



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MÁQUINA PARA REALIZAR ENSAYOS DE TRACCIÓN EN CUERDAS DE FIBRAS SINTÉTICAS”

**BUÑAY GUALANCAÑAY ÁNGEL FABIÁN
MOROCHO LEÓN CARLOS FERNANDO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2015**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2015-05-20

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**BUÑAY GUALANCAÑAY ÀNGEL FABIÀN
MOROCHO LEÓN CARLOS FERNANDO**

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MÁQUINA PARA REALIZAR
ENSAYOS DE TRACCIÓN EN CUERDAS DE FIBRAS SINTETICAS”**

Sea aceptada 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. Miguel Aquino Arroba
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Juan Pérez Pupo
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: BUÑAY GUALANCAÑAY ÁNGEL FABIÁN

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MÁQUINA PARA REALIZAR ENSAYOS DE TRACCIÓN EN CUERDAS DE FIBRAS SINTÉTICAS”

Fecha de Examinación: 2015-12-21

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACION	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Edwin Viteri Nuñez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Miguel Aquino Arroba DIRECTOR DE TESIS			
Dr. Juan Pérez Pupo ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Edwin Viteri Nuñez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MOROCHO LEÓN CARLOS FERNANDO

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UNA MÁQUINA PARA REALIZAR ENSAYOS DE TRACCIÓN EN CUERDAS DE FIBRAS SINTÉTICAS”

Fecha de Examinación: 2015-12-21

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACION	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Edwin Viteri Nuñez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Miguel Aquino Arroba DIRECTOR DE TESIS			
Dr. Juan Pérez P. ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Edwin Viteri Nuñez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

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

BuñayGualancañay Ángel Fabián

Morocho León Carlos Fernando

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Ángel Fabián BuñayGualancañay y Carlos Fernando Morocho León, 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.

Angel Fabián BuñayGualancañay

Cedula de Identidad: 060497423-8

Carlos Fernando Morocho León

Cedula de Identidad: 060435037-1

DEDICATORIA

El desarrollo de este trabajo de tesis se lo dedico a mis Padres y a mis hermanos, por el apoyo y orientación que me brindaron día a día para culminar mi carrera.

A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, a quienes, sin su ayuda no hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma.

Ángel Fabián BuñayGualancañay

La presente tesis de grado dedico con todo cariño a DIOS por ser mi amigo incondicional durante toda mi vida, a mi familia Morocho León por su incondicional amor, apoyo y valores inculcados en toda la etapa de mi vida, a mis hermanos que estuvieron a mi lado Alex, Edison, Martha, a todas aquellas personas que estuvieron conmigo en alguna etapa de mi vida y formaron mi carácter, experiencia y pensamiento.

Carlos Fernando Morocho León

AGRADECIMIENTO

Principalmente quiero agradecer a mis padres por darme el don de la vida, ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de mucho aprendizaje, experiencia, felicidad y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo prestigiosa Universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes como nosotros preparándonos para un futuro competitivo.

Ángel Fabián BuñayGualancañay

Agradezco a Dios que me dio salud, vida y fortaleza para alcanzar mis metas, a mis padres por persistir con verdaderos ejemplos de honestidad, rectitud y a todos quienes colaboraron y prestaron su atención desinteresadamente para llegar a culminar cada uno de mis objetivos.

Carlos Fernando Morocho León

CONTENIDO

Pág.

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.2.1	<i>Justificación técnica</i>	2
1.2.2	<i>Justificación económica</i>	3
1.3	Objetivos	4
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	4
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	4
2.	MARCO TEORICO	
2.1	Introducción	5
2.2	<i>Cuerdas de fibras sintéticas</i>	5
2.2.1	<i>Definiciones</i>	5
2.2.2	<i>Estilos</i>	6
2.2.3	<i>Usos</i>	7
2.3	Materiales usados en la fabricación de cuerdas.....	7
2.3.1	<i>Fibras sintéticas</i>	7
2.3.1.1	<i>Propiedades comunes de las fibras sintéticas</i>	7
2.4	Proceso de manufactura de las cuerdas.....	9
2.4.1	<i>Procesos de producción</i>	9
2.5	Ensayos de cuerdas	12
2.5.1	<i>Densidad lineal, longitud de paso y el paso de trenzado</i>	12
2.5.2	<i>Alargamiento</i>	12
2.5.3	<i>Fuerza de rotura</i>	13
2.6	Norma ISO 2307	13
2.7	Clasificación de máquinas de ensayos	14
2.7.1	<i>Máquinas de ensayos verticales</i>	14
2.7.2	<i>Máquinas de ensayos Horizontales</i>	15
3.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	
3.1	Determinación de las especificaciones de la máquina.....	17
3.1.1	<i>La matriz</i>	17
3.1.2	<i>Voz del usuario (VOC)</i>	18
3.1.3	<i>Voz del ingeniero</i>	18
3.1.4	<i>Resultados de la matriz QFD</i>	18
3.1.5	<i>Conclusiones de la matriz QFD</i>	20
3.1.6	<i>Especificaciones técnicas</i>	20
3.2	Análisis funcional	21
3.3	Alternativas de solución para el módulo	23
3.3.1	<i>Generación de fuerza</i>	24
3.3.1.1	<i>Generación de fuerza mecánica</i>	24
3.3.1.2	<i>Generación de fuerza hidráulica</i>	26

3.3.2	<i>Estructura</i>	26
3.3.2.1	<i>Sistema de una columna</i>	27
3.3.2.2	<i>Sistema de dos columnas</i>	28
3.3.3	<i>Sistemas de mordazas</i>	28
3.3.3.1	<i>Mordazas neumáticas de tracción de cuerdas</i>	28
3.3.3.2	<i>Mordazas mecánicas de tracción de cuerdas</i>	29
3.3.4	<i>Sistema de medición de fuerza</i>	30
3.3.4.1	<i>Transmisor de presión</i>	30
3.3.4.2	<i>Sensor de fuerza con celdas de carga</i>	31
3.4	<i>Alternativas de módulos</i>	32
3.4.1	<i>Alternativa número uno</i>	33
3.4.2	<i>Segunda opción</i>	34
3.5	<i>Evaluación de soluciones</i>	35
3.5.1	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i>	35
3.5.2	<i>Criterios de valoración del módulo</i>	35
3.6	<i>Características de la máquina de ensayos de tracción seleccionada</i>	39
3.6.1	<i>Elementos de la máquina de ensayos de tracción</i>	41
4.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL EQUIPO	
4.1	<i>Diseño final</i>	44
4.2	<i>Diseño elementos mecánicos</i>	44
4.2.1	<i>Diseño de las columnas</i>	46
4.2.2	<i>Diseño de columnas principales (A y B)</i>	46
4.2.3	<i>Diseño de columnas externas (C y D)</i>	50
4.2.4	<i>Diseño de la viga fija E</i>	53
4.2.5	<i>Diseño de la viga móvil F</i>	60
4.2.6	<i>Diseño del soporte de las guías móviles</i>	65
4.2.7	<i>Análisis estructural en ANSYS</i>	69
4.2.7.1	<i>Procedimiento de simulación estática</i>	69
4.2.8	<i>Diseño de mordazas</i>	71
4.2.8.1	<i>Diseño de la placa base de la mordaza</i>	71
4.2.9	<i>Análisis de las mordazas en ANSYS</i>	81
4.2.9.2	<i>Verificación de resultados</i>	83
4.3	<i>Diseño hidráulico</i>	84
4.3.1	<i>Sistema hidráulico</i>	84
4.3.2	<i>Circuito básico de los sistemas hidráulicos</i>	85
4.3.3	<i>Cálculo de diámetro del pistón</i>	86
4.3.4	<i>Caudal de trabajo</i>	88
4.3.5	<i>Cálculo de la potencia del motor</i>	89
4.3.6	<i>Diseño de sistema de transmisión de potencia</i>	90
4.3.7	<i>Diagrama hidráulico de la máquina de ensayos de tracción</i>	95
4.4	<i>Selección de elementos hidráulicos</i>	97
4.4.1	<i>Cilindro de doble efecto</i>	97
4.4.2	<i>Bomba de engranajes</i>	98
4.4.3	<i>Electroválvula 4/3 centro tándem</i>	98
4.4.4	<i>Válvula limitadora de presión</i>	99
4.4.5	<i>Válvula reguladora de caudal</i>	100

4.4.6	<i>Manómetro de glicerina.</i>	101
4.4.7	<i>Filtro de succión y filtro de aire.</i>	102
4.4.8	<i>Acoples y conectores.</i>	103
4.4.9	<i>Mangueras hidráulicas.</i>	103
4.4.10	<i>Tanque reservorio.</i>	104
4.5	<i>Diseño del circuito de potencia.</i>	106
4.5.1	<i>Circuito de potencia.</i>	107
4.5.2	<i>Circuito de control electroválvulas.</i>	108
4.5.3	<i>Funcionamiento del sistema eléctrico.</i>	109
4.5.4	<i>Seguridad del circuito de potencia.</i>	110
4.6	<i>Diseño del sistema de adquisición de datos.</i>	111
4.6.1	<i>Sistema de adquisición de datos.</i>	111
4.6.2	<i>Estructura del sistema de adquisición de datos.</i>	111
4.6.3	<i>Selección del sensor de presión.</i>	112
4.6.4	<i>Selección de la tarjeta.</i>	113
4.6.5	<i>Conexión del sensor a la tarjeta DAQ NI 6 009.</i>	115
4.6.6	<i>Diseño del software de visualización de datos.</i>	116
4.6.6.1	<i>Parámetros de diseño y construcción de un software para la visualización de los datos en un ordenador.</i>	116

5. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA PARA ENSAYOS DE TRACCIÓN.

