y salidas de la caja, junto con sus características y limitaciones. Las especificaciones definen el costo, la cantidad que se va

a manufacturar, la vida esperada, el intervalo, la temperatura de operación y la confiabilidad. Los puntos obvios en las especificaciones son las velocidades, avances, limitaciones de la temperatura, el intervalo máximo, las variaciones esperadas en las variables, las limitaciones dimensionales y de peso, etcétera. (SHIGLEY, 2008)

### *Síntesis*

La calidad implica un conjunto de actitudes nuevas en las empresas que afectan en profundidad a los sistemas de organización y a los métodos de gestión. Para esto utilizamos una matriz QFD (diseño para la calidad) cuyo objetivo principal es asegurar que se tiene en cuenta la voz del usuario o cliente, a la vez que constituye una ayuda para la planificación de la calidad durante todo el ciclo de vida. (RIBA ROMEVA, 2002)

Varios esquemas debemos proponer, investigarse y cuantificarse en términos de medidas establecidas. A medida de lo que vamos desarrollando, se deben realizar análisis para evaluar si el desempeño del sistema es satisfactorio, y observar que tan bien se desempeñará. Los esquemas en competencia se comparan de manera que se puede elegir el camino que conduzca al producto más competitivo. Con esto conseguimos dar la solución al problema que requiere el cliente. Consiguiendo una mejor aceptación de la máquina.

### *Análisis y optimización*

Tanto el análisis como la optimización requieren que se construyan o inventen modelos abstractos del sistema que admitirá alguna forma de análisis matemático. A estos modelos se les llama modelos matemáticos. Cuando se les crea se espera que sea posible encontrar uno que simule muy bien al sistema físico real. (SHIGLEY, 2008)

### *Evaluación*

Representa la prueba final de un diseño exitoso y por lo general implica la prueba del prototipo en el laboratorio. Aquí se desea descubrir si el diseño en verdad satisface la necesidad o las necesidades. ¿Es confiable? ¿Competirá exitosamente con productos similares? ¿Es económica su manufactura y uso? ¿Se mantiene y se ajusta con facilidad? ¿Se puede obtener una ganancia por su venta o uso? ¿Qué tan probable es que el producto

propicie demandas legales? ¿Se obtiene un seguro con sencillez y a bajo costo? ¿Quizá sea necesario que se reconozca que se requiere reemplazar partes o sistemas defectuosos? (SHIGLEY, 2008)

### *Presentación*

Sin duda, muchos grandes diseños, invenciones y trabajos creativos se han perdido para la posteridad sólo porque sus creadores no fueron capaces o no estuvieron dispuestos a explicar sus logros a otros. La presentación es un trabajo de venta. El ingeniero, cuando presenta una nueva solución al personal administrativo, gerencial o de supervisión, está tratando de vender o de probarles que la solución que él propone es la mejor. A menos que lo anterior se pueda hacer de manera exitosa, el tiempo y el esfuerzo empleado en obtener la solución en gran parte se habrán desperdiciado. Cuando los diseñadores venden una idea nueva, también se venden a sí mismos. Si suelen tener éxito en la venta de ideas, diseños y soluciones nuevas a la gerencia, comienzan a recibir aumentos salariales y promociones; de hecho, así es como cualquiera tiene éxito en su profesión. (SHIGLEY, 2008)

### *Herramientas y recursos de diseño*

En la actualidad, el ingeniero tiene una gran variedad de herramientas y recursos disponibles que le ayudan a solucionar problemas de diseño. Las computadoras y los paquetes de software proporcionan herramientas de gran capacidad para diseñar, analizar y simular componentes mecánicos. Además de estas herramientas, el ingeniero siempre necesita información técnica, ya sea en forma de desempeño básico en ciencias/ingeniería o las características de componentes especiales recién lanzados. En este caso, los recursos pueden ir desde libros de ciencia/ingeniería hasta folletos o catálogos de los fabricantes. También la computadora puede jugar un papel importante en la recolección de información. (SHIGLEY, 2008) En el diseño del elevador hidráulico con volteo se utilizara software especializados para ingeniería que tenemos disponibles como: ANSYS, MSC. ADAMS, SOLIDWORKS, AUTOCAD.

*ANSYS*. Es un software para simulación bajo la teoría de elementos finitos empleado para análisis estructural, transferencia de calor, dinámica de fluidos, para la resistencia de materiales, determinación de esfuerzos.

Se empleará para la resistencia de materiales para la estructura.

*MSC. ADAMS*. Es la denominación comercial de un software que realiza análisis sobre mecanismos. Se compone de varios módulos que permiten hacer simulaciones del funcionamiento por medio de animaciones, realizar análisis de vibraciones, realizar análisis de esfuerzos, etc.

Este software se utilizará para el mecanismo apropiado en el elevador hidráulico.

*SOLIDWORKS*. Es un software de diseño asistido por computadora para modelado mecánico en 3D, permite modelar piezas y conjuntos como también la representación de planos, permite la simulación para de esta manera visualizar su funcionamiento.

Mediante este software se realizará la solución modular de la respectiva maquina con cada uno de sus elementos, como también realizar los planos respectivos para su posterior construcción.

*AUTOCAD*. Este software permite el diseño asistido por computadora, la modelación se lo hace en 2D o 3D, la forma más rápida para representar los planos.

También se lo puede aplicar para realizar los respectivos planos de la máquina.

## **2.2 Hidráulica de fluidos**

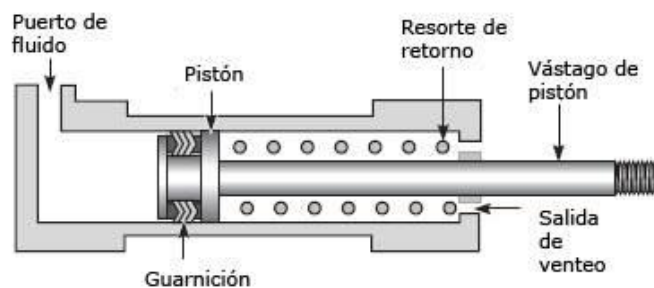
*Sistemas hidráulicos*. Es un dispositivo para transmitir la energía mecánica y transformar el movimiento mediante un líquido. La transmisión hidráulica se compone de los elementos principales como bombas, que transforman la energía eléctrica en hidráulica (energía del flujo del líquido) y motor hidráulico que realiza la transformación inversa de la energía. (NEKRASOV, 1968)

Es un mecanismo operado por la resistencia que ofrece la transmisión o la presión cuando el líquido es forzado a través de una pequeña abertura o tubo. Puede verse como una red

interdependiente, cuidadosamente equilibrada. La idea básica detrás de cualquier sistema es muy simple, la fuerza que se aplica en un momento dado en un punto se transmite a otro punto en forma de fluido. El líquido que se usa es casi siempre un aceite de algún tipo (fluido hidráulico). La fuerza se multiplica casi siempre en el proceso. (BAENA, 2013)

Los principios de la hidráulica básica se pueden demostrar al ejercer presión controlada a un líquido para realizar un trabajo. Existen leyes que definen el comportamiento de los líquidos en condiciones de variación de flujo y aumento o disminución de presión. (MOSQUERA, 2011) De los conceptos mencionados anteriormente sobre los sistemas hidráulicos analizado cada uno de ellos y el más utilizado para esta área es la mencionada por el autor NEKRASOV por su facilidad entendimiento del diseño hidráulico que presenta este libro para el elevador hidráulico con volteo.

La hidráulica utiliza básicamente los fluidos hidráulicos como medios de presión para mover los pistones de los cilindros. En la figura 2 se representa el movimiento típico de un pistón dentro del cilindro gracias a la energía proporcionada por un sistema hidráulico formado por una bomba, un depósito y un conjunto de tuberías que llevan el fluido a presión hasta los puntos de utilización (SOLÉ, 2007).



**Figura 2-2:** Circuito del cilindro hidráulico

Fuente: (SOLÉ, 2007)

Los sistemas hidráulicos se aplican típicamente en dispositivos móviles tales como maquinaria de construcción, excavadoras, plataformas elevadoras, aparatos de elevación y transporte, maquinaria para agricultura y simuladores de vuelo. Sus aplicaciones en dispositivos fijos abarcan la fabricación y montaje de máquinas de todo tipo, aparatos de

elevación y transporte, prensas, máquinas de inyección y moldeo, máquinas de laminación, ascensores y montacargas. (SOLÉ, 2007)

*Fluido.* Los fluidos son sustancias capaces de fluir y que se adaptan a la forma de los recipientes que los contienen. Cuando están en equilibrio, los fluidos no pueden soportar fuerzas tangenciales o cortantes. Todos los fluidos son compresibles en cierto grado y ofrecen poca resistencia a los cambios de forma. (MACGRAWHIL, 2009)

*Densidad.* La densidad,  $\rho$ , de un objeto, se define como su masa por unidad de volumen:

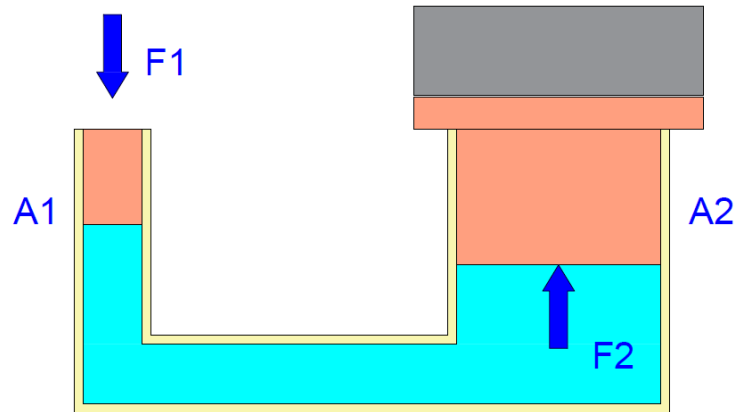
$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Donde  $m$  es la masa del objeto y  $V$  su volumen. La densidad es una propiedad característica de cualquier sustancia pura. (GIANCOLI, 1994)

*Viscosidad.* Los fluidos reales tienen determinada intensidad de fricción interna que se llama viscosidad. Existe tanto en líquidos como en gases; en esencia es una fuerza de fricción entre distintas capas del fluido, al moverse entre sí. En los líquidos, la viscosidad se debe a las fuerzas de cohesión entre las moléculas. En los gases. Se debe a choques entre las moléculas. (GIANCOLI, 1994)

*Presión de un fluido.* La presión de un fluido se trasmite con igual intensidad en todas las direcciones y actúa normalmente a cualquier superficie plana. En el mismo plano horizontal, el valor de la presión de un líquido es igual en cualquier punto. Las medidas de presión se realizan con los manómetros, que pueden ser de diversas formas. (MACGRAWHIL, 2009)

*Principio de pascal.* Establece que la presión en el seno de un líquido se trasmite de manera igual en todas las direcciones, y obra perpendicularmente sobre las paredes del recipiente. (GIANCOLI, 1994)



**Figura 3-2:** Principio de pascal

Realizado por: Autores

### 2.2.1 Las ventajas de la hidráulica

Gran potencia transmitida con pequeños componentes, posicionamiento preciso, arranque con cargas pesadas, movimientos lineales independientes de la carga ya que los líquidos son casi incompresibles y pueden emplearse válvulas de control, operación suave e inversa, buen control y regulación y disipación favorable de calor. (SOLÉ, 2007)

### 2.2.2 Las desventajas de la hidráulica

Polución del ambiente con riesgo de incendio y accidentes en el caso de fuga de aceite, sensibilidad a la suciedad, peligro presente debido a las excesivas presiones, dependencia de la temperatura por cambios en la viscosidad. (SOLÉ, 2007)

*Máquinas hidráulicas.* Máquina hidráulica es aquella en que el fluido que intercambian su energía no varía sensiblemente de densidad en su paso a través de la máquina, por lo cual en el diseño y estudio de la misma se hace la hipótesis de que  $\rho = cte$ . (MATAIX, 1986)

*Clasificación de las máquinas hidráulicas.* Para clasificar las máquinas hidráulicas se atiende al órgano principal de la máquina, o sea al órgano en que se intercambian la energía mecánica en energía del fluido o viceversa. Este órgano, según los casos, se llama rodete, émbolo. (MATAIX, 1986)

Las máquinas hidráulicas se clasifican en turbo máquinas y máquinas de desplazamiento positivo.

*Máquinas de desplazamiento positivo.* También llamadas máquinas volumétricas, el órgano intercambiador de energía cede energía al fluido o el fluido a él en forma de energía de presión creada por la variación de volumen. Los cambios en la dirección y valor absoluto de la velocidad del fluido no juegan papel esencial alguno. (MATAIX, 1986)

### **2.3 Turbo máquinas**

También llamadas máquinas de corriente, los cambios en la dirección y valor absoluto de la velocidad del fluido juegan un papel esencial. (MATAIX, 1986) Las turbo máquinas y máquinas de desplazamiento positivo se subdividen en motoras y generadoras. Las primeras absorben energía del fluido y restituyen energía mecánica; mientras que las segundas absorben energía mecánica y restituyen energía al fluido. (MATAIX, 1986)

*Actuadores hidráulicos.* Los actuadores hidráulicos, que son los más usuales y de mayor antigüedad en las instalaciones hidráulicas, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, y aprovechan la energía de un circuito o instalación hidráulica de forma mecánica, generando movimientos lineales. Los cilindros hidráulicos pueden ser de simple efecto, de doble efecto y telescópicos. En el primer tipo, el fluido hidráulico empuja en un sentido el pistón del cilindro y una fuerza externa (resorte o gravedad) lo retrae en sentido contrario. (SOLÉ, 2007)

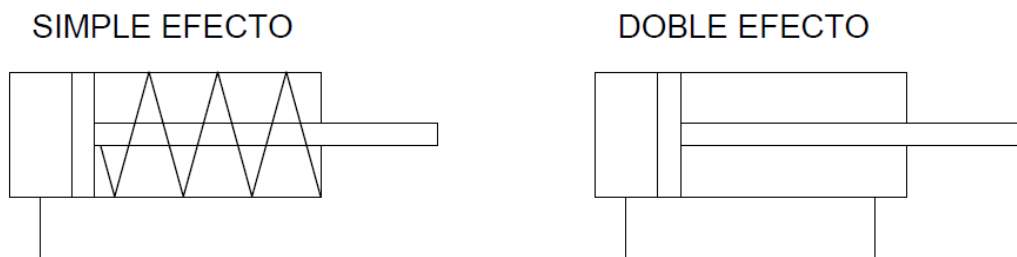




**Figura 4-2:** Tipos de cilindros hidráulicos

Fuente: MEGA (Melchor Gabilondo S.A.)

El cilindro de acción doble utiliza la fuerza generada por el fluido hidráulico para mover el pistón en los dos sentidos, mediante una válvula de solenoide. El cilindro telescópico contiene otros de menor diámetro en su interior y se expanden por etapas, muy utilizados en grúas, etc. (SOLÉ, 2007)



**Figura 5-2:** Cilindro hidráulico de simple efecto y de doble efecto

Realizado por: Autores

Los actuadores hidráulicos proporcionan pares y fuerzas elevados y un buen control del movimiento y esta es su principal ventaja frente a los sistemas neumáticos y eléctricos. Los fluidos hidráulicos son virtualmente incompresibles y gracias a las altas presiones con que trabajan (35 a 350 bares) permiten un control del caudal lo suficientemente preciso para el actuador. Sus desventajas son el coste elevado y la necesidad de acondicionar, contener y filtrar el fluido hidráulico a temperaturas seguras y en centrales hidráulicas o unidades de potencia. Las aplicaciones típicas residen en vehículos, elevadores, grúas hidráulicas, maquinas herramientas, simuladores de vuelo, accionamiento de timones en los aviones, etc. (SOLÉ, 2007)



**Figura 6-2:** Cilindro hidráulico telescópico

Fuente: (SOLÉ, 2007)

Cilindro hidráulico de simple efecto lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados. Los cilindros hidráulicos de movimiento giratorio (figura 8) pueden ser de pistón-cremallera-piñón y de dos pistones con dos cremalleras en los que el movimiento lineal del pistón es transformado en un movimiento giratorio mediante un conjunto de piñón y cremallera y el cilindro de aletas giratorias de doble efecto para ángulos entre 0° y 270°. (SOLÉ, 2007)

## 2.4 Cálculo del cilindro

*Tamaño del cilindro.* Las fuerzas generadas en un cilindro en la extensión del pistón son:



**Figura 7-2:** Cilindro hidráulico simple

Fuente: (SOLÉ, 2007)

$$F_{\text{extensión}}(\text{Newton}) = P(\text{MPa}) * \frac{\pi * D^2}{4} * 0,9 = P(\text{bar}) * \frac{\pi * D^2}{40} * 0,9 \quad (2)$$

$$F_{\text{retracción}}(\text{Newton}) = P(\text{bar}) * \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{40} * 0,9 \quad (3)$$

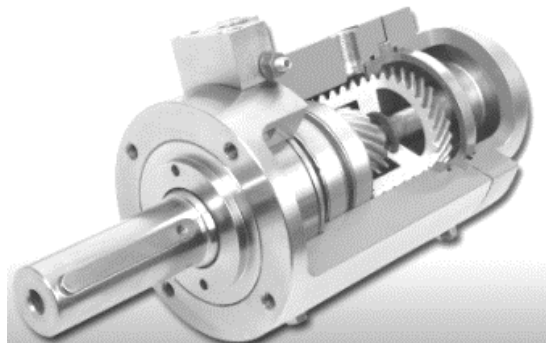
Donde:

P = Presión de operación (MPa o bar).

D = Diámetro interior del cilindro (mm).

d = Diámetro del vástago del pistón (mm).

0,9 = Coeficiente de rozamiento de rodamientos, juntas y partes móviles del cilindro.



**Figura 8-2:** Actuador hidráulico giratorio

Fuente: (SOLÉ, 2007)

El factor de carga es la relación entre la carga real y la fuerza teórica de salida del cilindro.

La tabla 1 indica la relación entre el factor de carga y la velocidad del pistón.

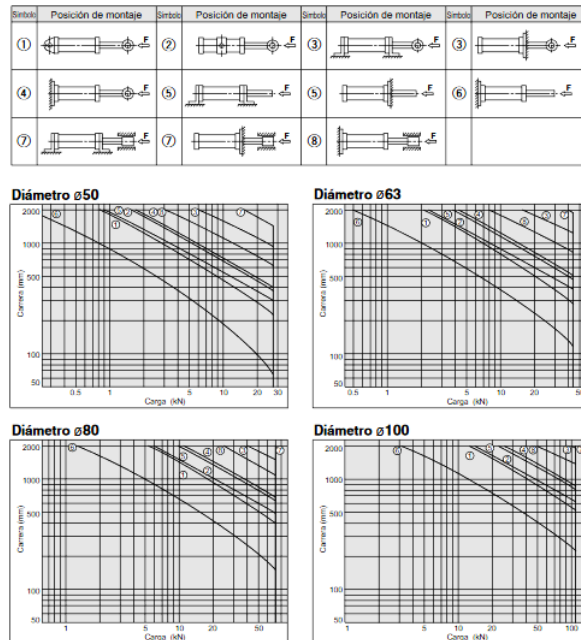
**Tabla 1-2:** Relación entre el factor de carga y la velocidad del pistón

Velocidad del pistón (mm/s)	Factor máximo de carga
8 a 100	70%
101 a 200	30%
201 a 300	10%

Fuente: (SOLÉ, 2007)

Los fabricantes proporcionan tablas y gráficos con las fuerzas de extensión y retracción del pistón en el cilindro de acuerdo con la presión de servicio, el diámetro interior del cilindro y el diámetro del vástago. (SOLÉ, 2007)

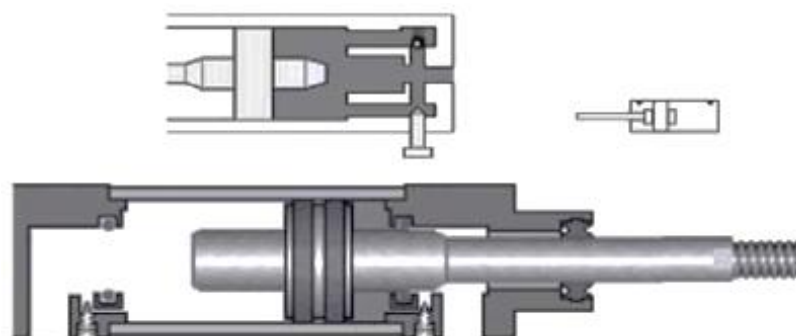
*Carrera del pistón.* Existen límites en la carrera del pistón en diversos montajes para prevenir que el vástago se doble cuando ejerce una determinada fuerza contra una carga. En la figura se pueden verse tipos de montaje y las curvas de los límites en la carrera del pistón.



**Figura 9-2:** Tipos de montaje y curvas de límites de carrera del pistón

Fuente: SMC Corporation

Para prevenir danos en el cilindro y en los accesorios periféricos, es necesario instalar un amortiguador de choque que absorba la máxima energía de inercia del pistón en su movimiento al final de su carrera (figura 10). (SOLÉ, 2007)



**Figura 10-2:** Amortiguamiento de final de carrera del pistón

Fuente: Norgren

El amortiguamiento no es necesario a velocidades inferiores a 6 metros/minuto. Entre 6 y 20 metros/minuto el amortiguamiento se logra con reestructuras o válvulas de freno y a velocidades superiores a 20 metros/minuto se precisan amortiguamientos especiales. La velocidad del fluido hidráulico dentro de la tubería que conecta al cilindro no debe superar los 5 m/s en mangueras de goma ni los 4,5 m/s en el caso de tubos de acero. En caso de exceder estos límites, se presenta un flujo turbulento con lo que puede existir una mayor pérdida de carga y un sobrecalentamiento. Por otro lado, las velocidades sugeridas del fluido en los sistemas hidráulicos son: (SOLÉ, 2007)

Aspiración de la bomba hidráulica 0,6 a 1,2 m/s

Caudal de fluido en la impulsión 2,0 a 5,0 m/s

Caudal de retorno 1,5 a 4,0 m/s

## **2.5 Válvulas para el sistema de accionamiento**

*Válvulas distribuidoras.* Las válvulas distribuidoras o de control direccional se utilizan para cambiar el sentido del flujo de aceite dentro del cilindro y mover el pistón de un extremo al otro de su carrera.

*Válvula 2/2 (2 vías – 2 posiciones).* Controla el paro, el arranque y la dirección del caudal. La posición inicial de la válvula puede ser normalmente abierta N.A. (o N.O. = Normally open) o normalmente cerrada N.C. (o N.C. = Normally close), según sea la disposición del obturador y del resorte. Las entradas 1 y 2 admiten una presión máxima de 350 bar (5076 psi) y el caudal puede pasar en ambas direcciones. Un botón lateral permite el mando manual sin necesitar la excitación del solenoide. (SOLÉ, 2007)

*Válvula 3/2 (3 vías – 2 posiciones).* Es semejante a la válvula 2/2 con la diferencia que tiene 3 vías que durante la conmutación se conectan brevemente.

*Válvula 4/2 (4 vías – 2 posiciones).* Es semejante a la válvula 2/2 con la diferencia que tiene 4 entradas de las que la 1, la 2 y la 3 admiten simultáneamente la presión de 350 bar. Típicamente la entrada 3 se conecta a la bomba, las entradas 2 y 4 a los actuadores y la 1 al tanque. (SOLÉ, 2007)

## 2.6 Bombas Hidráulicas

La bomba es probablemente el componente más importante y menos entendido de un sistema hidráulico. Su función es convertir la energía mecánica en energía hidráulica al empujar el fluido hidráulico dentro del sistema. Las bombas se hacen de muchos tipos y tamaños mecánicos y manuales con muchos y diferentes mecanismos de bombeo y para muchos y diversos propósitos. Sin embargo todas caen en una de las dos categorías, hidrodinámicas o hidrostáticas. (“Manual de Hidráulica Industrial - Vickers.pdf,” n.d.)

### *Hidrodinámicas*

Las bombas hidrodinámicas o de desplazamiento no positivo, tales como las de diseño te turbinan o centrífugas, se usan principalmente para transferir fluidos en donde la única resistencia encontrada es la creada por el peso y la fricción del mismo fluido. La mayoría de las bombas de desplazamiento no positivo operan por medio de fuerza centrífuga en donde los fluidos entran al centro de la caja de la bomba y son expulsados por el rápido empuje de un impulsor. No hay sello positivo entre los orificios de entrada y de salida y la capacidad de presión es a causa del impulso de velocidad. (“Manual de Hidráulica Industrial - Vickers.pdf,” n.d.)

Mientras ellas dan un flujo suave y continuo, su salida es reducida al aumentar la resistencia, En efecto, es posible obstaculizar completamente la salida al estar funcionando la bomba. Por esta razón y otras las bombas de desplazamiento no positivo son rara vez usadas en sistemas hidráulicos actuales.

### *Hidrostáticas*

Las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo dan una cantidad específica de fluido por cada carrera, revolución o ciclo. Su salida exceptuando las pérdidas por fuga es independiente a la presión de salida haciéndolas ideales para usarlas para transmitir potencia.

*Características de la bomba.* Generalmente las bombas están catalogadas por su máxima capacidad de presión operante y su salida en gpm (galones por minuto) a un impulso de velocidad específico.

*Características de presión.* El porcentaje de presión de una bomba es determinado por el fabricante basado en un cálculo razonable de durabilidad en el uso bajo condiciones específicas. Es importante saber que no hay un factor estándar de seguridad en las industrias en estos porcentajes. Operar la bomba a presiones más altas puede desgastarla o causarle daños mayores. (“Manual de Hidráulica Industrial - Vickers.pdf,” n.d.)

### *Desplazamiento*

La capacidad de flujo de la bomba es lo que se llama su desplazamiento por revolución o por su salida en gpm. Desplazamiento es el volumen de líquido transferido en una revolución. Es igual al volumen de una cámara bombeadora multiplicado por el número de cámaras que pasan por la salida por revolución. El desplazamiento se expresa en pulgadas cúbicas por revolución.

La mayoría de las bombas tienen un cierto desplazamiento que no puede ser cambiado excepto cuando se reemplazan ciertas partes. Sin embargo es posible en algunas variar el tamaño de la cámara bombeadora y por eso su desplazamiento por medio y por eso su desplazamiento por medio de controles externos. (“Manual de Hidráulica Industrial - Vickers.pdf,” n.d.) Algunas bombas de paletas desbalanceadas y muchas unidades de pistón pueden variar su abastecimiento de máximo a cero, con algunas de ellas invirtiendo su flujo cuando el control cruza un centro o posición neutral.

### *Eficiencia volumétrica*

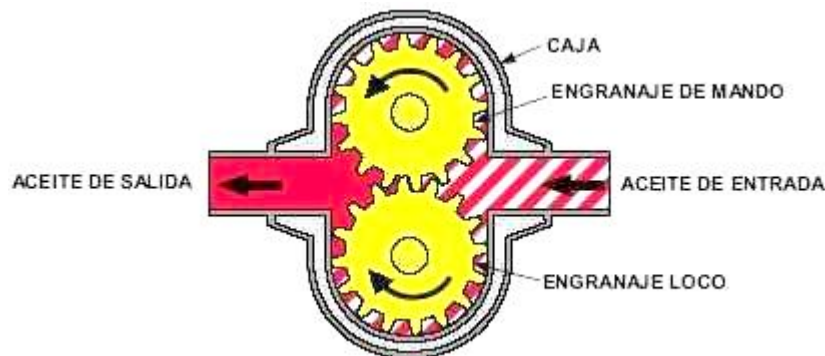
En teoría, una bomba abastece una cantidad igual de fluido a su desplazamiento en cada ciclo o revolución. En realidad, la salida actual se reduce por las fugas internas o deslizamiento. Cuando la presión aumenta, las fugas que regresan de la salida a la entrada o al drenaje aumentan y la eficiencia volumétrica es igual a la salida real dividida por la salida teoría.

### *Bombas de engranes*

Una bomba de engranes desarrolla flujo al llevar fluido entre los dientes de dos engranes dentados. Uno de los engranes es impulsado por el eje impulsor y gira el otro. Las cámaras

bombeadoras que se forman entre los dientes del engrane están cubiertos por la caja de la bomba y las placas de los lados (frecuentemente llamados placas de presión o desgaste).

Un vacío parcial se crea en la entrada de la bomba cuando se van girando los engranes. El fluido fluye en el espacio para llenarlo y es girado hacia afuera del engrane. Cuando se van encontrando los dientes del engrane en la salida el fluido es expulsado. Una alta presión en la salida de la bomba implica una carga desbalanceada en los engranes y en los soportes que los soportan. (“Manual de Hidráulica Industrial - Vickers.pdf,” n.d.).



**Figura 11-2:** Bomba de engranes

Fuente: (“Manual de Hidráulica Industrial - VICKERS.pdf,” n.d.)

### *Característica de la bomba de engrane*

La mayoría de las bombas de tipo de engrane tienen desplazamiento arreglado. Su porcentaje de salida es desde muy bajo a muy alto volumen. A causa de la carga de lado del eje, son unidades de baja presión normalmente, aunque a algunas se las pueda usar a 3000 psi.

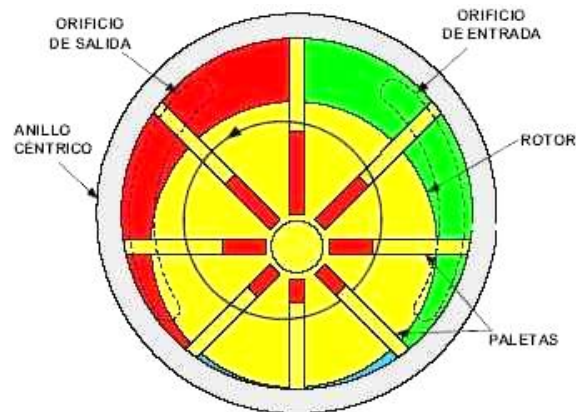
### *Bombas de paleta*

El funcionamiento principal de las bombas de paleta es mostrado en la figura. Un rotor ranurado es ranurado al eje impulsor y gira dentro de un anillo de leva. Las paletas están ajustadas a las ranuras del rotor y siguen la superficie interior del anillo cuando gira el rotor. La fuerza centrífuga y la presión bajo las paletas las mantienen hacia afuera en contra del anillo. Las cámaras de bombeo se forman entre las paletas y son encerradas



por el rotor, el anillo y las dos placas de los lados. (“Manual de Hidráulica Industrial - VICKERS.pdf,” n.d.)

En la entrada de la bomba, un vacío parcial se crea cuando el espacio entre el rotor y el anillo aumenta. El aceite que entra aquí es atrapado en las cámaras bombeadoras y entonces es empujado a la salida cuando disminuye el espacio. El desplazamiento de la bomba depende del ancho del anillo y del rotor y en lo que “jale” el anillo.



**Figura 12-2:** Bomba de paletas

Fuente:(“Manual de Hidráulica Industrial - Vickers.pdf,” n.d.)

## 2.7 Tipos de elevadores hidráulicos

Dentro de todos los tipos de elevadores hidráulicos, los más comunes son: Elevador hidráulico de columnas y de tijeras

### *Elevador hidráulico de columnas*

Este se basa de dos o cuatro columnas, cada una de ellas cumplen de guía para que el vehículo ascienda de forma correcta, una bomba hidráulica accionado por un pequeño motor eléctrico el cual no requería de esfuerzo alguno, y un deposito donde se ubicaba el aceite hidráulico. Por medio de la presión hidráulica que ejercía la bomba hidráulica, el líquido se desplazaba por todo el circuito llegando a su punto final que era según elevador, una botella o dos botellas hidráulicas, estas desarrollaban grandes capacidades de carga en cuanto a pesos con esfuerzos mínimos. (PARREÑO, 2012)



**Figura 13-2:** Tipos de elevadores de 4 y 2 columnas

Fuente: (PARREÑO, 2012)

*Elevador hidráulico de tijeras.* Un elevador de tijera (Figura 14), a veces conocido como un ascensor de mesa, es una plataforma de trabajo destinado al transporte de cargas o de personas. Este tipo de elevador utilizar la energía hidráulica, que se extienden en altura, y vienen en varios tipos y tamaños. Originalmente diseñado como un elevador industrial que ha sido modificado para adaptarse a diferentes entornos de trabajo. (PARREÑO, 2012)



**Figura 14-2:** Elevadores de tijera

Fuente: (PARREÑO, 2012)

## 2.8 Tipos de volteo

*Volteo con descarga lateral.* Gracias a su diseño de descarga lateral y a su sistema hidráulico, estos camiones son capaces de transporte una amplia diversidad de carga, ya

que son más largos y cuentan con una mayor eficiencia del espacio. Son muy seguros, aunque debido a su longitud, tiene una maniobrabilidad limitada.

*Góndolas.* Son remolques de volteo para el acarreo de todo tipo de materiales, en especial para la industria de construcción, los cuales, cuenta también con un sistema hidráulico para la descarga. Por otro lado existen también las plataformas materialistas, que son pequeños camiones de volteo, especiales para los distribuidores de materiales de construcción y también incluyen un sistema de levante hidráulico. (“Los camiones de volteo y sus características,” n.d.)

## **2.9 La palma africana y sus características**

La palma de aceite o palma africana es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las palmáceas; es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie. Originaria de países africanos, ha sido exportada a varias partes del mundo y cruzada con especies locales para crear híbridos que incrementan el nivel de producción. La palma africana necesita condiciones climáticas y terrenos muy específicos para una producción ideal: las zonas tropicales del mundo resultan ser particularmente apropiadas para su cultivo.

Utilizando la germinación artificial, el 50% de las semillas germinan a los pocos días de ser plantadas y el resto en unas semanas. La tasa de crecimiento anual del tronco varía entre 25 y 45 centímetros. En condiciones ideales, la palma africana produce frutos en aproximadamente tres años. Es un cultivo permanente y su producción, con rentabilidad variable, puede durar hasta 50 años. Sin embargo, la planta consigue su momento de producción máxima entre los siete y los diez años de vida. (Mingorance, Minelli, & Le Du, 2004)

En una hectárea de terreno se puede plantar en promedio de 140 palmas, cada planta sana puede producir entre 80 y 230 kilogramos de racimos por cosecha. Una vez cosechado, el fruto es enviado a las industrias procesadoras para la extracción del aceite. Este transporte debe darse en tiempo breve debido a la propensión del fruto a acidificarse en un periodo de tiempo corto después de cosechado el racimo, cosa que baja enormemente

la calidad del aceite y que incluso puede convertirse los frutos en inutilizables.(MIngorance et al., 2004)

Los países más productores de palma africana son:

**Tabla 2-2:** Producción mundial, los 10 mayores productores desde 1991 a 2011

2011			
Indonesia	21.449.000	Total Mundial	48.550.750,5
Malasia	18.912.000		
Tailandia	1.530.000	Producción total primeros 10	46.267.465,0
Nigeria	1.350.000	Primeros 10 como % del Total	95,3
Colombia	941.400		
Alemania	555.165	<b>Primeros 2 como % del Total</b>	<b>83,1</b>
Papua Nueva Guinea	520.000		
Costa de Marfil	400.000		
Honduras	320.000		
Ecuador	289.900		
1991			
Malasia	6.141.350	Total Mundial	11.879.254
Indonesia	2.657.600		
Nigeria	760.000	Producción total primeros 10	11.044.319
Colombia	290.856	Primeros 10 como % del Total	93,0
Costa de Marfil	255.267		
Tailandia	234.000	Producción total primeros 2	8.798.950
China	184.628	<b>Primeros 2 como % del Total</b>	<b>74,1</b>
Rep Dem Congo	180.000		
Papua Nueva Guinea	180.000		
Ecuador	160.618		

Fuente: sitio web de Estadísticas de FAO

### *La palma africana en Ecuador*

La palma africana es un monstruo que llegó a Quinindé hace cuatro décadas. Entonces este cultivo, originario de la región ribereña del Golfo de Guinea, era prácticamente desconocido en Ecuador, pero pronto inició una incesante expansión. Aquel primer establecimiento, ubicado en un propicio ambiente tropical cálido y lluvioso, fue el foco desde el que se propagaría tanto en dirección al cercano Océano Pacífico como hacia la lejana espesura amazónica. La demanda de aceites y grasas vegetales comestibles alentó su progresión, pero ha sido su requerimiento como combustible para la industria del biodiesel el que ha disparado el crecimiento de las plantaciones. Desde finales de los ochenta, la subida de los precios la ha convertido en sumamente productiva. Tan solo el pasado año su cotización aumentó en un 34,9% en el mercado nacional (EUTOPIA, 2011).