5.1	<i>Construcción.</i>	120
5.2	<i>Componentes de la máquina y la tecnología de construcción.</i>	121
5.3	<i>Procedimientos de construcción.</i>	123
5.3.1	<i>Elementos de construcción.</i>	123
5.4	<i>Construcción de elementos mecánicos.</i>	124
5.4.1	<i>Construcción de elementos del modulo dos.</i>	125
5.4.2	<i>Proceso de construcción de las mordazas.</i>	134
5.4.3	<i>Construcción del sistema hidráulico.</i>	138
5.4.4	<i>Montaje del módulo dos.</i>	141
5.4.4.1	<i>Montaje del sistema estructural.</i>	141
5.4.5	<i>Montaje del módulo Uno.</i>	141
5.4.5.1	<i>Montaje del sistema hidráulico.</i>	141
5.4.5.2	<i>Montaje del sistema eléctrico.</i>	142
5.4.6	<i>Flujograma de montaje de la máquina de ensayos de tracción.</i>	143
5.5	<i>Pruebas de funcionamiento.</i>	143
5.5.1	<i>Pruebas hidráulicas.</i>	143
5.5.2	<i>Pruebas mecánicas.</i>	144
5.5.3	<i>Pruebas eléctricas y electrónicas.</i>	144
5.6	<i>Análisis de resultados.</i>	144
5.6.1	<i>Pruebas en cuerdas de 5/16 pulgadas.</i>	145
5.6.2	<i>Pruebas en cuerdas de 3/8 pulgadas.</i>	146
5.6.3	<i>Pruebas en cuerdas de 7/16 pulgadas.</i>	147
5.6.4	<i>Pruebas en cuerdas de 1/2 pulgadas.</i>	148
5.6.5	<i>Pruebas en cuerdas de 2H.</i>	149
5.7	<i>Verificación de cumplimiento de los requerimientos técnicos.</i>	150

6.	MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN	
6.1	Manual de operación	151
6.1.1	<i>Vista general del equipo.</i>	151
6.2	Características de la máquina de ensayos de tracción.	152
6.3	Instalación de la máquina de ensayos de tracción.	152
6.4	Instrucciones de uso.....	153
6.4.1	Montaje de mordazas.....	153
6.4.2	<i>Puesta en marcha</i>	157
6.4.3	<i>Procedimiento para la realización del ensayo.</i>	159
6.5	Manual de mantenimiento	162
6.5.1	<i>Mantenimiento del sistema hidráulico.</i>	162
6.5.2	<i>Mantenimiento de la estructura.</i>	163
6.5.3	<i>Mantenimiento del sistema de transmisión</i>	164
6.5.4	<i>Mantenimiento del sistema eléctrico y electrónico</i>	164
6.5.5	<i>Tabla de mantenimiento.</i>	164
6.6	Riesgos y medidas preventivas durante la operación.	165
6.6.1	<i>Riesgos ergonómicos</i>	165
6.6.2	<i>Riesgos mecánicos</i>	166
6.6.3	<i>Riesgos eléctricos</i>	167
6.7	Análisis de costos para la máquina de ensayos de cuerdas.....	168
6.7.1	<i>Costos directos.</i>	168
6.7.1.1	<i>Costos de materiales del sistema estructural.</i>	169
6.7.1.2	<i>Costos de materiales del sistema Hidráulico</i>	170
6.7.1.3	<i>Costos de elementos del sistema eléctrico</i>	170
6.7.1.4	<i>Costos de materiales del sistema electrónico</i>	171
6.7.1.5	<i>Costos de mano de obra</i>	172
6.7.1.6	<i>Costos de equipos y herramientas</i>	172
6.7.2	<i>Costos indirectos.</i>	173
6.7.3	<i>Costo total.</i>	174
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
7.1	Conclusiones:	175
7.2	Recomendaciones.....	176

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS
PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Casa de la calidad. 19
2	Especificaciones técnicas de la máquina..... 21
3	Combinación de soluciones para el modulo 33
4	Evaluación de cada criterio 36
5	Evaluación de soluciones respecto a la Norma ISO 2307 37
6	Evaluación de soluciones respecto al precio 37
7	Evaluación de soluciones respecto a ensayos de diferentes diámetros 37
8	Evaluación de soluciones respecto a la precisión 37
9	Evaluación de soluciones respecto a la programación..... 38
10	Evaluación de soluciones respecto a la carga..... 38
11	Tabla de conclusiones respecto al módulo..... 38
12	Pre diseño de la alternativa seleccionada 39
13	Pre diseño de la alternativa seleccionada 40
14	Análisis en ANSYS de la estructura de la máquina. 69
15	Resultados en ANSYS de la simulación de la estructura de la máquina. 70
16	Análisis en ANSYS de las mordazas de la máquina..... 82
17	Resultados en ANSYS de la simulación de las mordazas..... 83
18	Especificaciones del motor eléctrico..... 106
19	Elementos constitutivos del circuito de potencia. 107
20	Características del sensor de presión Nagano Keiki 112
21	Características de la tarjeta DAQ NI 6009 National instruments 115
22	Módulos de la máquina de ensayos de tracción..... 122
23	Partes constructivas de la máquina de ensayos de tracción..... 123
24	Proceso de construcción de las columnas fija A y B. 125
25	Proceso de construcción de las guías móviles C y D..... 126
26	Proceso de construcción de la viga fija 127
27	Proceso de construcción de la viga móvil 128
28	Proceso de construcción de la unión guías-cilindro. 129
29	Proceso de construcción de la mesa. 130
30	Proceso de construcción de la unión guías-cilindro. 131
31	Proceso de construcción de la estructura del módulo dos. 132
32	Proceso de construcción de la placa base. 134
33	Proceso de construcción de la semi polea. 135
34	Proceso de construcción del apoyo de la mordaza. 136
35	Proceso de construcción del tornillo de potencia. 137
36	Proceso de construcción de la estructura del modulo uno. 138
37	proceso de las láminas de recubrimiento para el módulo 2 139
38	Proceso de construcción del tanque hidráulico. 140
39	Montaje del sistema estructural..... 141
40	Montaje del sistema Hidráulico 142
41	Montaje del sistema eléctrico..... 142
42	Resultados de los ensayos de tracción en 5/16 in. 145
43	Resultados de los ensayos de tracción en 3/8 in. 146

44	Resultados de los ensayos de tracción en 7/16 in.	147
45	Resultados de los ensayos de tracción en ½ in.	148
46	Resultados de los ensayos de tracción en 2H.	149
47	Tabla de verificación de requisitos técnicos.	150
48	Características principales máquina de ensayos de tracción.	152
49	Procedimiento de montaje de las mordazas.	154
50	Procedimiento para la puesta en marcha del equipo.	157
51	Procedimiento de ensayo basado en los mandatos de la ISO 2307.	159
52	Tabla de mantenimiento	165
53	Sistemas de la máquina de ensayos	168
54	Costos del sistema estructural	169
55	Costos del sistema Hidráulico	170
56	Costos del sistema eléctrico.	171
57	Costos del sistema electrónico.	171
58	Costos de mano de obra	172
59	Costos total directo.	173
60	Costos indirectos	173
61	Costos total indirecto	174
62	Costo total de la máquina de ensayo	174

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Proceso de extracción de rafia 10
2	Proceso de Retorcido 11
3	Proceso de Cableado 11
4	Máquina ASTM D3822..... 14
5	Máquina ASTM D7269..... 15
6	Máquina ASTM D4268..... 16
7	Máquina ISO 37, ASTM D412 16
8	Función primaria de la máquina 22
9	Diagrama de funciones secundarias de la máquina 23
10	Sistema de tornillo de potencia para generar fuerza. 25
11	Sistema hidráulico básico..... 26
12	Máquina de ensayos de una columna..... 27
13	Máquina de ensayos de tracción de doble columna..... 28
14	Mordazas neumáticas..... 29
15	Mordazas mecánicas..... 30
16	Transmisor de presión 31
17	Sensor de fuerza de celda de carga..... 32
18	Alternativa 1 para el diseño del módulo 34
19	Alternativa 2 para el diseño del módulo 34
20	Diagrama de la estructura de la máquina. 44
21	Elementos estructurales importantes de la máquina. 45
22	Columna exterior A y B 47
23	Columna interior C y D..... 51
24	.Disposición de la viga superior fija. 53
25	Propiedades mecánicas del acero A 36..... 53
26	Dimensiones de la viga superior. 54
27	Diagrama de cuerpo libre de la viga fija superior..... 56
28	Diagramas de cargas, esfuerzo cortante y momento flector. 57
29	Análisis de la deformación de la viga en MDSolids..... 59
30	Dimensiones de la viga móvil 60
31	Diagrama de cuerpo libre de la viga móvil. 62
32	Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la viga móvil..... 63
33	Diagrama de la deformación de la viga móvil. 64
34	Viga de soporte de las guías móviles..... 65
35	Diagrama de fuerza cortante y momento flector del soporte..... 67
36	Diagrama de la deformación del soporte de las guías móviles. 68
37	Mordaza 71
38	Placa mordaza..... 71
39	Corte de la sección sometida a bloque cortante..... 74
40	Tornillo de potencia..... 76
41	Circuito hidráulico básico..... 85
42	Cilindros hidráulicos Prince. 87
43	Especificaciones de la bomba de engranes..... 89

44	Sistema de transmisión.	90
45	Monograma de selección de áreas convencional de poleas.	91
46	Selección de las poleas adecuadas.	92
47	Longitud de bandas estándar.	94
48	Sistema hidráulico para la máquina de ensayos de tensión.	95
49	Cilindro de doble efecto.	97
50	Bomba de engranajes Kompass.	98
51	Electroválvula 4/3 centro tándem.	99
52	Válvula limitadora de presión marca HYSTAR.	99
53	Válvula reguladora de caudal.	100
54	Manómetro de glicerina International FPA.	101
55	Filtro de succión.	102
56	Respiradero del tanque hidráulico.	102
57	Acoples y conectores hidráulicos.	103
58	Tabla de mangueras de presión.	104
59	Contactador.	107
60	Diagrama eléctrico de encendido del motor.	108
61	Sistema de control de las electroválvulas.	108
62	Encendido directo del motor.	110
63	Diagrama de funcionamiento del relé térmico.	111
64	Elementos de un sistema de adquisición de datos básico.	112
65	Sensor de presión de membrana marca Nagano Keiki.	113
66	Tarjeta DAQ NI 6 009 National instruments.	114
67	Conexión del sensor a la tarjeta DAQ NI 6 009.	115
68	Esquema de configuración de la DAQ 6009.	116
69	Diagrama de bloques de la programación.	117
70	Plantilla en Excel del reporte del ensayo.	118
71	Interfaz del programa de adquisición de datos.	119
72	Proceso de construcción de los componentes de la máquina.	121
73	Columna fija A y B.	125
74	Guía móvil C y D.	126
75	Viga fija.	127
76	Viga móvil.	128
77	Unión guía-cilindro.	129
78	Mesa.	130
79	Bocín.	131
80	Estructura módulo dos.	133
81	Placa base.	134
82	Semi polea.	135
83	Mordaza.	136
84	Tornillo de potencia.	137
85	Estructura módulo 1.	138
86	Recubrimiento.	139
87	Tanque hidráulico.	140
88	Flujograma de montaje de la máquina de ensayos de tracción.	143
89	Máquina universal Tinius Olsen.	145
90	Vista general de la máquina de ensayos de tracción.	151
91	Procedimiento para usar pernos de expansión.	153

92	Forma correcta de colocar la probeta a ensayar.	166
93	Señalética de riesgo mecánico.....	166
94	Señalética de riesgo eléctrico.....	167

SIMBOLOGÍA

INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización	
F_T	Tensión de referencia	kN
η_{ref}	El número de referencia	mm
QFD	Quality function deployment	
VOC	Voz del usuario	
M	Marketing	
CPU	Cliente	
D	Diseño	
P	Producción	
F	Fabricación	
R	Requerimiento	
MR	Modificación de requerimiento	
S_r	Razón de esbeltez	
K	Factor de fijación de los extremos	
L	Longitud	mm
l_e	Longitud efectiva	mm
r_g	Radio de giro	
I	Momento de inercia	
C_e	Razón de esbeltez de transición	
E	Modulo elástico	N/mm ²
P_{cr}	Carga crítica	kgf
P_a	Carga segura permisible	kgf
S_y	Límite de fluencia	kg/cm ²
Σ_{max}	Esfuerzo máximo	kg/cm ²
η	Factor de seguridad	
h	altura	cm
e	espesor	cm
θ	ángulo de giro	grados
Y	Deformación	mm
q	Carga distribuida	kg/cm
A_g	Área sometida a fuerza de tracción	cm ²
A_e	Área efectiva	cm ²
A_n	Área resistente a la rotura	cm ²
U	Coefficiente geométrico	
F_{ub}	Tensión última a tracción	N/mm ²
Q_t	Caudal de trabajo	cm ³ /s
i	Relación de transmisión	
E_r	Error relativo	%

LISTA DE ANEXOS

- A** Norma INEN ISO 2307
- B** Catálogo de elementos estructurales.
- C** Data sheet cilindro hidráulico.
- D** Data sheet válvula reguladora de caudal compensada por presión
- E** Data sheet tarjeta DAQ NI 6 009.
- F** Data sheet sensor de presión Nagano Keiki.
- G** Casa de la calidad.
- H** Diagrama del software de adquisición de datos.

RESUMEN

El desarrollo de una máquina de ensayos de tracción para cuerdas de fibras sintéticas, tiene como objetivo brindar una solución adecuada y económica que permita mejorar los procesos de control de calidad en la fabricación de cuerdas de fibras sintéticas, cumpliendo parámetros de seguridad y precisión que dicta la norma ISO 2307.

Para la elección de la alternativa de la máquina más adecuada se empleó criterios de ingeniería concurrente, se utilizó el despliegue de función de calidad, con lo cual se tradujo las necesidades del cliente a parámetros técnicos que puedan ser evaluadas por el diseñador, tanto de forma cualitativa como cuantitativa y así identificar los parámetros preponderantes que más influyen en el momento del diseño.

La máquina construida tiene una capacidad de ensayo de 5000 kgf y una carrera de 18 pulgadas, pudiendo así ensayar cuerdas de polipropileno de hasta $\frac{3}{4}$ de pulgada, esto se realiza por medio de un sistema hidráulico, para la adquisición de datos se utilizó una DAQ 6009 y un software creado en Labview, el diseño de sus elementos estructurales se hizo manualmente y se corroboró los resultados por medio del software ANSYS.

Las pruebas finales para verificar la precisión del equipo, se obtuvo comparando resultados de ensayos en máquinas certificadas con los resultados obtenidos en la máquina construida, dando un error relativo máximo de 2,5%.

La factibilidad de la construcción se verificó al comparar los costos del desarrollo del equipo con los costos de una máquina importada, lo que reflejó la conveniencia de la misma.

ABSTRACT

The development of a local testing traction machine for the synthetic fiber cords has as objective to bring an adequate and economic solution that allows improving the quality control processes in the manufacturing of synthetic fiber cords, by accomplishing parameters of safety and precision that dictates the regulation ISO 2307.

For the election of the machine alternative more adequate, criteria of concurrent engineering was employed, the deployment of quality function, with which the necessity of the costumer was captured into technique parameters that could be evaluated by the designer, as well qualitative, thus identifying the preponderant parameters, which are more influenced at the moment to design.

The built machine has a local testing capacity of 5000 kgf and an 18-inch stroke, being able to essay propylene cords of till $\frac{3}{4}$ of inch, this is made by means of an hydraulic system, for the acquisition of data was used a DAQ 6009 and a software created in Lab View, the design of its structural elements was made by hand and the results were corroborated through ANSYS software.

The final tests to verify the equipment precision was obtained comparing the test results in certified machines with the obtained results in the built machine, with the costs of an imported machine, which showed the convenience of the same.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes

Inducuerdas Cía. Ltda., es una empresa Chimboracense ubicada en el kilómetro 5 de la vía Riobamba–Guano, la cual se especializa en la elaboración de cuerdas de fibras sintéticas, dedicándose a la fabricación de cuerdas por medio del método de fundición y extrusión de polipropileno y posterior proceso de retorcido en máquinas automatizadas lo que le permiten desarrollar un producto de alta calidad, que ha llegado a posicionarse en mercados exigentes a nivel nacional, abarcando en la actualidad un 30% del mercado nacional de cuerdas y sogas trenzadas (QUISNIA, 2015).

En la actualidad Inducuerdas Cía. Ltda., se encuentra en un proceso de modernización y ampliación de su planta física ubicada en el cantón Guano, con la compra de maquinaria de última tecnología lo cual le permitirá, en un futuro, incrementar su producción anual, diversificar su oferta de productos, mejorar sus niveles de calidad e ingresar a competir de mejor manera en el mercado de cuerdas a nivel nacional y con el objetivo de exportar sus productos.

Debido a esta ambiciosa visión de la empresa de querer expandir su presencia en el mercado tanto nacional como en el mercado internacional, la empresa ha visto necesario crear un departamento de control de calidad, el cual esté en capacidad de garantizar la calidad del producto que se está fabricando y que este a su vez cumpla con todos los requisitos de calidad que exige el usuario y pueda obtener registros de calidad que le permitan garantizar su producto, mantener una buena imagen de la marca y le facilite el ingreso a otros países.

Como parte de este plan de modernización de la empresa se plantea la construcción de una máquina de ensayos de tracción la cual se ubicará en el departamento de control de calidad de Inducuerdas Cía. Ltda. La cual permitirá realizar los respectivos ensayos en los productos terminados tales como piolas y cabos, además de la rafia brocolera y bananera, lo que permitirá conocer con certeza las características mecánicas de los productos que se fabrican en la empresa.

La máquina de tracción pretende ser una ayuda esencial para el aseguramiento de la calidad de los productos terminados, proveyendo a la empresa de una herramienta precisa y confiable que permita realizar de manera automática la medición de parámetros como elongación y límite de rotura de los productos que ya han sido terminados y presentando los resultados en una interface de fácil comprensión e interpretación de los datos recolectados.

En la actualidad existen en el mercado muchas máquinas para realizar estos ensayos, marcas como BASTIMEC, TiniusOlsen e INSTRON etc. (BASTIMEC, 2013) las cuales son empresas dedicadas a la construcción de este tipo de máquinas, las cuales se encargan de hacer ensayos en diferentes metales, pero sus precios los hacen poco accesibles para las empresas nacionales, por lo que se han realizado tesis en las diferentes universidades y politécnicas del país con el objetivo de sustituir esta escasez de máquinas que no pueden ser costeadas por las pequeñas y medianas industrias.

Entre las tesis que se han realizado están tesis de diseño de máquinas de ensayos de tracción, máquinas de ensayos universales, pero la mayoría solo para metales o como modelos educativos, los cuales no tienen mucha capacidad de carga (GALLEGOS, 2007), (NOGALES VILLAVICENCIO, 2008) y no están especializadas en cuerdas.

Los ensayos de tracción para cuerdas de fibras sintéticas se deben realizar siguiendo la norma ISO 2307, la cual indica los parámetros de cómo se debe realizar el ensayo, como se debe interpretar los resultados y como presentar un informe para que sea válido (ISO, 2005).

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación técnica. El Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN) y la secretaría de defensa del consumidor solicita que todos los productos, tanto primarios como terminados, que están disponibles para la venta deben contar con un registro de calidad que garantice la correcta funcionalidad del producto que se está ofertando, este certificado de calidad debe garantizar el correcto proceso de fabricación del producto así como demostrar que se ha realizado un control de calidad y que el producto ha cumplido con todos los requerimientos de calidad que solicitan tanto las normas nacionales como internacionales, es por este motivo que Inducuerdas cía. Ltda. ha visto necesario la incorporación de una máquina de ensayos de tracción

para su departamento de control de calidad, ya que en la actualidad no se cuenta con un equipo especializado para esta actividad y el ensayo de tracción se realiza de forma artesanal, lo cual no garantiza un resultado completo ni confiable, que le permita demostrar la calidad de sus productos y así poder acreditarse ante los organismos de control (INEN, 2011).

Dado que el ensayo de tracción nos permite conocer las propiedades mecánicas de los diferentes productos, tales como coeficiente de elasticidad, elongación y límite de rotura, los cuales son parámetros importantes para que el cliente conozca las cualidades del producto que está adquiriendo y para que la empresa mantenga una buena imagen empresarial. Además, estos ensayos son un requisito primordial para que el INEN otorgue el certificado de calidad a la empresa y así esta pueda comercializar sus productos (INEN, 2011).

Por los argumentos planteados anteriormente, la construcción de una máquina de ensayos de tracción, que le permita calcular las propiedades mecánicas de sus productos terminados de forma automática y sencilla, se convierte en un objetivo primordial para que la empresa pueda acreditarse ante organismos de acreditaciones tanto nacionales como internacionales.

1.2.2 *Justificación económica.* Inducuerdas Cía. Ltda., se encuentra en un proceso de modernización de su planta industrial con la adquisición de maquinaria de última tecnología, ya que en sus planes se encuentra incrementar su producción anual y el mejoramiento de la calidad de su proceso productivo, todo esto se hace con el objetivo de ingresar con sus productos hacia mercados más exigentes e internacionalizar su marca con la exportación de sus productos hacia mercados de la región, además de aumentar su producción con la fabricación de nuevos productos.

Para concretar este plan se encuentra la construcción de una máquina automática para la realización de ensayos de sus productos ya que en la actualidad la empresa se ve obligada a enviar sus muestras a laboratorios independientes que realizan cobros altos por la realización de esos ensayos, además que la empresa pierde mucho tiempo para obtener los resultados y esto retrasa la producción (QUISNIA, 2015). Por lo cual la construcción de la máquina de ensayos de tracción le daría libertad de realizar los ensayos en la misma empresa, de forma fácil, confiable, rápida y le ahorraría a la empresa dinero y tiempo además que le permitiría controlar la calidad de su producción. Con la ventaja económica que la máquina realizada en esta tesis

tendría un costo mucho menor a una maquina importada, ya que maquinas similares fabricadas en países industrializados tendrían un costo de entre tres o cuatro veces el costo final de la tesis (BASTIMEC, 2013).