*Tipos de fruta según el grosor*

*Pisífera.* Son palmas cuyos frutos prácticamente no tienen huesco, sino un cartílago blando. Palma gigante, Carece de interés comercial. (AFRICANA, 2011)

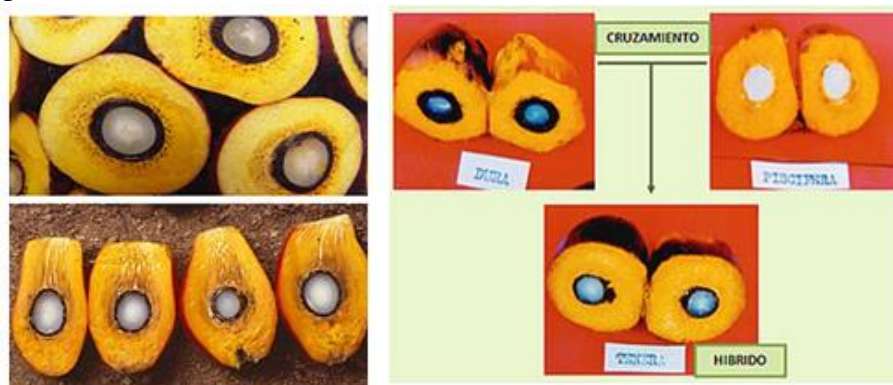
*Dura.* Se cultivó hasta la década de los 60, se caracteriza por tener un gran huesco de 2 a 8 milímetros de espesor. Son poco rentables y competitivas. (AFRICANA, 2011)



**Figura 15-2:** Grano de palma africana pisífera y dura

Fuente: (AFRICANA, 2011)

*Tenera.* Por ser un híbrido proveniente del cruzamiento de Dura por Pisífera, el huesco del fruto es delgado y la proporción de la fruta bastante mayor. Por ende el contenido de aceite es más abundante. Se observa un anillo de fibras oscuras adyacente al huesco que son su principal característica. (AFRICANA, 2011)



**Figura 16-2:** Grano de palma africana pisífera y dura

Fuente: (AFRICANA, 2011)

La palma africana es considerada un cultivo de alto rendimiento, no solamente por la cantidad de aceite que su fruto produce por hectárea, sino también por la variedad de productos que del mismo y de otras partes de la planta se generan y por su utilización en la industria. Del fruto de la palma se extraen dos tipos de aceites (el aceite de palma y el aceite de palmiste) y la torta de palmiste. El proceso de extracción “consiste en esterilizar los frutos, desgranarlos del racimo, macerarlos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante. De la almendra se obtienen dos productos: el aceite de palmiste y la torta de palmiste.”

En condiciones ideales, los cultivos pueden producir hasta 20 toneladas de racimos por hectárea y por año, de los cuales se puede extraer hasta el 25% de aceite de palma (cinco toneladas) y el 5% de aceite de palmiste (una tonelada). Esta cantidad es mayor que la cantidad producida por cualquier otra fuente de aceite vegetal. (MIngorance et al., 2004)

## **2.10 Procesos y tecnologías de cosechado**

La administración de los vehículos de transporte debe proponer por cubrir los viajes requeridos para transportar todo el fruto de los lotes siendo rentable. Existen diferentes tipos de vehículos que son utilizados para transportar los racimos de fruta fresca desde el campo hasta la planta de beneficio, entre ellos: tractomulas, camiones de carrocería, camiones de autocarga y tractores con góndolas. La elección del vehículo a utilizar depende de factores como el estado de la infraestructura vial, capacidad de transporte y de distancia a recorrer.

Ante la oportunidad de maximizar el volumen de racimo de frutas frescas transportados por vehículo al día y disminuir el número de golpes que reciben, las empresas propietarias del transporte optan por utilizar camiones de autocarga, lo que permite al transportador disminuir los tiempos de cargue de racimo de fruta fresca en las fincas (recoge una caja llena y deposita una vacía en su lugar) y su descargue en planta de beneficio (descarga la caja llena y recoge una vacía), logrando hacer un mayor número de viajes al día. Por el contrario los vehículos que no poseen este sistema presentan tiempos muertos para su llenado (que generalmente se hace manual) y deben esperar hasta que la planta les asigne el turno de descargue; cabe aclarar que este tiempo se incrementa si en los centros de acopio no existen tolvas de cargue y si en las plantas de beneficio los patios de recibo de

frutos son pequeños o carecen de plataformas hidráulicas que inclinen los vehículos para los racimos de fruto fresco se descarguen por gravedad. Los técnicos de la plantación también argumentan que existen restricciones para el tránsito por vías principales, en especial para las tractomulas (no se permite el tránsito en ciertos horarios) y los tractores con góndolas (requieren de vehículos escolta).(Fontanilla, Nieto, & Urueta, 2015)

### *Cosecha del fruto de palma africana comúnmente*

A continuación, se determina los tipos de cosechado que se dan en las haciendas estas son: carretas por tracción animal y con pequeñas estructuras sobre animales.

*Carretas por tracción animal.* Este tipo de carretas se lo realiza por medio de tracción animal, en donde estos son forzados al trabajo duro todo el día con un tiempo de cosecha muy alto por lo que se ve afectada la producción de palma africana.



**Figura 17-2:** Forma de cosechado del fruto por tracción animal

Fuente: PANORAMINO

*Transporte con pequeñas estructuras en animales.* Para la aplicación de este tipo de transporte los animales tienen una pequeña estructura que llevan según se va cosechando por lo que la cosecha es demorada, y se ve una notable fatiga de los animales, puesto que son expuestos a trabajos forzados para la cosecha del grano de fruto fresco de palma africana.





**Figura 18-2:** Forma de cosechado del fruto en animales

Fuente: PANORAMINO

### 2.11 Tipos de transporte de la palma africana en el mundo

Esta etapa del proceso está compuesta por la maquinaria y equipo de operarios constituidos de tres funciones, ya que uno de ellos es el operador y los otros dos son ayudantes que serán responsables de recoger los frutos, para auxilio en esta recolección se utilizan una herramienta de soporte, la cual sirve para apalancar el racimo dentro del remolque hidráulico, una vez recolectado los frutos, se acarrean hasta los contenedores de forma estratégica a lo largo de las vías de la plantación.



**Figura 19-2:** Sistema de recolección de frutos del interior de las parcelas. (A) Equipo entrando (B) Recolección de racimos (C) Salida de la parcela al camino del contenedor

Fuente: (“Tecnología y logística del transporte de frutos y aceite de palma : la experiencia del grupo Agropalma Technology and logistics for palm oil and fruit transportation developed by the agropalma group,” 2010)

En síntesis, puede afirmarse que existen gran diversidad de mecanismos de evacuación de fruto de la palma de aceite desde el campo hasta la planta de beneficio a continuación se describen cuatro tipologías entre las cuales se pueden agrupar los sistemas de evacuación de fruto, naturalmente al interior de estas existen variaciones menores. Dichas tipologías son:



*Cargue manual de camiones en el punto de acopio.* El cosechero deposita en el punto de acopio el fruto cada vez que se llena el zorrillo, canasto, angarilla, carretilla en el que lleva los racimos. Una vez llega el vehículo encargado de llevar el fruto a la planta de beneficio se procede al cargue manual del mismo.

*Mallas con racimos y grúas hidráulicas para el cargue de los camiones.* Los zorrillos presentan como fondo mallas de cosecha, una vez se llenan con racimos son empacadas de forma conveniente para evitar pérdidas de frutos y facilitar la labor del cargue, finalmente una grúa hidráulica eleva la malla hasta el camión que va a transportar el fruto a la planta de beneficio.

*Uso de cable vía.* Basándose en la experiencia de la recolección de racimos en zonas bananeras, implementando este sistema para la evacuación de RFF en plantaciones de palma de aceite. Los cosecheros llevan los racimos a un punto de acopio donde el fruto es cargado manualmente a un tren de mallas que está colgado a una línea de cable y tiene poleas para deslizar fácilmente por el mismo; éste puede ser halado por un tractor aéreo, manualmente o con animales de tiro hacia un único punto de acopio en donde se llenan los camiones que van a la planta de beneficio.

*Zorros o góndolas haladas por tractores.* La recolección del fruto en los lotes se hace directamente en zorros, volcos ó góndolas, a las cuales se les han adaptado mecanismos que permiten que sean enganchadas a tractores para su transporte a planta de beneficio.

Claramente la capacidad de carga de cada sistema determina en buena medida su eficiencia. De la misma manera, la extensión y la topografía del predio determinan la viabilidad de invertir en equipos para la labor.



**Figura 20-2:** Vehículos utilizados para el transporte del fruto de palma de aceite

Fuente:(Fontanilla et al., 2015)

## CAPÍTULO III

### 3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Por un análisis y estudio minucioso de alternativas para el diseño y características de calidad, durabilidad y eficiencia del elevador se requiere seguir el proceso de selección ordenado y adecuado, donde cumpla las especificaciones y parámetros requeridos.

#### 3.1 Determinación de las especificaciones de la máquina

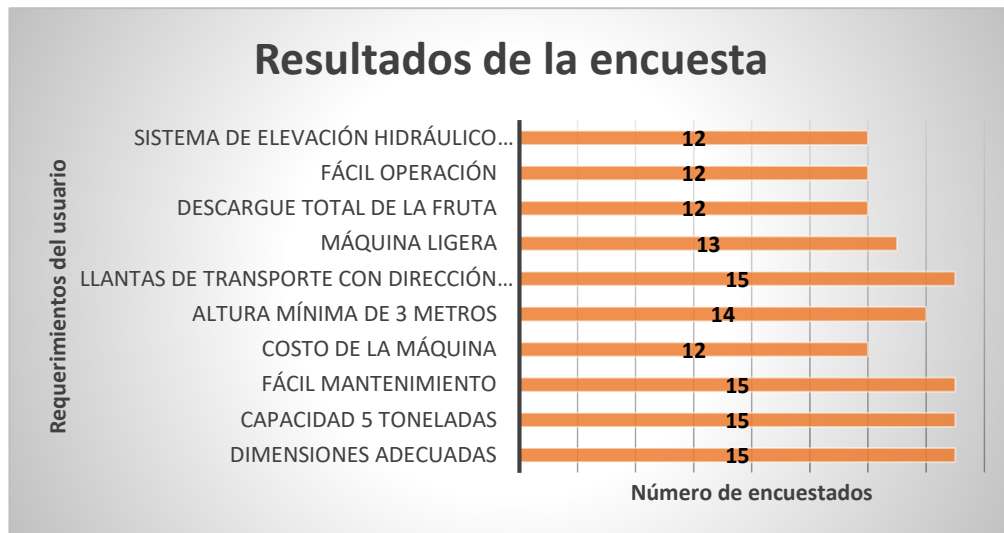
La máquina debe contar con las especificaciones y requerimientos, satisfaciendo las necesidades del usuario cuya actividad se ve reflejada elevando la cantidad requerida sin ningún inconveniente.

*Matriz QFD (Quality function deployment).* Según (RIBA ROMEVA, 2002), es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confiere la aptitud para satisfacer las necesidades expresadas o implícitas.

*Desarrollo de la función de calidad, QFD.* Para la elaboración de la matriz QFD se requiere conocer la voz del usuario, en la cual se dan a conocer las necesidades y requerimientos del usuario, esos criterios a su vez son traducidos e interpretados técnicamente por el ingeniero, finalmente se evalúan los criterios técnicos para determinar los que tienen mayor influencia en el diseño. (RIBA ROMEVA, 2002)

*Voz del usuario.* La voz del usuario representa los requerimientos básicos y las características con las que debe contar el elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana. (RIBA ROMEVA, 2002)

Las características requeridas del elevador hidráulico son adquiridas mediante una encuesta realizada a 15 personas en la localidad donde se implementará la máquina.



**Figura 1-3:** Resultados de las encuestas

Realizado por: Autores

Según los requerimientos de los usuarios del elevador hidráulico con volteo debe contar con las siguientes características.

- Dimensiones adecuadas.
- Capacidad 5 ton.
- Fácil mantenimiento.
- Llantas de transporte con dirección delantera.
- Altura mínima de 3 m.
- Costo de la máquina.
- Máquina ligera.
- Descargue total de la fruta.
- Fácil operación.
- Sistema de elevación hidráulico eficiente.

*Voz del ingeniero.* En esta sección se convierten las necesidades del usuario a características técnicas que son: (RIBA ROMEVA, 2002)

- Dimensiones del equipo.
- Volumen de almacenamiento.
- Intercambiabilidad de elementos.
- Sistema de transporte con dirección.
- Sistema de elevación mínimo de 3000 mm.
- Materiales del equipo.
- Peso de la máquina.
- Angulo de volteo.
- Ergonomía.
- Selección del sistema hidráulico

**Tabla 1-3:** Ficha técnica de la competencia 1

<b>COMPETENCIA 1</b>		<b>Ficha: 1</b>
<b>DATOS TÉCNICOS – PARTES PRINCIPALES</b>		<b>Tipo:</b> Remolque elevación volteo rev - 3000
<b>Año:</b> 2017	<b>INDUSTRIAL METALPLAS SAS.</b>	<b>Dirección:</b> Ibagué - Colombia
<b>EQUIPO</b>		
		
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Parámetros</b>	
Capacidad de volco (m3)	2,5	
Capacidad de carga (kg)	3000	
Ancho (mm)	2000	
Longitud (mm)	3900	
Altura máxima de descarga (mm)	3100	
Altura para cargue (mm) Aprox.	1500	
Altura baranda (mm)	400	
Piso lámina liso (mm)	2,5	
Sistema de volteo – hidráulico	2 cilindros	
Sistema de levante – hidráulico	1 cilindro	
2 llantas de flotación	1100 - 16	
Peso aproximado (kg)	1700	
Ángulo de volteo	60°	

**Fuente:** Autores

**Tabla 2-3:** Ficha técnica de la competencia 2

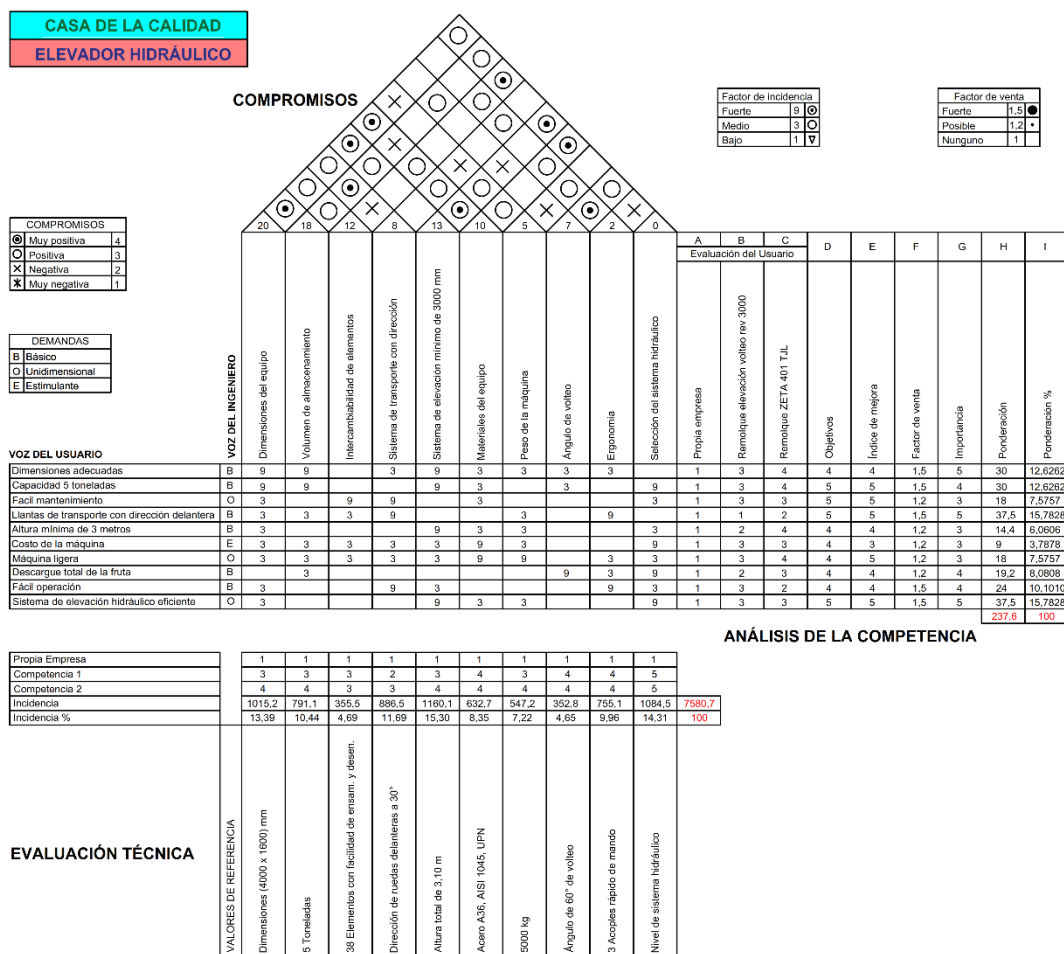
<b>COMPETENCIA 2</b>		<b>Ficha: 2</b>
<b>DATOS TÉCNICOS – PARTES PRINCIPALES</b>		<b>Tipo:</b> Remolque ZETA 401 TJL
<b>Año:</b> 2017	IDEAGRO GRUPO INDUSTRIAL	<b>Dirección:</b> Bogotá - Colombia
<b>EQUIPO</b>		
		
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Parámetros</b>	
Largo total (mm)	4000	
Ancho total (mm)	2420	
Alto total (Abajo) (mm)	2100	
Altura máxima contenedor que recibe (mm)	2700	
Altura de carga (mm)	1500	
Volumen aproximado (m3)	4	
Peso máximo (kg)	5000	
2 Neumáticos	11L – 16F3	
Opcional neumáticos	400/60 – 15,5	
Ancho de vía (mm)	1850	
Sistema de volteo – hidráulico	2 cilindros	
Sistema de levante – hidráulico	2 cilindros	

Fuente: Autores

### Resultados de la matriz QFD

Analizando las competencias, la columna A se evalúa el producto actual en la empresa, en este caso se lo califica con 1 en todos los ítems ya que no se cuenta con ninguna maquina previamente elaborado. En las columnas B y C se evalúan el cumplimiento de productos de la competencia de otras empresas que diseñan y construyen máquinas, con los parámetros similares analizados en las siguientes tablas. (TIRIRA SUÁREZ, y otros, 2014)

**Tabla 3-3: Matriz QFD (Casa de la calidad)**



Fuente: Autores

Según (RIBA ROMEVA, 2002), el índice de mejora se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de mejora} = \frac{\text{Objetivos}}{\text{Propia empresa}} \quad (4)$$

Según (RIBA ROMEVA, 2002), la ponderación se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Ponderación} = \text{índice de mejora} * \text{factor de venta} * \text{importancia} \quad (5)$$

Según (RIBA ROMEVA, 2002), para la incidencia se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Incidencia} = \varepsilon_{\text{corre.}} * \text{ponderación} \quad (6)$$

*Conclusiones de la matriz QFD.* Por lo tanto, los resultados obtenidos en la voz del usuario, la voz del ingeniero y el análisis de competencia indican que los criterios técnicos de mayor importancia son los siguientes:

- Dimensiones del equipo.
- Volumen de almacenamiento.
- Sistema de transporte con dirección.
- Sistema de elevación mínimo de 3000 mm.
- Selección del sistema hidráulico.

Donde el requerimiento técnico más importante es el sistema hidráulico conjuntamente con sistema de elevación, el cual determina un correcto funcionamiento de la máquina.

### **3.2 Especificaciones técnicas**

Mediante la matriz QFD las especificaciones técnicas de la máquina son:

**Tabla 4-3:** Especificaciones técnicas de la máquina

<b>Empresa cliente:</b> FUSACATAN S.A.		<b>Producto:</b> Elevador hidráulico con volteo		<b>Fecha inicial:</b> 2017/09/01 <b>Última revisión:</b> 2018-02-28
<b>Diseñadores:</b> Diego Analuisa Julio Jácome				Página 1.
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		D	R	Sistema de elevación hidráulico
Materiales		C	R	Acero A-36, AISI 1045, UPN.
Construcción y montaje		D	R	Capacidad para 5 Toneladas.
		D	R	Selección del sistema hidráulico.
Vida útil y mantenimiento		D	D	En operación 8 años
		D	R	Fácil mantenimiento, intervalos de 10 h/día de servicio
Energía		C	R	Energía hidráulica
Dimensiones		C	R	Altura del depósito de 1,2 m.
Control		C	R	Mandos de doble acción
		F	R	Actuadores simples
Seguridad y ergonomía		C	R	Fiabilidad de 90%
		C	MR	Ubicación de los mandos.
<p>Propone: M = Marketing, C = Cliente, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación.</p> <p>R/D: R = Requerimiento, D = Deseo, MR = Modificación de requerimiento.</p>				

Fuente: (RIBA ROMEVA, 2002)

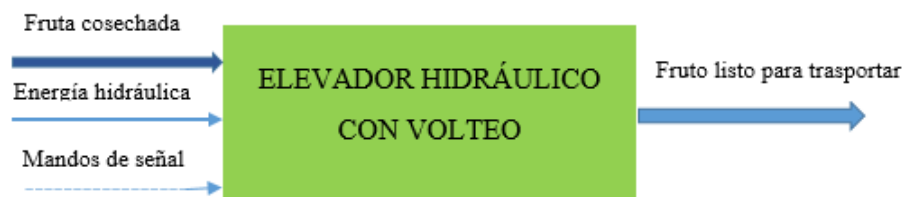


### 3.1 Análisis funcional

Este análisis nos facilita identificar las funciones principales y las funciones secundarias del elevador hidráulico. Siendo las funciones principales las requeridas por el cliente, satisfaciendo estas necesidades el cliente optara por adquirir nuestra máquina.

“Después de establecer las funciones secundarias procedemos a plantear las posibles soluciones, que sean convenientes para desempeñar dichas funciones, y seleccionar la más viable, además, las funciones deben ser agrupadas y desglosadas en módulos. Las funciones del proceso se ilustrarán mediante diagramas de flujo, que puede tener diferentes tipos de entradas y salidas. Los diagramas de flujo se presentarán en diferentes niveles, comenzando con el nivel 0 o función global, y continuando hasta el nivel que se estime conveniente.” (RIBA ROMEVA, 2002)

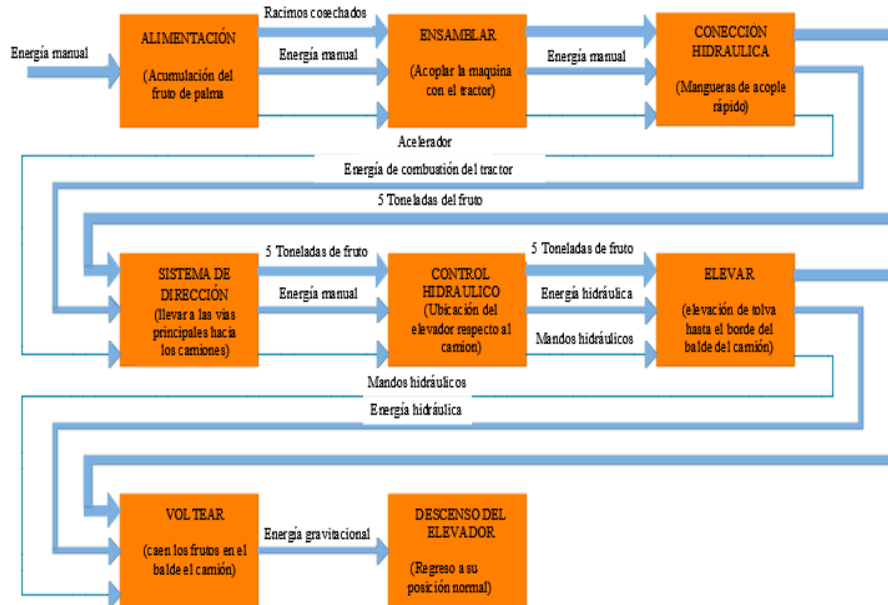
Haciendo el análisis del elevador hidráulico con volteo se tiene las funciones principales de la máquina en la siguiente figura.



**Figura 2-3:** funciones del elevador

Realizado por: Autores

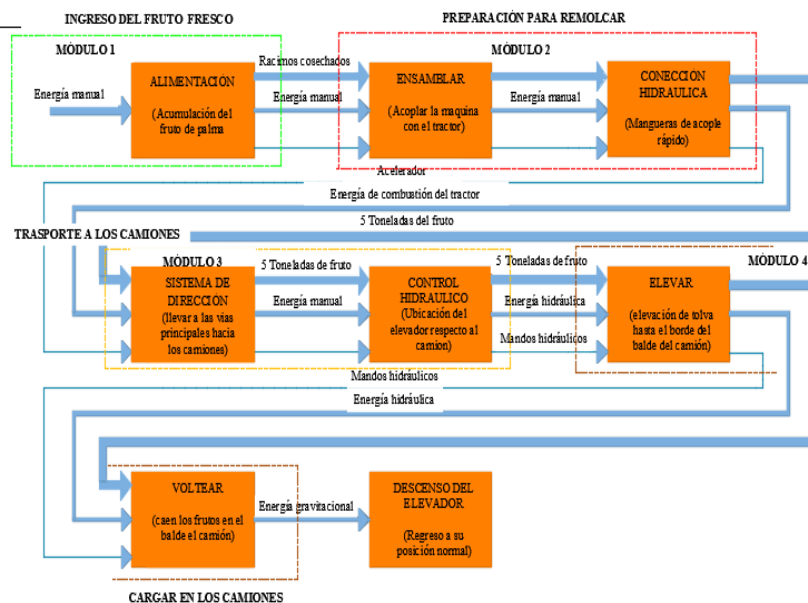
En el primer nivel de análisis funcional las señales a ingresar son: fruta cosechada respecto al producto a transportar con una señal de energía manual para el almacenamiento de los racimos de palma africana. En el segundo nivel se indican las funciones a requerir para el funcionamiento respectivo de la máquina y la conexión máquina-tractor de esta manera conseguir el primer nivel propuesto. En el tercer nivel se presenta la función de transporte hacia las vías de acceso que tienen los camiones para que el fruto sea luego transportado a la respectiva planta de procesamiento y el último nivel se presenta la elevación y volteo del fruto hasta llenar los camiones.



**Figura 3-3:** Diagrama de funciones secundarias del elevador

Realizado por: Autores

*Definición de módulos.* Estos se dividen en productos de varios bloques funcionales. Tomando en cuenta la asignación de módulos, que contribuye a la reducción de costos, facilidad de mantenimiento y se facilitará la producción. (RIBA ROMEVA, 2002)



**Figura 4-3:** Estructura modular del elevador

Realizado por: Autores

En el diseño del elevador las funciones permiten que se realice en cuatro módulos, desde el ingreso de la materia prima hasta que el producto se transporte a las procesadoras de palma, de esta manera se obtiene el resultado esperado sin que el producto se maltrate.

*Alternativas de solución para cada módulo.* Los módulos cumplen con las siguientes funciones.

- Ingreso del fruto fresco
- Preparación para remolcar
- Transporte a los camiones
- Cargar en los camiones

*Módulo 1.* Este módulo cumple con la siguiente función.

*Ingreso de la fruta fresca.* A continuación, se detalla la función de este módulo y se propone las posibles funciones para encontrar la mejor alternativa.

*Alimentación.* Acumulación del fruto recolectado de la palma africana en la tolva de almacenamiento. Existen dos maneras para cumplir con los requerimientos: De forma manual y mediante una banda transportadora.

*De forma manual:* Consiste en levantar la fruta manualmente y luego dejar caer en la tolva de almacenamiento.



**Figura 5-3:** Alimentación manual en la tolva de almacenamiento

Realizado por: Autores

Ventajas: La máquina se encuentra a una altura cómoda para el usuario, lo cual facilita el llenado de la tolva.

Desventajas: Existe agotamiento del personal a realizar el llenado de la tolva.

*Mediante una banda transportadora.* Se ubica el fruto de la palma africana en la banda transportadora para luego ser depositada en la tolva de almacenamiento.



**Figura 6-3:** Alimentación mediante una banda transportadora

Realizada por: Autores

Ventajas: Tiene un excelente rendimiento para transportar el fruto de la palma africana a la tolva.

Realizamos poco esfuerzo humano al realizar esta operación.

Desventajas: Tiene un costo elevado la implementación de este proceso.

No se puede ubicar en lugares de difícil acceso.

Requiere mantenimiento continuo para no desgastar las bandas.

*Módulo 2.* Este módulo se analiza las posibilidades de la fruta para ser remolcada hasta las vías principales mediante las siguientes funciones: Enganchar y la conexión hidráulica.

*Enganchar.* En este caso disponemos de 2 alternativas para acoplar el elevador hidráulico con volteo que son: Animales de carga y mediante un tractor.

*Animales de carga.* Se realiza el remolque por medio de animales que recorren la planta de palma africana.



**Figura 7-3:** Carretón de tracción animal

**Realizado por:** Autores

**Ventajas:** se puede acceder a las partes más dificultosas para la cosecha.

**Desventajas:** Solo pueden transportar pequeñas cantidades carga.

No pueden realizar un trabajo con una larga duración de tiempo.

*Mediante un tractor.* Esta es un medio de transporte máquina-tractor para ser remolcada hasta las vías de acceso con un tiempo óptimo de llegar a las plantas procesadoras.



**Figura 8-3:** Conexión de remolque-tractor

**Realizado por:** Autores

**Ventajas:** Puede trabajar en periodo largo de tiempo sin ningún problema.

Remolca grandes cantidades de carga.

Tiene acceso a diferentes lugares de la planta de palma africana.

*Conexión hidráulica.* En este caso tenemos una alternativa para la conexión de mangueras que viene instalado en los tractores agrícolas como son los acoples rápidos.

*Acoples rápidos.* Para este caso utilizamos las mangueras hidráulicas que vienen en el tractor, la conexión se realiza manualmente sin ninguna dificultad.



**Figura 9-3:** Acoples rápidos

Realizado por: Autores

**Ventajas:** Se puede conseguir con facilidad en cualquier centro de maquinaria agrícola.

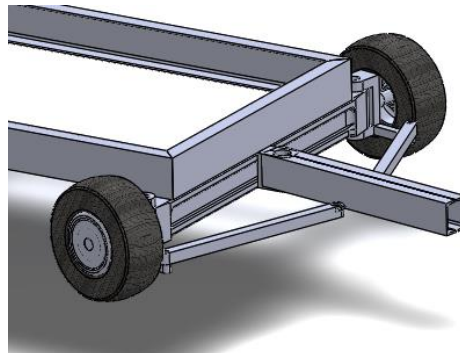
Tiene una facilidad de intercambiabilidad de elementos.

No tiene un elevado costo.

*Módulo 3.* Aquí se analiza que no tenga inconvenientes la maquina en el transcurso del transporte del fruto a las vías principales dando soluciones óptimas mediante las siguientes funciones: Transporte y parqueo.

*Transporte.* Se tiene dos alternativas para controlar la dirección del transporte a las vías principales de la carretera las cuales son: Sistema de dirección y sistema de transporte lineal.

*Sistema de dirección.* Es un conjunto de mecanismos que permiten orientar las ruedas delanteras para que la maquina tome la trayectoria deseada por el operador.



**Figura 10-3:** Sistema de dirección

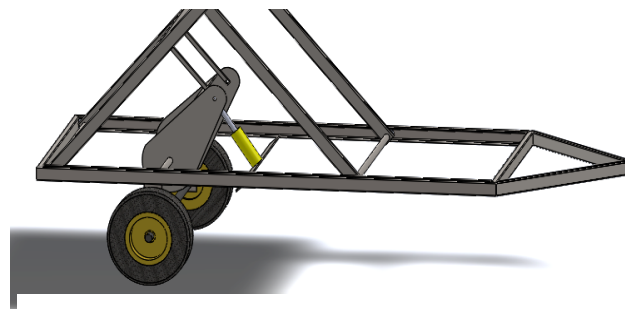
Realizado por: Autores

Ventajas: Puede cambiar el sentido de dirección sin ningún inconveniente.

La máquina tiene una movilización estable y balanceada.

Puede acoplarse a cualquier remolque sin ningún problema.

*Sistema de transporte lineal.* Este sistema sirve para trasportar el fruto en carreteras rectas a otras plantas de palma africana.



**Figura 11-3:** Sistema de transporte lineal

Realizado por: Autores

Desventajas: No tiene opción de giro, solo se utiliza para carreteras recta.

*Parqueo.* Se refiere al control del elevador con respecto al camión, en la cual tenemos dos alternativas que son: Sistema propio de mandos hidráulicos y sistema de mando del tractor.



*Sistema propio de mandos hidráulicos.* Permite iniciar, detener o cambiar la dirección del flujo en un circuito hidráulico.



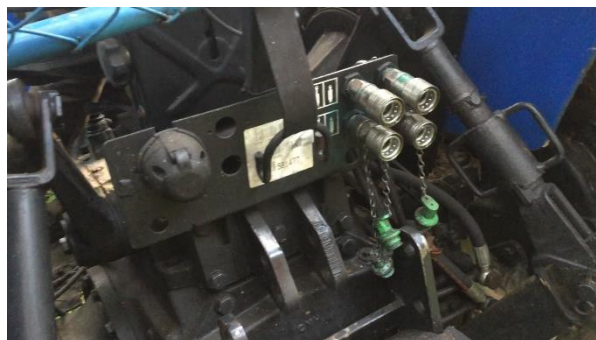
**Figura 12-3:** Sistema propio del tractor de mandos hidráulicos

Realizado por: Autores

Desventajas: Se puede utilizar en solo un modelo de sistema de elevación.

Su diseño elevaría los costos del elevador hidráulico de volteo.

*Sistema de mando del tractor.* Estos sirven para dar movimiento a los sistemas hidráulicos del tractor que sirve para realizar el trabajo.



**Figura 13-3:** Sistema de acoples rápidos del tractor agrícola

Realizado por: Autores

Ventajas: Se puede acoplar a cualquier sistema de elevador.

Ya viene incluido en el tractor por lo tanto no genera costos adicionales.

Puede levantar diferentes tipos de cargas dependiendo del tractor disponible.

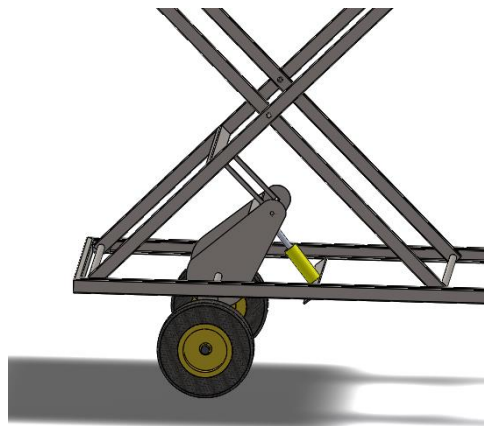


*Módulo 4.* En este módulo se analiza el sistema de carga directamente a los camiones realizando las siguientes funciones: Elevar y voltear.

*Elevar.* Analizamos el sistema de elevación que va a tener nuestra máquina, para esto contamos con tres alternativas que son:

- Sistema de elevación con un cilindro hidráulico tipo tijera adaptado al sistema de araña.
- Sistema de elevación tipo tijera con dos cilindros hidráulicos.
- Sistema de elevación hidráulico de columnas.

*Sistema de elevación con un cilindro hidráulico tipo tijera adaptado al sistema de araña.* Se emplea cuando no necesitamos mucha potencia con la finalidad de generar un movimiento para elevar un sistema.



**Figura 14-3:** Sistema de elevación hidráulico tipo tijera con araña

Realizado por: Autores

Desventajas: Se necesita un cilindro hidráulico de gran potencia elevando los costos de la máquina.

El eje principal sufre un gran esfuerzo y sufre deformaciones.

Mantenimiento continuo en el sistema de elevación.

*Sistema de elevación hidráulico tipo tijera con dos cilindros.* Utiliza una fuerza hidráulica para empujar y una fuerza diferente para contraer (fuerza gravitatoria) el sistema de elevación.



**Figura 15-3:** Sistema de elevación hidráulico tipo tijera con dos cilindros

**Realizado por:** Autores

**Ventajas:** No hay inconvenientes en los ejes donde va apoyando los cilindros hidráulicos.

Facilidad para la intercambiabilidad de elementos.

Tiene un mayor grado de confiabilidad el elevador.

*Sistema de elevación hidráulico de dos columnas.* Los elevadores de columnas hidráulicos emplean este principio combinando dos cilindros (uno pequeño y otro grande) para incrementar la presión y poder levantar objetos de mayor peso.



**Figura 16-3:** Sistema de elevación hidráulico de dos columnas

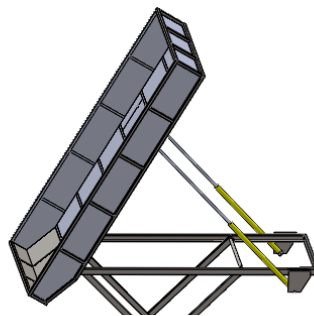
**Realizado por:** Autores

Desventajas: No tiene estabilidad al movilizarse en carreteras que no son planas.