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General. Diseñar, construir y llevar a cabo las pruebas de una máquina para la realización de ensayos de tracción en cuerdas de fibras sintéticas.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Aplicar conocimientos de ingeniería para desarrollar la mejor solución posible que satisfaga la necesidad de la empresa y permita obtener un diseño técnicamente funcional y económicamente viable
- Diseñar los elementos constitutivos de la máquina, aplicando conocimientos de ingeniería para obtener la máxima calidad y funcionalidad de la máquina.
- Realizar la construcción de la máquina siguiendo el proceso modular que se definió en el diseño.
- Realizar las pruebas de funcionamiento de la máquina así como un manual de utilización y mantenimiento que garanticen el correcto uso de la máquina y una larga vida útil de la misma.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 Introducción

En el mundo de la Ingeniería Mecánica, es frecuente la necesidad de diseñar y construir máquinas que son necesarios en los diferentes campos de aplicación, en este capítulo se resume todos los detalles acerca de los productos que se realizan en la empresa y que deben ser ensayados en la máquina, empezando con el origen del material que se usa en la fabricación de las diferentes cuerdas ya que se hace necesario para tomar como base algunos parámetros que deben ser considerados en el diseño de la máquina de ensayos de tracción de cuerdas, también se toma en consideración los parámetros de ensayos según con la Norma ISO 2307 que rige a los ensayos de cuerdas sintéticas de alta resistencia especifica un método para determinar, las características de diferentes tipos de cuerdas, dando a conocer los procedimientos y las especificaciones de las probetas a ser ensayadas tomando en cuenta todos los parámetros que recomienda la norma y dependiendo del diámetro de la cuerda que va a ser ensayada, para tomar las referencias necesarias y verificar los sistemas que están diseñados.

2.2 Cuerdas de fibras sintéticas

2.2.1 Definiciones. Gracias al desarrollo de la cuerda se han inventado gran cantidad de cabos nudos con diversas utilidades. Las poleas se han empleado desde la antigüedad para redirigir la fuerza en otras direcciones, y pueden ser empleadas como una ventaja mecánica, permitiendo que múltiples fuerzas se apliquen al punto de apoyo final de la misma. Las grúas, los polipastos y los cabrestantes, malacates o guinches en Hispanoamérica son máquinas diseñadas para ser accionadas por cuerdas y cables. Más de 20 diferentes fibras sintéticas han sido evaluadas por la industria de cuerda, y en algunas de ellas se ha descubierto que tienen aplicación práctica en el campo de uso de cuerda por los bomberos. Generalmente, las fibras sintéticas tienen una excelente resistencia al moho y pudrimiento, y son resistentes en general. A diferencia de cuerdas de fibras de manila hechas de pequeñas fibras en superposición, las cuerdas sintéticas tienen fibras continuas a lo largo de la misma. Las dos cuerdas más comunes son fabricadas de nylon y dacrón. Es mucho más

común encontrar cuerdas fabricadas de nylon que de dacrón, y únicamente de este último material cuando se trata de cuerdas para rescate.

Las fibras sintéticas que se usan en la industria de elaboración de cuerdas incluyen el polipropileno, nylon, poliéster (por ejemplo PET, vectran), el polietileno y las fibras aramidadas. Algunas cuerdas se elaboran con mezclas para aumentar la resistencia. Las cuerdas se pueden elaborar también de fibras metálicas. Las cuerdas se han elaborado de otros materiales fibrosos como puede ser la seda, lana, y pelo, pero tales cuerdas no están disponibles en el mercado urbano, existiendo en los ambientes rurales. (FIBRAS TEXTILES, 2002)

2.2.2 Estilos. Entre los estilos más importantes encontramos los siguientes tipos de configuraciones y presentaciones:

- *Enrollada.* La cuerda enrollada o también denominada cuerda retorcida es desde el punto de vista histórico la forma más común de cuerda, al menos en la cultura de occidente. La mayoría de las cuerdas retorcidas consisten en tres fibras que se enrollan para aumentar la fortaleza y resistencia de la cuerda, existen versiones con mayor cantidad de fibras enrolladas.
- *Trenzada.* Las cuerdas trenzadas son generalmente de fibras sintéticas como el nylon, poliéster o el polipropileno. Se elige el nylon debido a sus características de fortaleza y tenacidad además de poseer una buena resistencia a las inclemencias del tiempo así como a la radiación ultravioleta. El poliéster es cerca de un 90% más fuerte en estiramiento que en carga, es mucho más resistente a la abrasión y posee una mayor resistencia a los UV, sufriendo cambios pequeños en longitud cuando se humedece. Por regla general se prefiere el polipropileno debido a su bajo coste y su baja densidad (puede flotar en agua).
- *Montañismo.* Las cuerdas utilizadas en el montañismo y por extensión en diversas actividades al aire libre como espeleología y escalada en roca se clasifican en dos tipos generales: dinámicas y estáticas, existiendo variantes entre éstas como semiestáticas, entre otras. Las cuerdas "dinámica", se utilizan por ejemplo en montañismo en circunstancias en las que puede haber una caída libre y están diseñados para estirarse lo suficiente para amortiguar la detención sin producir grandes lesiones, no deben utilizarse para bajar en rappel. Las cuerdas "estáticas", se utilizan por ejemplo en espeleología, rappel y actividades

de rescate y están diseñados para estirarse lo mínimo posible y no deben usarse para detener caídas libres. Este tipo de cuerdas se elaboran en base a materiales sintéticos que resistan las duras condiciones de uso del montañismo y por ello tienen una funda o cubierta protectora, además de requerir ser livianas para su transportación muchas veces a pie. Los materiales utilizados son el nylon y el perlón, éste tipo de fibras son afectadas por la radiación solar prolongada, siempre que sea posible déjelas a la sombra. Antiguamente las cuerdas para estas actividades eran fabricadas de algodón u otra fibra natural, se humedecían y podían ser peligrosas para la actividad.

2.2.3 Usos. Los usos más comunes son:

- *Uso Estático:* La cuerda está sometida a una carga de trabajo o fuerza constante, que se mantiene y no hay fluctuaciones de la carga, ni impactos. Un ejemplo de uso estático es colgar un objeto desde un gancho o estibar la carga de un camión o también un ejemplo de carga estática se puede ver en las amarras de las cubiertas de un camión.
- *Uso Dinámico:* Las cuerdas está sometida a cargas de trabajo o fuerzas variables, o masas que cambian de velocidad o masas sometidas a aceleraciones o desaceleraciones (SALGADO, 2005).

2.3 Materiales usados en la fabricación de cuerdas

2.3.1 Fibras sintéticas. La fibra sintética es una derivación de las fibras textiles que proviene de diversos productos derivados del petróleo. Las fibras sintéticas son totalmente químicas, que están conformados por elementos químicos simples conocidos como monómeros para formar nuevo cuerpos químicos complejos denominados polímeros. Con la aparición y desarrollo de las fibras sintéticas la industria textil ha conseguido satisfacer la demanda de los consumidores.

2.3.1.1 Propiedades comunes de las fibras sintéticas:

- Sensibilidad térmica. Las fibras sintéticas son sensibles al calor ya sea a bajas o altas temperaturas por lo que se funde a base de temperatura.
- Resistente a polillas y microorganismos. Son resistentes a agentes orgánicos.

- Son resistentes a la mayoría de los agentes químicos. Esta propiedad hace que la fibra se coloree en el momento de su fabricación ya que su color tendrá excelente estabilidad.
- Ligeros de peso. Esta propiedad depende de la densidad pero en la mayoría de los casos su peso es muy ligero.
- Resistente a la luz solar. Por su composición química hace que no le afecte la luz solar y no cambie sus características por la interacción con esta.
- Excelente resiliencia. Nunca se arrugan fácilmente. Lo que garantiza que la cuerda mantenga sus características de forma iniciales, además tiene la capacidad de soportar cargas de deformación.
- Baja absorbencia del agua. No tienden a permanecer las manchas de origen acuoso y secan con facilidad (PALERMO, 2005).

2.3.1.2 *Las fibras sintéticas más comunes.*

- **Poliéster.** El nombre común con el cual conocemos a esta fibra es poliéster y el nombre científico es: poli-etilentereftalato. Las fibras de poliéster se obtienen por polimerización de monómeros a base de ácido tereftálico y glicol etilénico. Su fórmula química ($C_{10}H_8O_4$), el punto de fusión del poliéster es de $256^{\circ}C$.
- **Acrílico.** La fibra acrílica es una fibra sintética elaborada a partir de acrilonitrilo, del que deriva su nombre genérico. El acrilonitrilo se obtuvo por primera vez en Alemania en 1893. Fue uno de los productos químicos utilizados por Carothers y su equipo en la investigación fundamental sobre altos polímeros que se llevó a cabo en la compañía Du Pont.
- **Polipropileno.** Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propano). El punto de fusión es de $173^{\circ}C$. Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, plásticos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

- Nylon. Es una fibra química textil sintética, obtenida a partir de derivados de productos petrolíferos y aceites, que generan un monofilamento continuo, resistente y ligero con el que se fabrican los tejidos. Su punto de fusión es de 263°C. El Nylon se elabora como multifilamento, monofilamento, fibra corta, y una gran cantidad de deniers y longitudes. Se produce como una fibra brillante, semimate y mate. El nylon regular tiene una sección transversal redonda y es perfectamente uniforme a lo largo del filamento.(MONDRAGÓN, 2013)

2.4 Proceso de manufactura de las cuerdas

En esta sección se detallara el procedimiento para la manufactura de las cuerdas retorcidas.

2.4.1 Procesos de producción. El proceso de producción debe ser eficiente y de calidad, para obtener beneficios adicionales que generen ganancias a la empresa, beneficiando así a los accionistas y a los trabajadores.

Para la fabricación de cuerdas en la empresa se sigue un procedimiento específico, el cual se divide en el proceso de extrusión y el proceso de retorcido, estos procesos se explicara con más detalles a continuación.

2.4.1.1 Proceso de extrusión. El primer flujo operativo es un proceso continuo de transformación plástica a través del sistema de extrusión para la producción de rafia, esto se realiza por medio de una línea de extrusión y alargamiento de polímeros.

A continuación se detalla el proceso de extrusión de los pelets de polipropileno y polietileno.

Descripción:

- Adquisición de materias primas PP, PE y Master Bach en bodega.
- Mezclado de materia prima en la mezcladora automática.
- Depósito de la mezcla de PP, PE y Master Bach en la tolva del Extrusor.
- Fundición de los polímeros en el extrusor.
- Formación de lámina plástica.
- Enfriamiento de la lámina y corte en las medidas especificadas.
- Elongación a través del horno para lograr resistencia apropiada de la rafia

- Envolver la rafia en forma de conos o de bobinas.
- Embalaje y etiquetados de la rafia.
- Transporte y almacenado del producto terminado.

Figura 1. Proceso de extracción de rafia



Fuente: Autores

2.4.1.2 Proceso de retorcido. El segundo flujo operativo es un proceso intermitente de cordelería para la producción de cordeles y piolas de polipropileno, que utiliza como materiales de proceso la rafia que se elabora en la primera línea de producción, para por medio de una máquina retorcedora unir varias hebras de rafia en cuerdas de diferentes diámetros.

Descripción:

- Adquisición de materiales para el proceso (Rafia)
- Transportar la rafia desde la bodega hasta la máquina de producción.
- Posicionamiento de la rafia (Ingreso, paso y amarre) en el carrete de la máquina.
- Encendido de la máquina y elaboración de la piola.
- Amarre de rafia uno a continuación de otro.
- Retorcido y llenado de los carretes.
- Pesaje y empaquetamiento del carrete.
- Retirar los carretes llenos de hilos de la máquina.
- Inspección de la calidad del producto.
- Transporte y almacenamiento del hilo en la bodega.

Figura 2. Proceso de Retorcido



Fuente: Autores

2.4.1.3 Proceso de cableado. Este proceso se caracteriza por unir o ensamblar varios hilos para obtener cordeles (hilos de mayor grosor) y a través de la unión de estos cordeles a determinadas torsiones, se forma el cabo.

Descripción:

- Adquisición de material para el proceso (rafia torcida).
- Colocación de los caretos en la máquina de producción de cabos.
- Elaboración de cabo mediante el ensamble de varios cordeles.
- Verificación de calidad de los productos.
- Empaque y embalaje de los rollos de cabo.
- Transporte y almacenamiento del producto terminado en la bodega.
- Etiquetado para la identificación correspondiente. (QUISNIA, 2010)

Figura 3. Proceso de Cableado



Fuente: Autores

2.5 Ensayos de cuerdas

La Norma ISO 2307 que rige a los ensayos de cuerdas sintéticas de alta resistencia, especifica un método y sugiere un procedimiento que se debe seguir para que el ensayo este normalizado y se pueda determinar, las siguientes características en diferentes tipos de cuerdas de fibras sintéticas.

- Densidad lineal.
- Longitud de paso.
- Paso de trenzado.
- Alargamiento.
- Fuerza.

2.5.1 *Densidad lineal, longitud de paso y el paso de trenzado.* Para determinar factores como densidad lineal, fuerza de rotura, alargamiento y el paso de trenzado, se debe realizar el ensayo con una cuerda sometido a una cierta tensión inicial denominada también tensión de referencia F_T , esta fuerza se debe calcular según la siguiente ecuación, la cual se encuentra descrita en la norma ISO 2307. (ISO, 2005)

$$F_T = \frac{n_{ref}^2}{8} \times 0,01 \quad (1)$$

Dónde:

F_T = Tensión de referencia [kN]

n_{ref}^2 = El número de referencia [mm].

2.5.2 *Alargamiento.* El alargamiento es la capacidad de la cuerda para cambiar su longitud y de esta forma absorber cualquier esfuerzo brusco en la cuerda. El alargamiento mide la longitud de la cuerda cuando a la tensión a la que se somete aumenta desde un valor inicial hasta un valor igual al 50% de la resistencia mínima de rotura de la cuerda especificada.

Esta medición se determina comparando las longitudes de una sección de la probeta que se ha sometido sucesivamente a:

- La tensión de referencia,

- Una tensión igual al 50% de la fuerza mínima de rotura especificada de la cuerda.

2.5.3 Fuerza de rotura. La fuerza de rotura es la fuerza máxima alcanzada durante el ensayo de rotura en la probeta especificada, este ensayo se realiza en una máquina de ensayos de tracción con una velocidad constante de desplazamiento del elemento móvil.

- *Fuerza de rotura sin empalme.* Este método se considera cuando la probeta cumpla las siguientes condiciones:
 - Si se especifica una fuerza de rotura en un empalme dentro de la probeta libre de las mordazas, y a una fuerza igual, o superior al valor especificado.
 - Si se especifica una fuerza de rotura en un empalme fuera de la probeta libre de las mordazas, y a una fuerza igual, o superior al 90% del valor especificado.
- *Fuerza de rotura con empalme.* Si se especifica una fuerza mínima de rotura en un empalme, si se rompe a una fuerza igual, o superior, al valor de las cuerdas con terminaciones empalme de ojo se debe considerar que la probeta cumple las especificaciones necesarias para su aprobación.

2.6 Norma ISO 2307

La norma ISO 2307 se aplica para realizar ensayos de cuerdas de fibras, con el objetivo de encontrar ciertas propiedades físicas y mecánicas, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2307 es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 2307:2010, “Fibreropes. Determinación of certain physical and mechanical properties”, la fuente de la traducción es la norma adoptada por AENOR. El comité nacional responsable de esta Norma Técnica Ecuatoriana y de su adopción es el Comité Interno del INEN. (INEN, 2014)

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma ISO 2307, ya que en ellas se detallan parámetros técnicos que deben ser tomados en cuenta al momento de la realización de los ensayos. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada.

- ISO 139 Textiles. Atmósferas normales para el acondicionamiento y ensayos.
- ISO 1968 Cuerdas y artículos de cordelería. Vocabulario.
- ISO 9554:2010 Cuerdas de fibra. Especificaciones generales.(INEN, 2014)

2.7 Clasificación de máquinas de ensayos

La clasificación de estas máquinas se debe a los diferentes diseños y modelos de cada empresa de construcción de la máquina de ensayos de tracción de cuerdas.

2.7.1 Máquinas de ensayos verticales. Estas máquinas se utiliza para ensayos de cuerdas de diámetros inferiores a los $\frac{3}{4}$ de pulgada, las cuales necesitan cierta longitud de la probeta.

- *Máquina ASTM D3822.* La máquina permite el ensayo de tracción de fibras textiles simples permite determinar las propiedades mecánicas de la probeta analizada, el sistema de mordazas cumple con el requerimiento de la norma, deacuerdo con las especificaciones indicadas, este modelo dispone de un sistema computarizado y su funcionamiento es mecánico con una banda, de una sola columna. En la figura número 4 se puede observa la imagen de la máquina ASTM D3822.

Figura 4. Máquina ASTM D3822



Fuente:(INSTRON, 2015) Máquina de ensayos INSTRON

- *Máquina ASTM D7269.* La máquina permite el ensayo de tracción de fibras textiles simples permite determinar las propiedades mecánicas de la probeta analizada, el sistema de mordazas funcionan con un sistema hidráulico cumple con el requerimiento de la norma, Para el ensayo, se utiliza un bastidor de ensayo de dos columnas, configurado con una célula de carga estática de 5 kN y mordazas neumáticas de 1,75 kN para cuerdas e hilos. La distancia inicial de la

probeta se estableció en 250 mm. El ensayo se lleva a cabo a una velocidad de cruceta de 250 mm/min, por ASTM D7269, y la adquisición de datos se realiza en un intervalo de 50 ms en el software Bluehill 2 el cual es un software que viene junto a la máquina de ensayos. En la figura número 5 se puede observar la máquina de ensayos de tracción ASTM D7269.

Figura 5. Máquina ASTM D7269



Fuente:(INSTRON, 1984).

2.7.2 Máquinas de ensayos Horizontales. Este tipo de máquinas se utiliza para cuerdas de diámetros mayores a los $\frac{3}{4}$ de pulgada, misma que necesita una cierta longitud de cuerda de acuerdo a la norma, como ejemplo de estas máquinas podemos citar:

- Máquina ASTM D4268. Esta máquina permite el ensayo de tracción de cuerdas sintéticas de alta resistencia, esta máquina tiene una capacidad de 4800 kN. Esta máquina permite ensayar largos muestras de cuerdas de hasta 4.8 m. Para sostener la cuerda durante el ensayo se utiliza horquillas incorporadas y pasadores. Las mordazas permiten aplicar elevadas fuerzas hasta la capacidad máxima del bastidor. Además una muestra de células de carga con tecnología de galgas por lo que se puede detectar, representar gráficamente, y analizar cambios de carga que ocurren durante el preestiramiento, ajuste de la probeta, y rotura. Combinado con nuestras electrónicas de control 5500 el sistema utiliza un servo bucle de control que permite ensayar a la velocidad de ensayo requerida para facilitar de esta manera el ensayo de diferentes tipos de cuerdas. En la figura número 6 se puede observar la máquina de ensayos de tracción ASTM D4268.

Figura 6. Máquina ASTM D4268



Fuente: (INSTRON, 2015)

- *Máquina ISO 37, ASTM D412.* La máquina permite el ensayo a tracción de cauchos y elastómeros termoplásticos, Debido a la extensibilidad que exhiben gomas y elastómeros, los extensómetros generalmente son necesarios para medir elongación o estiramientos mientras se aplica la carga. Se utiliza extensómetros manuales de largo recorrido de contacto para ensayar estos materiales. Un extensómetro automático como el 750 AutoX, ofrece un gran recorrido de 750 mm. La fuerza de contacto de los brazos del AutoX puede ajustarse con precisión ofreciendo la posibilidad de ensayar finas y frágiles probetas como el látex sin producir rotura prematura en los puntos de contacto. El AutoX dispone también de un sistema de guiado sin apenas fricción, que evita cualquier posible influencia de los brazos del extensómetro en los resultados del ensayo. Las mordazas de acción lateral neumáticas con mandíbulas dentadas o revestidas de caucho son la configuración preferida de agarre. (INSTRON, 1984)

Figura 7. Máquina ISO 37, ASTM D412



Fuente: (INSTRON, 2015)

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se realizará el análisis y estudio de las alternativas para el diseño y las características de calidad, durabilidad, funcionalidad y exactitud de la máquina de ensayos de tracción para cuerdas de fibras sintéticas, para llegar a cumplir este objetivo se requiere seguir un proceso de selección en el cual, por medio de un procedimiento ordenado y adecuado se llegará a obtener un diseño óptimo, que satisfaga completamente las necesidades del consumidor final, garantizando la funcionalidad del equipo y los resultados que se obtengan de ella.

3.1 Determinación de las especificaciones de la máquina

La máquina que se pretende desarrollar debe cumplir con las especificaciones y requerimientos que especifica el auspiciante de este proyecto, cuya actividad principal es la de fabricación de hilos y cuerdas de fibras sintéticas, las cuales deben ser ensayadas en la máquina que se pretende desarrollar en este proyecto.

3.1.1 *La matriz Quality function deployment (QFD).* O más conocido como la casa de la calidad es una herramienta de la ingeniería concurrente muy utilizada en el desarrollo de un producto nuevo o en la mejora de uno ya existente, la cual permite determinar las especificaciones técnicas de la máquina, es un método globalizador cuyo objetivo primordial es considerar las necesidades y requerimientos que tiene el cliente, para de esta forma realizar una planificación que permita mantener los parámetros de calidad durante la vida útil de la máquina.

Para obtener de manera adecuada un análisis eficiente de la matriz QFD se debe tener en cuenta dos parámetros importantes; la voz del usuario, que es quién financia el proyecto y tiene la necesidad de construir la máquina, en este caso él será el encargado de plantear las necesidades que tiene y las características que debe tener el producto para satisfacer dichas necesidades y la voz del ingeniero, que es quien asimila los requerimientos del cliente y mediante parámetros técnicos evalúa cuales son las características que tienen más influencia al momento de realizar el diseño del equipo, estos se denominaran parámetros preponderantes o influyentes y esos parámetros se toman en cuenta al momento de plantear las posibles soluciones..