Frecuente mantenimiento a los cilindros por la ubicación en la máquina.

*Voltear.* Analizamos el sistema de volteo que va a tener nuestra máquina, para esto contamos con dos alternativas que son: Volteo tipo bañera con dos cilindros hidráulicos y volteo horizontal con cilindros hidráulicos.

*Volteo tipo bañera con dos cilindros hidráulicos.* Es usado para depositar con un ángulo de volteo que garantice en su totalidad la descarga del producto en los baldes de los camiones.



**Figura 17-3:** Volteo normal con cilindros hidráulicos

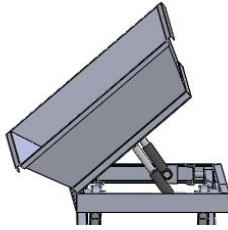
Realizado por: Autores

Ventajas: Es eficiente por el sistema de dos actuadores hidráulicos que permite controlar el ángulo de volteo.

Permite el depósito en camiones de todo tamaño con una capacidad cualquiera.

Permite el descargue total del fruto de palma africana.

*Volteo horizontal con cilindros hidráulicos.* Es usado para depositar poco a poco el producto en los baldes de los camiones que transportan hacia las plantas procesadoras.



**Figura 18-3:** Volteo horizontal con cilindros hidráulicos

Realizado por: Autores





Desventajas: Poca estabilidad del sistema al momento de voltear el producto.

Utilizada para descargar en baldes de camiones de un gran tamaño siempre y cuando estén nivelados por su sistema horizontal.


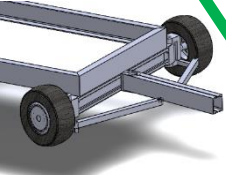
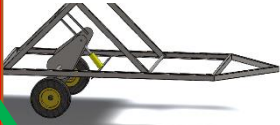

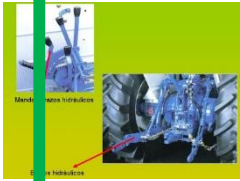
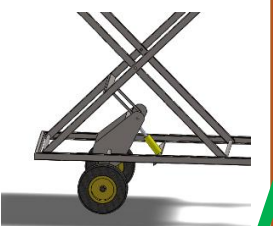


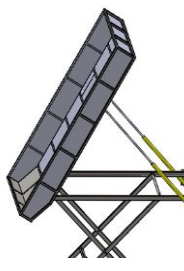

### 3.2 Alternativas de módulos

Para determinar las alternativas de los módulos se combinan las soluciones para cada función, teniendo en cuenta los componentes y alternativas que sean necesarios para realizar este proceso. Se analiza en la siguiente tabla en la cual se muestran 3 alternativas de solución.

**Tabla 5-3:** Alternativas de la máquina

SOLUCIONES MODULARES	COMPONENTES		
<p><b>Alimentación</b></p>	<p>De forma manual</p> 	<p>Mediante una banda transportadora</p> 	
<p><b>Ensamblar</b></p>	<p>Animales de carga</p> 	<p>Mediante un tractor</p> 	

**Tabla 5-3:** (Continuación) Alternativas de la máquina

<p><b>Conexión hidráulica</b></p>	<p>Acoples rápidos</p> 		
<p><b>Sistema de dirección.</b></p>	<p>Mecanismo de dirección.</p> 	<p>Sistema de transporte lineal</p> 	
<p><b>Control hidráulico.</b></p>	<p>Sistema propio de mandos hidráulicos</p> 	<p>Sistema de mando del tractor</p> 	
<p><b>Elevar</b></p>	<p>Sistema de elevación hidráulico tipo tijera con araña</p> 	<p>Sistema de elevación hidráulico tipo tijera con dos cilindros</p> 	<p>Sistema de elevación hidráulico de dos columnas</p> 
<p><b>Voltear</b></p>	<p>Volteo normal con cilindros hidráulicos</p> 	<p>Volteo horizontal con cilindros hidráulicos</p> 	
<p><b>Descenso</b></p>	<p>Gravedad</p>		
<p><b>SOLUCIONES</b></p>	<p><b>Alternativa 1</b></p>	<p><b>Alternativa 2</b></p>	<p><b>Alternativa 3</b></p>

Fuente: Autores

*Alternativa 1.* Se observa que la tolva tiene unas dimensiones grandes para depositar en camiones con baldes de la misma dimensión, para camiones con baldes pequeños no será posible la descarga total del fruto de palma africana pues puede caer al suelo por las dimensiones de dicha tolva del elevador.



**Figura 19-3:** Alternativa 1

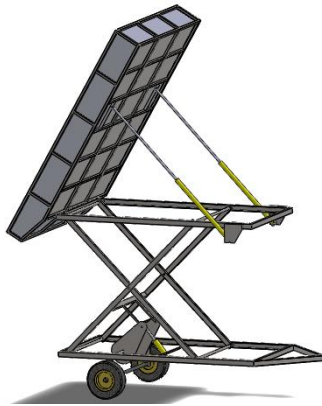
**Realizado por:** Autores

**Ventajas:** Rápida descarga del fruto de palma africana.

**Desventajas:** Sistema de volteo inestable.

Aplicar grasa en las carrileras cada vez que se utiliza la máquina.

*Alternativa 2.* Se observa que es un sistema hidráulico de elevación tipo tijera con araña y no tiene posibilidades de giro en caso de ser necesario por lo que no cumple con nuestros requerimientos.



**Figura 20-3:** Alternativa 2

Realizado por: Autores

Ventajas: El sistema de volteo es estable.

Desventajas: No tiene sistema de dirección para el giro de las llantas de la máquina.

Se recalienta la barra donde está el mecanismo para elevación de la máquina.

Aplicar grasa en las carrileras cada vez que se utiliza la máquina.

*Alternativa 3.* Se trata de un sistema hidráulico de elevación tipo tijera con dos cilindros y un sistema de dirección que puede girar sin ningún problema lo cual nos garantiza un funcionamiento óptimo.



**Figura 21-3:** Alternativa 3

Realizado por: Autores

Ventajas: Rápida descarga del fruto de palma africana.

El sistema de volteo es estable.

Tiene sistema de dirección para el giro de las llantas de la máquina.

Desventajas: Aplicar grasa en las carrileras cada vez que se utiliza la máquina.

### **3.3 Evaluación de soluciones**

En el diseño toca hacer un análisis de las alternativas donde se toma las decisiones de la mejor opción. Para elegir la mejor opción se debe tener en cuenta los siguientes elementos:

*Alternativas.* Como mínimo debemos de tener dos opciones que pueden ser elegidas mediante el mejor criterio.

*Criterios.* Se aplica para determinar la mejor decisión en base a las alternativas evaluadas.

*Método ordinal corregido de criterios ponderados.* “La forma de predecir una solución entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de evaluación. Por esta razón se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados, que sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados significativos.” (TIRIRA SUÁREZ, y otros, 2014)

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

Se estima 1, si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor;  $>$ ) que el de las columnas. (RIBA ROMEVA, 2002)

Se estima 0,5, si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ( $=$ ) al de las columnas. (RIBA ROMEVA, 2002)

Se estima 0, si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor;  $<$ ) que el de las columnas. (RIBA ROMEVA, 2002)



### 3.4 Criterios de valoración del módulo

Aplicando el método ordinal corregido de criterios ponderados determinamos las alternativas más convenientes las cuales son:

- *Dimensiones del equipo.* Es muy importante que las dimensiones de la maquina sean adecuados para soportar la capacidad requerida por el usuario.
- *Volumen de almacenamiento.* Es importante que el cliente quede satisfecho con la capacidad de carga requerida.
- *Sistemas de transporte con dirección.* Este sistema nos ayudara a tener el control maniobrable de la máquina, obtenido una equilibrada movilización.
- *Sistema de elevación mínimo de 3000 mm.* Este sistema facilitara a obtener una altura adecuada para depositar a cualquier medio de transporte utilizado.
- *Selección del sistema hidráulico.* Este mecanismo es exacto y preciso para la trasmisión de fuerzas a altas presiones por cuyas características es usado en este tipo de máquinas.

Analizado estos criterios se evaluará los pesos específicos de cada uno de ellos.

**Tabla 6-3:** Evaluación del peso específico de cada criterio

Criterio	Dimensiones del equipo.	Volumen de almacenamiento.	Sistema de transporte con dirección.	Sistema de elevación mínimo de 3000 mm.	Selección del sistema hidráulico .	$\sum + 1$	Ponderación
Dimensiones del equipo.	1	1	0,5	0,5	4	0,27	
Volumen de almacenamiento	0	0,5	1	0	2	0,13	
Sistema de transporte con dirección.	0	0,5	1	0	2,5	0,17	
Sistema de elevación mínimo de 3000 mm.	0,5	1	0	1	3,5	0,23	

**Tabla 6-3:** (Continuación) Evaluación del peso específico de cada criterio

<b>Selección del sistema hidráulico.</b>	0,5	0,5	1	0		3	0,20
					<b>Suma.</b>	15	1,00

Fuente: (RIBA ROMEVA, 2002)

**Tabla 7-3:** Evaluación del peso específico del criterio de dimensiones del equipo

<b>Dimensiones del equipo.</b>	<b>Solución 1</b>	<b>Solución 2</b>	<b>Solución 3</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Solución 1</b>		0	0,5	1,5	0,25
<b>Solución 2</b>	1		0	2	0,33
<b>Solución 3</b>	0,5	1		2,5	0,42
			<b>Suma.</b>	6	1,00

Fuente: (RIBA ROMEVA, 2002)

**Tabla 8-3:** Evaluación del peso específico del criterio de volumen almacenamiento

<b>Volumen de almacenamiento</b>	<b>Solución 1</b>	<b>Solución 2</b>	<b>Solución 3</b>	<b><math>\Sigma + 1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Solución 1</b>		0,5	0,5	2	0,33
<b>Solución 2</b>	0,5		1	2,5	0,42
<b>Solución 3</b>	0,5	0		1,5	0,25
			<b><math>\Sigma T =</math></b>	6	1,00

Fuente: (RIBA ROMEVA, 2002)

**Tabla 9-3:** Evaluación del peso específico del sistema de transporte con dirección

Sistema de transporte con dirección	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,17
Solución 2	1		0	2	0,33
Solución 3	1	1		3	0,50
			$\Sigma T =$	6	1,00

Fuente: (RIBA ROMEVA, 2002)

**Tabla 10-3:** Evaluación del peso específico del criterio de sistema elevación mínimo

Sistema de elevación mínimo de 3000 mm	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2	0,5		0	1,5	0,25
Solución 3	0,5	1		2,5	0,42
			$\Sigma T =$	6	1,00

Fuente: (RIBA ROMEVA, 2002)

**Tabla 11-3:** Evaluación del peso específico del criterio del sistema hidráulico

Selección del sistema hidráulico.	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0	1,5	0,25
Solución 2	0,5		0	1,5	0,25
Solución 3	1	1		3	0,50
			$\Sigma T =$	6	1,00

Fuente: (RIBA ROMEVA, 2002)

**Tabla 12-3:** Tabla de conclusiones

Conclusiones	Dimensiones del equipo.	Volumen de almacenamiento.	Sistema de transporte con dirección.	Sistema de elevación mínimo de 3000 mm.	Selección del sistema hidráulico.	$\Sigma$	Prioridad
<b>Sol. 1</b>	0,066	0,044	0,027	0,077	0,05	0,2666	3
<b>Sol. 2</b>	0,088	0,055	0,055	0,058	0,05	0,3083	2
<b>Sol. 3</b>	0,111	0,033	0,083	0,097	0,1	0,425	1

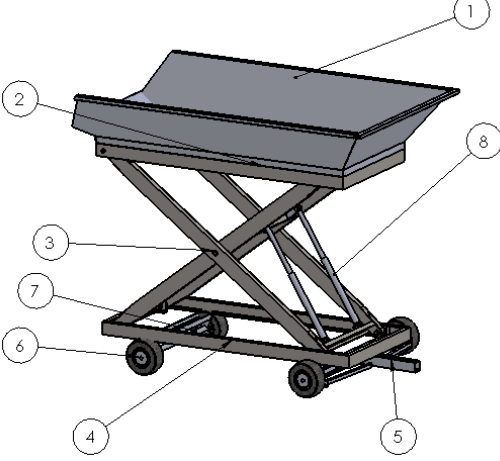
Fuente: (RIBA ROMEVA, 2002)

Una vez evaluado los pesos específicos, analizamos la tabla de conclusiones donde obtenemos que la solución 3 es la máquina adecuada para nuestro diseño.

### **3.5 Características del elevador hidráulico con volteo seleccionado**

Es desarrollada para suplir las necesidades del sector palmero y otros sectores que necesiten cargar y descargar directamente sobre camiones los productos o cosecha, tiene un sistema estructural adecuado que permite una fácil operación con un desempeño eficaz en el sitio donde sea requerido. La característica del pre diseño de la máquina se observa en la siguiente figura.

**Tabla 13-3:** Pre-diseño de la alternativa seleccionada

ESQUEMA DE LA MÁQUINA	COMPONENTES
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tolva de almacenamiento.</li> <li>2. Actuadores hidráulicos descarga.</li> <li>3. Sistema de tijeras.</li> <li>4. Base.</li> <li>5. Sistema de dirección</li> <li>6. Llantas</li> <li>7. Eje macizo de llantas.</li> <li>8. Actuadores de elevación.</li> </ol>

Realizado por: Autores

Este es el diseño preliminar tomando en cuenta la intercambiabilidad de elementos y sus respectivos mantenimientos.

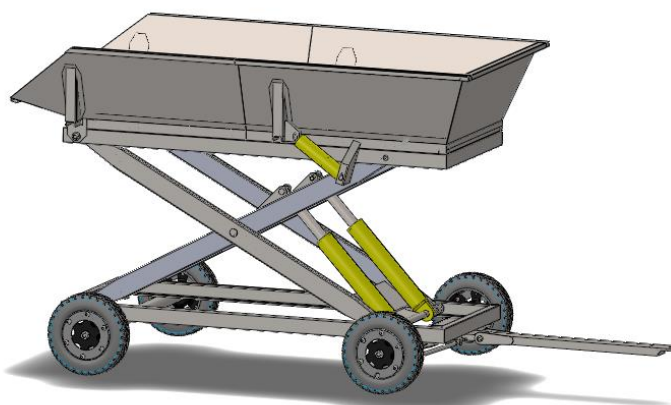
### 3.6 Elementos del elevador hidráulico con volteo.

- *Tolva de almacenamiento.* Su diseño esta dado a las necesidades del usuario con una capacidad de 5 toneladas de fruto.
- *Pistones hidráulicos.* Son seleccionados de acuerdo a la capacidad de carga.
- *Sistema de tijeras.* Es el sistema más adecuado utilizado para elevar grandes pesos.
- *Base.* Diseñada para que soporte todo el peso estructural del elevador conjuntamente con la capacidad de elevación.
- *Sistema de dirección.* Permite el transporte de la maquina equilibrado para diferentes tipos de carretera realizando maniobras adecuadas.
- *Llantas.* Seleccionar un tipo de llantas adecuadas para todo tipo de terreno.
- *Eje macizo de llantas.* Soporte de toda la máquina para que se pueda trasportar a cualquier sitio en diferentes caminos.

## CAPÍTULO IV

### 4 DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA EL ELEVADOR HIDRÁULICO CON VOLTEO

Una vez encontrada la mejor alternativa como se muestra en la figura 4 procedemos a realizar el diseño y selección de elementos mecánicos del elevador hidráulico con volteo, tomando en cuenta los principios del diseño mecánico.



**Figura 1-4:** Diseño final del elevador hidráulico

Realizado por: Autores

#### 4.1 Dimensionamiento

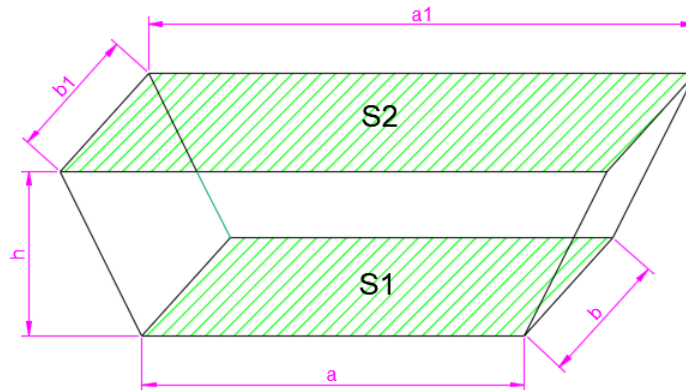
El dimensionamiento del elevador hidráulico va acorde con la capacidad requerida por el usuario y la potencia del tractor agrícola para cumplir su función de transporte hacia las vías principales.

##### 4.1.1 Dimensionamiento de la tolva

Mediante una toma de datos realizada en la hacienda FUSAKATAN CIA. LTDA. Se cuantifico la fruta de la palma africana y se obtuvo el peso del fruto aproximado de 40 kg con una longitud de 50 cm y diámetro de 34 cm. Las dimensiones se calculan para una capacidad de 5000 kg.

#### 4.1.2 Área de la base de la tolva

Asumimos los valores de la base y la longitud tanto inferior como superior de la tolva y comprobamos si cumple los requerimientos para la capacidad requerida por el cliente.



**Figura 2-4:** Dimensiones de la tolva asumida

Realizado por: Autores

Área inferior de la tolva

$$S_1 = a * b \quad (7)$$

Donde:

$S_1$  = Área inferior [ $m^2$ ]

$a$  = base [ $m$ ]

$b$  = longitud [ $m$ ]

$$S_1 = 4m * 1,60m$$

$$S_1 = 6,4 m^2$$

Área superior de la tolva

$$S_2 = a_1 * b_1 \quad (8)$$

Donde:

$S_2$  = Área superior [ $m^2$ ]

$a_1$  = base [ $m$ ]

$b_1 = \text{longitud [m]}$

$$S_2 = 4,30m * 2,15m$$

$$S_2 = 9,245 m^2$$

#### 4.1.3 Cálculo del volumen del fruto

$$V = \pi * r^2 * h \quad (9)$$

Donde:

$V = \text{volumen del fruto [m}^3\text{]}$

$r^2 = \text{radio del fruto [m]}$

$h = \text{altura del fruto [m]}$

$$V = \pi * (0,17m)^2 * 0,50 m$$

$$V = 0,0454 m^3$$

*Capacidad de la tolva en unidades*

$$\text{unidades de fruto de palma africana} = \frac{\text{peso requerido}}{\text{peso por unidad}} \quad (10)$$

$$\text{unidades de fruto de palma africana} = \frac{5000 \text{ kg.}}{40 \text{ kg.}}$$

$$\text{unidades de fruto de palma africana} = 125 \text{ unidades}$$

*Volumen de llenado de la tolva*

$$\text{Volumen de la tolva} = \text{vol del fruto} * \text{unid de palma africana.} \quad (11)$$

$$\text{Volumen de la tolva} = \text{volumen del fruto} * \text{unidades de palma africana.}$$

$$\text{Volumen de la tolva} = 0,0454 m^3 * 125 \text{ unidades}$$

$$\text{Volumen de la tolva} = 5,675 m^3$$

*Volumen total de la tolva*

Con esta fórmula encontramos la altura de la tolva necesaria para nuestra capacidad.



$$V_T = \frac{h}{3} (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 * S_2}) \quad (12)$$

Donde:

$h$  = altura de la tolva [ $m^3$ ]

$$5,675 m^3 = \frac{h}{3} (6,4 m^2 + 9,245 m^2 + \sqrt{6,4 m^2 * 9,245 m^2})$$

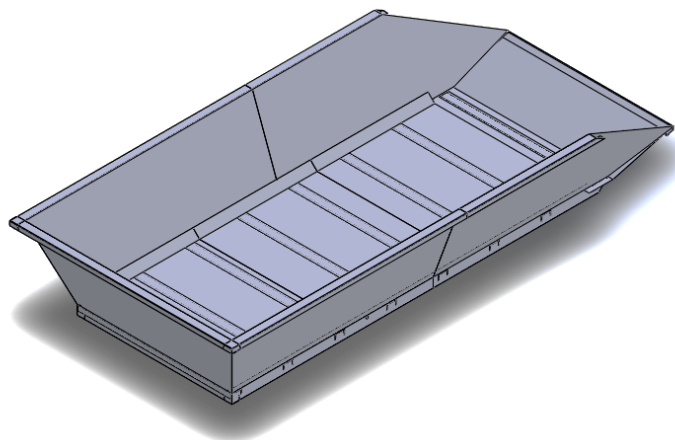
$$h = 0,73 m.$$

Con los cálculos realizados para la capacidad aproximada de 5000 kg obtuvimos las dimensiones de la tolva con base y longitud inferior de 1,6m y 4m respectivamente y una altura de 0,73m con la base y longitud superior de 2,15m y 4,30m respectivamente, lo cual nos garantiza que los 5000 kg de fruto de palma africana llena el total de la tolva obteniendo un dimensionamiento óptimo.

#### 4.2 Diseño y cálculo del espesor de la tolva por método de elemento finito

El diseño lo realizaremos mediante el análisis de elemento finito en el software ANSYS donde verificaremos la deformación y resistencia del conformado de la tolva, asumiendo un espesor de 3mm en plancha de acero laminado en frio ASTM A-36.

Mediante el software SolidWorks indicamos la forma y dimensiones de la tolva.



**Figura 3-4:** Dimensiones de la tolva

Realizado por: Autores

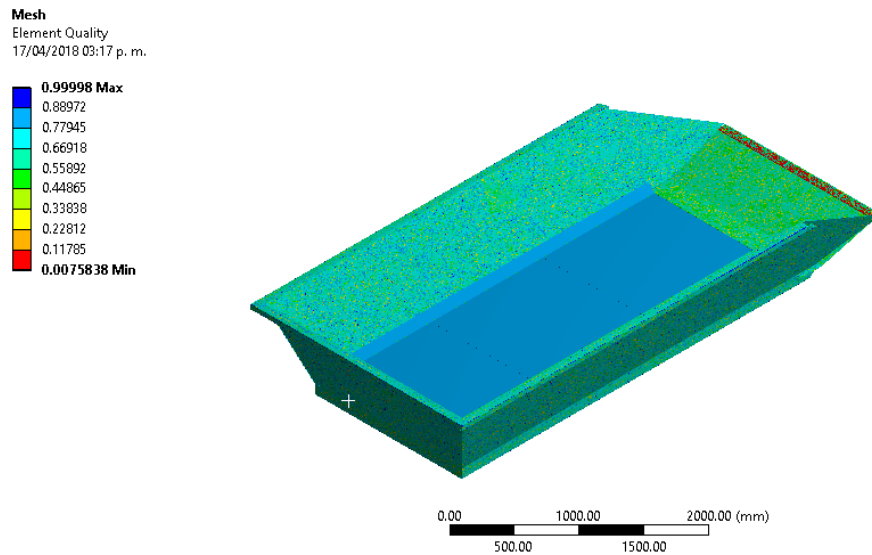
### *Mallado del elemento para el análisis estático*

Lo primero que realizamos es un mejoramiento de mallado en la parte inferior de la tolva donde es la parte más crítica para obtener resultados ideales, una vez adquirido los valores del mallado y analizando que son buenos para nuestro estudio puesto que el promedio de la malla es de 0,77 lo que indica un buen mallado y las soluciones que nos proyecta son confiables para el diseño de la tolva. En la siguiente tabla se indica los parámetros que utilizamos para el mallado de la tolva.

**Tabla 1-4:** Parámetros de malla de la tolva

Malla utilizada	Quadrilateral Dominant
Tamaño de elementos	5 mm
Calidad del elemento mínimo	1,1577e-003
Calidad del elemento máximo	0,84462
Calidad del elemento promedio	0,76789
Nodos	1491030
Elementos	220857

Realizado por: Autores



**Figura 4-4:** Malla refinada de la tolva del elevador hidráulico

Realizado por: Autores

### *Procedimiento para el análisis estático*

El método de los elementos finitos (MEF), se ha constituido con el transcurrir de los años, en una herramienta numérica indispensable, no sólo en el área de la ingeniería de diseño, sino también en muchas otras áreas de las ciencias en general. Los programas de computación basados en esta técnica numérica, son ampliamente usados en la investigación y en la solución de innumerables problemas relacionados con la mecánica del medio continuo.(ZEFERINO A., 2011)

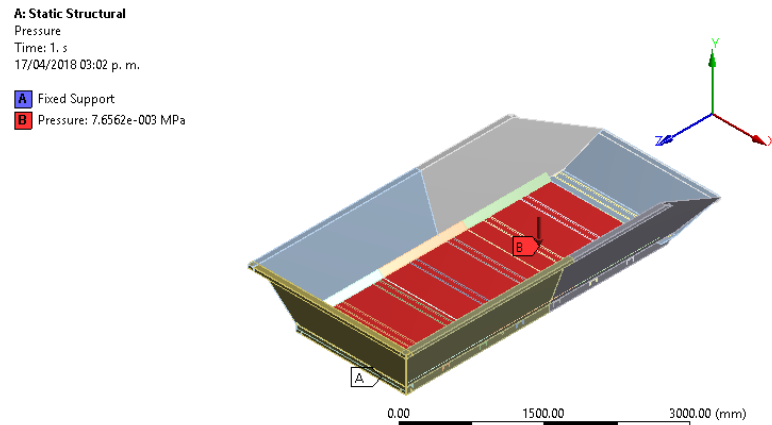
Para el diseño vamos a utilizar un método de elemento finito para encontrar una solución que cumpla con las necesidades requeridas en la tolva, el modelado lo realizamos en el software SolidWorks como se muestra en la figura, ingresamos los siguientes parámetros para realizar el análisis de elemento finito en el software ANSYS.

**Tabla 2-4:** Parámetro generales para el análisis de método de elemento finito de la tolva

Nombre de estudio	Tolva
Tipo de análisis	Estático
Sistema de unidades	SI
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Celsius
Velocidad angular	Rad/seg
Nombre del material	Acero
Descripción	ASTM A-36
Presión eje “y”	-0,00765625 MPa

**Realizado por:** Autores

Para el análisis estático consideramos una presión de 0,00765625 MPa en el eje negativo de “y”, el peso de carga para 5 toneladas de la tolva por el área crítica que se encuentra en la parte inferior de la misma, situamos los elementos de la parte inferior fijos como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 5-4:** Carga aplicada en la tolva

Realizado por: Autores

### *Deformación total*

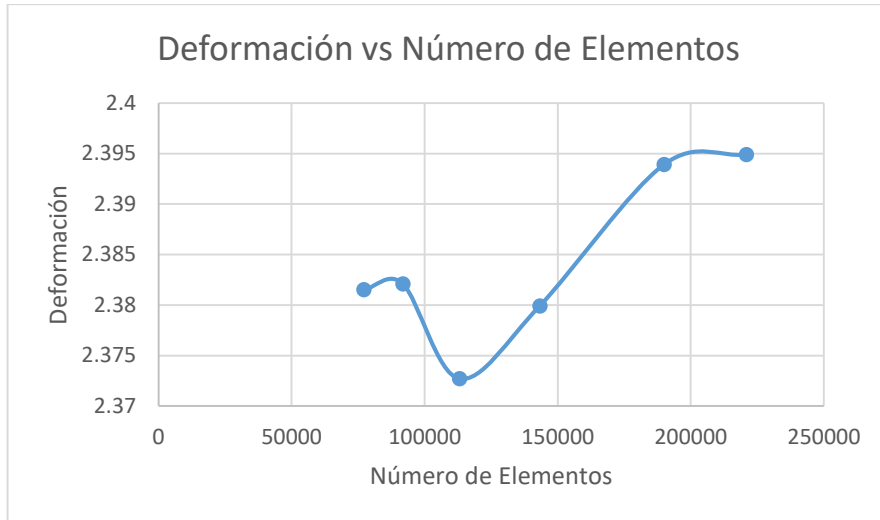
Con los resultados alcanzados por el software la deformación total de la tolva es 2.39 mm lo cual nos indica una solución aceptable para nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 3-4:** Refinamiento de la malla respecto a la deformación de la tolva

Tamaño de malla (mm)	Deformación(mm)	Número de Elementos	Número de Nodos
10	2,3815	77115	481281
9	2,3821	91809	584619
8	2,3727	113127	734475
7	2,3799	143265	946221
6	2,3939	189933	1273947
5	2,3949	220857	1491030

Realizado por: Autores

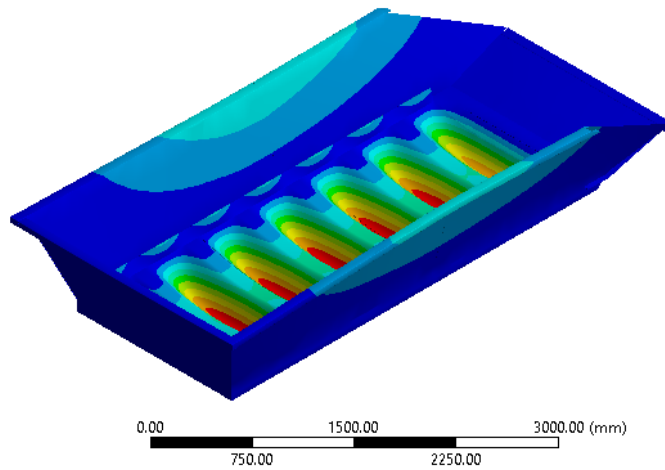
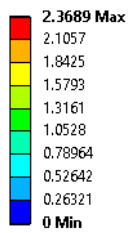
Una vez adquirido los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestra deformación es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 1-4:** Deformación vs Número de elementos de la tolva

Realizado por: Autores

**A: Static Structural**  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1  
 17/04/2018 02:58 p. m.



**Figura 6-4:** Deformación total de la tolva

Realizado por: Autores

*Esfuerzo máximo*

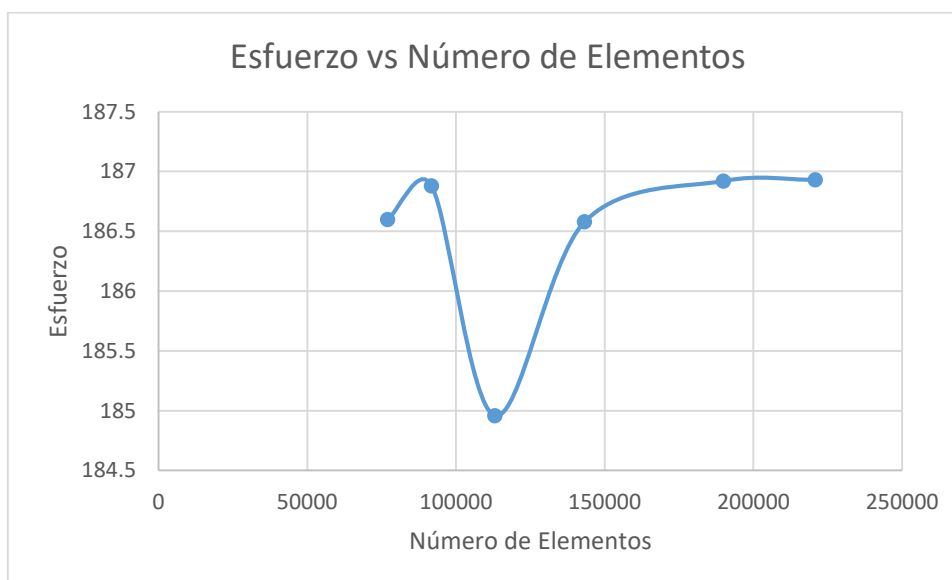
El esfuerzo máximo que puede someterse a la tolva es 186,93 MPa lo cual se encuentra dentro del rango de nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 4-4:** Refinamiento de la malla respecto al esfuerzo de la tolva

Tamaño de malla (mm)	Esfuerzo(MPa)	Número de Elementos	Número de Nodos
10	186,6	77115	481281
9	186,88	91809	584619
8	184,96	113127	734475
7	186,58	143265	946221
6	186,92	189933	1273947
5	186,93	220857	1491030

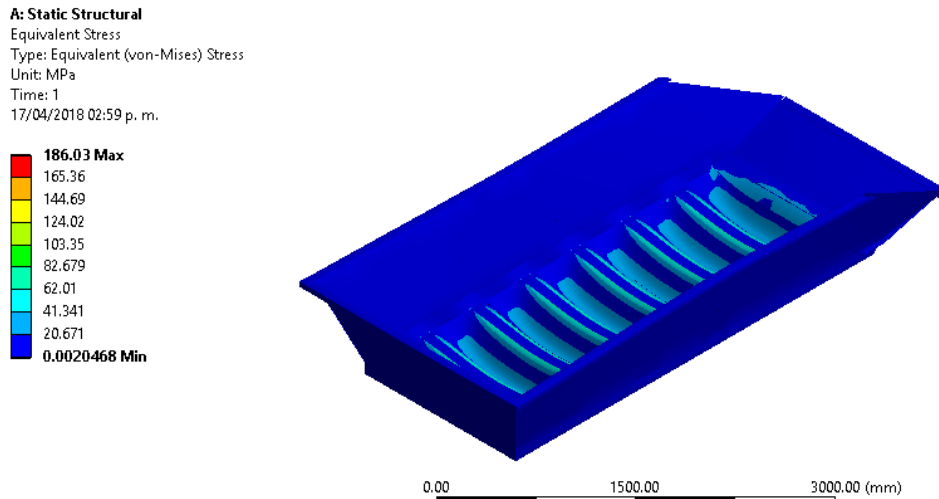
Realizado por: Autores

Una vez alcanzado los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestro esfuerzo es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 2-4:** Esfuerzo vs Número de elementos de la tolva

Realizado por: Autores



**Figura 7-4:** Esfuerzo máximo de von-Mises de la tolva

**Realizado por:** Autores

*Factor de seguridad*

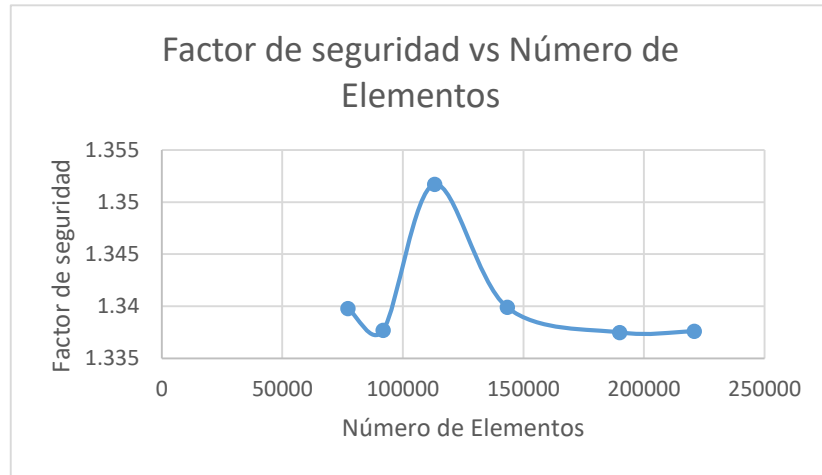
Cumpliendo con los parámetros anteriores obtenemos un factor de seguridad de 1,33 lo cual nos garantiza la confiabilidad de nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 5-4:** Refinamiento de la malla respecto al factor de seguridad dela tolva

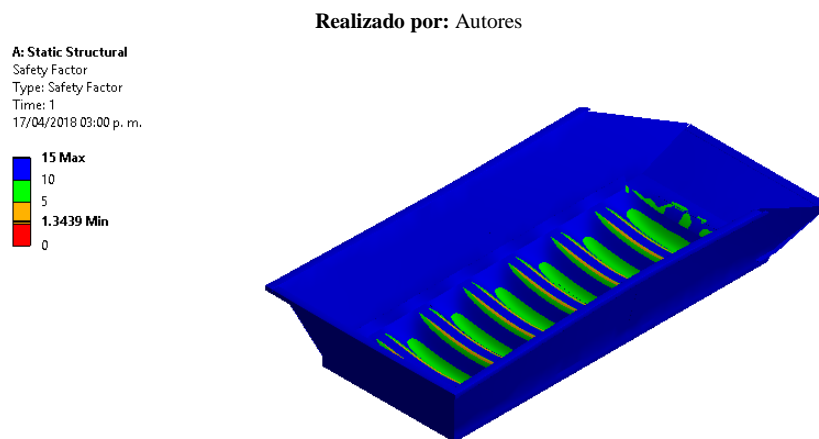
Tamaño de malla (mm)	Factor de seguridad	Número de Elementos	Número de Nodos
10	1,3398	77115	481281
9	1,3377	91809	584619
8	1,3517	113127	734475
7	1,3399	143265	946221
6	1,3375	189933	1273947
5	1,3376	220857	1491030

**Realizado por:** Autores

Una vez adquirido los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestro factor de seguridad es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 3-4:** Factor de seguridad vs Número de elementos de la tolva



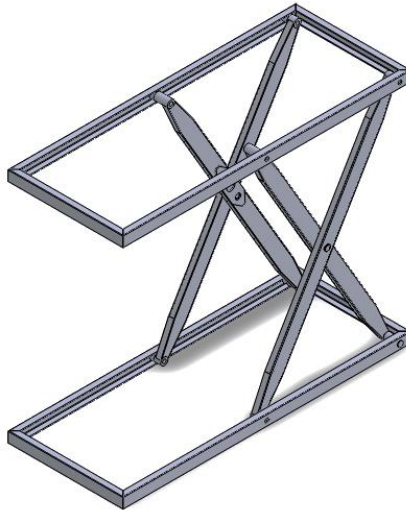
**Figura 8-4:** Factor de seguridad de la tolva

Realizado por: Autores

### 4.3 Cálculo y análisis estructural

Para realizar un análisis de la estructura del elevador consideramos el peso de la tolva y peso de carga de 5000 kg. La cual se distribuye uniformemente en el elevador. Realizamos un análisis estático en posición máxima, media y baja para encontrar el punto crítico de la estructura del elevador, por medio del software SolidWorks realizamos el dimensionamiento de la estructura para realizar el respectivo cálculo estático.