3.1.2 *Voz del usuario (VOC).* De acuerdo con las necesidades de los patrocinadores de este proyecto, la máquina debe tener las siguientes características:

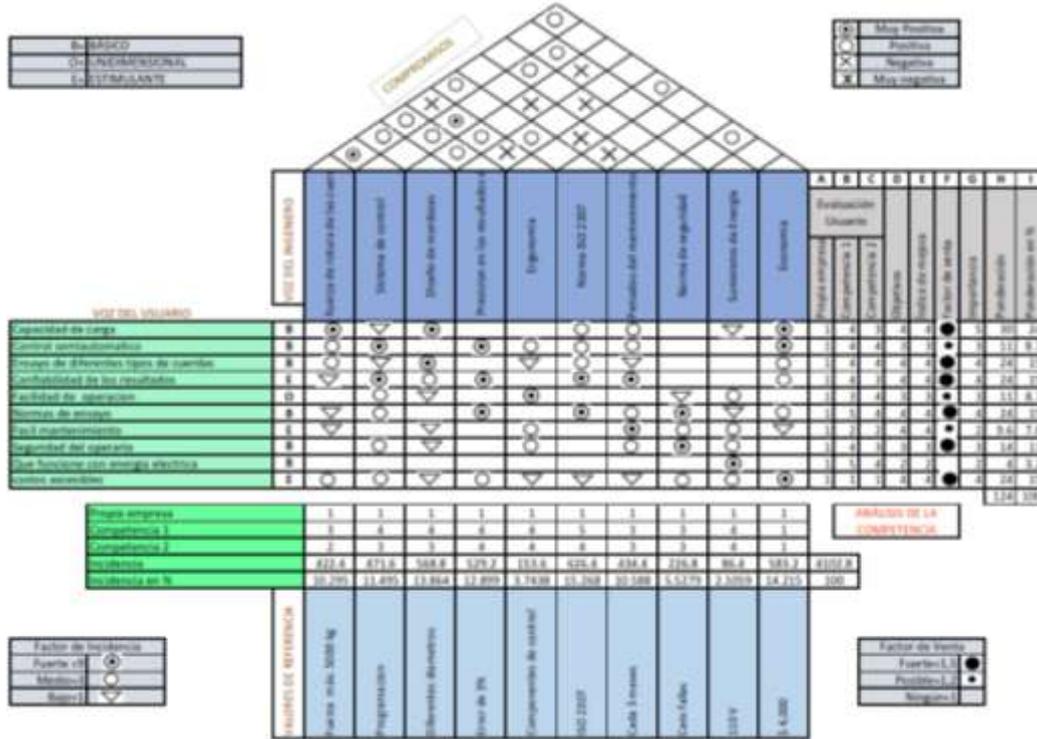
- Capacidad de carga.
- Funcionamiento semiautomático.
- Ensayo en diferentes tipos de cuerdas.
- Precisión en los resultados de los ensayos.
- Facilidad de operación.
- Cumpla normas de ensayo.
- Fácil mantenimiento.
- Seguro para el operario.
- Funcione con energía eléctrica.
- Que tenga un costo accesible.
- Que el software sea amigable con el usuario.
- Ergonomía.

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

- Fuerza de ruptura de la cuerda.
- Sistema de control.
- Diseño de mordazas.
- Ergonomía.
- Norma ISO 2307.
- Diseño de software de adquisición de datos.
- Periodos de mantenimiento.
- Normas de seguridad.
- Suministro de energía.
- Genere un reporte el ensayo.
- Economía.

3.1.4 *Resultados de la matriz QFD.* Para elaborar el análisis de la matriz QFD se tomó el procedimiento propuesto por Carlos Riba. En el caso de la máquina de ensayos de tracción para cuerdas de fibras sintéticas se realizaron modificaciones con respecto al modelo, con el propósito de adecuar el método al proyecto.

Tabla 1. Casa de la calidad.



Fuente: Autores

Por motivos de espacio se colocó una imagen pequeña referencial de la casa e la calidad, el grafico completo del análisis de la casa de la calidad se lo puede observar con más detalle en el anexo G.

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

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

En las columnas D se encuentra la importancia de la meta a la que se quiere llegar y en el E se encuentra el índice de mejora respecto a otros tipos de máquinas similares que se encuentran en el mercado.

En la columna G se coloca el nivel de importancia que tiene en nuestro diseño el parámetro correspondiente y en la columna H se tabula la ponderación o nivel de importancia final que tiene cada uno de los parámetros iniciales propuesto, para por ultimo calcular el porcentaje de ponderación.

3.1.5 Conclusiones de la matriz QFD.Analizando los resultados obtenidos en el diagrama QFD o casa de calidad, podemos concluir que los requerimientos técnicos más importantes son los siguientes:

- *La economía.*La máquina debe prestar características técnicas de seguridad y precisión, pero teniendo en cuenta el costo final de la máquina, ya que este factor hace que el producto sea atractivo frente a otro tipo de máquinas presentes en el mercado, ya que el producto va dirigido a pequeñas y medianas empresas.
- *Norma ISO 2307.*Requerimientos de cumplir la norma ISO 2307 que rige este tipo de ensayos.
- *Diferentes diámetros.* La máquina debe ser capaz de poder ensayar cuerdas de diferentes diámetros, ya que la empresa se dedica a fabricar cuerdas de diferente medida, incluso tiene tres productos principales los cuales son: rafia, multi piolas y cabos.
- *Precisión.*La máquina debe ser precisa y los datos obtenidas de ellas deben mantener un nivel de error lo suficientemente bajo para que garantice lo probidad del resultado.
- *Programación.*Una buena programación permitirá obtener datos precisos del ensayo que se esté realizando, cuidando de utilizar los mejores elementos para obtener dichos datos.
- *Carga.*Un aspecto importante ya que de la capacidad de carga de la máquina, depende hasta que cuerda se puede ensayar y que tanto resiste el material con el que está fabricado la cuerda.

De todos estos parámetros el cumplimiento de la norma ISO 2307 y la posibilidad de que la máquina pueda realizar ensayos en diferentes diámetros de cuerda resultan como los factores primordiales para realizar el diseño de la máquina de ensayos.

3.1.6 Especificaciones técnicas.Con ayuda de la matriz QFD y después de analizar los resultados se ha llegado a obtener las especificaciones técnicas que tendrá la máquina de ensayos, las mismas que se indican en la tabla.

Tabla 2. Especificaciones técnicas de la máquina

Empresa cliente INDUCUERDAS CIA LTDA.		Producto Máquina para realizar ensayos de tracción en cuerdas		Fecha inicial: 2015-05-20
Diseñadores: Ángel Buñay G. Carlos Morocho L.				Fecha final : 2015-07-15
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		D	R	Ensayo de tracción hasta 5000 Kg.
Materiales		D	D	Acero A36 y acero 1018
Construcción y montaje		C	R	que pueda ensayar cuerdas de diferentes diámetros
		C	R	Tiempo de puesta en marcha 1 min.
Vida útil y mantenimiento		D	D	La máquina debe contar con una confiabilidad de al menos 90 %
		D	R	La máquina debe ser de fácil mantenimiento, intervalos de servicio de un turno al día.
Energía		C	R	Energía eléctrica de 110 v
Dimensiones		D	R	La máquina constara de dos módulos y la altura máxima de la maquina será de 2.2 m.
Seguridad y ergonomía		D	R	La máquina debe tener elementos de seguridad.
		C	R	La máquina debe tener controles accesibles.
Propone: M= Marketing, C = Cliente, D = Diseño, P= producción, F= Fabricación.				
R/D: R = Requerimiento; D = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento.				

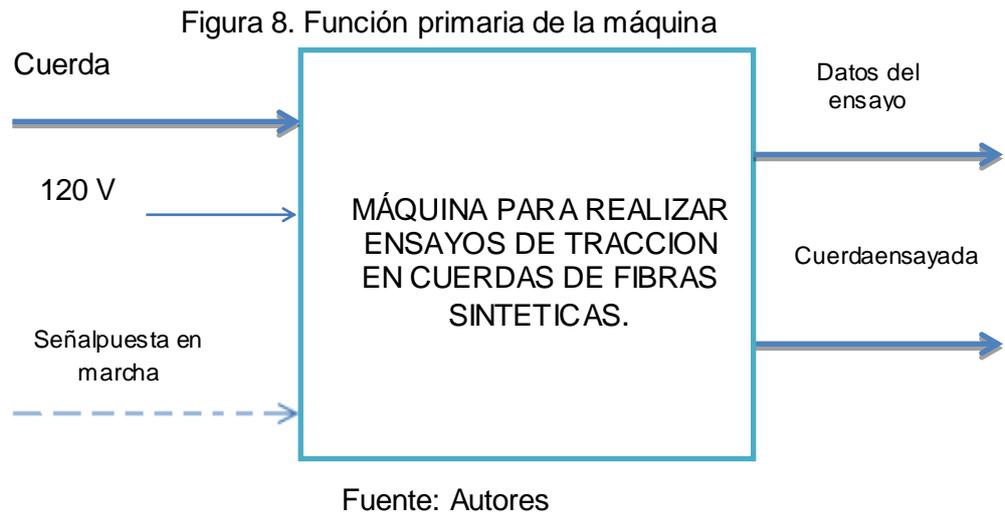
Fuente: Autores

3.2 Análisis funcional

La función primaria de la maquina es realizar ensayos de tracción en cuerdas de fibras sintéticas, por tanto que las funciones secundarias son aquellas que permiten que la primaria se realice eficientemente teniendo en cuenta todos los parámetros principales.

Luego de determinar el respectivo proceso que realiza la máquina, con sus respectivas funciones tanto primarias como secundarias, se desarrolla el diagrama de funciones asignando a los niveles 0 para funciones primarias y 1 para funciones secundarias.

Para los diagramas funcionales se tomaran en cuenta los parámetros de entrada y salida definidas como: Materia, energía y control las cuales están definidas de acuerdo a la función que se requiera. Estas entradas para la maquina serán cuerdas, energía eléctrica y la señal de control.



Como se puede observar en la figura número 8, las entradas de la máquina de ensayos de tracción son:

- Cuerda a ensayar.
- Fuente de energía 120 V.
- Señal de puesta en marcha.