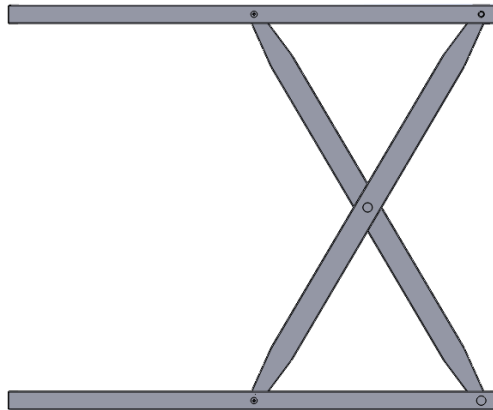


**Figura 9-4:** Esquema del elevador

Realizado por: Autores

#### 4.4 Posición máxima del elevador

Mediante el software SolidWorks obtenemos las dimensiones del elevador hidráulico la cual consideramos para realizar el análisis estático.

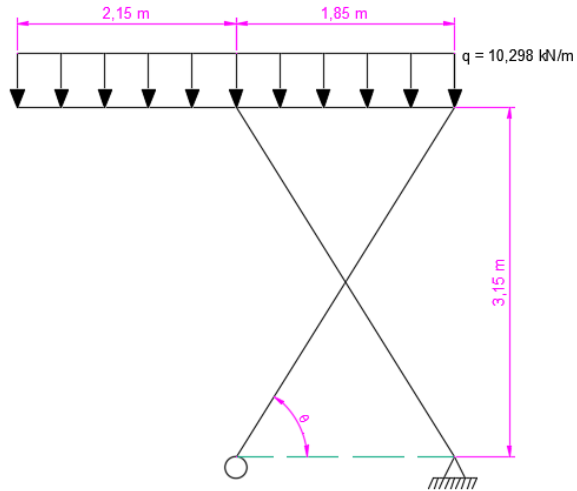


**Figura 10-4:** Vista lateral del elevador en posición máxima

Realizado por: Autores

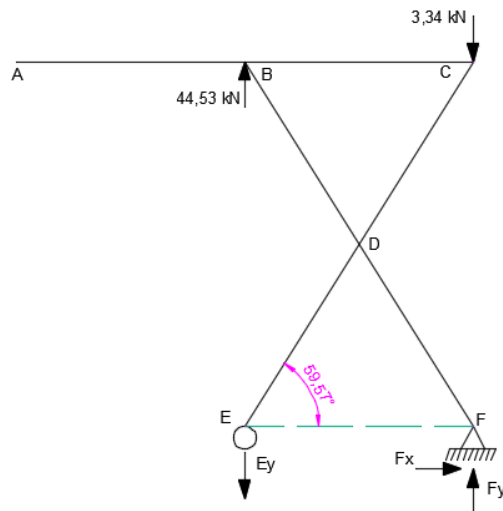
#### 4.4.1 Análisis de fuerzas en posición máxima

El esquema del elevador hidráulico en posición máxima se muestra en la figura 10-4 y el diagrama de cuerpo libre en el gráfico 5-4.



**Gráfico 4-4:** Esquema posición máxima del elevador

Realizado por: Autores



**Gráfico 5-4:** Diagrama de cuerpo libre en la máxima posición

Realizado por: Autores

$$\sum F_X = 0 \quad (13)$$

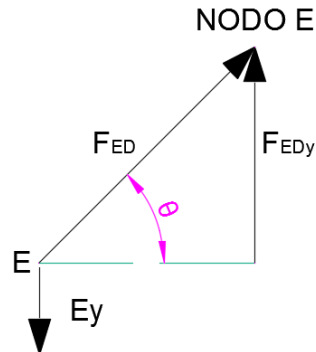
$$F_X = 0$$

$$\sum F_Y = 0$$

(14)

$$44,53 \text{ kN} - 3,34 \text{ kN} - E_Y + F_Y = 0$$

$$F_Y - E_Y = -41,19 \text{ kN}$$



**Gráfico 6-4:** Diagrama de fuerzas en el punto E de la posición máxima

Realizado por: Autores

$$\sum F_Y = 0$$

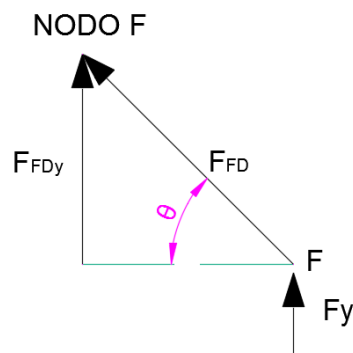
$$-E_Y + F_{DEY} = 0$$

$$-44,53 \text{ kN} + \sin \theta * F_{DE} = 0$$

$$-44,53 \text{ kN} + \sin 59,57^\circ * F_{DE} = 0$$

$$F_{DE} = \frac{44,53 \text{ kN}}{\sin 59,57^\circ}$$

$$F_{DE} = 51,54 \text{ kN}$$



**Gráfico 7-4:** Diagrama de fuerzas en el punto F de la posición máxima

Realizado por: Autores

$$\sum F_Y = 0$$

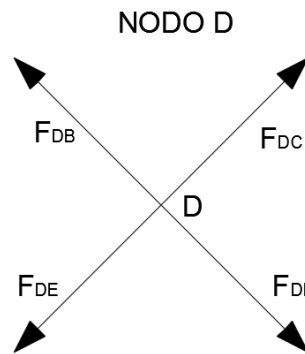
$$F_Y - F_{FDY} = 0$$

$$3,34 \text{ kN} - \sin \theta * F_{FD} = 0$$

$$3,34 \text{ kN} - \sin 59,57^\circ * F_{FD} = 0$$

$$F_{FD} = \frac{3,34 \text{ kN}}{\sin 59,57^\circ}$$

$$F_{FD} = 3,83 \text{ kN}$$



**Gráfico 8-4:** Diagrama de fuerzas en el punto D de la posición máxima

Realizado por: Autores

$$\sum Y = 0$$

$$\sin \theta * F_{DB} + \sin \theta * F_{DC} - \sin \theta * F_{DE} - \sin \theta * F_{DF} = 0$$

$$F_{DB} + F_{DC} - F_{DE} - F_{DF} = 0$$

$$F_{DB} + F_{DC} - 51,54 \text{ kN} - 3,83 \text{ kN} = 0$$

$$F_{DB} + F_{DC} = 55,37 \text{ kN}$$

$$F_{DB} = 55,37 \text{ kN} - F_{DC} \quad (1)$$

$$\sum X = 0$$

$$\cos \theta * F_{DC} + \cos \theta * F_{DF} - \cos \theta * F_{DB} - \cos \theta * F_{DE} = 0$$

$$F_{DC} + F_{DF} - F_{DB} - F_{DE} = 0$$

$$F_{DC} + 3,83 \text{ kN} - F_{DB} - 51,54 \text{ kN} = 0$$

$$F_{DC} - F_{DB} = 47,71 \text{ kN} \quad (2)$$

Reemplazo ecuación (2) en (1)

$$F_{DC} - 55,37 \text{ kN} + F_{DC} = 47,71 \text{ kN}$$

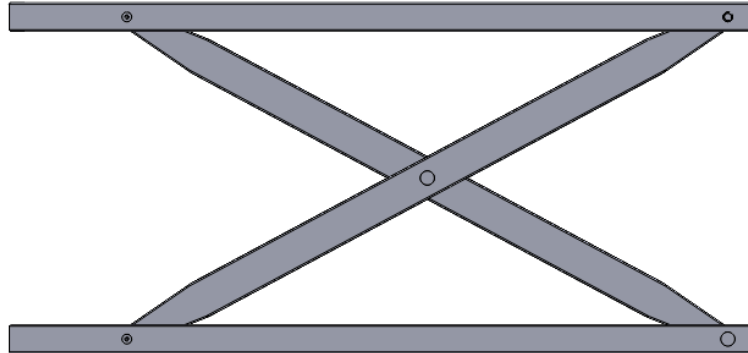
$$2 F_{DC} = 103,08 \text{ kN}$$

$$F_{DC} = 51,54 \text{ kN}$$

$$F_{DB} = 3,83 \text{ kN}$$

## 4.5 Posición media del elevador

Mediante el software SolidWorks obtenemos las dimensiones del elevador hidráulico la cual consideramos para realizar el análisis estático.

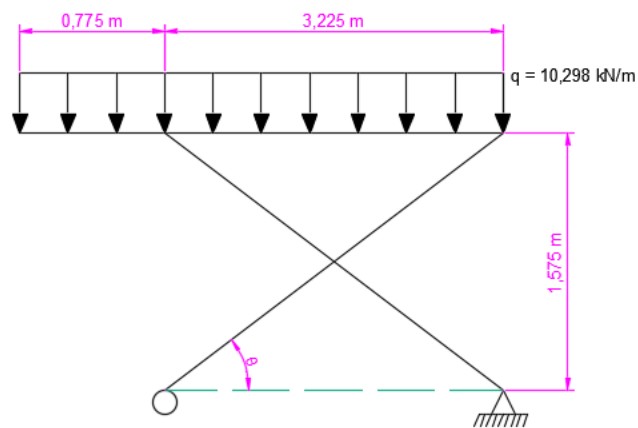


**Figura 11-4:** Vista lateral del elevador en posición media

Realizado por: Autores

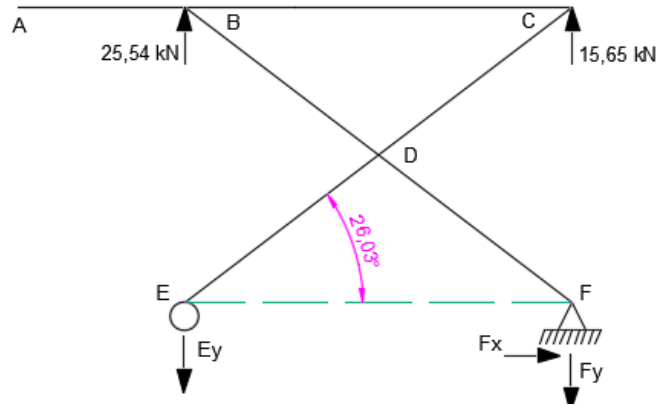
### 4.5.1 Análisis de fuerzas en posición media

El esquema del elevador hidráulico en posición máxima se muestra en la figura 11-4 y el diagrama de cuerpo libre en el gráfico 10-4.



**Gráfico 9-4:** Esquema posición media del elevador

Realizado por: Autores



**Gráfico 10-4:** Diagrama de cuerpo libre en posición media

Realizado por: Autores

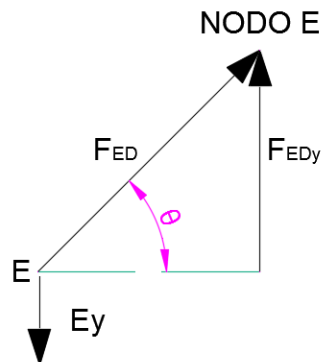
$$\sum F_X = 0$$

$$F_X = 0$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$25,54 \text{ kN} + 15,65 \text{ kN} - E_Y - F_Y = 0$$

$$E_Y + F_Y = 35,83 \text{ kN}$$



**Gráfico 11-4:** Diagrama de fuerzas en el punto E de la posición media

Realizado por: Autores

$$\sum F_Y = 0$$

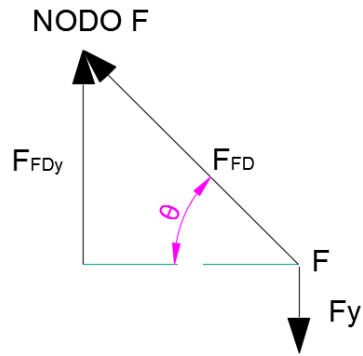
$$-E_Y + F_{EDy} = 0$$

$$-25,54 \text{ kN} + \sin \theta * F_{ED} = 0$$

$$-25,54 \text{ kN} + \sin 26,03^\circ * F_{ED} = 0$$

$$F_{ED} = \frac{25,54 \text{ kN}}{\sin 26,03^\circ}$$

$$F_{DE} = 58,20 \text{ kN}$$



**Gráfico 12-4:** Diagrama de fuerzas en el punto F de la posición media

Realizado por: Autores

$$\sum F_Y = 0$$

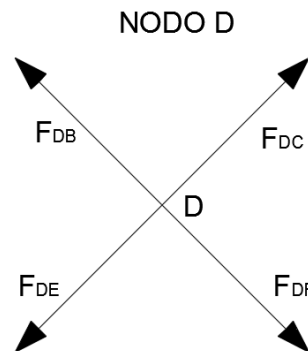
$$-F_Y + F_{FDY} = 0$$

$$-15,65 \text{ kN} + \sin \theta * F_{FD} = 0$$

$$-15,65 \text{ kN} + \sin 26,03^\circ * F_{FD} = 0$$

$$F_{FD} = \frac{15,65 \text{ kN}}{\sin 26,03^\circ}$$

$$F_{FD} = 35,66 \text{ kN}$$



**Gráfico 13-4:** Diagrama de fuerzas en el punto D de la posición media

Realizado por: Autores

$$\sum Y = 0$$

$$\sin \theta * F_{DB} + \sin \theta * F_{DC} - \sin \theta * F_{DE} - \sin \theta * F_{DF} = 0$$

$$F_{DB} + F_{DC} - F_{DE} - F_{DF} = 0$$

$$F_{DB} + F_{DC} - 58,20 \text{ kN} - 35,66 \text{ kN} = 0$$

$$F_{DB} + F_{DC} = 99,86 \text{ kN}$$

$$F_{DB} = 99,86 \text{ kN} - F_{DC} \quad (1)$$

$$\sum X = 0$$

$$\cos \theta * F_{DC} + \cos \theta * F_{DF} - \cos \theta * F_{DB} - \cos \theta * F_{DE} = 0$$

$$F_{DC} + F_{DF} - F_{DB} - F_{DE} = 0$$

$$F_{DC} + 35,66 \text{ kN} - F_{DB} - 58,20 \text{ kN} = 0$$

$$F_{DC} - F_{DB} = 22,54 \text{ kN} \quad (2)$$

Reemplazo ecuación (2) en (1)

$$F_{DC} - 99,86 \text{ kN} + F_{DC} = 22,54 \text{ kN}$$

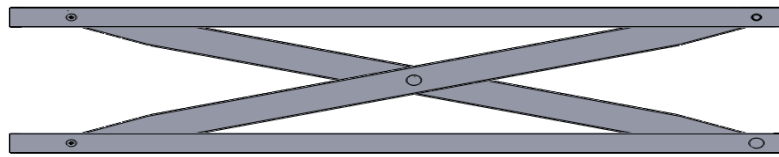
$$2 F_{DC} = 122,4 \text{ kN}$$

$$F_{DC} = 61,2 \text{ kN}$$

$$F_{DB} = 38,66 \text{ kN}$$

#### 4.6 Posición mínima del elevador

Mediante el software SolidWorks obtenemos las dimensiones del elevador hidráulico la cual consideramos para realizar el análisis estático.



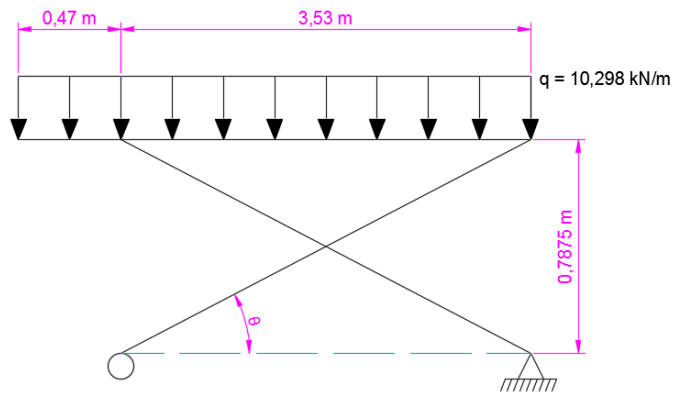
**Figura 12-4:** Vista lateral del elevador en la posición mínima

Realizado por: Autores

##### 4.6.1 Análisis de fuerzas en posición mínima

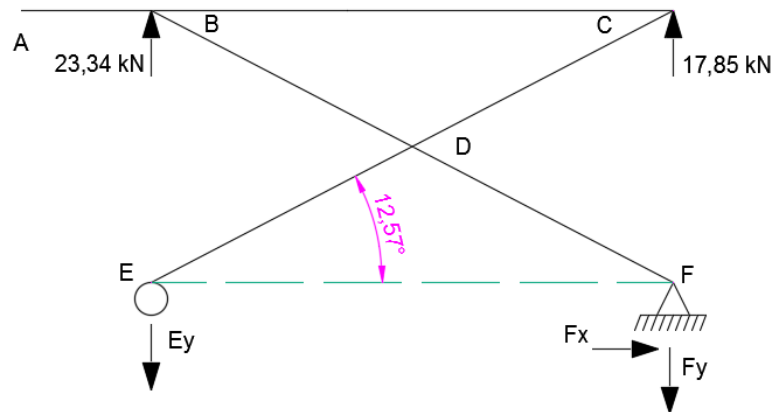
El esquema del elevador hidráulico en posición máxima se muestra en la figura 12-4 y el diagrama de cuerpo libre en el gráfico 15-4.





**Gráfico 14-4:** Esquema posición baja del elevador

Realizado por: Autores



**Gráfico 15-4:** Diagrama de cuerpo libre de la posición baja

Realizado por: Autores

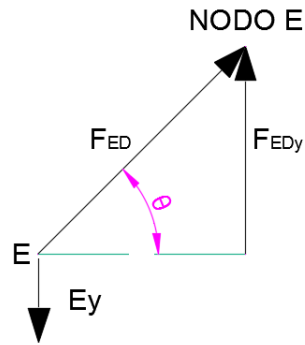
$$\sum F_X = 0$$

$$F_X = 0$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$23,34 \text{ kN} + 17,85 \text{ kN} - E_Y - F_Y = 0$$

$$-E_Y - F_Y = 41,19 \text{ kN}$$



**Gráfico 16-4:** Diagrama de fuerzas en el punto E de la posición mínima

Realizado por: Autores

$$\sum F_Y = 0$$

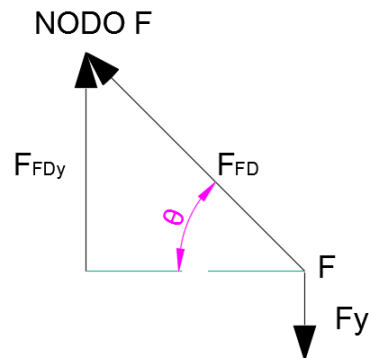
$$-E_Y + F_{EDY} = 0$$

$$-23,34 \text{ kN} + \sin \theta * F_{ED} = 0$$

$$-23,34 \text{ kN} + \sin 12,57^\circ * F_{ED} = 0$$

$$F_{ED} = \frac{23,34 \text{ kN}}{\sin 12,57^\circ}$$

$$F_{ED} = 107,25 \text{ kN}$$



**Gráfico 17-4:** Diagrama de fuerzas en el punto E de la posición mínima

Realizado por: Autores

$$\sum F_Y = 0$$

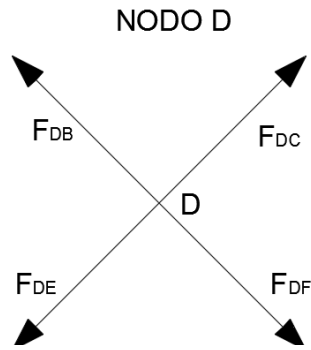
$$-F_Y + F_{FDY} = 0$$

$$-17,85 \text{ kN} + \sin \theta * F_{FD} = 0$$

$$-17,85 \text{ kN} + \sin 12,57^\circ * F_{FD} = 0$$

$$F_{FD} = \frac{17,85 \text{ kN}}{\sin 12,57^\circ}$$

$$F_{FD} = 82,02 \text{ kN}$$



**Gráfico 18-4:** Diagrama de fuerzas en el punto D en la posición mínima

Realizado por: Autores

$$\sum Y = 0$$

$$\sin \theta * F_{DB} + \sin \theta * F_{DC} - \sin \theta * F_{DE} - \sin \theta * F_{DF} = 0$$

$$F_{DB} + F_{DC} - F_{DE} - F_{DF} = 0$$

$$F_{DB} + F_{DC} - 107,25 \text{ kN} - 82,02 \text{ kN} = 0$$

$$F_{DB} + F_{DC} = 189,27 \text{ kN}$$

$$F_{DB} = 189,27 \text{ kN} - F_{DC} \quad (1)$$

$$\sum X = 0$$

$$\cos \theta * F_{DC} + \cos \theta * F_{DF} - \cos \theta * F_{DB} - \cos \theta * F_{DE} = 0$$

$$F_{DC} + F_{DF} - F_{DB} - F_{DE} = 0$$

$$F_{DC} + 82,02 \text{ kN} - F_{DB} - 107,25 \text{ kN} = 0$$

$$F_{DC} - F_{DB} = 25,23 \text{ kN} \quad (2)$$

Reemplazo ecuación (2) en (1)

$$F_{DC} - 189,27 \text{ kN} + F_{DC} = 25,23 \text{ kN}$$

$$2 F_{DC} = 214,5 \text{ kN}$$

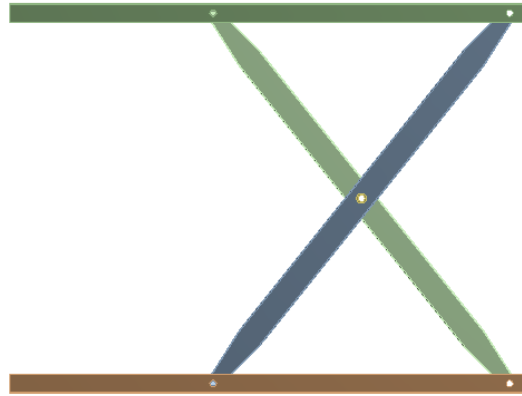
$$F_{DC} = 107,25 \text{ kN}$$

$$F_{DB} = 82,02 \text{ kN}$$

Una vez realizado es análisis estático del elevador en posición máxima, media y baja necesitamos una fuerza superior a 107,25 kN para subir el elevador hidráulico y la parte más crítica se encuentra en la posición máxima donde realizaremos un análisis estructural en el software ANSYS donde se comprobará la resistencia de la estructura del levador.

#### 4.7 Análisis estructural del elevador

Realizamos un análisis estático estructural utilizamos un acero ASTM A-36 y verificaremos su resistencia en el software ANSYS módulo (Static Sttucrural) en el punto más crítico que viene hacer la parte máxima de elevación.



**Figura 13-4:** Estructura del elevador hidráulico

Realizado por: Autores

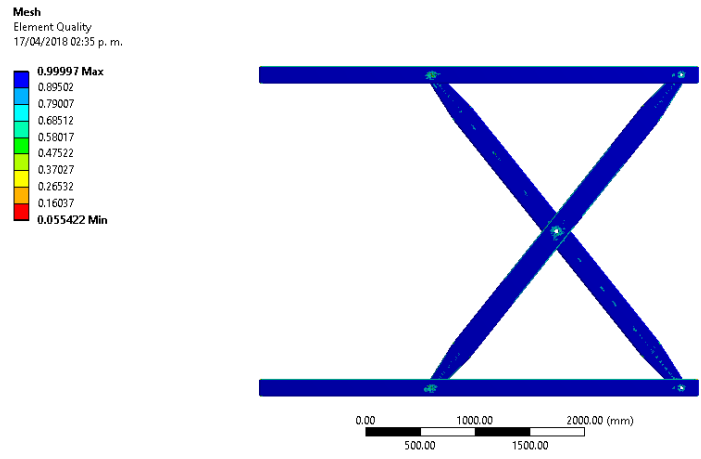
#### *Mallado del elemento para el análisis estático*

Lo primero que realizamos es un mejoramiento de mallado para obtener resultados ideales, una vez adquirido los valores del mallado y analizando que son buenos para nuestro estudio puesto que el promedio de la malla es de 0,96 lo que indica un excelente mallado y las soluciones que nos proyecta son confiables para el diseño de la estructura del elevador hidráulico. En la siguiente tabla se indica los parámetros que utilizamos para el mallado del elemento.

**Tabla 6-4:** Parámetros de malla de la estructura

Malla utilizada	Quadrilateral Dominant
Tamaño de elementos	6 mm
Calidad del elemento máximo	0,99997
Calidad del elemento promedio	0,96831
Elementos	373206

Realizado por: Autores



**Figura 14-4:** Mallado de la estructura del elevador hidráulico

**Realizado por:** Autores

*Procedimiento para el análisis estático*

El método de los elementos finitos (MEF), se ha constituido con el transcurrir de los años, en una herramienta numérica indispensable, no sólo en el área de la ingeniería de diseño, sino también en muchas otras áreas de las ciencias en general. Los programas de computación basados en esta técnica numérica, son ampliamente usados en la investigación y en la solución de innumerables problemas relacionados con la mecánica del medio continuo.(ZEFERINO A., 2011)

Para el diseño vamos a utilizar un método de elemento finito para encontrar una solución que cumpla con las necesidades de la estructura del elevador hidráulico, el modelado lo realizamos en el software SolidWorks, ingresamos los siguientes parámetros para realizar el análisis de elemento finito en el software ANSYS.

**Tabla 7-4:** Parámetro generales para el análisis de método de elemento finito

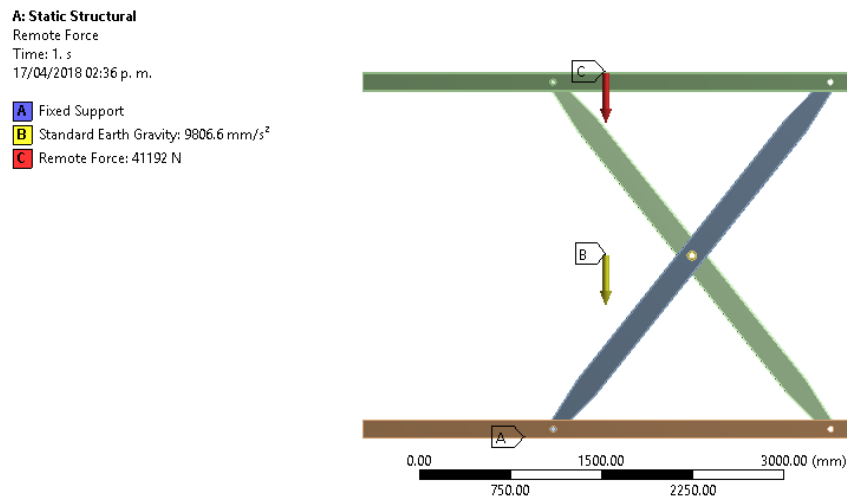
Nombre de estudio	Estructura del Elevador Hidráulico
Tipo de análisis	Estático
Sistema de unidades	SI
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Celsius
Velocidad angular	Rad/seg

**Tabla 7-4:** (Continuación) Parámetro generales para el análisis de método de elemento finito

Nombre del material	Acero
Descripción	ASTM A-36
Gravedad eje “y”	-9806,6 mm/s <sup>2</sup>
Fuerza eje “y”	-41192 N

Realizado por: Autores

Para el análisis estático consideramos una fuerza de 41192 kN en el eje negativo de “y”, la mitad del peso de la tolva más el producto puesto que vamos analizar la mitad de toda la estructura del elevador hidráulico, agregamos la gravedad para obtener cercanos a la realidad y situamos los elementos de la parte inferior fijos como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 15-4:** Carga aplicada en la estructura del elevador hidráulico

Realizado por: Autores

*Deformación total*

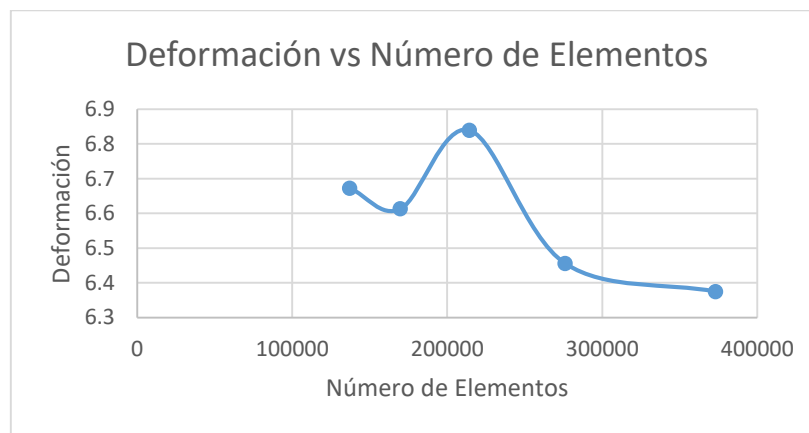
Con los resultados alcanzados por el software la deformación total de la estructura del elevador hidráulico es de  $\delta = 6,3749$  mm lo cual nos indica una solución aceptable para nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 8-4:** Refinamiento de la malla respecto a la deformación de la estructura

Tamaño de malla(mm)	Deformación(mm)	Número de elementos	Número de nodos
10	6,6723	137164	136730
9	6,6131	169819	169334
8	6,839	214466	213939
7	6,4555	276121	275432
6	6,3749	373206	372494

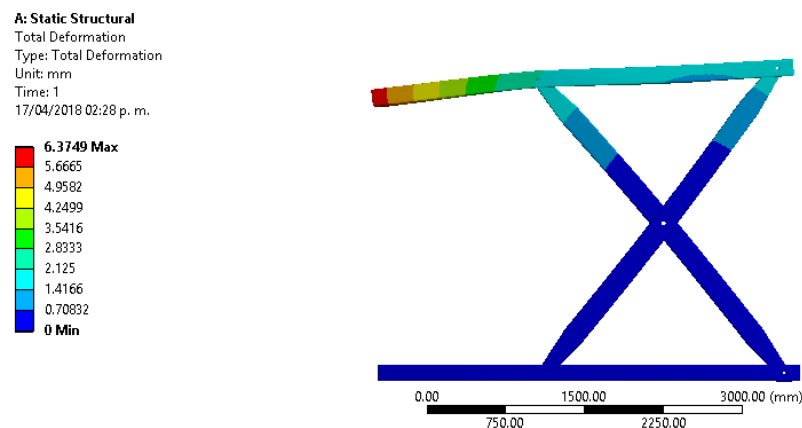
Realizado por: Autores

Una vez alcanzado los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestra deformación es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 19-4:** Convergencia del Deformación vs Número de elementos de la estructura

Realizado por: Autores



**Figura 16-4:** Deformación total de la estructura

Realizado por: Autores

### *Esfuerzo máximo*

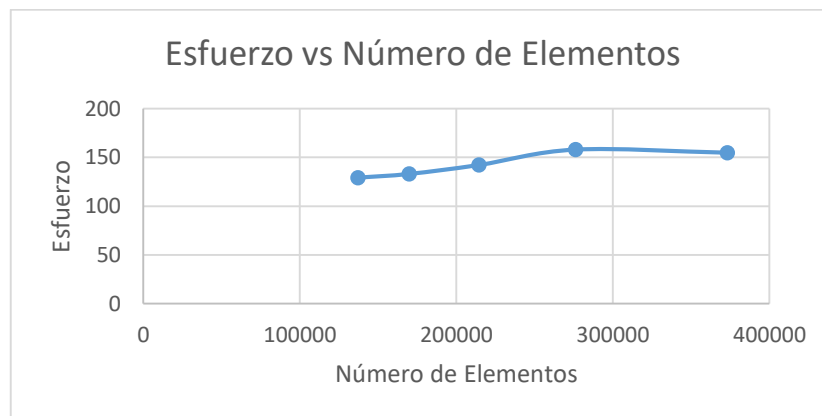
El esfuerzo máximo que puede someterse a la estructura del elevador hidráulico es 154,79 MPa lo cual se encuentra dentro del rango de nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 9-4:** Refinamiento de la malla respecto al esfuerzo de la estructura

Tamaño de malla(mm)	Esfuerzo(MPa)	Número de elementos	Número de nodos
10	129,09	137164	136730
9	132,9	169819	169334
8	142,14	214466	213939
7	158,01	276121	275432
6	154,79	373206	372494

Realizado por: Autores

Una vez alcanzado los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestro esfuerzo es estable indicándonos una solución correcta.

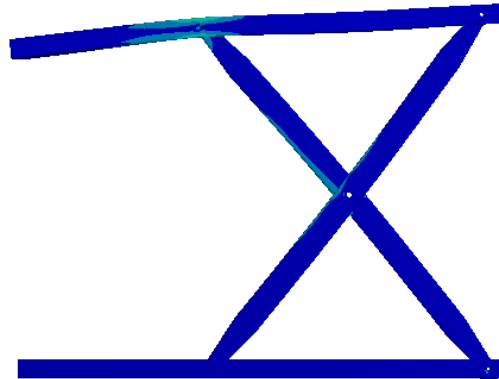
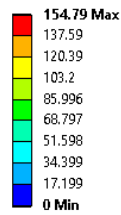


**Gráfico 20-4:** Convergencia del Esfuerzo vs Número de elementos de la estructura

Realizado por: Autores



**A: Static Structural**  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom  
 Unit: MPa  
 Time: 1  
 17/04/2018 02:31 p. m.



**Figura 17-4:** Esfuerzo máximo de von-Mises de la estructura

Realizado por: Autores

*Factor de seguridad*

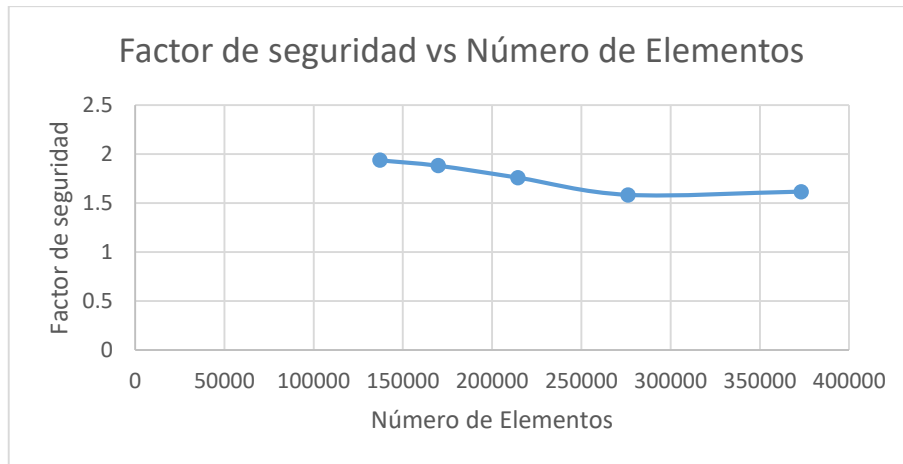
Cumpliendo con los parámetros anteriores obtenemos un factor de seguridad de  $\eta = 1.6151$  lo cual nos garantiza la confiabilidad de nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 10-4:** Refinamiento de la malla respecto al factor de seguridad de la estructura

Tamaño de malla(mm)	Factor de seguridad	Número de elementos	Número de nodos
10	1,9367	137164	136730
9	1,8811	169819	169334
8	1,7588	214466	213939
7	1,5822	276121	275432
6	1,6151	373206	372494

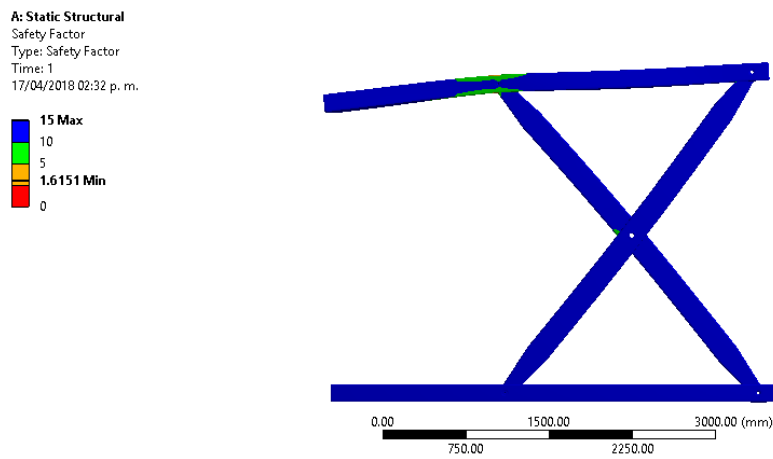
Realizado por: Autores

Una vez adquirido los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestro factor de seguridad es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 21-4:** Factor de seguridad vs Número de elementos de la estructura

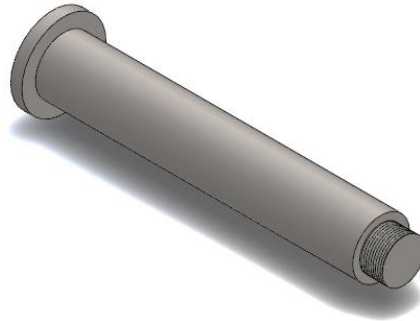
Realizado por: Autores



**Figura 18-4:** Factor de seguridad de la estructura

Realizado por: Autores

#### 4.8 Diseño para el pasador en las articulaciones



**Figura 19-4:** pasador de las articulaciones

Realizado por: Autores

Datos:

Acero de transmisión AISI 1018

Límite de fluencia  $S_y = 235 \frac{N}{mm^2}$

Factor de diseño  $\eta = 1,6$  (Asumido)

$F_{DC} = 107,25 \text{ kN}$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (15)$$

$$\tau = \frac{S_{SY}}{\eta} \quad (16)$$

$$S_{SY} = 0,5 S_Y \quad (17)$$

$$S_{SY} = 0,5 * (235 \frac{N}{mm^2})$$

$$S_{SY} = 117,5 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau = \frac{S_{SY}}{\eta}$$

$$\tau = \frac{117,5 \text{ N}}{(mm^2)(1,6)}$$

$$\tau = 73,4375 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{\tau}$$

$$\frac{\pi * d^2}{4} = \frac{F}{\tau}$$

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi\tau}}$$

(18)

$$d = \sqrt{\frac{4 * (107250 \text{ N}) * (\text{mm}^2)}{\pi * (73,4375)}}$$

$$d = 43,12 \text{ mm} = 1,7 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

Recálculo del factor de seguridad

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{107250 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} * (50,8 \text{ mm})^2}$$

$$\tau = \frac{107250 \text{ N}}{2026,83 \text{ mm}^2}$$

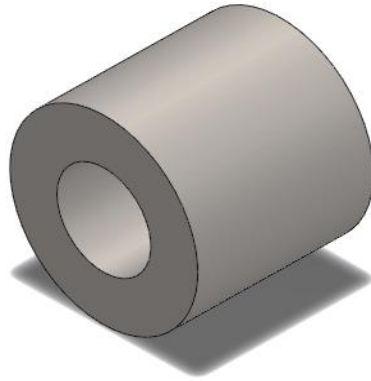
$$\tau = 52,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\eta = \frac{S_{SY}}{\tau}$$

$$\eta = \frac{117,5 \text{ N} * \text{mm}^2}{\text{mm}^2 * 52,9 \text{ N}}$$

$$\eta = 2,2$$

#### 4.9 Diseño para el bocín en las articulaciones



**Figura 20-4:** Bocín de las articulaciones de las tijeras

Realizado por: Autores

Datos:

Acero laminado en caliente 1010

Límite de fluencia  $S_Y = 179 \frac{N}{mm^2}$

Factor de diseño  $\eta = 2,9$

Carga máxima  $F_{EY} = 23,34 \text{ kN}$

$$A_C = \theta * r * L_C \quad (19)$$

$$A_C = \pi * 25,4 \text{ mm} * 95 \text{ mm}$$

$$A_C = 7580,66 \text{ mm}^2$$

$$P = P_{max} * A_C \quad (20)$$

$$23,34 \text{ kN} = P_{max} * 7580,66 \text{ mm}^2$$

$$P_{max} = 3,079 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_t = \frac{P_{max} * r}{t} \quad (21)$$

$$\sigma = \frac{S_{SY}}{\eta}$$

$$S_{SY} = 0,5 S_Y$$

$$S_{SY} = 0,5 * (179 \frac{N}{mm^2})$$

$$S_{SY} = 89,5 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma = \frac{S_{SY}}{\eta}$$

$$\sigma = \frac{89,5 N}{mm^2 * 2,9}$$

$$\sigma = 30,86 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_t = \frac{P_{max} * R}{t} \quad (22)$$

$$t = R - r \quad (23)$$

Donde:

$t$ : Espesor del bocín.

$R$ : Radio mayor.

$r$ : Radio menor

$$31,86 = \frac{3,079 * R}{R - r}$$

$$30,86 * (R - 25,4) = 3,079 R$$

$$30,86 R - 783,9 = 3,079 R$$

$$27,781 R = 783,9$$

$$R = 28,21 mm \approx 31,75 mm = 1,25 in$$

$$t = 1,5 in - 1,25 in$$

$$t = 0,25 in$$

#### 4.10 Diseño de la barra inferior de la estructura

Datos:

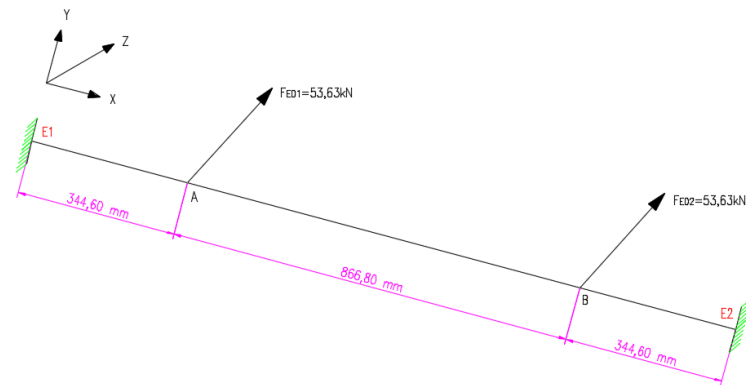
Acero 1050 templado y revenido a 800 F

$$\text{Límite de fluencia } S_Y = 793 \frac{N}{mm^2}$$

Factor de diseño  $\eta = 1,6$

Fuerza necesaria para levantar el elevador  $F_{ED} = 53,63 \text{ kN}$

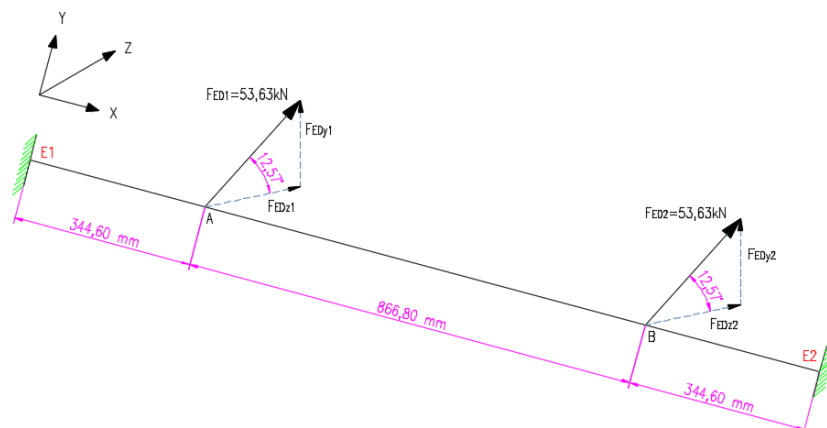
Para realizar el análisis a flexión de la barra consideramos la fuerza máxima dividida para los cilindros hidráulicos que ayudan a levantar el elevador hidráulico, realizamos un esquema de las fuerzas que actúan en la barra como observamos en la figura 26-4.



**Gráfico 22-4:** Fuerzas que actúan en la barra inferior del elevador

Realizado por: Autores

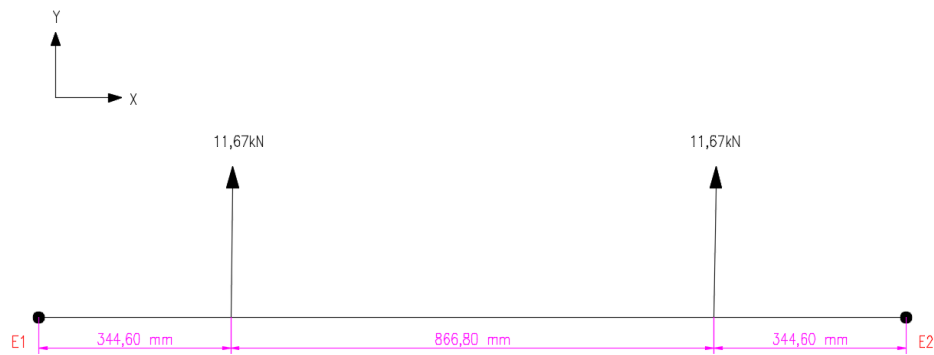
Luego procedemos a realizar el diagrama de cuerpo libre de la barra para calcular las fuerzas en el eje “y” y “z” como se muestra en la figura.



**Gráfico 23-4:** Diagrama de cuerpo libre de la barra inferior del elevador hidráulico

Realizado por: Autores

Realizamos el diagrama de cuerpo libre del plano “xy” para obtener el diagrama de cortantes y momentos como se muestran en las siguientes figuras.



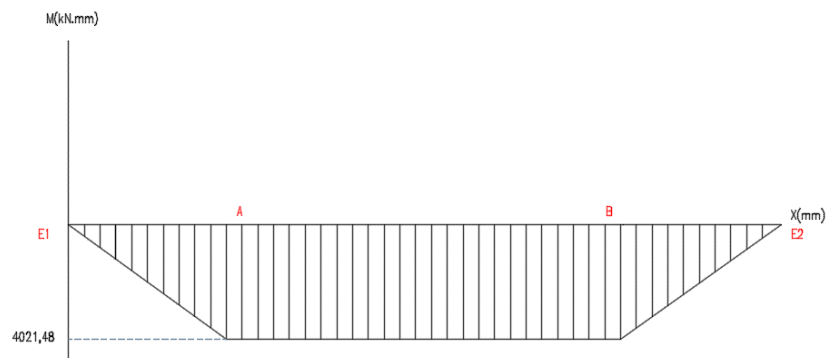
**Gráfico 24-4:** Diagrama de cuerpo libre en el plano “xy” de la barra inferior del elevador

Realizado por: Autores



**Gráfico 25-4:** Diagrama de cortantes “xy” del eje de la barra inferior del elevador

Realizado por: Autores



**Gráfico 26-4:** Diagrama de momentos “xy” del eje de la barra inferior

Realizado por: Autores



Realizamos el diagrama de cuerpo libre del plano “xz” para obtener el diagrama de cortantes y momentos como se muestran en las siguientes figuras.

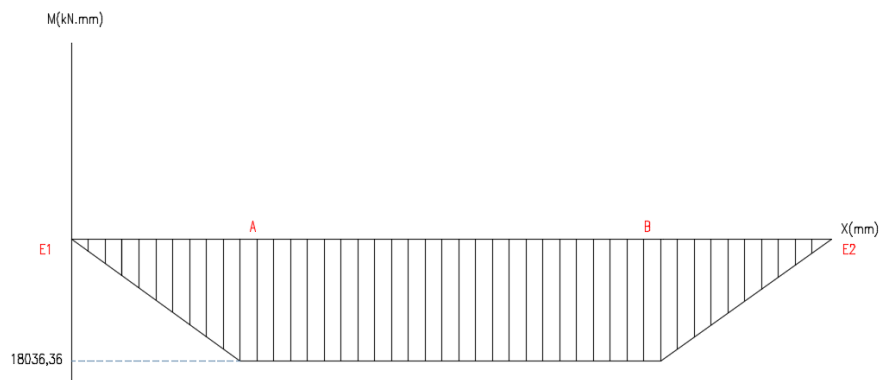


**Gráfico 27-4:** Diagrama de cuerpo libre en el plano “xz” de la barra inferior  
Realizado por: Autores



**Gráfico 28-4:** Diagrama de cortantes “xz” de la barra inferior

Realizado por: Autores



**Gráfico 29-4:** Diagrama de momentos “xz” de la barra inferior

Realizado por: Autores

Una vez que obtenemos los momentos máximos de los planos “xy” y “xz” procedemos a realizar el análisis a flexión.

Donde:

$$M_{XY} = 4021,48 \text{ kN.m}$$

$$M_{XZ} = 18036,36 \text{ kN.m}$$

$M_1$  = Momento resultante

$\sigma_1$  = Esfuerzo a flexión

$d$  = Diámetro

$$M_1 = \sqrt{M_{XY}^2 + M_{XZ}^2}$$

$$M_1 = \sqrt{(4021,48)^2 + (18036,36)^2}$$

$$M_1 = 18479,25 \text{ kN.m}$$

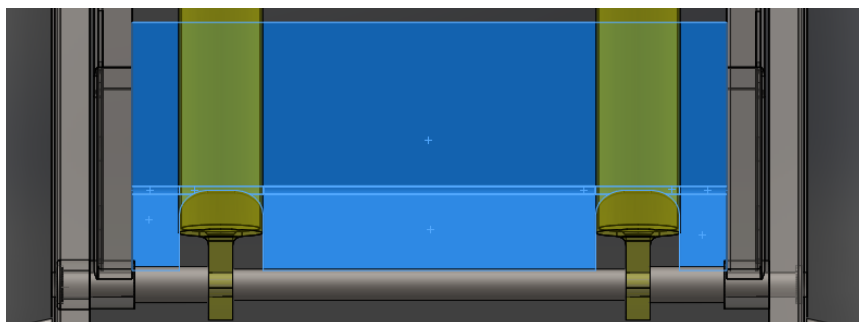
$$\sigma_1 = \frac{32M_1}{\pi * d^3} \tag{24}$$

$$\sigma_1 = \frac{32(18479,25)(1000)}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_1 = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\frac{32(18479,25)(1000)}{\pi * d^3} = \frac{793}{1,6}$$

$$d = 72,42 \text{ mm} = 2,85 \text{ in} \approx 3 \text{ in}$$



**Figura 21-4:** Barra inferior acoplado un refuerzo para evitar la flexión

Realizado por: Autores

*NOTA:* Para el anclaje de la barra inferior se reforzó con una placa doblada de 10 mm de espesor para que la barra no de deforme adicional a esto tiene bocines para su ensamble y desensamble.

#### 4.11 Diseño del trasmisor de fuerza a las tijeras de la estructura

Datos:

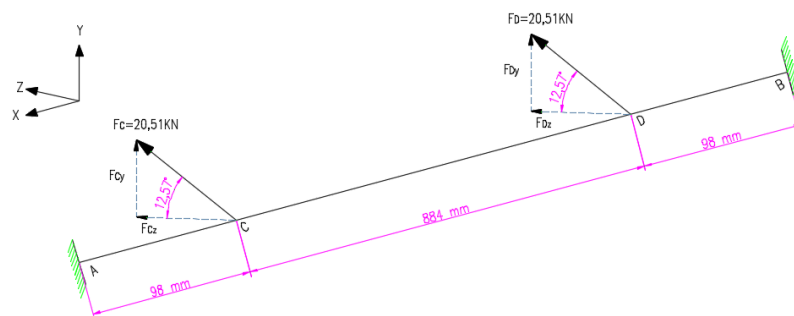
Acero ASTM A-36

Límite de fluencia  $S_Y = 250 \frac{N}{mm^2}$

Factor de diseño  $\eta = 1,6$

$F_{ED} = 20,51 \text{ kN}$  Fuerza que se aplica en la barra superior

Para realizar el análisis a flexión consideramos la fuerza máxima que se aplica en la barra superior, realizamos un esquema de las fuerzas que actúan como observamos en la figura.



**Gráfico 30-4:** Diagrama de cuerpo libre de la barra de transmisión del elevador

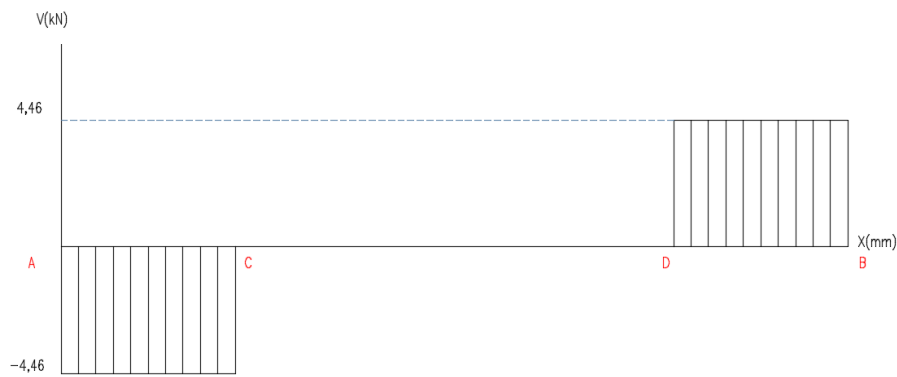
Realizado por: Autores

Realizamos el diagrama de cuerpo libre del plano “xy” para obtener el diagrama de cortantes y momentos como se muestran en las siguientes figuras.



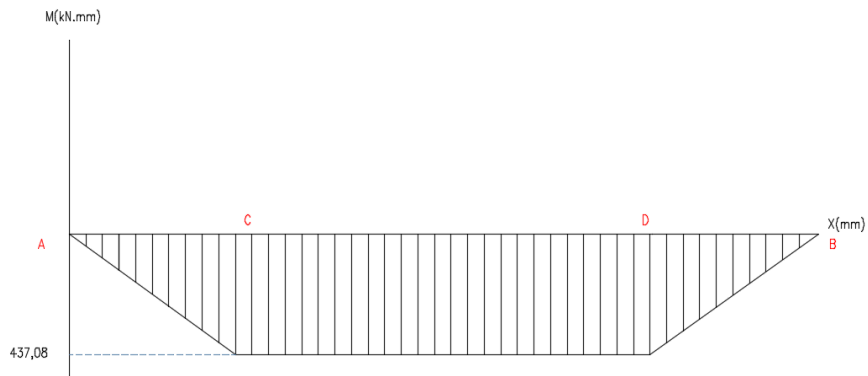
**Gráfico 31-4:** Diagrama de cuerpo libre en el plano “xy” de la barra de transmisión

Realizado por: Autores



**Gráfico 32-4:** Diagrama de cortantes de la barra de transmisión del elevador

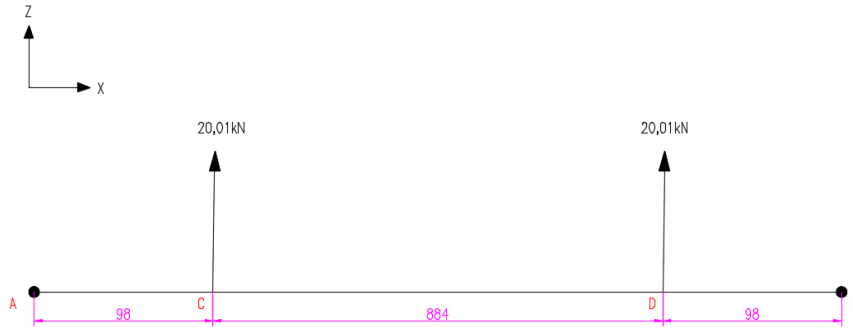
Realizado por: Autores



**Gráfico 33-4:** Diagrama de momentos de la barra de transmisión del elevador

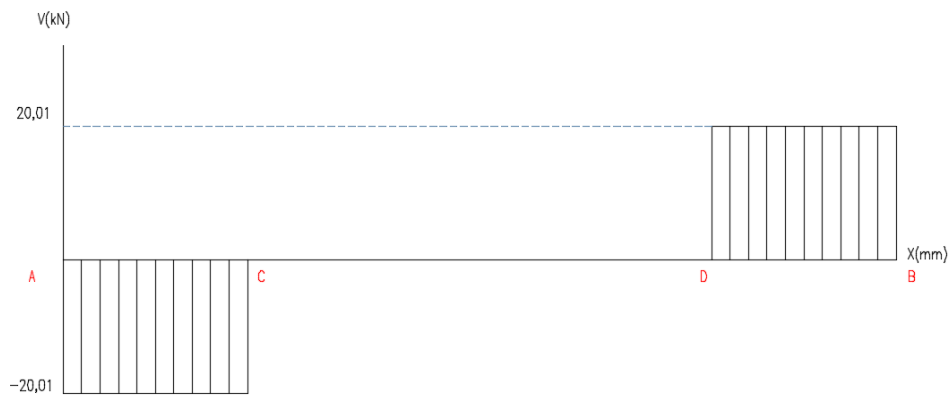
Realizado por: Autores

Realizamos el diagrama de cuerpo libre del plano “xz” para obtener el diagrama de cortantes y momentos como se muestran en las siguientes figuras.



**Gráfico 34-4:** Diagrama de cuerpo libre en el plano "xy" de la barra superior

Realizado por: Autores



**Gráfico 35-4:** Diagrama de cortantes de la barra de transmisión del elevador

Realizado por: Autores



**Gráfico 36-4:** Diagrama de momentos de la barra de transmisión del elevador

Realizado por: Autores

$$M_{XY} = 437,08 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

$$M_{XZ} = 1960,98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Una vez que obtenemos los momentos máximos de los planos “xy” y “xz” procedemos a realizar el análisis a flexión.

Donde:

$M_1$  = Momento resultante

$\sigma_1$  = Esfuerzo a flexión

$d$  = Diámetro inferior

$D$  = Diámetro superior (115 mm)

$$M_1 = \sqrt{M_{XY}^2 + M_{XZ}^2}$$

$$M_1 = \sqrt{(437,08)^2 + (1960,98)^2}$$

$$M_1 = 2009,1 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

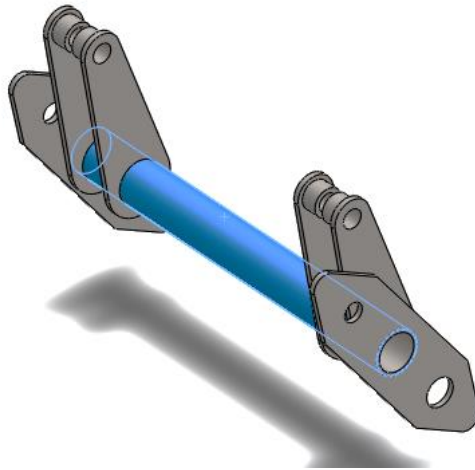
$$\sigma_1 = \frac{32 * M_1 * D}{\pi * (D^4 - d^4)}$$

$$\sigma_1 = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\frac{32 * M_1 * D}{\pi * (D^4 - d^4)} = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\frac{32 * 2009,1 * 1000 * 115}{\pi * (115^4 - d^4)} = \frac{250}{1,6}$$

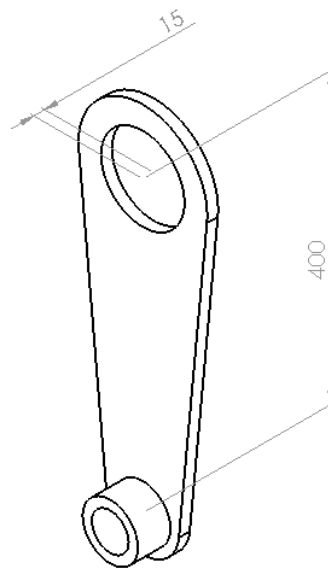
$$d = 112,4 \text{ mm} \approx 110 \text{ mm}$$



**Figura 22-4:** Eje superior corredizo transmisor de movimiento

Realizado por: Autores

#### 4.12 Diseño de las placas de refuerzo para los cilindros hidráulicos



**Figura 23-4:** Placa de transmisión de fuerza

Realizado por: Autores

#### *Mallado del elemento para el análisis estático*

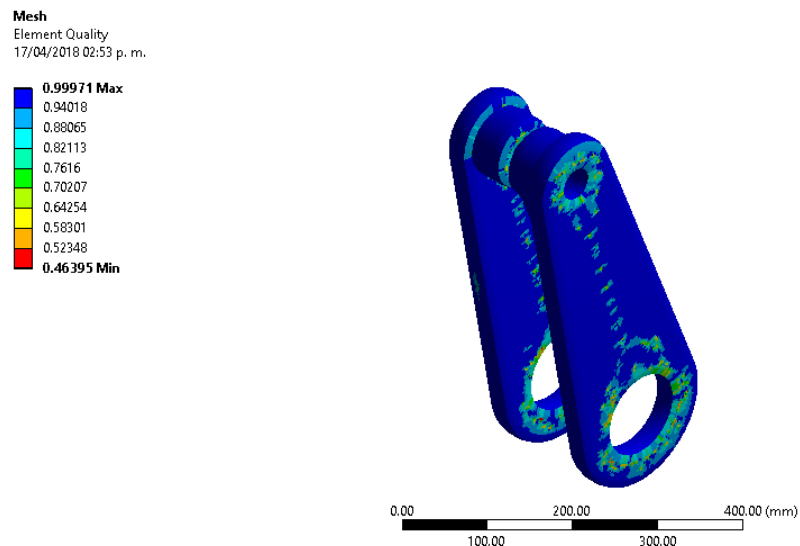
Lo primero que realizamos es un mejoramiento de mallado para obtener resultados ideales, una vez adquirido los valores del mallado y analizando que son buenos para nuestro estudio puesto que el promedio de la malla es de 0,96316 lo que indica un

excelente mallado y las soluciones que nos proyecta son confiables para el diseño de las placas de refuerzo para los cilindros hidráulicos. En la siguiente tabla se indica los parámetros que utilizamos para el mallado del elemento.

**Tabla 11-4:** Parámetros de malla en el software ANSYS de la placa

Malla utilizada	Quadrilateral Dominant
Tamaño de elementos	3 mm
Calidad del elemento mínimo	0,46395
Calidad del elemento máximo	0,99971
Calidad del elemento promedio	0,96316
Nodos	47201
Elementos	47301

Realizado por: Autores



**Figura 24-4:** Mallado de la placa

Realizado por: Autores

### *Procedimiento para el análisis estático*

El método de los elementos finitos (MEF), se ha constituido con el transcurrir de los años, en una herramienta numérica indispensable, no sólo en el área de la ingeniería de diseño, sino también en muchas otras áreas de las ciencias en general. Los programas de computación basados en esta técnica numérica, son ampliamente usados en la investigación y en la solución de innumerables problemas relacionados con la mecánica del medio continuo. (ZEFERINO A., 2011)



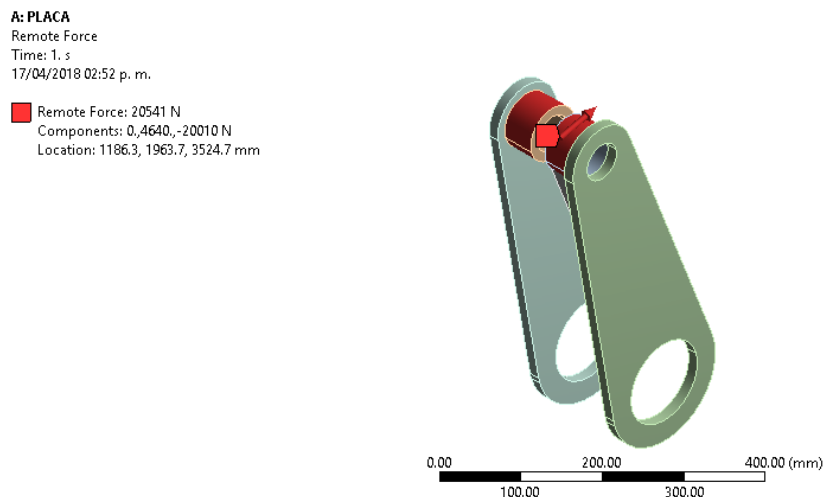
Para el diseño vamos a utilizar un método de elemento finito para encontrar una solución que cumpla con las necesidades del elevador hidráulico, el modelado lo realizamos en el software SolidWorks, ingresamos los siguientes parámetros para realizar el análisis de elemento finito en el software ANSYS.

**Tabla 12-4:** Parámetro generales del programa ANSYS en la placa

Nombre de estudio	Placa
Tipo de análisis	Estático
Sistema de unidades	SI
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Celsius
Velocidad angular	Rad/seg
Nombre del material	Acero
Descripción	ASTM A-36
Fuerza eje “y”	4640 N
Fuerza eje “z”	-20010 N

Realizado por: Autores

Para el análisis estático consideramos una fuerza de 4640 N en dirección positiva del eje “y” y una fuerza de 20010 N en dirección negativa del eje “z”, la que aplicamos en el centro de las placas que soportan los cilindros hidráulicos como se muestra en la figura.



**Figura 25-4:** Fuerza aplicada en el centro de las placas

Realizado por: Autores

### Deformación total

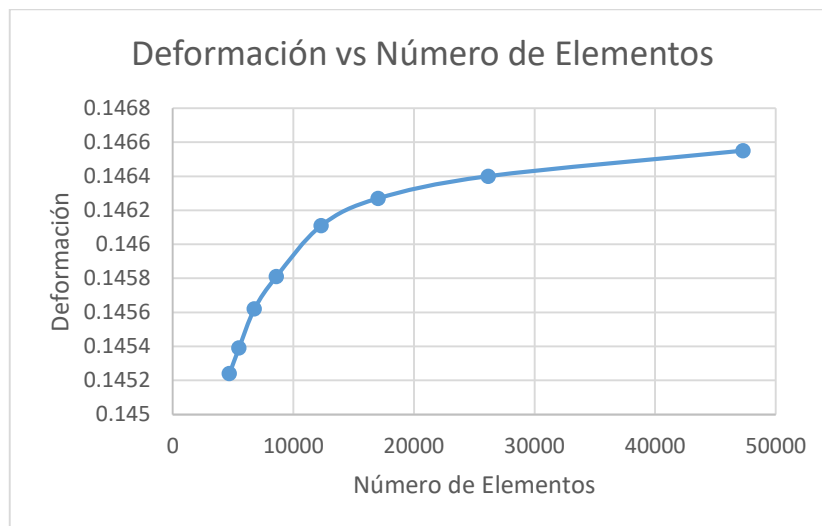
Con los resultados alcanzados por el software la deformación total de las placas de refuerzo es de 0.14655 mm por lo cual nos indica una solución aceptable para nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 13-4:** Refinamiento de la malla respecto a la deformación

Tamaño de malla(mm)	Deformación(mm)	Número de elementos	Número de nodos
10	0,14524	4704	4675
9	0,14539	5492	5463
8	0,14562	6772	6738
7	0,14581	8592	8557
6	0,14611	12317	12269
5	0,14627	17043	16985
4	0,1464	26156	26098
3	0,14655	47301	47201

Realizado por: Autores

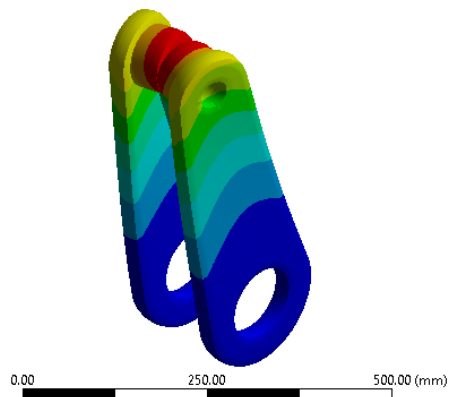
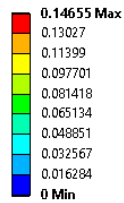
Una vez obtenido los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestra deformación es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 37-4:** Deformación vs Número de elementos de la placa

Realizado por: Autores

A: PLACA  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1  
 17/04/2018 02:49 p. m.



**Figura 26-4:** Deformación total de la placa

**Realizado por:** Autores

*Esfuerzo máximo*

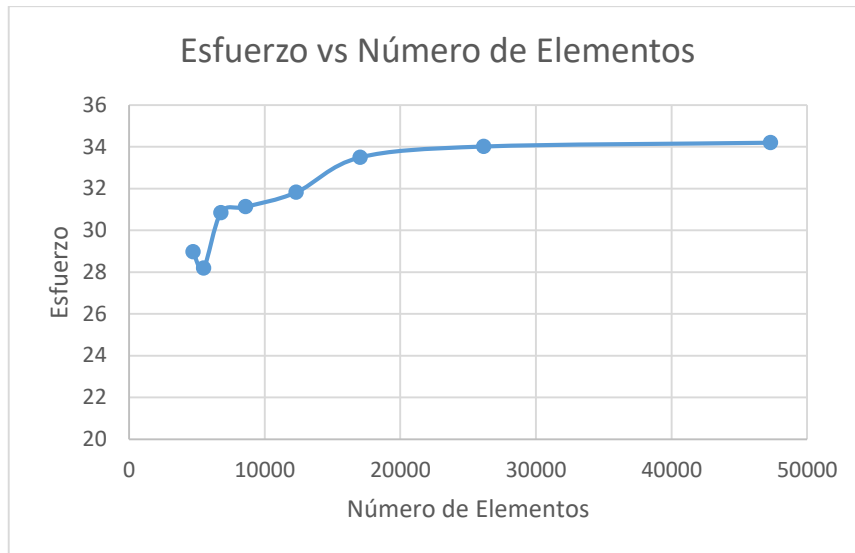
El esfuerzo máximo que puede someterse a las placas de refuerzo es un valor de 34,205 MPa lo cual se encuentra dentro del rango de diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 14-4:** Refinamiento de la malla respecto al esfuerzo de la placa

Tamaño de malla(mm)	Esfuerzo (MPa)	Número de elementos	Número de nodos
10	28,974	4704	4675
9	28,201	5492	5463
8	30,855	6772	6738
7	31,133	8592	8557
6	31,826	12317	12269
5	33,505	17043	16985
4	34,024	26156	26098
3	34,205	47301	47201

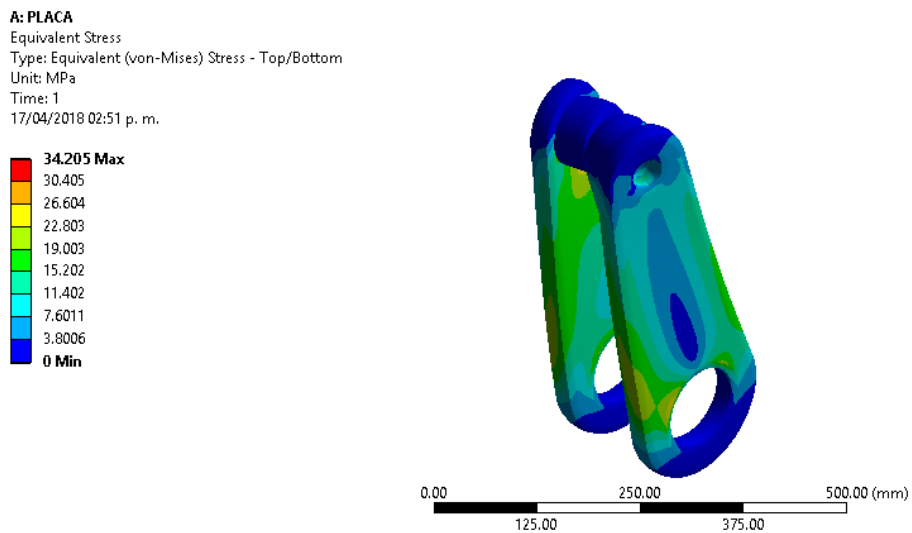
**Realizado por:** Autores

Una vez obtenido los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestro esfuerzo es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 38-4:** Esfuerzo vs Número de elementos de la placa

Realizado por: Autores



**Figura 27-4:** Esfuerzo máximo de von-Mises de la placa

Realizado por: Autores

*Factor de seguridad*

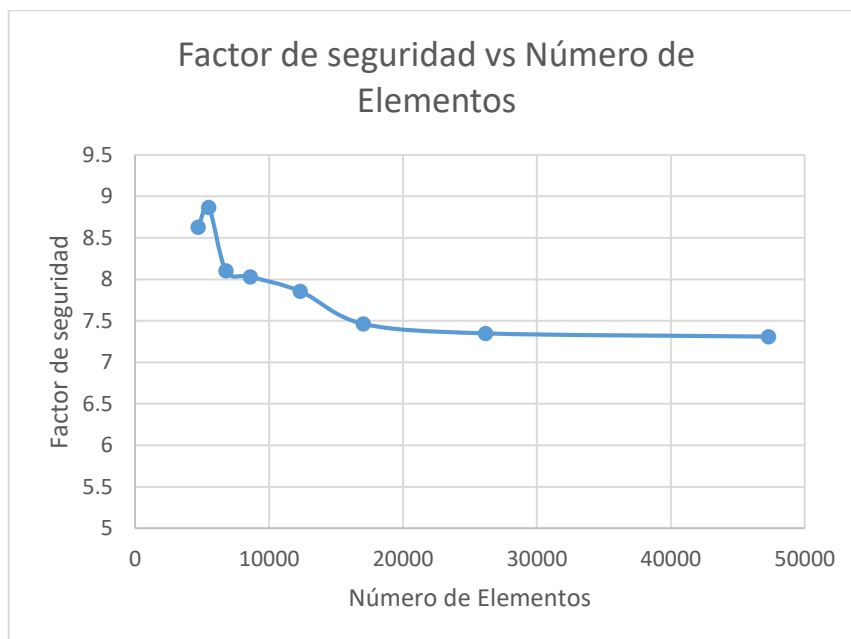
Cumpliendo con los parámetros anteriores obtenemos un factor de seguridad de 7,3088 lo cual nos garantiza la confiabilidad de nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 15-4:** Refinamiento de la malla respecto al factor de seguridad de la placa

Tamaño de malla(mm)	Factor de seguridad	Número de elementos	Número de nodos
10	8,6284	4704	4675
9	8,8649	5492	5463
8	8,1024	6772	6738
7	8,0301	8592	8557
6	7,8551	12317	12269
5	7,4616	17043	16985
4	7,3478	26156	26098
3	7,3088	47301	47201

Realizado por: Autores

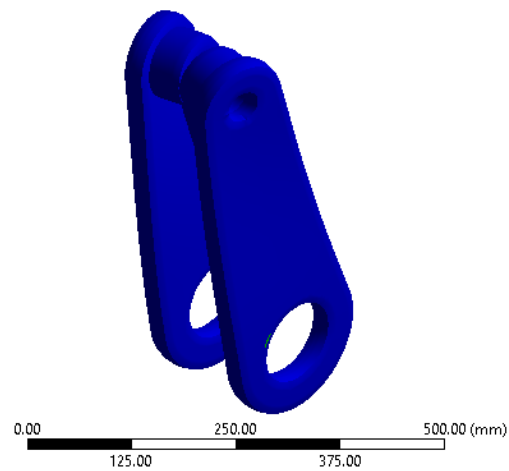
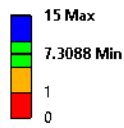
Una vez obtenido los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestro factor de seguridad es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 39-4:** Factor de seguridad vs Número de elementos de la placa

Realizado por: Autores

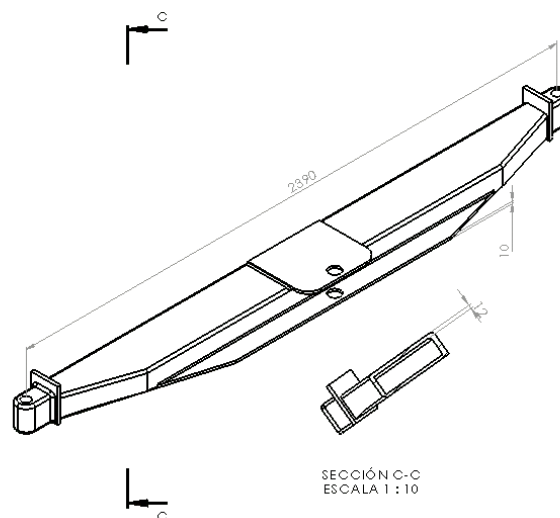
A: PLACA  
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
17/04/2018 02:51 p. m.