Las salidas son:

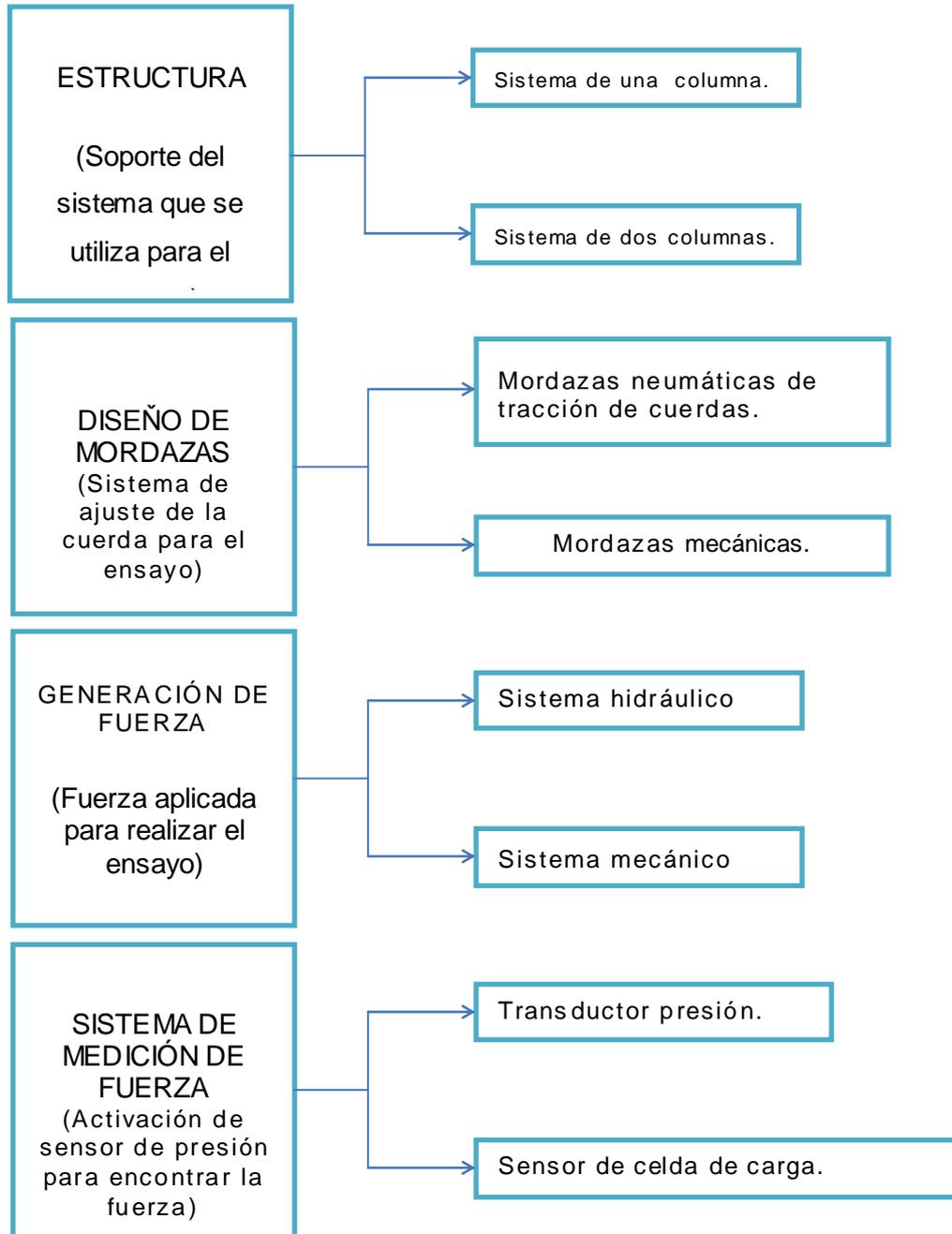
- Cuerda ensayada.
- Datos del ensayo.

Es necesario el desarrollo de un nivel más, de los diagramas funcionales para tener una ampliación mayor que conducirá a establecer determinadas soluciones. En este caso tendremos las funciones detalladas que se requieren para establecer el nivel uno teniendo como resultados la eficiencia de la máquina.

En el diagrama de funciones secundarias de la máquina, se analizará los sub sistemas que se proponen, para luego elegir entre ellos los que se van a descartar de acuerdo al diseño establecido, lo cual nos especifica con claridad cada una de las funciones secundarias de la máquina con sus respectivos sistemas, los cuales se muestran a continuación:

En la figura número 9 se puede observar el diagrama de funciones de la máquina, en donde se observan las opciones para la generación de las alternativas.

Figura 9. Diagrama de funciones secundarias de la máquina



Fuente: Autores.

3.3 Alternativas de solución para el módulo

El módulo diseñado debe cumplir con la función principal el cual es la realización del ensayo de tracción, para lograr este objetivo cada uno de sus subsistemas debe ser diseñado para que cumpla su función de manera eficiente y segura. En esta sección se analizará los sistemas más importantes del diseño y se planteará dos opciones para seleccionar la que mejor se adapte a nuestra necesidad, generando así una solución adecuado que permita que el diseño final presente las mejores características

para los fines para los que ha sido creado, asegurando su calidad, seguridad y un costo accesible para el cliente.

En la definición de los módulos se realiza la división del producto en varios bloques funcionales teniendo en cuenta sus parámetros principales. En un diseño donde se toma en cuenta la asignación de módulos, que se obtiene como resultado la reducción de costos, facilidad de mantenimiento de la máquina y proporcionara mejores resultados del ensayo. (Romeva, 2002)

Las opciones de diseño que se va a analizar pertenecen a cuatro subsistemas importantes en el funcionamiento de la máquina, los cuales son:

- Generación de fuerza.
- Estructura.
- Sistema de medición de fuerza.
- Diseño de mordazas.

3.3.1 *Generación de fuerza.* Sistema que producirá la fuerza necesaria para realizar el ensayo, para calcular esta fuerza se ha tomado como referencia las resistencias de la cuerda más resistente del fabricante.

Este es uno de los subsistemas primordiales para la máquina de ensayos ya que permite generar la fuerza necesaria durante el ensayo, dado que el sistema está diseñado para generar 5000 kgf en su punto máximo, se debe buscar un sistema que permita producir esta gran cantidad de fuerza, de forma segura y eficiente, teniendo en cuenta costos y facilidades constructivas.

Para lograr generar este nivel de fuerza se ha optado por dos opciones, las cuales se encuentran detalladas a continuación:

3.3.1.1 *Generación de fuerza mecánica.* En esta opción se ha previsto usar un tornillo de potencia y un motor para generar la fuerza necesaria para realizar el ensayo, este sistema también necesitara de un motor reductor y un variador de frecuencias para generar la fuerza y velocidad necesaria para la realización del ensayo.

En la figura 10 se observa una máquina con un tornillo de potencia y un moto reductor.

Figura 10. Sistema de tornillo de potencia para generar fuerza.



Fuente: (GALLEGOS, 2007)

Como se observa en la figura este sistema está formado por un tornillo de potencia (1), reductor de velocidad (2), motor eléctrico (3) y un variador de frecuencias, a continuación se realizara un resumen de las ventajas y desventajas de este sistema:

Ventajas.

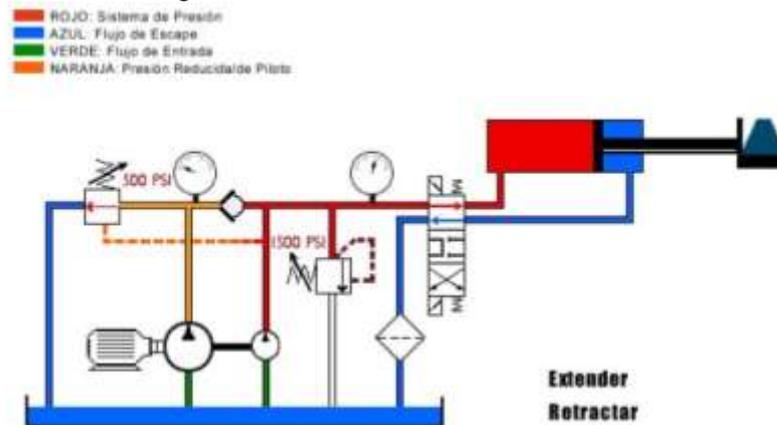
- Permite generar fuerza suficiente para el ensayo.
- La velocidad es fácilmente controlada por un variador de frecuencias.
- Diseño sencillo.

Desventajas.

- Sistema costoso por la fabricación de un tornillo de potencia y la necesidad de un moto reductor.
- El tornillo y la rosca necesitan tratamientos térmicos que garanticen que el tornillo no se desgastara en demasía durante el transcurso de su funcionamiento.
- Dificil control del avance y retroceso del tornillo.
- Dificil construcción del tornillo y rosca de potencia.
- Los componentes tienden a desgastarse rápidamente con el tiempo de uso.(Paula Gallego, 2007)

3.3.1.2 Generación de fuerza hidráulica. En esta opción se ha previsto la utilización de un sistema hidráulico para generar la fuerza necesaria para el ensayo, este sistema tiene la ventaja de ser muy versátil y es utilizado en la mayoría de máquinas similares ya que presenta mayores ventajas de generación de fuerza, control de velocidad, y seguridad, ya que a diferencia del sistema de tornillo mecánico, este sistema puede pararse inmediatamente en caso de una emergencia.

Figura 11. Sistema hidráulico básico.



Fuente: (Interactive Industrial training, 2000)

Como se ve en la gráfica un sistema hidráulico básico cuenta con las siguientes componentes: cilindro hidráulico, motor, bomba hidráulica, válvula direccional, regulador de caudal, regulador de presión, filtro y tuberías de presión.]

Ventajas:

- Posibilidad de generar suficiente fuerza por medio de presión.
- Posibilidad de controlar la velocidad y dirección por medio de válvulas.
- Parada inmediata en caso de emergencias.
- Facilidad para calcular la fuerza generada.

Desventajas:

- Sistema costoso.
- Diseño complejo.
- Trabaja a altas presiones. (Interactive Industrial training, 2000)

3.3.2 Estructura. La estructura es sin duda uno de los sistemas más importantes de la máquina de tracción ya que permite soportar las fuerzas que generara el sistema

hidráulico y permitirá realizar el ensayo sobre la cuerda, para este sistema se han propuesto dos tipos de estructura, el sistema de columna única y el sistema de doble columna.

3.3.2.1 Sistema de una columna. En esta opción se pretende diseñar la estructura con un sola columna central, la cual estará ubicada en la mitad de la mesa y permitirá realizar el ensayo con mordazas ubicadas en los extremos de la mesa y de la columna, la mordaza de la columna estará ubicada de forma fija o móvil, en dependencia del sistema de fuerza que se elija.

Figura 12. Máquina de ensayos de una columna.



Fuente:(DIRECT INDUSTRY, 2014)

Ventajas:

- Diseño compacto.
- Menor tiempo de mecanizado.
- Estéticamente agradable.
- Ocupa muy poco espacio.