**Figura 28-4:** Factor de seguridad de la placa

Realizado por: Autores

#### 4.13 Diseño del frontal del elevador hidráulico



**Figura 29-4:** Parte frontal de la estructura del elevador

Realizado por: Autores

#### *Mallado del elemento para el análisis estático*

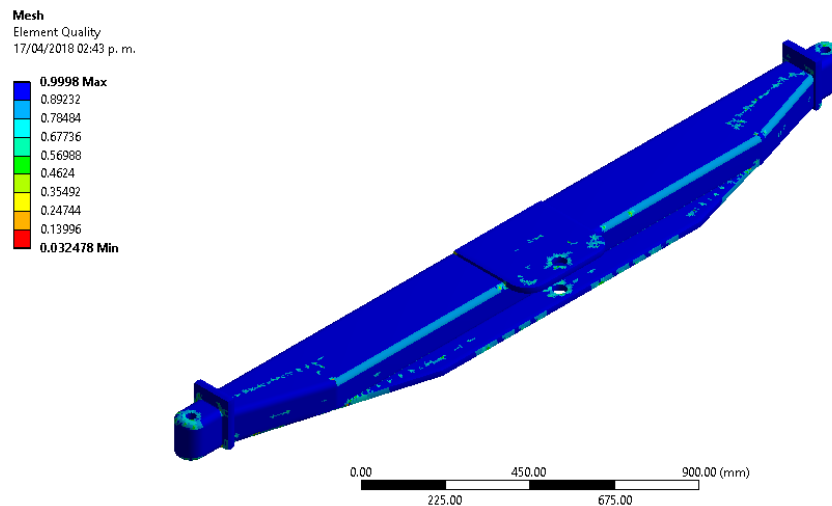
Lo primero que realizamos es un mejoramiento de mallado para obtener resultados ideales, una vez adquirido los valores del mallado y analizando que son buenos para nuestro estudio puesto que el promedio de la malla es de 0,96 lo que indica un excelente

mallado y las soluciones que nos proyecta son confiables para el diseño de la parte frontal de la estructura del elevador hidráulico. En la siguiente tabla se indica los parámetros que utilizamos para el mallado del elemento.

**Tabla 16-4:** Parámetros de malla del frontal

Malla utilizada	Quadrilateral Dominant
Tamaño de elementos	5 mm
Calidad del elemento mínimo	5,9614e-002
Calidad del elemento máximo	0,9998
Calidad del elemento promedio	0,96849
Nodos	64551
Elementos	64642

Realizado por: Autores



**Figura 30-4:** Mallado del frontal

Realizado por: Autores

### *Procedimiento para el análisis estático*

El método de los elementos finitos (MEF), se ha constituido con el transcurrir de los años, en una herramienta numérica indispensable, no sólo en el área de la ingeniería de diseño, sino también en muchas otras áreas de las ciencias en general. Los programas de computación basados en esta técnica numérica, son ampliamente usados en la

investigación y en la solución de innumerables problemas relacionados con la mecánica del medio continuo.(ZEFERINO A., 2011)

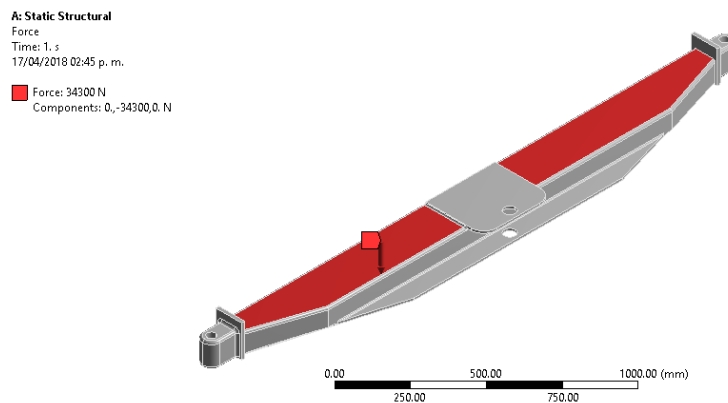
Para el diseño vamos a utilizar un método de elemento finito para encontrar una solución que cumpla con las necesidades del elevador hidráulico, el modelado lo realizamos en el software SolidWorks, ingresamos los siguientes parámetros para realizar el análisis de elemento finito en el software ANSYS.

**Tabla 17-4:** Parámetro generales del método de elemento finito del frontal

Nombre de estudio	Frontal
Tipo de análisis	Estático
Sistema de unidades	SI
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Celsius
Velocidad angular	Rad/seg
Nombre del material	Acero
Descripción	ASTM A-36
Fuerza eje “y”	-34300 N

Realizado por: Autores

Para el análisis estático consideramos una fuerza de 3500 kg en el eje negativo de “y”, la mitad del peso a plena carga de toda la estructura del elevador hidráulico y ponemos los elementos de las esquinas fijos como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 31-4:** Carga aplicada en el elemento frontal del frontal

Realizado por: Autores



### Deformación total

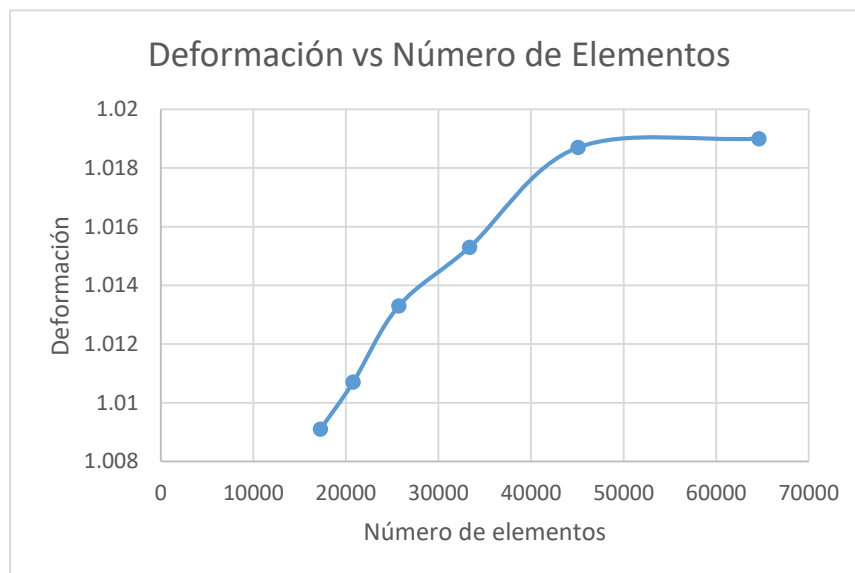
Con los resultados alcanzados por el software la deformación total de la parte frontal del elevador hidráulico es de 1,019mm por lo cual nos indica una solución aceptable para nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 18-4:** Refinamiento de la malla respecto a la deformación del frontal

Tamaño de malla(mm)	Deformación total(mm)	Número de elementos	Número de nodos
10	1,0091	17260	17177
9	1,0107	20790	20700
8	1,0133	25730	25642
7	1,0153	33367	33289
6	1,0187	45113	45027
5	1,019	64642	64551

Realizado por: Autores

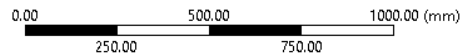
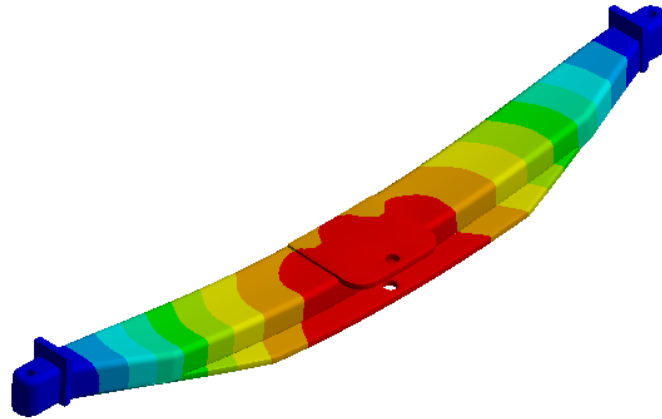
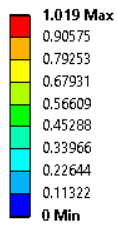
Una vez obtenido los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestra deformación es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 40-4:** Deformación vs Número de elementos del frontal

Realizado por: Autores

**A: Static Structural**  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1  
 17/04/2018 02:40 p. m.



**Figura 32-4:** Deformación total del frontal

Realizado por: Autores

*Esfuerzo máximo*

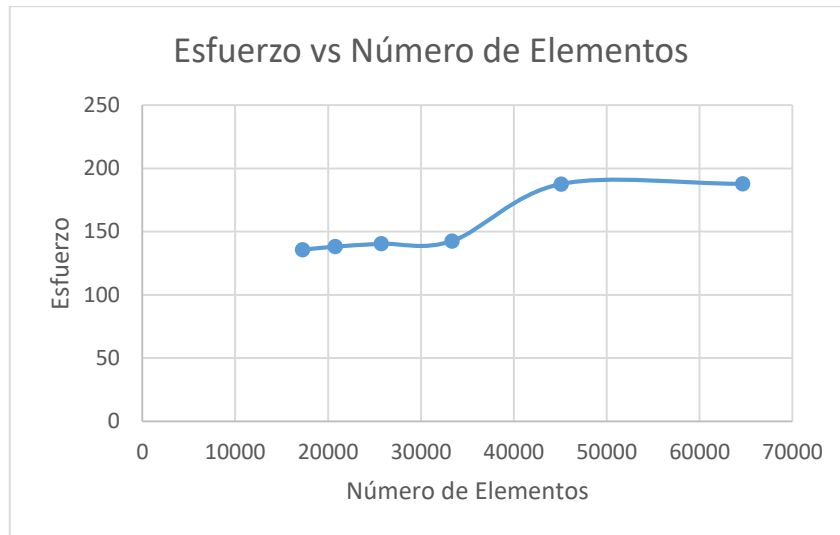
El esfuerzo máximo que puede someterse a la parte frontal del elevador hidráulico es un valor de 187,65 MPa lo cual se encuentra dentro del rango de diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 19-4:** Refinamiento de la malla respecto al esfuerzo del frontal

Tamaño de malla(mm)	Esfuerzo(MPa)	Número de elementos	Número de nodos
10	135,66	17260	17177
9	138,06	20790	20700
8	140,32	25730	25642
7	142,55	33367	33289
6	187,57	45113	45027
5	187,65	64642	64551

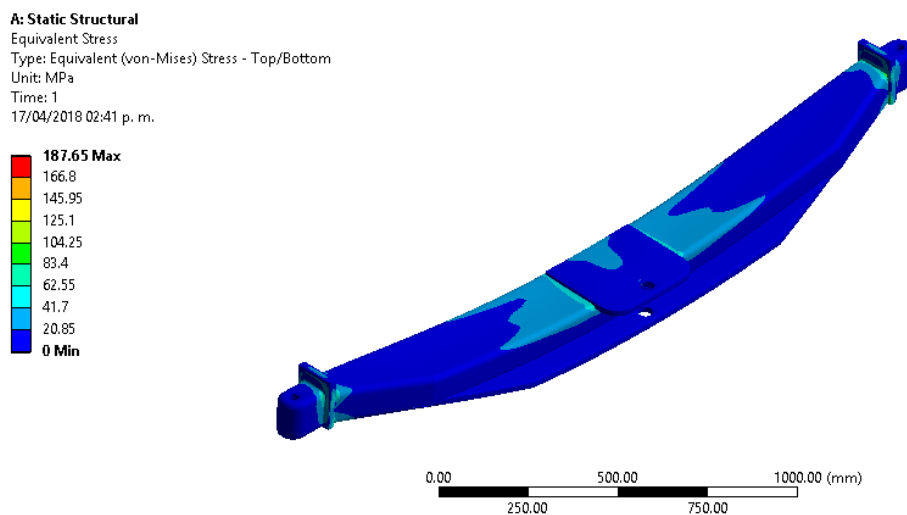
Realizado por: Autores

Una vez obtenido los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia para observar donde nuestro esfuerzo es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 41-4:** Esfuerzo vs Número de elementos del frontal

Realizado por: Autores



**Figura 33-4:** Esfuerzo máximo de von-Mises del frontal

Realizado por: Autores

### *Factor de seguridad*

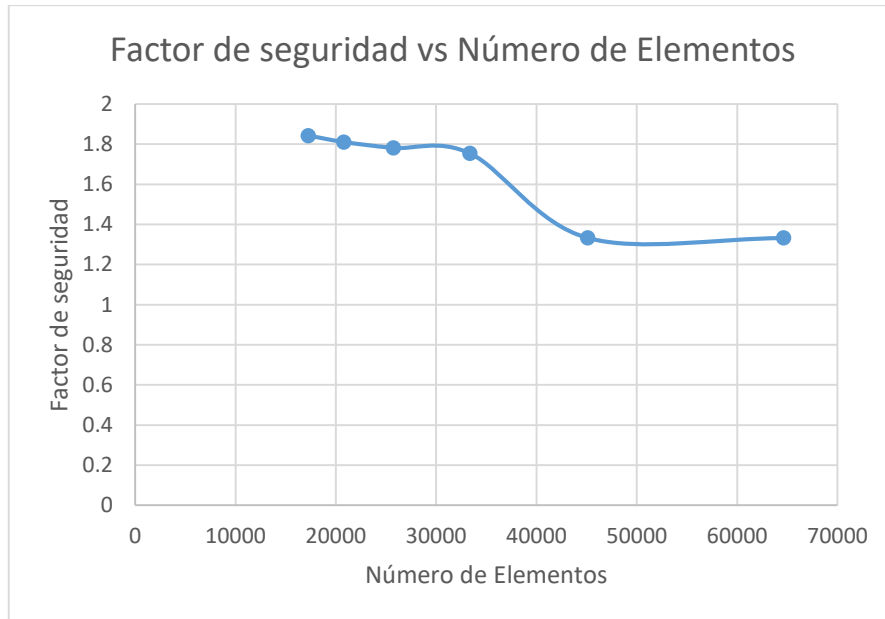
Cumpliendo con los parámetros anteriores obtenemos un factor de seguridad de 1,3323 lo cual nos garantiza la confiabilidad de nuestro diseño, en la siguiente tabla se indica los valores de refinamiento de la malla para obtener valores estables.

**Tabla 20-4:** Refinamiento de la malla respecto al factor de seguridad del frontal

Tamaño de malla(mm)	Factor de seguridad	Número de elementos	Número de nodos
10	1,8428	17260	17177
9	1,8108	20790	20700
8	1,7816	25730	25642
7	1,7538	33367	33289
6	1,3328	45113	45027
5	1,3323	64642	64551

Realizado por: Autores

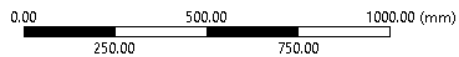
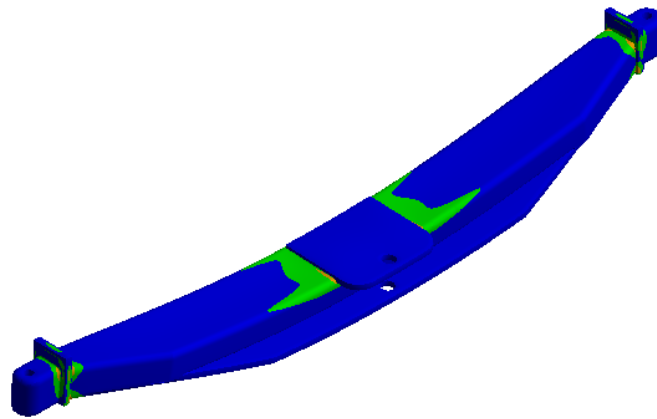
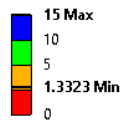
Una vez obtenido los resultados procedemos a realizar la curva de convergencia observando donde nuestro factor de seguridad es estable indicándonos una solución correcta.



**Gráfico 42-4:** Factor de seguridad vs Número de elementos del frontal

Realizado por: Autores

A: Static Structural  
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
17/04/2018 02:42 p. m.



**Figura 34-4:** Factor de seguridad del frontal

Realizado por: Autores

#### 4.14 Diseño y selección de los componentes hidráulicos

Para el diseño y selección de los componentes hidráulicos tomamos de referencia los datos técnicos de un tractor NEW HOLLAND T6000.

*Selección de las mangueras hidráulicas*



**Figura 35-4:** Manguera hidráulica

Fuente: (“HOSES,” n.d.)

Una vez adquirido los datos del tractor NEW HOLLAND T6000 procedemos a realizar el cálculo para la selección de las mangueras hidráulicas.

Datos técnicos del tractor: se detalla en el Anexo A

$$\text{Caudal: } Q = 40 \frac{\text{Litros}}{\text{min}}$$

$$\text{Velocidad: } v = 6 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Con los valores del caudal y velocidad entramos en la tabla del Anexo B para determinar el diámetro nominal para las mangueras hidráulicas.

El diámetro calculado ese de 11,5 mm por lo cual optamos por una manguera de 1/2 in que equivale a 12,7 mm de diámetro ya que esta se puede encontrar en el mercado comercial.

Para realizar la selección de la manguera entramos en el catálogo mostrado en el Anexo C con el diámetro y la presión de la bomba del tractor.

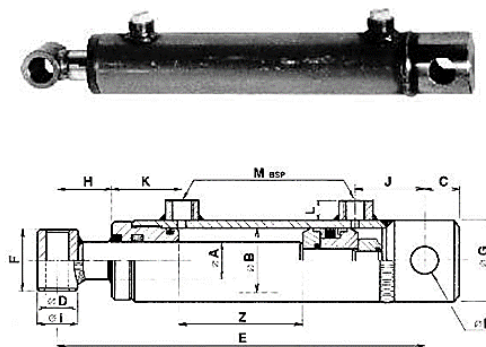
Datos:

$$d = 0,5 \text{ in.}$$

$$P_{\text{Bomba}} = 190 \text{ Bares.}$$

La manguera seleccionada es el modelo H01027012 la cual cumple las especificaciones necesarias para nuestro diseño hidráulico.

*Selección del cilindro hidráulico inferior*



**Figura 36-4:** Cilindro hidráulico

Fuente: (TECNICOS & SUR, n.d.)

Para la selección de los cilindros hidráulicos de elevación se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

Fuerza a soportar:  $F_{ED} = 107,25 \text{ kN} = 24131,25 \text{ lbf}$

Presión de la bomba hidráulica:  $P_{Bomba} = 190 \text{ Bares} = 2755,72 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$

$$P_{Bomba} = \frac{F_{ED}}{A} \quad (25)$$

$$A = \frac{F_{ED}}{P_{Bomba}}$$

$$A = \frac{24131,25 \text{ lbf} * \text{in}^2}{2755,72 \text{ lbf}}$$

$$A = 8,76 \text{ in}^2$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (26)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 8,76 \text{ in}^2}{\pi}}$$

$$d = 3,34 \text{ in} \approx 4 \text{ in}$$

Una vez encontrado el diámetro con la presión de la bomba seleccionamos el cilindro hidráulico que cumpla las especificaciones necesarias en el Anexo D.

*Fuerza a compresión del cilindro hidráulico*

$$F_{Compresión} = \frac{P_B * \pi * D^2}{400} \quad (27)$$

Donde:

$F_{Compresión}$  = Fuerza a compresión [kN]

$P_B$  = Presión de la bomba [Bar]

$D$  = Diámetro del vástago [cm]

$$F_{Compresión} = \frac{190 \text{ Bares} * \pi * (12 \text{ cm})^2}{400}$$
$$F_{Compresión} = 214,88 \text{ kN}$$

*Fuerza a tracción del cilindro hidráulico.*

$$F_{Tracción} = \frac{P_B * \pi * (D^2 - d^2)}{400} \quad (28)$$

Donde:

$F_{Tracción}$  = Fuerza a tracción [kN]

$P_B$  = Presión de la bomba [Bar]

$D$  = Diámetro del vástago [cm]

$d$  = Diámetro del émbolo [cm]

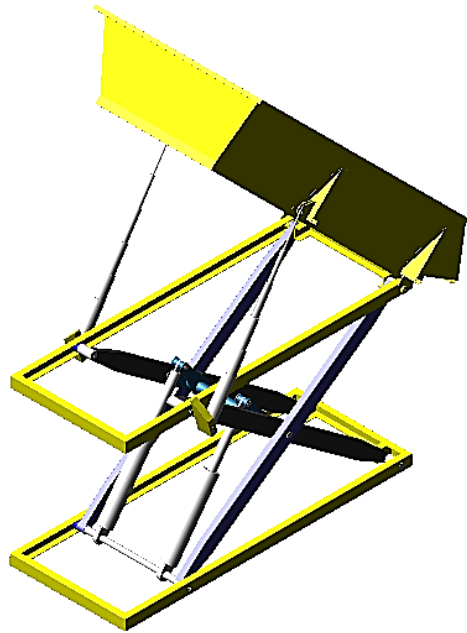
$$F_{Tracción} = \frac{190 \text{ Bares} * \pi * (12^2 - 7^2)}{400}$$
$$F_{Tracción} = 141,76 \text{ kN}$$

El cilindro seleccionado es el modelo CICFAHB la cual nos da el recorrido y diámetro necesario para que el elevador llegue a una altura deseada cumpliendo todas las especificaciones necesarias para nuestro diseño hidráulico.

#### **4.15 Análisis dinámico en los cilindros hidráulicos de elevación**

Para el análisis del sistema de elevación y aseguramiento de la fuerza necesaria en los cilindros hidráulicos realizamos la simulación en el software ADAMS donde se puede medir la fuerza necesaria para la elevación de la máquina.

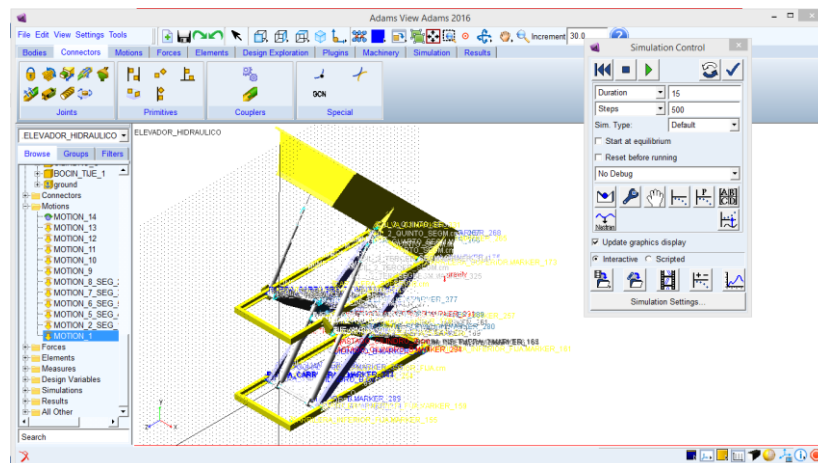




**Figura 37-4:** Modelado del sistema elevador hidráulico

**Realizado por:** Autores

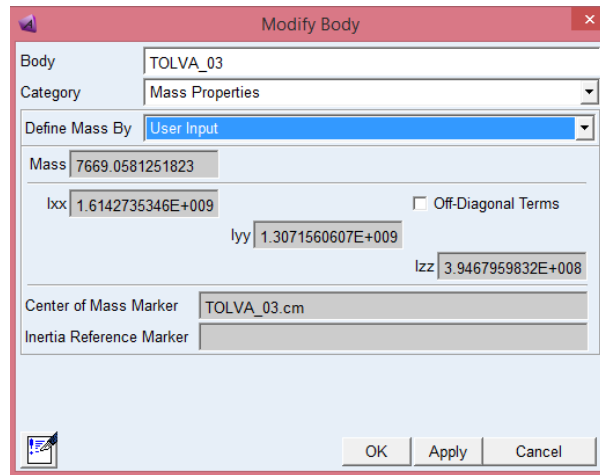
Para la comprobación del sistema de elevación se designará el material de cada una de las partes que conforma el elevador (STEEL) en su mayoría, luego realizar las respectivas conexiones para que el sistema funcione. En los puntos a analizar se hace la conexión de motores respecto al groun creado para luego poder medir tales parámetros.



**Figura 38-4:** Sistema de elevación y volteo respectivamente configurado

**Realizado por:** Autores

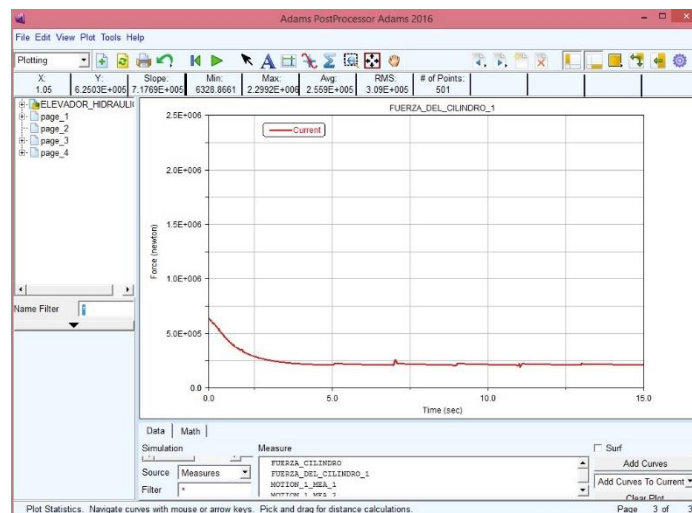
Para la simulación de que el elevador este cargado con la palma africana modificamos la masa de la tolva con clic derecho en modificar y agregamos 7000 kg para que los resultados sean confiables.



**Figura 39-4:** Masa de la tolva modificada

**Realizado por:** Autores

En la parte de simulación se podrá medir la fuerza en el cilindro seleccionamos el MOTION 1 y seleccionamos measure donde podemos medir la magnitud necesaria para elevar el sistema este se representa en el siguiente gráfico.

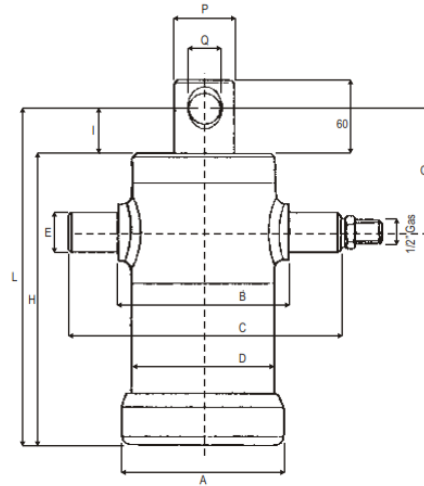


**Figura 40-4:** Solución de la fuerza necesaria para el cilindro de elevación

**Realizado por:** Autores

En la gráfica anterior se nota que la fuerza necesaria para elevar es de 625.03 KN. Comprobado analíticamente con la fuerza de tracción cumple con nuestros requisitos.

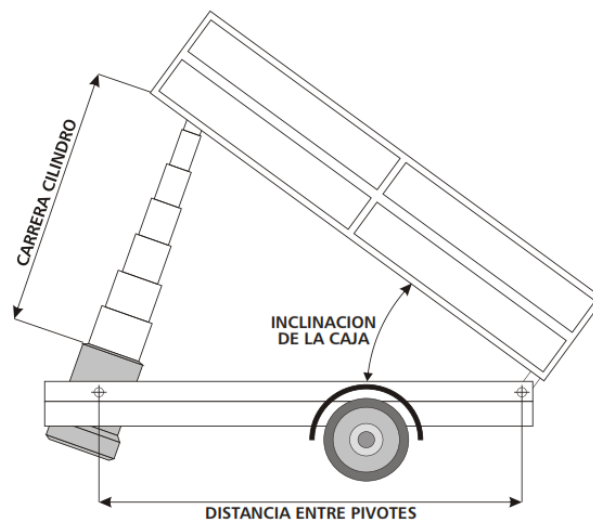
#### *Selección del cilindro hidráulico superior*



**Figura 41-4:** Cilindro hidráulico telescópico

Fuente: (TECNICOS & SUR, n.d.)

Para realizar la selección optamos por un cilindro telescópico el cual tiene mayor longitud de carrera la cual será necesaria para nuestra aplicación como se observa en la siguiente figura.



**Figura 42-4:** Carrera del cilindro telescópico

Fuente: (TECNICOS & SUR, n.d.)

Par realizar el cálculo consideramos el peso de la tolva más las 5 toneladas de carga lo cual nos da una fuerza de 41,192 kN, el cilindro debe superar esa fuerza para que pueda levantar la tolva sin ningún inconveniente.

Datos:

$$F_{Cilindro} = 41,192 \text{ kN} * f_s = 123,576 \text{ kN}$$

$$P_{Bomba} = 190 \text{ Bares} = 2755,72 \frac{\text{lb}f}{\text{in}^2}$$

Donde:

$$f_s = \text{Factor de seguridad} = 3$$

$$P_{Bomba} = \frac{F_{Cilindro}}{A} \quad (29)$$

$$A = \frac{F_{Cilindro}}{P_{Bomba}}$$

$$A = \frac{12609,8 \text{ lb}f * \text{in}^2}{2755,72 \text{ lb}f}$$

$$A = 4,58 \text{ in}^2$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 4,58 \text{ in}^2}{\pi}}$$

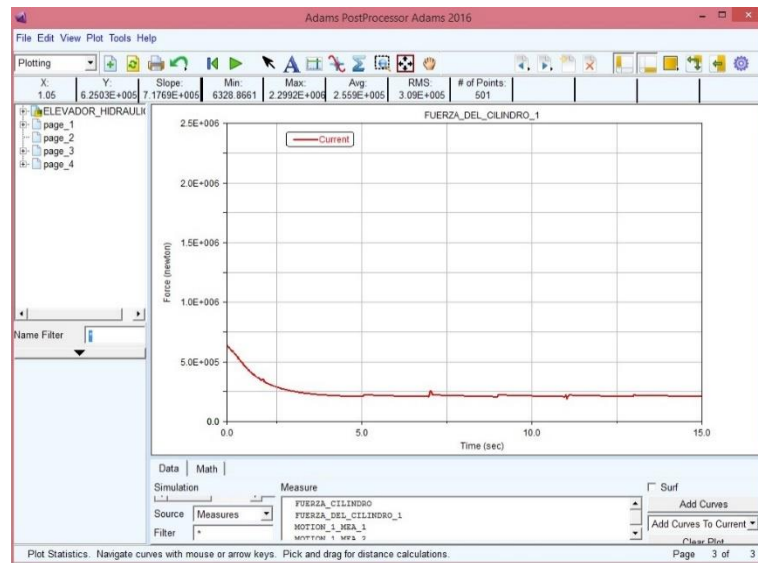
$$d = 2,4 \text{ in} \approx 4 \text{ in}$$

Por seguridad seleccionamos del catálogo visto en el Anexo E con un diámetro de 4 pulgadas y para una carrera de 1500 mm para que pueda voltear sin ningún problema la tolva.

Seleccionamos un modelo de referencia 150-51-90 que cumple con todas las especificaciones para nuestro diseño.

#### 4.16 Análisis dinámico en los cilindros hidráulicos telescópicos de volteo

En la parte de simulación se podrá medir la fuerza en el cilindro seleccionamos el MOTION 2 y seleccionamos measure donde podemos medir la magnitud necesaria para elevar el sistema este se representa en el siguiente gráfico.



**Figura 43-4:** Solución de la fuerza necesaria para los cilindros de volteo

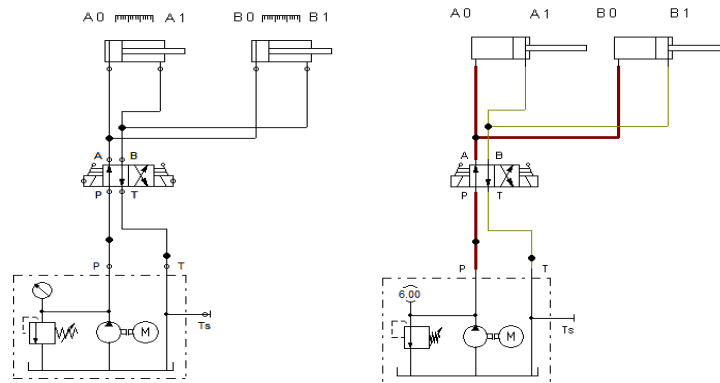
**Realizado por:** Autores

En la gráfica anterior se nota que la fuerza necesaria en el primer segmento es de 10106,83kgf de cada cilindro telescópico esto comprobamos con el Anexo E donde tenemos la característica de la carga a soportar que es de 9000 kgf. Cada uno, como son dos cilindros telescópicos que voltean la carga este valor se multiplica por dos haciendo que cumple con nuestros requisitos necesarios.

#### 4.17 Diagrama de los circuitos hidráulicos

Para realizar el diagrama del circuito eléctrico lo realizamos en partes separadas puesto que tienen controles distintos para la elevación de la estructura y el volteo de la tolva.

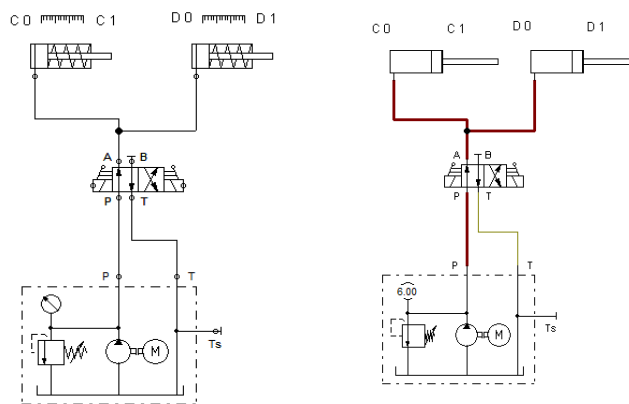
*Elevación de la estructura.* En las siguientes figuras se indican el diagrama de elevación de la estructura y la solución correspondiente para eso hemos designado a los cilindros hidráulicos como A y B.



**Gráfico 43-4:** Diagrama hidráulico de elevación de la estructura

Realizado por: Autores

*Volteo de la tolva.* En las siguientes figuras se indican el diagrama de volteo de la tolva y la solución correspondiente para eso hemos designado a los cilindros telescópicos como C y D.

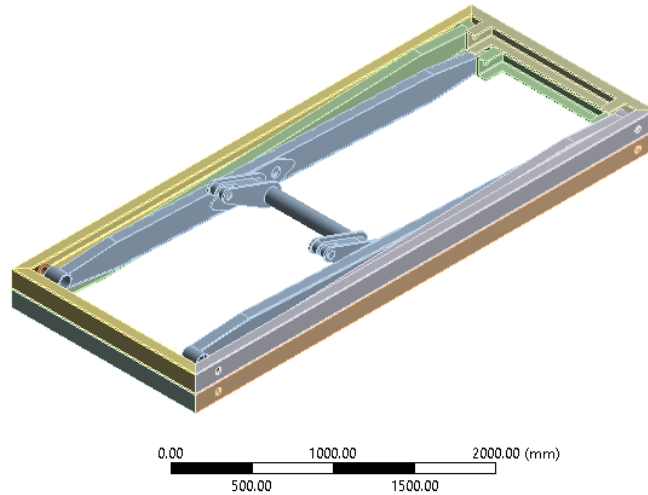


**Gráfico 44-4:** Diagrama hidráulico del volteo de la tolva

Realizado por: Autores

#### 4.18 Análisis dinámico de la estructura del elevador hidráulico

Una vez realizado el análisis estático de la estructura del elevador hidráulico procedemos a verificar el movimiento de la máquina.

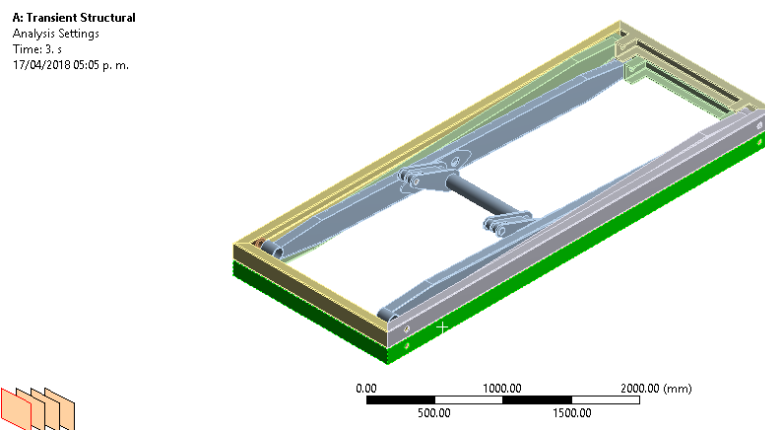


**Figura 44-4:** Estructura del elevador hidráulico en el software ANSYS

Realizado por: Autores

#### *Procedimiento para realizar el análisis dinámico del elevador hidráulico*

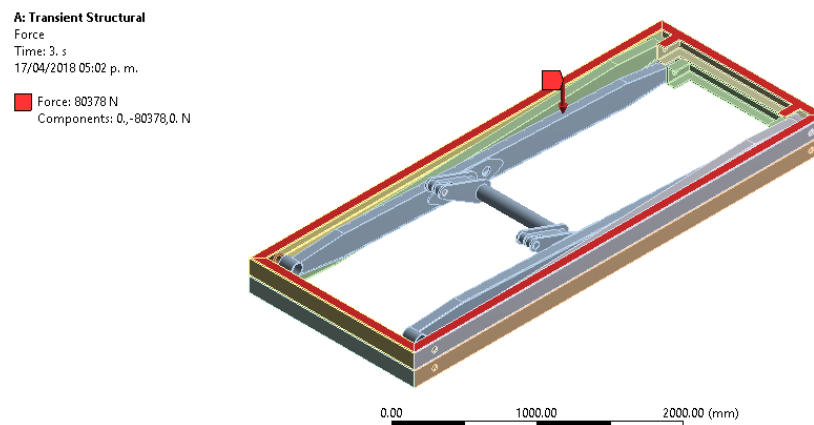
Para el análisis dinámico consideramos la parte inferior del elevador hidráulica fija puesto que la elevación se la realiza cuando está completamente estática como se indica en la figura.



**Figura 45-4:** Parte inferior fija de la estructura para realizar el análisis.

Realizado por: Autores

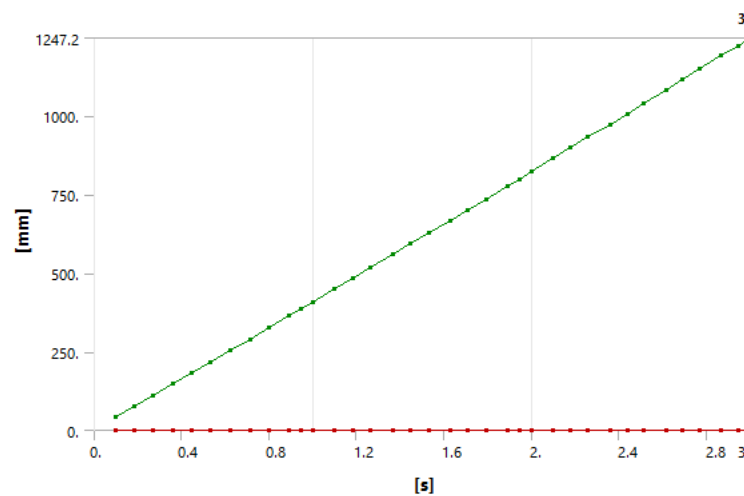
Procedemos a colocar el peso de la tolva y la carga total que soporta la estructura para verificar el movimiento, la carga total es de 80378 N.



**Figura 46-4:** Cargas en la parte superior de la estructura (tolva y peso del producto)

Realizado por: Autores

Una vez colocado los parámetros procedemos a encontrar la curva de desplazamiento del elevador hidráulico como se indica en el gráfico.

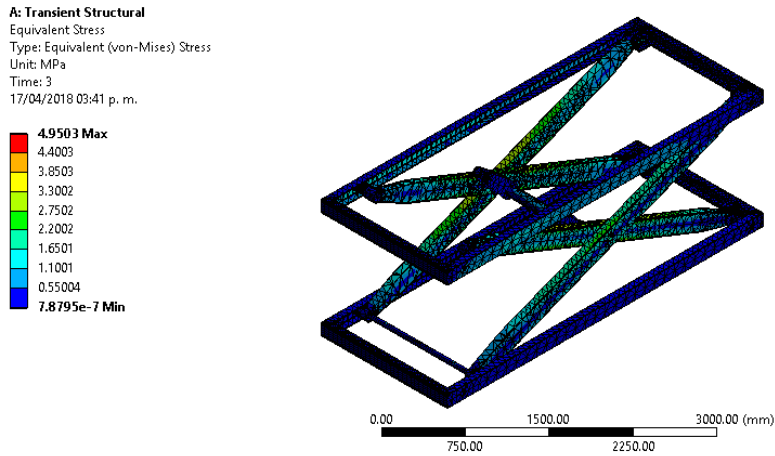


**Gráfico 45-4:** Curva de desplazamiento en el eje Y

Realizado por: Autores

Encontramos los esfuerzos que se produce en la estructura del elevador hidráulico la cual soporta 19,116 MPa indicándonos un correcto funcionamiento de la máquina y pueda elevarse sin ningún inconveniente como se muestra en la figura.

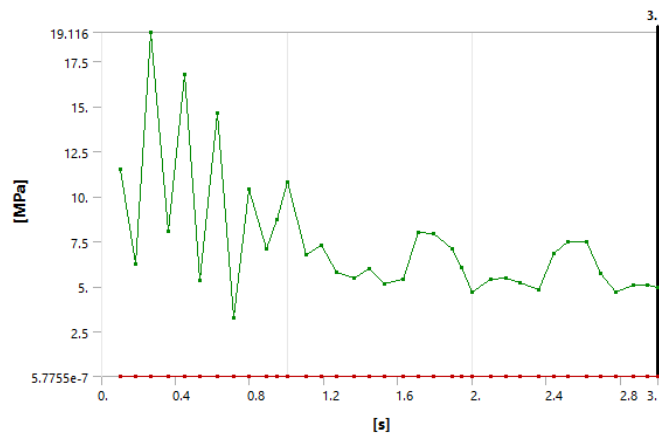




**Figura 47-4:** Esfuerzos en el elevador hidráulico

Realizado por: Autores

A continuación, se indica la curva de esfuerzos donde observamos que la estructura tiene un máximo de esfuerzo en la parte inferior de 19,116 MPa y se comienza a estabilizar cuando el elevador se encuentra en la parte superior como se muestra en el siguiente gráfico.



**Gráfico 46-4:** Curva de fuerza del cilindro hidráulico

Realizado por: Autores

*Validación de la estructura mediante el método analítico*

Datos:

$$F_{DC} = 107,25 \text{ kN}$$

$$d = 3 \text{ in} = 76,2 \text{ mm}$$

Donde:

$F_{DC}$  = Fuerza máxima en el nodo “D” de la parte inferior de la estructura del elevador hidráulico.

$d$  = Diámetro del bocín en las articulaciones

$$\sigma = \frac{F_{DC}}{A}$$

$$\sigma = \frac{F_{DC}}{\frac{\pi}{4} * d^2}$$

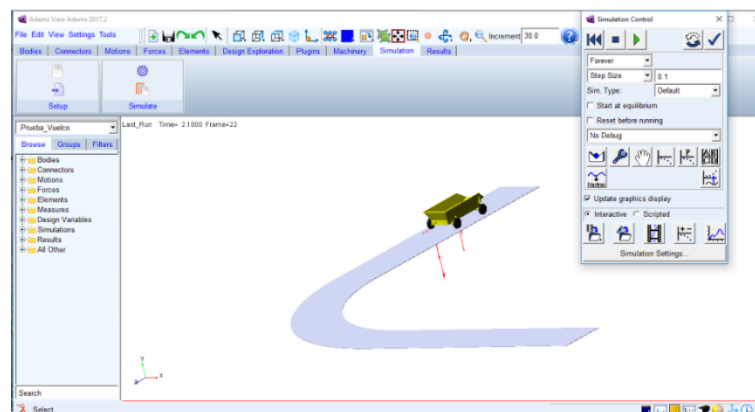
$$\sigma = \frac{107,25 \text{ kN}}{\frac{\pi}{4} * (76,2)^2}$$

$$\sigma = 23,51 \text{ MPa} \quad \text{Analíticamente}$$

El esfuerzo máximo en la parte inferior del elevador de la estructura analíticamente es 23,51 MPa y el esfuerzo máximo obtenido mediante Transient Structural es 19,116 MPa la cual valida la estructura indicando un correcto diseño.

#### 4.19 Análisis dinámico del elevador hidráulico en las trayectorias curvas

Una vez realizado el diseño del elevador hidráulico estático y dinámico procedemos a realizar la simulación de la máquina para comprobar el sistema de giro de las llantas en el software MSC ADAMS.

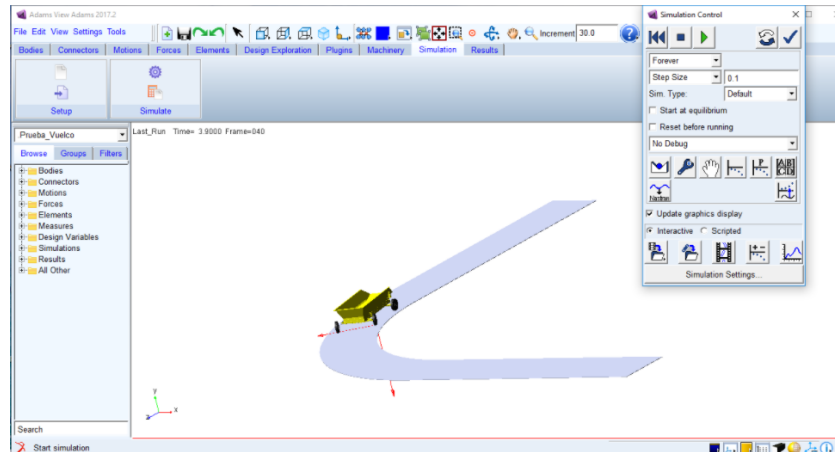


**Figura 48-4:** Modelo para la simulación en el software ADAMS

Realizado por: Autores

## Procedimiento para realizar el análisis dinámico para el elevador hidráulico

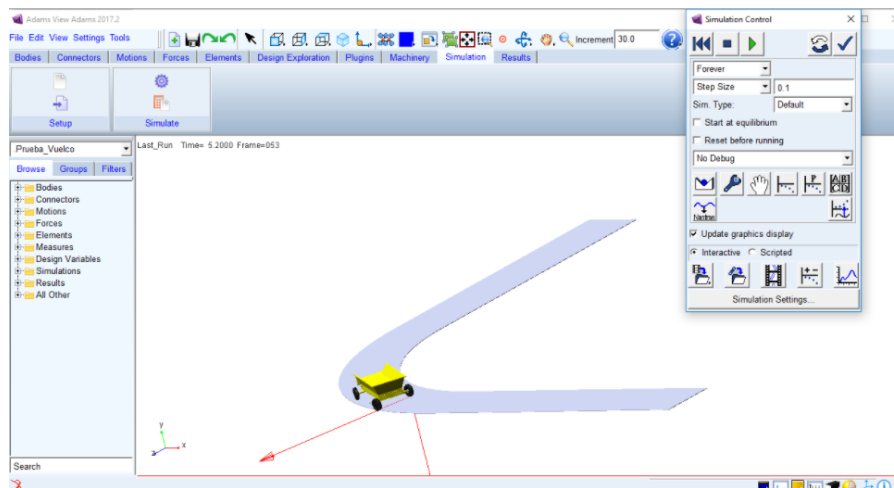
Realizamos todas las conexiones posibles en el software para que el sistema funcione con las ecuaciones posibles en los motores que ara que el sistema se mueva.



**Figura 49-4:** Conexiones necesarias para la simulación

Realizado por: Autores

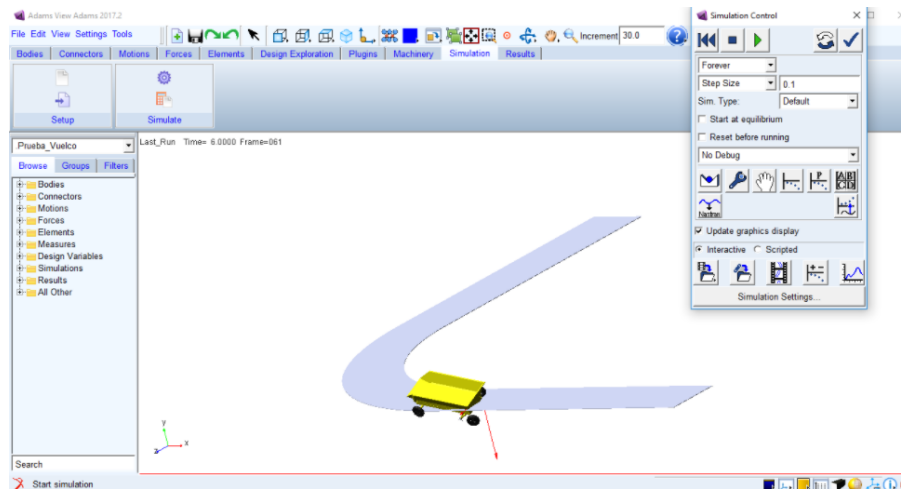
Determinamos el Angulo de giro que es a  $90^\circ$  como se observa en la figura donde se podrá determinar la velocidad máxima que puede ser transportada la máquina.



**Figura 50-4:** Simulación en plena curva para el giro

Realizado por: Autores

Se hace pruebas de giro en el software donde se determina la velocidad en la que puede producir el volcamiento llegando a una velocidad aproximada de 36 km/h donde se observa que se puede producir un volcamiento del elevador.



**Figura 51-4:** Volcamiento en plena curva a la velocidad crítica

**Realizado por:** Autores

Se observa que a esa velocidad ya se sale de la trayectoria donde se producirá el volcamiento del elevador hidráulico.

## **CAPÍTULO V**

### **5 CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ELEVADOR HIDRÁULICO CON VOLTEO PARA LA COSECHA DE PALMA AFRICANA**

#### **5.1 Construcción**

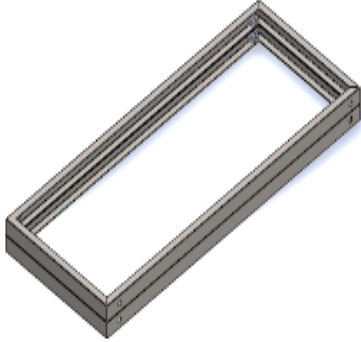
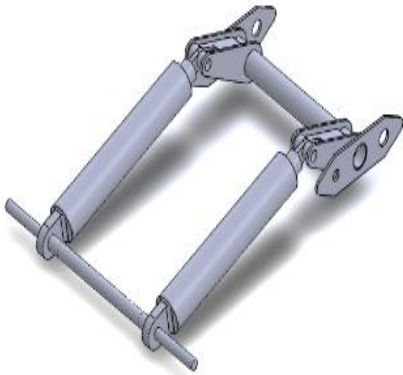

La construcción del elevador se realiza en base a la norma ISO 14159:2002 (E) para seguridades de la máquina.

En el proceso de construcción, montaje y pruebas de funcionamiento del elevador hidráulico se emplearon las siguientes maquina herramientas.

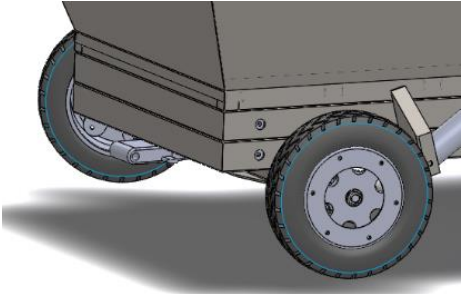

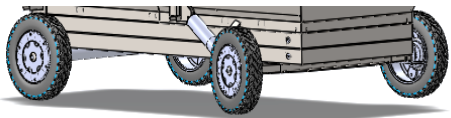

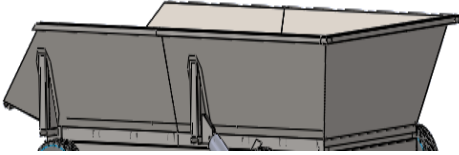

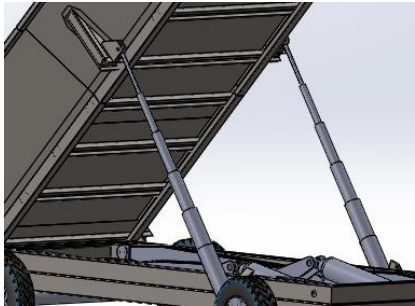

- Soldadura de arco.
- Soldadura MIG/MAG.
- Torno.
- Amoladora.
- Flexómetro.
- Escuadras.
- Equipo de Oxicorte.
- Equipo porto.
- Prensa hidráulica.
- Templadores manuales.
- Lijadora.
- Compresor de aire.
- Pistola de pintar.
- Martillo.
- Llaves.
- Destornilladores.

5.1.1 *Componentes del elevador con volteo.* En la construcción de a dividido en partes para luego ser ensambladas con la finalidad de obtener mayor eficiencia y facilitar la construcción. El elevador se divide en las diferentes partes como se especifica en la tabla.

**Tabla 1-5:** Partes del elevador hidráulico con volteo

SISTEMAS		ESQUEMAS	SISTEMA CONSTRUIDO
Sistema estructural	Tijeras elevadoras.		
	Carrileras De soporte.		
	Sistema de elevación.		

**Tabla 1-5:** (Continuación) Partes del elevador hidráulico con volteo

<p>Sistema de dirección</p>		
<p>Sistema de transporte</p>		
<p>Tolva.</p>		
<p>Sistema de volteo.</p>		

Realizado por: Autores

## 5.2 Procedimiento de construcción

5.2.1 *Elementos de construcción.* En la siguiente tabla se presenta cada parte realizarte en la construcción del elevador hidráulico con el material usado.

**Tabla 2-5:** Sistema de construcción del elevador hidráulico

SISTEMAS		ELEMETOS	CANTIDAD	MATERIAL/MODELO
Sistema estructural	Tijeras de elevación.	Perfil canal U 200x80x8 mm	4	Acero estructural A-36
		Encajonado y refuerzo.	2	Plancha de acero estructural A-36 4x8 en 10mm
		Bocines de 50x75x 90 mm	2	Acero ASTM -
		Bocines de 50x95x 95 mm	4	Acero ASTM A-36
		Bocines de 50x105x 190 mm	4	Acero ASTM A-36
	Carrileras	Perfil canal U 150x80x12.	4	Acero estructural A-36
		Bocines de 50x105x 65 mm	4	Acero ASTM A-36
		Apoyos de desgaste.	3	Platina de acero estructural A-36 2 x 1/4
	Tolva	Perfil canal U 100x50x6	5	Acero estructural A-36
		Cubierta del contenedor tolva	8	Plancha acero liza ASTM A-36 (3mm)
Sistema de alimentación, contenedor del producto y vaciado		Sujeción de la tolva para el volteo	1/2	½ Plancha de acero ASTM A-36 de 15mm
		Base para actuadores hidráulicos.	1/4	¼ Plancha de acero ASTM A-36 de 10 mm
		Cola de pato de la tolva	1	Plancha acero liza ASTM A-36 (3mm)
Sistema de transporte y dirección del elevador hidráulico.		Tubo cedula 80	1	2,4 m de tubo ASTM A-36
		Frontal delantero.	1	Perfil Canal U 200x50x8 acero estructural A-36
		Puntas ejes de manzana.	4	Acero estructural A-36
		Aros y Llantas RIN 15	4	Normalizado.
		Manzanas de 6 pernos.	4	Normalizado.
		Terminales de punta para dirección.	4	Normalizado.
		Tiro de conexión maquina tractor.	1	2,5 m canal U 200x50x8 en acero estructural A-36



**Tabla 2-5:** (Continuación) Sistema de construcción del elevador hidráulico

Sistema hidráulico.	Manguera hidráulica de 1/2	2	6,5 m de manguera
			1,6 m de manguera
			1,2 m de manguera
			0,25 m de manguera
		1	7 m de manguera
	Neplos de 1/2 x 1/2	18	Normalizado
	Te hidráulica de 1/2 x 1/2 en 90°	2	Normalizado
	Adaptador 3/4 x 1/2 en 90°	2	Normalizado
	Adaptador 1/2 x 1/2 en 90°	2	Normalizado
	Bushing 3/4 x 1/2	2	Normalizado
	Acople rápido machos.	2	Normalizado
	Cilindro hidráulico 7 in.	2	Normalizado
	Cilindro hidráulico telescópico 4in.	2	Normalizado
Aceite hidráulico	3	Canecas	
Sistema de anclaje Y funcionamiento al tractor agrícola.	Acoples rápidos hembras.	4	Específicos del tractor agrícola.
	Anclado y desensamble del elevador.	1	Perno 3/4 por 4 in
	Anclado de mangueras hidráulicas.	3	Platina de 3/4 x 1/8
	Pasadores	2	Eje macizo 1 1/4 in x 0,2 m

Fuente: autores

### 5.2.2 Tiempos de construcción de la máquina

En la siguiente tabla se especifica cada sistema, elemento, operación y los tiempos de construcción del elevador hidráulico.

**Tabla 3-5:** Tiempos en la construcción del elevador hidráulico

SISTEMAS	ELEMENTOS	OPERACIONES	TIEMPO (DÍAS)
Sistema elevación.	Tijeras de elevación	Limpieza y fondeado.	1 día
		Toma de medidas.	½ día
		Trazado.	
		Corte.	1 día
		Soldadura.	1 día
		Pulido.	¼ día
		Corte de centros.	½ día
		Pulido y biselado	½ día
Sistema elevación.	Matriz de centros.	Eje 2 in x 0,2 m	¼ día
		Centrado	¼ día
		Soldadura	¼ día
		Montado de bocines.	¼ día
	Bocines de tijeras.	Refrenado	½ día
		Centrado	½ día
		Soldadura	3 días
	Refuerzo de tijeras.	Molde de cartón.	¼ día
		Trazado y cortado.	½ día
		Pulido	½ día
		Soldado	2 días
	Encajonado de las tijeras.	Medir y cortar	½ día
		Soldadura	4 días
Pulido		1 día	
Carrileras.	Carrilera inferior.	Lijado y fondeado.	1 día
		Toma de medidas.	½ día
		Cortes.	1 día
		Centrado de bocines.	½ día
		Soldadura.	1 día
	Carrilera superior.	Toma de medidas.	½ día
		Cortes.	1 día
		Centrado de bocines.	½ día
		Soldadura.	1 día
Tolva	Medición y Doblado.	1 días	
	Limpieza y fondeado.	1 días	
	Cortes.	1 día	
	Soldadura	3 días	

**Tabla 3-5:** (Continuación) Tiempos en la construcción del elevador hidráulico

Sistema de alimentación del fruto a la tolva y vaciado	Estructura de la tolva.	Limpieza y fondeado.	½ día		
		Corte	½ día		
		Montaje.	½ día		
		Soldadura.	2 días		
	Piso de la tolva.	Medición y Doblado.	1 días		
		Limpieza y fondeado.	1 días		
		Centrado y Cortes.	1 día		
		Soldadura.	2 días		
		Pulido.	½ día		
		Gratado.	¼ día		
		Fondeado.	½ día		
		Refuerzo laterales.	½ día		
	Sistema hidráulico.	Sistema de elevación	Cilindros hidráulicos.	Desarmar	½ día
				Inspeccionar	½ día
Compra y remplazo de orines.				1 día	
Base para cilindros.			Montaje	1 día	
			Molde y ubicación.	½ día	
			Corte	½ día	
			Pulido	½ día	
Eje base para el cilindro			Montaje	1 día	
			Compra y Trazado	½ día	
			Maquinado.	½ día	
			Bases rotatorias.	½ día	
Sistema de volteo			Base del vástago.	Chaflanado de las bases.	½ día
		Reforzado de dos bases		1 día	
		2 Placa base.		½ día	
	Soldadura.	½ día			
	Base del cilindro.	Montaje	1 día		
		Reforzado de dos bases	1 día		
		Perforado	½ día		
Conexiones hidráulicas.	2 Cilindros grandes de 7 in.	Ubicación y solado	1 día		
		Conexión de las entradas	½ día		
		Conexión de las salidas.	½ día		
		Conexión a las te	¼ día		
		Conexión al tractor agrícola	½ día		

**Tabla 3-5:** (Continuación) Tiempos en la construcción del elevador hidráulico

Conexiones hidráulicas.	2 cilindros pequeños de 4 in.	Acoples		½ día
		Mangueras.		¼ día
		Protector de mangueras.		½ día
		Conexión al tractor agrícola.		½ día
Etapa final	Fondeado	Lijado	¼ día	
		Fondo	¼ día	
	Pintura.	Pintado.	1 día	
<b>TIEMPO TOTAL EN DIAS.</b>				<b>63 días</b>

Realizado por: Autores

### 5.3 Montaje del elevador hidráulico

En el montaje del elevador se hace de acuerdo a los tiempos establecidos por cada sistema o partes terminadas del elevador.

5.3.1 *Montaje del sistema estructural.* En el sistema estructural consta de las tijeras de elevación, carrileras y la tolva.

**Tabla 4-5:** Montaje del sistema estructural

<b>MONTAJE DEL SISTEMA DE ELEVACION</b>		
<b>SISTEMAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIEMPO (DÍAS)</b>
Tijeras.	Pasadores y correderas del sistema.	2 días
	Ensamblés del sistema para elevación.	2 días
Carrileras	Ensamble, perforado y soldadura del sistema	2 días
	Ensamble de las dos carrileras con las tijeras.	1 día
Tolva	Montaje de la tolva	2 día
<b>SUBTOTAL</b>		<b>9 días</b>

Realizado por: Autores

5.3.2 *Montaje de la tolva de alimentación y vaciado.* En el sistema de recepción del fruto se considera los diferentes elementos utilizados como un solo cuerpo donde se recopila el fruto.

**Tabla 5-5:** Montaje del sistema de recepción del fruto

<b>MONTAJE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN, CONTENEDOR Y VASEADO</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIEMPO (DÍAS)</b>
Subir las planchas a la dobladora.	1 día
Ensamble de las planchas.	2 días
Sujeción de piso y reforzado.	2 día
Colocación del piso.	1 día
Salida del fruto por la cola de pato.	2 día
<b>SUBTOTAL</b>	<b>8 días</b>

Realizado por: Autores

5.3.3 *Montaje del sistema hidráulico.* En el sistema hidráulico se debe tomar en cuenta la longitud de las mangueras y las conexiones para que la presión llegue al mismo tiempo a los dos actuadores tomando en cuantas los siguientes puntos.

**Tabla 6-5:** Montaje del sistema hidráulico

<b>MONTAJE DEL SISTEMA HIDRÁULICO.</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIEMPO (DÍAS)</b>
Mantenimiento de los cilindros hidráulicos.	2 día
Ubicación de los cilindros hidráulicos.	½ día
Montaje del eje de cilindro.	½ día
Montaje de las placas soporte del vástago	1 día
Conexiones hidráulicas de entrada y salida.	1 día
Conexiones hidráulicas al tractor agrícola.	1 día
Conexiones hidráulicas de entrada a cilindro telescópico.	½ día
Conexión hidráulica al tractor agrícola	½ día
<b>SUBTOTAL</b>	<b>7 días</b>

Realizado por: Autores

5.3.4 *Tiempo de construcción y montaje del elevador.* Mediante la tabla y el análisis de tiempos de construcción y montaje de los elementos de la maquina tenemos el tiempo final del elevador.

**Tabla 7-5:** tiempo de construcción y montaje del elevador

DESCRIPCIÓN	TIEMPO (DÍAS)
Tiempo de construcción	63 días
Tiempo de montaje	24 días
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>87 días</b>

Realizado por: Autores

El tiempo de construcción y montaje de los diferentes sistemas del elevador hidráulico para la cosecha de palma africana es de 87 días aproximadamente (3 meses).

#### 5.4 Pruebas de funcionamiento del elevador hidráulico

Para realizar el protocolo de pruebas de funcionamiento se debe tomar en cuantas ciertas condiciones como las que se muestran en la tabla.

**Tabla 8-5:** Protocolo de pruebas del elevador hidráulico

Tipos	Descripción	
<b>Pruebas preliminares</b>	Establece la viabilidad del principio de funcionamiento	Cualitativo
		Simulaciones virtuales
		Prototipos y pruebas preliminares
<b>Pruebas de durabilidad</b>	Asegura la calidad del producto	Ensayos de fatiga
		Ensayos de desgaste
		Ensayos de corrosión
		Ensayos de maniobras
<b>Pruebas de fabricabilidad</b>	Confirma el funcionamiento adecuado de los procesos de fabricación	Inicio de la preserie
		Dimensión de la preserie
		Homologación y variantes

Fuente: (RIBA ROMEVA, 2002)

##### 5.4.1 Plan de pruebas de funcionamiento

El plan de pruebas de funcionamiento se aplica para la verificación del buen funcionamiento del elevador hidráulico, para de esta manera cumplir con los objetivos planteados, ya sea la prueba en vacío y a plena carga, para lo cual se espera resultados aceptables.

5.4.1.1 *Pruebas en vacío.* Se verifica la funcionalidad en vacío conectando el sistema hidráulico al tractor agrícola una vez llenado el cilindro de aceite hidráulico empezara la transmisión de fuerza del tractor hacia los cilindros y este pasara al sistema de elevación.

**Tabla 9-5:** Datos de elevación y volteo en vacío

<b>Elevación en vacío.</b>	
Tiempo de subida.	2 min.
Tiempo de volteo.	2 min.
Tiempo de bajada.	1 min.

**Realizado por:** Autores

El tiempo total del proceso de elevación y volteo y viceversa es de 5 a 6 minutos aproximadamente satisfaciendo la necesidad del cliente.

5.4.1.2 *Pruebas a plena carga.* Para nuestro caso la prueba se la realiza en la hacienda FUSAKATAN CIA. LTDA. Siendo trasladado el elevador hidráulico con un tractor agrícola hacia los sembríos de palma donde se receptará el fruto a la máquina para luego elevar y voltear al transporte que llevará el fruto hacia la planta procesadora de palma africana.

**Tabla 10-5:** Datos obtenidos a plena carga

<b>ARRANQUE A PLENA CARGA</b>	
Tiempo de cargado	10 min
Tiempo de parqueo.	3 min
Tiempo de elevación	2 min
Tiempo de volteo	2 min
Tiempo de bajada.	3 min

**Realizado por:** Autores

Uno de los factores es el tiempo de demora en el proceso de cosechado, que se optimiza con el elevador llegando a 20 minutos aproximadamente en todo el proceso con lo cual la máquina esta lista para un nuevo cargamento, satisfaciendo la necesidad del cliente, obteniendo un fruto fresco con un mayor flujo de cosecha dela palma africana en las procesadoras industriales.

5.4.1.3 *Prueba de funcionamiento de transporte y dirección.* Para la prueba de funcionamiento del sistema de dirección se implementó un sistema de pines y bocines que es utilizado en la industria camionera lo cual es guiado por el tiro de la máquina que está anclado al tractor agrícola, estas son direccionadas a través de barras macizas al sistema de eje-rueda para tener facilidad de transporte del elevador.

**Tabla 11-5:** Prueba del sistema de dirección

Sistema de dirección	
Giro igual	si
Angulo	45 °
Arrastre	mínimo

Realizado por: Autores

## 5.5 Resultado de la prueba del elevador hidráulico con volteo

Una vez realizado las pruebas a plena carga se observa que el funcionamiento y desempeño de los sistemas que componen el elevador es satisfactorio con tiempos de trabajo rápidos, en la posterior tabla se indican los resultados de las pruebas realizadas con las observaciones de cada sistema analizado.

**Tabla 12-5:** Pruebas del elevador hidráulico

Sistema	Ruidos	Ningún problema	Observaciones
Carrileras		X	
Tijeras		X	
Tolva		X	
Volteo	X		Al rato de vaciar el fruto.
Cilindros hidráulicos.		X	



**Tabla 12-5:** (Continuación) Pruebas del elevador hidráulico

Elevador de tijeras.	X		Engrasar la carrilera
Tractor agrícola.	X		Al rato de trasportar.

Fuente: (TIRIRA SUÁREZ, y otros, 2014)

## 5.6 Comparación del cosechado a mano con el elevador hidráulico

Se realiza la comparación del cosechado de la palma con el levador hidráulico y con mano de obra del personal de la hacienda, donde que los trabajadores tienen que hacer bastante esfuerzo para elevar el fruto hacia los transportes camioneros, esto causa cansancio lo que puede causar enfermedades, además tenemos un lapso tardío en llegar a la extractora industrial, por otra parte con el elevador tenemos más eficiencia en el proceso de cosechado para el transporte del fruto.

**Tabla 13-5:** Comparación de parámetros

Parámetros	Mano de obra	Elevador hidráulico
Eficiencia	Bajo	Alto
Volumen de cosechado	Medio	Alto
Tiempo de cargado	1,5 hora	20 minutos
Mano de obra	Alto	Bajo

Realizado por: Autores

## 5.7 Verificación de los requerimientos

En la selección de alternativas se consideró el criterio de la empresa FUSAKATAN CIA. LTDA., la cual nos da los parámetros requeridos que necesitan como voz de usuario, mientras que el ingeniero lo traduce a criterios técnicos. Ya construido el elevador hidráulico y realizado las respectivas pruebas de funcionamiento es necesario determinar si ha cumplido con los establecidos en la matriz QFD.

### 5.7.1 Verificación de los requerimientos del cliente

Las condiciones puestas por parte del usuario se verifican en la siguiente tabla.

**Tabla 14-5:** Verificación de los requerimientos

Requerimientos del usuario	Cumple	No cumple
Dimensiones adecuadas	X	
Capacidad de 5 ton.	X	
Fácil mantenimiento.	X	
Llantas de transporte con dirección delanteras.	X	
Altura mínima de 3 m	X	
Costo de la máquina.		X
Maquina ligera.	X	
Descargue total de la fruta.	X	
Fácil operación.	X	
Sistema de elevación hidráulico eficiente.	X	

Fuente: (TIRIRA SUÁREZ, y otros, 2014)

### 5.7.2 Verificación del criterio del ingeniero

Los resultados se dan en la siguiente tabla con la observación en caso de existir.

**Tabla 15-5:** Verificación de la voz del ingeniero

Voz del ingeniero	Cumple	No cumple	Observaciones
Dimensiones del equipo.	X		
Volumen de almacenamiento	X		Capacidad de trabajo del elevador es de 7 toneladas.
Intercambiabilidad de elementos.	X		Sistema es desarmable.
Sistema de transporte con dirección.	X		
Sistema de elevación mínimo de 3000 mm	X		El sistema eleva hasta 3,6 m de altura.
Materiales del equipo.	X		
Peso de la máquina.	X		
Angulo de volteo.	X		Angulo de volteo de 60°
Ergonomía.	X		
Selección del sistema hidráulico.	X		Cilindros hidráulicos dado mantenimiento

Fuente: (TIRIRA SUÁREZ, y otros, 2014)

## CAPÍTULO VI

### 6 MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS

#### 6.1 Manual de operación

El manual de operación sirve para el mantenimiento, puesta en marcha, ensamblaje y conocerlos repuestos de la máquina que son necesarios, para que el operador tenga conocimiento y pueda manipular con mucha facilidad el equipo.

6.1.1 *Vista General del equipo.* Se tiene una vista donde se muestra todo el conjunto de la máquina para observar todos los componentes de la misma.



**Figura 1-6:** Elevador hidráulico con volteo

Realizado por: Autores

6.1.2 *Accesorios de equipo.* Se detallan todos los elementos que componen el elevador hidráulico con volteo y su respectivo funcionamiento para realizar el mantenimiento del equipo.

6.1.2.1 *Sistema de elevación.* Es el sistema que sirve para elevar el producto a una cierta altura y proceder a depositarlo en los baldes de los camiones, está construido con un material de acero ASTM A-36.



**Figura 2-6:** Sistema de elevación

Realizado por: Autores

Para realizar la elevación se debe realizar una lubricación al máximo de las carrileras de soporte con una grasa industrial que se puede encontrar en cualquier ferretería para garantizar un desplazamiento ligero de las tijeras elevadoras, se realiza un mantenimiento preventivo de los cilindros hidráulicos para evitar el daño de la máquina.

6.1.2.2 *Sistema de volteo.* Este sistema cumple la función de depositar el fruto en los baldes de los camiones con un ángulo de volteo de  $60^\circ$  garantizando que todo el producto se deseche de la tolva, está construido con un material de acero ASTM A-36.



**Figura 3-6:** Sistema de volteo

Realizado por: Autores

Para el volteo se realiza un mantenimiento preventivo de los cilindros hidráulicos para evitar cualquier daño y su funcionamiento sea el adecuado, garantizando el correcto desempeño de la máquina.

## 6.2 Características del elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana

En la siguiente tabla se detallan las características principales del elevador hidráulico.

**Tabla 1-6:** Características del elevador hidráulico

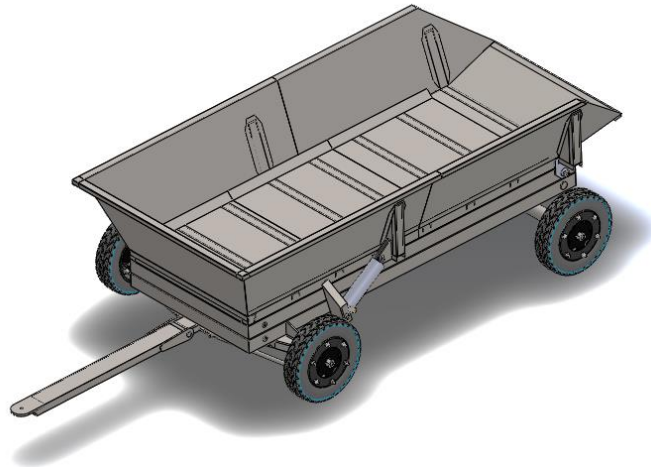
<b>Elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana</b>	
<b>Características generales</b>	Dimensiones generales: Altura de elevación: 3000 mm Atura en posición normal: 1540 mm Ancho de la máquina: 1600 mm Largo de la máquina: 4000mm
	Capacidad de carga: hasta 7 toneladas
	Material de construcción Acero estructural ASTM A-36
	Peso total de la máquina = 3221.02 kg
	Dos cilindros hidráulicos 7 in.
	Dos cilindros hidráulicos telescópicos de 4 in
	Mangueras hidráulicas con acoples rápidos.

Realizado por: Autores

## 6.3 Instalación del equipo

Para la instalación del elevador hidráulico se realiza en un lugar adecuado para su correcto funcionamiento por lo cual se recomienda:

- La instalación se realice un lugar que sea plano y no tenga mucha inclinación, puede ser en suelo o pavimento.



**Figura 4-6:** Instalación correcta del elevador hidráulico con volteo

**Realizado por:** Autores

- Conectar las mangueras hidráulicas del elevador al tractor agrícola respectivamente para un correcto funcionamiento.

6.3.1 *Requerimientos necesarios.* Para su correcto funcionamiento se toma en cuenta lo siguiente.


- Tractor con acoples rápidos.
- Tenga dos pares de acoples rápidos.
- La capacidad de la bomba adecuada según el usuario.

## **6.4 Instrucciones de operación**

Instrucciones básicas para realizar el proceso de operación del elevador hidráulico con un correcto funcionamiento y el operador los pueda manejar con mucha facilidad.

6.4.1 *Puesta en jornada.* Para realizar la puesta en marcha desde la conexión de las mangueras hasta el depósito de la fruta de palma a africana en los camiones se debe seguir el siguiente procedimiento.

**Tabla 2-6:** Puesta en marcha

<p>1. Depositar el fruto de palma africana en la tolva.</p>	
<p>2. Acoplar el elevador hidráulico con el tractor.</p>	
<p>3. Conectar las manqueras hidráulicas del elevador a la bomba hidráulica del tractor.</p>	
<p>4. Transportar hasta las vías principales</p>	



**Tabla 2-6:** (Continuación) Puesta en marcha

<p>1. Elevar la tolva mediante el control de los mandos hidráulicos.</p>	
<p>2. Volteo de la tolva con los controles de mandos hidráulicos.</p>	
<p>3. Descenso por gravedad del equipo.</p>	

**Realizado por:** Autores

6.4.2 *Limpieza del equipo.* Para mantener en buenas condiciones el elevador hidráulico con volteo y dure el tiempo de vida estimado se debe limpiar el equipo como se detalla en la siguiente tabla.



**Tabla 3-6:** Limpieza del equipo

<p>1. Esperar al que el elevador se encuentre en posición normal para el respectivo chequeo.</p>	
<p>2. Desenganchar el elevador hidráulico del tractor agrícola en alguna parte plana colocando obstáculos para evitar accidentes.</p>	
<p>3. Apagar el tractor agrícola y desconectar las mangueras hidráulicas ya que estas pueden estar con presión y puede ocasionar accidentes.</p>	
<p>4. Revisar averías y Limpiar la tolva para que no quede ningún residuo de palma africana.</p>	

Realizado por: Autores

*Nota:* Revisar periódicamente que las mangueras estén en buen estado, las mangueras en mal estado pueden ocasionar que el elevador tenga fugas de aceite hidráulico lo cual es perjudicial para la empresa. De la misma manera revisar los cilindros hidráulicos.

## 6.5 Manual de mantenimiento

El elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana requiere un manual de mantenimiento para prevenir daños en el equipo y alargar la vida útil.

En la siguiente tabla se detallan los procesos a realizar para el mantenimiento de los elementos principales del equipo.

**Tabla 4-6:** Manual de mantenimiento del equipo

Periodos de trabajo	Elementos principales						Trabajos a realizar
	Carrilera de soportes	Tijeras de elevación	Sistema hidráulico	Tolva	Sistema de dirección	Llantas	
D				X			Limpiar
	X						Aplicar grasa industrial
M		X		X		X	Verificar que se encuentren ajustado los pernos
T			X				Revisar que no exista daños en cilindros hidráulicos
			X				Limpieza del sistema hidráulico (mangueras)
					X		Alineación del sistema de dirección
A	X			X			Reparar si presenta deformación
			X	X		X	Cambiar si presenta grietas
		X					Corregir el daño si presenta alguna deformación

**Realizado por:** Autores

Donde:

D = Diario

M = Mensual

T = Trimestral

A = Anual

## 6.6 Peligros y medidas preventivas

Es esencial conocer los riesgos que se genera en rato del funcionamiento donde que las personas que operen el elevador hidráulico no sufran ningún daño.

Tienen que tomar ciertas recomendaciones, advirtiendo los riesgos que ocasionan en el proceso de funcionamiento que realiza el elevador.

### 6.6.1 Riesgos ergonómicos

Se da por la mala ubicación donde se requiere esfuerzo físico de la persona, En el caso del elevador hidráulico tenemos riesgos que se presenta al momento de subir el fruto en algún lugar no adecuado para la cosecha, para evitar esto se recomienda:

- Ubicación la maquina correcta al momento de cargar los frutos.
- Mantener una correcta postura al momento de levantar los frutos con los chuzos.
- Colocar los frutos lo más cercano para reducir esfuerzos.
- Al rato de elevar colocarse en una zona recta y firme para evitar accidentes.

### 6.6.2 Riesgo hidráulico

Se debe mantener las mangueras en buen estado revisando periódicamente al rato del funcionamiento por lo que estas podrían quedar remordidas en algún instante por descuido del maquinista.



**Figura 5-6:** Mangueras instaladas del elevador hidráulico

Realizado por: Autores

## 6.7 Análisis de costos del elevador hidráulico con volteo

Para verificar los costos en la realización del proyecto se enumera los siguientes sistemas estos pueden ser costos directos como indirectos.

**Tabla 5-6:** Partes del elevador hidráulico con volteo

Núm.	Descripción de la construcción
1	Sistema estructural
2	Sistema de dirección
3	Sistema de transporte
4	Tolva
5	Sistema de volteo

Realizado por: Autores

*Costos directos.* Son los que intervienen directamente en la construcción del elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana como son materiales, equipos, herramientas, mano de obra y transporte. (TIRIRA SUÁREZ, y otros, 2014)

*Costos de materiales.* Es la cantidad de material y dinero que se invirtió en el elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana, tanto sea en la parte mecánica como hidráulica la cual se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 6-6:** Costo de materiales

Implementos	Unidad	Cantidad	P. unitario USD	Subtotal USD
Perfil canal U (200x80x8)mm	mm <sup>2</sup>	4	114,36	457,45
Plancha (4X8 10)mm	mm <sup>2</sup>	1	196,92	196,92
Perfil canal U (150x80x12)mm	Kg	4	164,25	656,99
Plancha (2440x6100x15)mm	mm <sup>2</sup>	1	163,12	163,12
Plancha 4X8 3mm (1/8)"	mm <sup>2</sup>	8	60,41	483,3
Perfil canal U (100x50x6)mm	Kg	3	56,22	168,67
Platina (2 X1/4)in	mm <sup>2</sup>	2	20,42	40,84
Guaypes	U	25	0,11	2,75
Lijas # 50	U	5	0,56	2,8
Caneca de tiñer	L	3	33,6	100,8

**Tabla 6-6: (Continuación) Costo de materiales**

Discos de pulir	U	5	3,51	17,55
Fondo uniprime galón cóndor	Galón	3	33,5	100,5
Rodelas presión 1 in	U	32	0,28	8,96
Grasa	L	1	28	28
Disco de corte camel 7X1/16X7/8	U	2	56,25	112,5
0,20 Perforado 65*40 mm	U	1	23	23
0,63 Perforado 75*50 mm	U	1	51,5	51,5
Barra 75*50*90	mm^2	4	7.5	30
Barra 95*51*95	mm^2	4	20	80
Barra 95*51*68	mm^2	4	14	56
Tuerca 1 1/ F SM	U	5	3,25	16,25
Trasmisión 2 SAI	U	1	37	37
Trasmisión 2 1/2	U	1	57,99	57,99
75*60 mm Perforado	U	1	11,98	11,98
105*60 mm Perforado	U	1	75,9	75,9
Venta de acero 280 D=90*50	Kg	1	143,99	143,99
P. Rueda HD-L DEL 19*80 T41m	U	10	4,82	48,2
Barra de acero trasmisión 1 1/4	Kg	1	30	30
P. Rueda HD-L DEL 19*80 T41m	U	10	4,82	48,2
Polypack pulgada 4 1/2X5 1/5/8	U	2	23	46
Rascador flexible pulgada 4 1/2	U	2	14	28
Caucho redondo N70 Tipo 358	U	2	3	6
Porta o-ring N70 Tipo 246	U	2	4,24	8,48
Caucho redondo N70 Tipo 246	U	2	1,75	3,5
Faja pulgada negra 6*3/4	U	2	10	20
Faja pulgada negra 6*3/4 x1x1/8	U	2	14	28
Pines y bocines HD 97/05 30 mm	U	1	35	35
Terminales 3/4	U	4	22,4	89,6
Rodamiento 32 mm	U	2	23,24	46,48
Rodamiento 50 mm	U	2	28,56	57,12
Espárragos HD-R DEL 19x80 T41M	U	22	5,40	118.8
Tuerca rueda HINO L DEL TR81	U	7	1,76	12,32
Cilindros hidráulicos grandes	U	2	800	1600
Cilindros hidráulicos pequeños	U	2	650	1300
Manzanas camión	U	4	110	440
Llantas con aros	U	4	80	320

**Tabla 6-6:** (Continuación) Costo de materiales

Tubo CD:160 1,4M	Kg	1	250	250
Rollos de alambre MIG	Kg	9	35	315
<b>Subtotal (USD)</b>				<b>7975,46</b>

Realizado por: Autores

6.7.1.1 *Costo de equipos y herramientas.* Los costos de los equipos y herramientas utilizados en la construcción del elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma de detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 7-6:** Costo de equipos y herramientas

Descripción	Horas de equipo	Costo/Hora USD	Subtotal
Corte guill aut. hasta 10 mm	4	5,88	23,52
Oxicorte 6mm	5	2,06	30,91
Corte guill aut. hasta 3.0 mm	2	1,88	3,36
Serv. dobles aut. hasta 3.0 mm	4	13,3	53,2
Oxicorte 10mm	8	18,82	150,53
Oxigeno 6m3 AGA	6	15,68	94,08
Argón	75	5	375
Gas licuado de petróleo	20	0,5	10
<b>Subtotal</b>			<b>740,6</b>

Realizado por: Autores

*Costos de la mano de obra.* Los costos de la mano de obra se detallan en la siguiente tabla mediante el grado de especialización de cada operador y la hora de trabajo.

**Tabla 8-6:** Costos de la mano de obra

Actividad	Categoría	Horas de trabajo	Salario real/hora USD	Subtotal USD
Soldador especializado	C1	100	5	500
Ayudante en general	D2	720	2,85	2050

**Tabla 8-6:** (Continuación) Costos de la mano de obra

Hidráulico especializado	C1	600	1,17	703,36
Tornero	C1	50	5	250
<b>Subtotal</b>				<b>3503,36</b>

Realizado por: Autores

*Costo por transporte de materiales.* Para la construcción del elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana se utilizó un promedio de 100 USD en toda la obra.

*Costo total directo.* Es la suma de todos los costos, como son: de materiales, equipos, herramientas, mano de obra y transporte.

**Tabla 9-6:** Costo total directo

Costos directos	Total USD
Materiales	7975,46
Equipos y herramientas	740,6
Mano de obra	3503,36
Transporte	100
<b>Costo total directo</b>	<b>12319,42</b>

Realizado por: Autores

*Costos indirectos.* Se refiere a toda la parte de ingeniería que se aplicó en el proyecto como es: la investigación y el diseño de cada uno de los elementos del elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana.

**Tabla 10-6:** Costos indirectos

Costos de ingeniería	Tiempo (Horas)	Costo Unitario USD	Costo Total USD
Investigación	40	7,4	296
Diseño	50	12	600
<b>Total Costos Indirectos</b>			<b>896</b>

Realizado por: Autores

*Costo Total.* Es toda la inversión económica que se realizó al desarrollar los componentes de la máquina y su respectiva investigación.

**Tabla 11-6:** Costo total de la máquina

Costo de la máquina	Precio total USD
Directos	12319,42
Indirectos	896
<b>Costo Total</b>	<b>13215,42</b>

Realizado por: Autores

La inversión total del elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana es de 13215,42.

## 6.8 Rentabilidad del equipo

*Depreciación.* Determina la vida útil del equipo. Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles 10 % o 10 años. (MAURICIO, TIRIRA SUÁREZ LENIN & Previa, 2014)

*Causas de la depreciación.* Las principales causas son por la duración física del activo y duración económica del activo.

La duración física del activo es causada por los siguientes aspectos:

- Desgaste.
- Agotamiento.
- Envejecimiento.

La duración económica del activo es causada por los siguientes aspectos:

- Envejecimiento técnico.
- Explotación por el tiempo limitado.
- Envejecimiento económico.

*Valor de salvamento.* Es el valor que tendrá la empresa al culminar con el tiempo de vida útil. La vida útil de equipos y maquinaria es de 10 años, para el diseño de la máquina



secadora automática para cacao se tomará una vida útil de 8 años aproximadamente. (TIRIRA SUÁREZ, y otros, 2014)

Para la resolución se requiere la siguiente ecuación:

$$V_{Salvamento} = V_{Inicial} - \frac{V_{Inicial} * n_u}{N} \quad (30)$$

Donde:

$V_{Salvamento}$  = Valor de salvamento [USD].

$V_{Inicial}$  = Valor del costo inicial de la máquina [USD].

$n_u$  = Tiempo de vida 8 años.

$N$  = Tiempo de depreciación en 10 años.

Remplazamos en la ecuación:

$$V_{Salvamento} = 13215,42 - \frac{13215,42 * 8}{10}$$

$$V_{Salvamento} = 13215,42 - 10572,34$$

$$V_{Salvamento} = 2643,08 \text{ USD}$$

*Cálculo de la depreciación.* Para realizar la depreciación tenemos en cuenta los siguientes aspectos.

- Tiempos en años.
- Vida útil.
- Capacidad de producción.

*Método de depreciación.* Una vez obtenido la depreciación realizamos los siguientes métodos de cálculos.

*Método de la línea recta.* Se trata de un método confiable, para el cálculo necesitamos la siguiente formula.

$$D_{anual} = \frac{V_{Inicial} - V_{Salvamento}}{N} \quad (31)$$

Donde:

$D_{Anual}$  = Depreciación anual [USD].

$V_{Inicial}$  = Valor del costo inicial [USD].

$V_{Salvamento}$  = Valor de salvamento [USD].

$N$  = Tiempo de depreciación en 10 años.

$$D_{anual} = \frac{13215,42 - 2643,08}{10}$$

$$D_{anual} = 1057,23 \text{ USD}$$

La máquina tiene una depreciación a los 10 años y en la siguiente tabla se muestra los valores anuales de cada depreciación.

**Tabla 12-6:** Depreciación del elevador hidráulico con volteo

Año	Depreciación anual USD	Depreciación acumulada USD	Valor anual USD
0	0	0	13215,42
1	1057,23	1057,23	12158,19
2	1057,23	2114,46	11100,96
3	1057,23	3171,69	10043,73
4	1057,23	4228,92	8986,5
5	1057,23	5286,15	7929,27
6	1057,23	6343,38	6872,04
7	1057,23	7400,61	5814,81
8	1057,23	8457,84	4757,58
9	1057,23	9515,07	3700,35
10	1057,23	10572,3	2643,12

Realizado por: Autores

*Cálculo de ingresos:* La producción de cada mes se la realiza mediante la siguiente ecuación:

$$P_m = P_t * P_h * D_t \quad (32)$$

Donde:

$P_m$  = Producción mensual.

$P_t$  = Periodo de trabajo 6 h/día.

$P_h$  = Producción 5 t/h (t = Toneladas).

$D_t$  = Días al mes 22 días.

$$P_m = \frac{6h}{dia} * \frac{5t}{h} * \frac{22 dias}{mes}$$

$$P_m = \frac{660t}{mes}$$

La producción anual de la cosecha de palma africana es:

$$P_a = \frac{660t}{mes} * \frac{12 meses}{1 año} \quad (33)$$

$$P_a = \frac{7920t}{año}$$

El coto de la tonelada de palma africana en el mercado es:

$$C_{palma\ africana} = \frac{105\ USD}{t}$$

El ingreso total por la venta de la palma africana en el año es:

$$I_{palma\ africana} = \frac{831600\ USD}{año}$$

*Cálculo de egresos.* Se tiene en cuenta los costos de mantenimiento, operación de la máquina y combustible.

*Costos por operación y mantenimiento de la máquina.* En la siguiente tabla detallamos todos los costos que se necesitan para el mantenimiento de la máquina y su respectiva operación.

**Tabla 13-6:** Costos por operación y mantenimiento de la máquina

Detalle	Cantidad	Costo Unitario USD	Total USD
Operador	6	386	2316
Mantenimiento de la máquina	1	125	125
<b>Total costo mensual</b>			<b>2441</b>

Realizado por: Autores

El costo anual de la operación y mantenimiento del equipo es 2441 USD.

*Costo materia prima.* El costo de la materia prima en el Ecuador por tonelada se encuentra a 100 USD, la producción al mes es de 500 toneladas.

$$C_{palma\ africana} = \frac{100\ USD}{t} \quad (34)$$

$$C_{anual} = 600000\ USD$$

*Costo del combustible.* El combustible que se utiliza para poder movilizar el elevador hidráulico con volteo es diésel que tiene un costo en Ecuador de 1,03 USD por cada galón.

Al mes se ocupa 50 galones lo que tiene un costo de:

$$C_{Combustible} = \frac{51,5\ USD}{mes}$$

El costo anual del combustible es:

$$C_{Combustible} = \frac{618\ USD}{año}$$

Los costos totales de los egresos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 14-6:** Costos totales egresos

<b>Egresos Anuales</b>	<b>Costos USD</b>
Operación y mantenimiento	29292
Costo materia prima	600000
Combustible	618
<b>Egreso total anual</b>	<b>629910</b>

Realizado por: Autores

*Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).* Analiza si el proyecto es viable, si se tiene un valor alto del TIR es aceptable caso contrario toca desechar el proyecto.

El tiempo de evaluación del proyecto es de 1 año, consideramos los siguientes datos:

**Tabla 15-6:** Datos para evaluar el TIR

<b>Datos</b>	<b>Valor USD</b>
Ia= Ingreso anual	831600
Sa = Salvamento (n = 1)	12158,19
P= Inversión Inicial	13215,42
Da = Depreciación anual	1057,23
Ea = Egreso anual	629910

Fuente: (TIRIRA SUÁREZ, y otros, 2014)

La evaluación se la realiza para 1 año.

Calculamos el valor actual neto (VAN) para realizar después el valor del TIR para ver si nuestro proyecto es aceptable.

$$VAN = VAI - VAE \quad (35)$$

Donde:

$VAI$  = Valor actual de ingresos [USD]

$VAE$  = Valor actual de egresos [USD]

$$VAN = Ia * \frac{P}{A}, i\%, n * + Sa * \frac{P}{F}, i\%, n - P - Da * \frac{P}{A}, i\%, n - Ea * \frac{P}{A}, i\%, n \quad (36)$$

Para determinar la cantidad única, es decir el valor presente  $\frac{P}{F}$  se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{P}{F}, i\%, n = \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (37)$$

En la serie uniforme, el valor presente  $\frac{P}{A}$  la formula a utilizar es:

$$\frac{P}{A}, i\%, n = \frac{(1 + i)^n - 1}{(1 + i)^n * i} \quad (38)$$

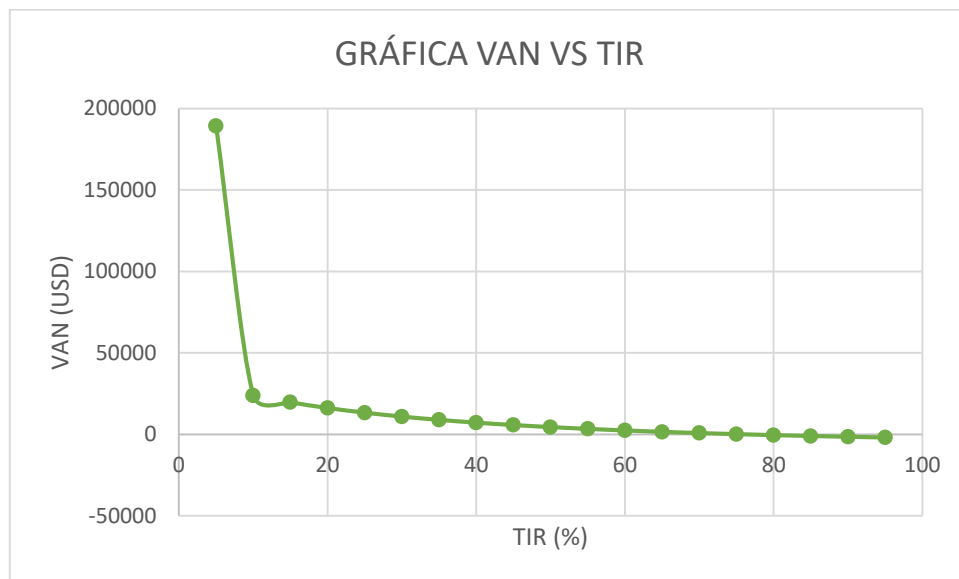
En la tabla se muestra los valores del VAN en función del interés.

**Tabla 16-6:** Valores del VAN para diferente valor de interés

Interés %	VAN (USD)
5	189442.6371
10	24025.7505
15	19745.38019
20	16258.33439
25	13384.08063
30	10989.32805
35	8974.276432
40	7263.227774
45	5798.072883
50	4533.704856
55	3434.744656
60	2473.173224
65	1626.598524
70	876.9729919
75	209.6342929
80	-387.4192078
85	-924.0808083
90	-1408.560275
95	-1847.71326

Realizado por: Autores

Con los valores analizados y obtenidos se obtiene el siguiente grafico donde se muestra el VAN en función del TIR.



**Gráfico 1-6: VAN vs TIR**

Realizado por: Autores

Para realizar el análisis TIR se toma valores del VAN (+) y VAN (-) el cual se observa que esta entre 60% y 65%, lo realizamos mediante la siguiente fórmula.

$$TIR = i \% menor + \Delta \% * \frac{VAN (+)}{VAN (+) + VAN(-)} \quad (39)$$

$$TIR = 60 \% + 5 \% * \frac{209,63}{209,63 + 387,42}$$

$$TIR = 61,78 \%$$

*Análisis de resultados.* Se relaciona la tasa interna de retorno con el interés efectivo que otorga la Corporación Financiera Nacional (CFN).

Para la aceptación del proyecto se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si  $TIR < i \%$  El proyecto no es aceptable.

- Si  $TIR = i$  % El proyecto no muestra preferencia entre lo uno ni lo otro.
- Si  $TIR > i$  % El proyecto es aceptable.

La tasa de interés anual por parte de la Corporación Financiera Nacional es el  $i = 12$  % para un periodo de 1 año. El TIR obtenido es de 61,78% lo cual es mayor al 12% del interés efectivo del banco, en nuestro caso el proyecto es viable para su realización.



## CAPÍTULO VII

### 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones

Se construyó el elevador hidráulico con volteo para la cosecha de palma africana y como primer factor fundamental se observó que el sistema de elevación mediante los cilindros hidráulicos funcionó correctamente basándose en las pruebas de funcionamiento en vacío y a plena carga.

Se construyó y se hizo las pruebas de funcionamiento del elevador hidráulico con volteo y se determinó que cumple con los requerimientos planteados mejorando el proceso de cosechado de palma africana en la hacienda FUSACATAN.

Mediante el estudio bibliográfico se determinó las características de la palma africana, tiempos del cosechado de cada parcela, como también la metodología empleada para la cosecha del fruto a nivel nacional y mundial.

Con las pruebas de funcionamiento realizadas se observa que el cosechado del fruto y transporte hacia la procesadora de palma africana se hace en menor tiempo, optimizando las propiedades del fruto al rato de procesarlo.

En el proceso de diseño se elaboró la matriz QFD (Casa de la calidad), donde se cumplió con la voz del usuario y los requerimientos técnicos del ingeniero, tomando en cuenta la matriz morfológica con tres soluciones obteniendo el mejor diseño que en nuestro caso es la alternativa tres donde cumple todas las especificaciones.

Para el diseño de la estructura, tolva y elementos mecánicos que conforman el elevador hidráulico se emplearon fórmulas de diseño, catálogos para la selección de componentes hidráulicos y el uso de software como el ANSYS donde se realizó un análisis estático del elevador y ADAMS para encontrar dinámicamente la fuerza necesaria en los cilindros hidráulicos.

Se realizó la simulación en el software MSC ADAMS verificando el sistema de elevación que no hay ninguna interferencia de elementos y se comprobó la fuerza necesaria en los cilindros hidráulicos tanto como de elevación y volteo para la capacidad requerida.

Se modeló todo el sistema en el software SolidWorks para garantizar que los sistemas a construir no colapsen durante las pruebas de funcionamiento y obtener los planos del elevador hidráulico para la construcción.

El prototipo del elevador hidráulico con volteo funciona sin inconvenientes en la prueba de funcionamiento sometido a la máxima carga del fruto de palma africana, notándose que el tractor agrícola funciona sin inconvenientes en el instante de transmitir la presión mediante el aceite hidráulico hacia los cilindros.

Se verificó en el software MSC ADAMS el sistema de dirección funcionó correctamente gracias al frontal con puntas ancladas a las barras de dirección las cuales brindan facilidad para el transporte del elevador hidráulico y evitar que las llantas se arrastren al momento de curvar determinando una velocidad máxima de 35 km/h para evitar el volcamiento.

Mediante las pruebas de funcionamiento se verificó que los sistemas de elevación y volteo funcionan correctamente garantizando mayor rendimiento en el proceso de cosechado y transporte hacia los camiones.

La prueba de funcionamiento se realizó tanto en vacío como a plena carga verificando que los elementos diseñados y seleccionados funcionan correctamente. Además, se sobrecargó con 7 toneladas de fruto de la palma africana en la máquina y se observó que el sistema sigue funcionando correctamente, esto nos garantiza la confiabilidad del equipo.

## **7.2 Recomendaciones**

Se recomienda que el operador revise el manual de mantenimiento del elevador hidráulico para alargar la vida útil del equipo.

Apagar el tractor agrícola al instante de hacer las conexiones hidráulicas por que los acoples rápidos podría estar cargados con presión. Después del funcionamiento debe de aliviar la presión de las mangueras de la misma manera.

Revisar que no existan fugas en las mangueras hidráulicas y estén conectadas a los mandos correctos para garantizar su funcionamiento correcto del equipo.

Engrasar a menudo las carrileras para evitar el desgaste de las superficies en contacto y alargar la vida útil del elevador hidráulico.

Se recomienda realizar pruebas de transporte a plena carga analizando el sistema de dirección para garantizar la estabilidad y mejorar el diseño del elevador hidráulico.

## BIBLIOGRAFÍA

**Africana, Cultivo de palma.** *Cultivo de palma africana*. [En línea] 25 de 11 de 2011. [Consultado el: 12 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://cultivodepalmaafricana.blogspot.com/2011/11/tipos-de-palma-africana-de-aceite.html>.

**Baena, Carlos.** *SlideShare*. [En línea] 22 de 08 de 2013. [Consultado el: 16 de Abril de 2017.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/carlosbaena95/sistema-hidraulico>.

**Catalogo Tecnicos, S., & Sur, D. E. L.** (n.d.). Cilindros hidráulicos. pág. 3,6.

**Cervera Ruiz, Blanco Díaz, Miguel, Elena.** *Mecánica de estructuras*. 2a. ed. : Universitat politècnica de catalunya, SL, 2004. pág. 11.

**Cervera, Víctor Escalante.** *Diseño de estructuras metálicas*. 3a. ed. s.n., 2003. pág. 4.

**Diario, el.** El diario. *El diario manabita de libre pensamiento*. [En línea] 24 de 09 de 2011. [Consultado el: 19 de mayo de 2017.] Disponible en: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/202402-la-vida-de-la-palma-africana/>.

**Edward Shigley, Joseph Uicker, Joseph, Jhon.** *Teoría de máquinas y mecanismos*. México D.F. : McGRAW-HILL, 2001. pág. 1.

**Eutopia.** *Eutopia*. [En línea] 10 de 2011. [Consultado el: 25 de Febrero de 2017.] Disponible en: <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/3980/1/RFLACSO-E02-02-Potter.pdf>.

**Fontanilla, C., Nieto, d., & Urueta, j.** Consideraciones sobre el transporte de fruto de palma de aceite en la Zona Norte de Colombia. *Revista Palmas*, 36(1), pág. 41–53.

**Giancoli, Douglas c.** *Física principios con aplicaciones*. 3a. ed. México : Prentice hall hispanoamericana, S.A., 1994. pág. 25.

**Hamrock, Bernard J.** *Elementos de máquinas*. México : s.n., 2000. pág. 3.

**Manual de Hidráulica Industrial - Vickers.pdf.** [En línea] (n.d.) [Consultado el: 10 de agosto de 2016.],pág. 4,6.

**Macgrawhil, Schaum.** *Mecánica de fluidos e hidráulica* . 2009. pág. 18.

**Mataix, Claudio.** *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. 2a. ed. Madrid : Ediciones del castillo, S.A., 1986. pág. 58.

**Mauricio, Tirira Suárez Lenin, C. M. D. O., & Previa, T. D. G.** (2014). Chimborazo, 1, 175.

**Mccormac.** *Diseño de estructuras de acero*. 2a. ed. México D.F. : Alfaomega grupo editor s.a., 2002. pág. 38.

**Mosquera, J.** SlideShare. [En línea] 22 de 10 de 2011. [Consultado el: 14 de Julio de 2017.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/jemosquera/fundamentos-bsicos-de-sistemas-hidraulicos-9837065>.

**MIngorance, F., Minelli, F., & Le Du, H.** (2004). *El cultivo de la palma africana en el chocó. Suippcol, 1*, 7–160.

**Myszka, David H.** *Máquinas y Mecanismos*. 4a. ed. Mexico : Pearson educación, 2012. págs. 1,2.

**Nekrasov, B..** *hidráulica*. 3a. ed. modificada. MOSCU : MIR, 1968. pág. 376.

**Norton, Robert L.** *Diseño de maquinaria*. 4a. ed. México : s.n., 2009.

**Oleofinos.** *oleofinos*. [En línea] 2010. [Consultado el: 05 de Febrero de 2017.] Disponible en: [http://palma.aceitescomestibles.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103:la-palma-africana-aceita-a-varias-provincias-de-ecuador&catid=36:noticias&Itemid=29](http://palma.aceitescomestibles.com/index.php?option=com_content&view=article&id=103:la-palma-africana-aceita-a-varias-provincias-de-ecuador&catid=36:noticias&Itemid=29).

**Parreño, Carlos David Gavilanes.** *La palma africana y sus características*. [En línea] Abril de 2012. [Consultado el: 26 de Octubre de 2017.] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/5170/1/T-ESPEL-0908.pdf>.

**Riba Romeva, Carles.** *Diseño concurrente*. Barcelona : s.n., 2002. ISBN: 84-8301-598-6.

**Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett - Shigley.** *Diseño en ingeniería mecánica*. 8a. ed. 2008. págs. 4,5.

**Solé, Antonio Creus.** *Neumática e Hidráulica*. s.l. : Marcombo,s.a, 2007.

**Tecnologuía, Agronegocios y.** *Agr y tec.com. Agr y tec.com*. [En línea] 2010. [Consultado el: 15 de Diciembre de 2017.] Disponible en: [http://agrytec.com/agricola/index.php?option=com\\_content&id=3468:palma-africana-en-el-ecuador&Itemid=43](http://agrytec.com/agricola/index.php?option=com_content&id=3468:palma-africana-en-el-ecuador&Itemid=43).

**Tecnología y logística del transporte de frutos y aceite de palma : La experiencia del grupo Agropalma** *Technology and logistics for palm oil and fruit transportation developed by the agropalma group*. [En línea] (2010), [Consultado el: 10 de agosto de 2016.] pág. 31, 9–18.

**Tirira Suárez, Lenin Mauricio y Castro Macas, Diego Orlando.** *Diseño y construcción de una máquina despulpadora de frutas*. [En línea] 2014. [Consultado el: 10 de agosto de 2016.] Disponible en: <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/3715/1/15T00586.pdf>.