Desventajas:

- Soporta cargas bajas.
- Peligro de deformación del soporte de la mordaza.
- Dificultad de fabricación.
- No muy recomendable en aplicaciones de gran fuerza. (Paula Gallego, 2007)

3.3.2.2 Sistema de dos columnas. Este diseño de doble columna permite soportar una viga fija en su extremo y además permite el movimiento de la guía móvil por las columnas, es la más utilizada en máquinas de ensayos de gran fuerza por su robustez y seguridad.

Figura 13. Máquina de ensayos de tracción de doble columna



Fuente:(INSTRON, 2015)

Ventajas:

- Soporta cargas grandes.
- Diseño robusto.
- Permite tener mayor seguridad en el proceso de ensayo.
- No se pandea con cargas grandes.

Desventajas:

- Necesita mucho espacio.
- Más costosa de fabricar.

3.3.3 Sistemas de mordazas.

3.3.3.1 Mordazas neumáticas de tracción de cuerdas. Su principio de funcionamiento se basa en el sistema neumático, presentan un diseño de cabestrante que distribuye la fuerza de sujeción de forma homogénea por la superficie curvada especialmente

diseñada para maximizar la carga de rotura. El cabestrante proporciona soporte a la probeta haciendo que la transición desde la parte de carga libre de la probeta a la parte firmemente sujeta sea gradual.

Figura 14. Mordazas neumáticas



Fuente: (INSTRON, 1984)

Ventajas:

- Activación de forma automática.
- Permite seleccionar la fuerza de sujeción para adaptar a diferentes tipos de cuerdas.
- Tienen mandíbulas intercambiables.
- Tiene un guiado específico para la distribución de fuerza de sujeción de forma homogénea.

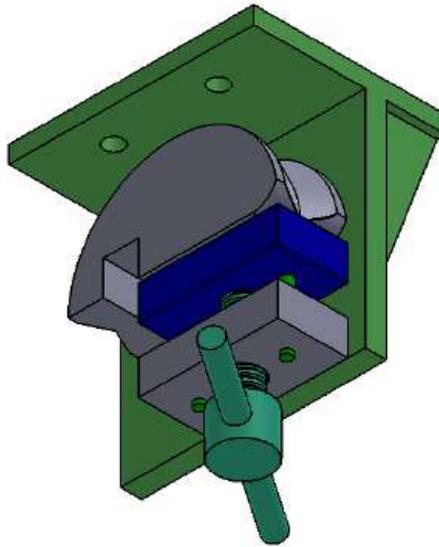
Desventajas:

- La capacidad de carga son bajas.
- Mayor complejidad en el montaje.
- Necesita de un sistema neumático.
- Altos costos.(INSTRON, 1984)

3.3.3.2 Mordazas mecánicas de tracción de cuerdas.El principio de funcionamiento de esta mordaza está diseñado para abastecer grades cargas y que tenga un

mecanismo rápido accionado manualmente, La tensión de tracción de la probeta se reduce por el rozamiento en el rodillo de descarga de fuerza. Lo cual los toques de sujeción se bloquean mecánicamente.

Figura 15. Mordazas mecánicas



Fuente: Autores

Ventajas:

- Descarga de fuerza de forma suave gracias al enrollado simple en el rodillo.
- Colocación de las probetas rápida y simple sin grandes esfuerzos
- Alta capacidad de carga.
- Poleas intercambiables para una adaptación óptima del material.
- Bajo costo.

Desventajas:

- Accionamiento manual.
- Más pesado para el operario.
- Requiere de un tornillo de potencia para la sujeción de la cuerda.
- Posibles problemas de resbalamiento.

3.3.4 Sistema de medición de fuerza.

3.3.4.1 Transmisor de presión. El funcionamiento principal de este sensor de tipo diafragma es convertir la información de presión en un desplazamiento físico con la

ayuda del diafragma. Un diafragma es una placa circular flexible consistente en una membrana tensa o una lámina empotrada que se deforma bajo la acción de la presión o diferencia de presiones a medir, con la medición de presión se hace posible la determinación de la fuerza a la que funciona la máquina de ensayos.

Figura 16. Transmisor de presión



Fuente: (WIKA Corporate, 2015)

Ventajas:

- Alta compatibilidad electromagnética sin que ello afecte a la precisión.
- Alto grado de estabilidad frente a vibraciones y golpes.
- Alto grado de estabilidad frente a la sobrepresión.
- Amplia variedad de conexiones de presión
- Alto grado de protección IP.
- Compatibilidad con sistema hidráulico.
- Analógico.

Desventajas:

- El costo es considerable.
- Mantenimiento con personal adecuado.
- Sensible a choque de presión.
- Instalación compleja.(WIKA Corporate, 2015)

3.3.4.2 Sensor de fuerza con celdas de carga.El principio de funcionamiento de este sensor se basa en un concepto único, la fuerza aplicada en el dispositivo determina voltajes proporcionales a la presión sobre la propia estructura que se transforman en

una señal eléctrica mediante el uso de medidores de tensión. Este sensor está diseñado solo para trabajar a tracción, a este tipo de sensor la soldadura por láser garantiza una alta protección del interior y luego la vida útil del dispositivo es larga si se tiene un buen uso del mismo.

Figura 17. Sensor de fuerza de celda de carga



Fuente:(AEP transducers, 2015)

Ventajas:

- Trabaja a altas temperaturas.
- La soldadura por láser garantiza una alta protección
- Grado de protección IP68-IP65.
- Varias aplicaciones en la industria.

Desventajas:

- Alto costo.
- Mantenimiento complejo.
- Trabaja a presiones limitadas.
- Instalación compleja.
- Medición de fuerza solo a tracción.
- Necesita de un espacio amplio para la instalación.
- Limitación a la hora de realizar el diseño de las mordazas.(AEP transducers, 2015)

3.4 Alternativas de módulos

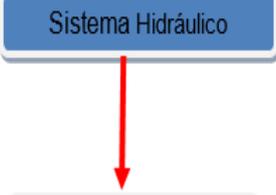
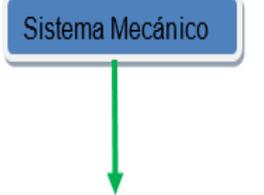
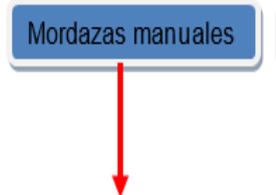
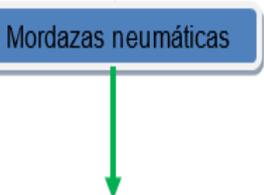
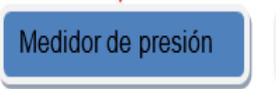
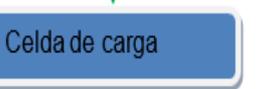
Para determinar las diferentes alternativas de módulos se combinan entre sí las soluciones para cada función, tomando en cuenta que los componentes que sean

compatibles entre sí, para así generar dos alternativas viables que puedan ser analizadas cualitativamente.

El resultado de la combinación de las alternativas se muestra en la tabla 3, en la cual se muestran 2 alternativas de solución partiendo de dos métodos para generar la fuerza necesaria y el sistema para medir la fuerza ejercida sobre la probeta.

De las dos opciones mostradas se seleccionara la mejor opción usando el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Tabla 3. Combinación de soluciones para el modulo

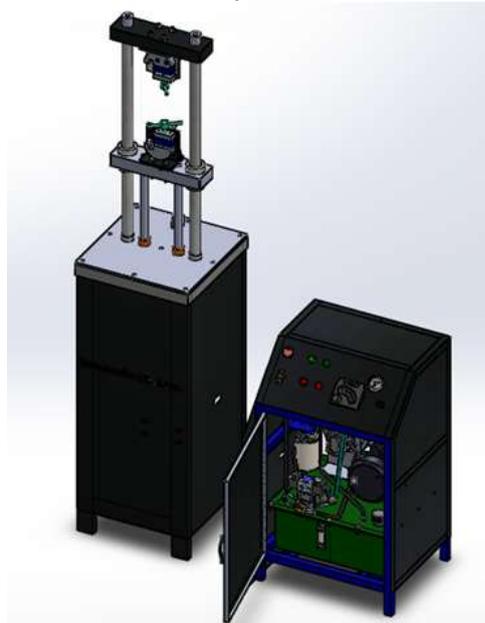
Función	Componente	
Estructura		
Generación de fuerza		
Tipo de mordaza		
Medición de fuerza		
Soluciones	Alternativa 1	Alternativa 2

Fuente: Autores.

3.4.1 Alternativa número uno. La alternativa uno consiste en una máquina para realizar ensayos de tracción con una estructura de dos columnas principales, sistema hidráulico para generar la fuerza y medidor de presión para obtener el dato de la fuerza que se está aplicando en el momento del ensayo en labview. y un sistema de adquisición de datos.

En la figura número 18 se puede observar la alternativa uno.

Figura 18. Alternativa 1 para el diseño del módulo



Fuente: Autores

3.4.2 Segunda opción. La segunda alternativa consiste en una máquina para realizar ensayos de tracción que genere y transmita la fuerza necesaria para el ensayo por medio de un tornillo de potencia y un moto reductor, las mordazas serán accionadas neumáticamente y la fuerza con la que se ensaya la cuerda sea obtenida por medio de una celda de carga, la idea de esta solución se puede observar de forma gráfica en la figura número 19, la cual se muestra a continuación:

Figura 19. Alternativa 2 para el diseño del módulo



Fuente: (GALLEGOS, 2007)

3.5 Evaluación de soluciones

Durante el diseño de la maquina se hace necesario una evaluación de alternativas, que sirva de base para la posterior toma de decisiones, que contemplen todos los parámetros de diseño. En esta evaluación se deben ponderar distintos aspectos de diseño correspondientes a la máquina.

Para tomar la mejor decisión siempre deben estar presentes dos elementos importantes, los cuales son:

- Alternativas. Como mínimo debe de disponerse de dos alternativas cuyas características deben ser diferentes para que se pueda hacer un análisis de las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas.
- Criterios. Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas, estos deben estar ordenados dependiendo la importancia del criterio en el diseño final del equipo.

3.5.1 *Método ordinal corregido de criterios ponderados.* Este método nos permite decidir entre diferentes soluciones, basta conocer el orden de preferencia de evaluación. Por lo misma 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 específicos para la máquina.

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

- 1, si el criterio de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas.
- 0,5, si el criterio de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas.
- 0, si el criterio de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas.

3.5.2 *Criterios de valoración del módulo.* La valoración se realiza tomando en cuenta todos los parámetros del módulo que tenga mayor eficiencia que nos permita obtener los parámetros requeridos.

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes y son:

- Norma ISO 2307. Se considera los parámetros que nos indican en la norma para el respectivo diseño de la máquina.
- Precio. Tener en consideración la relación utilidad/precio para el diseño de la máquina aceptable.
- Ensayo de diferentes diámetros. La máquina debe ser capaz de ensayar diferentes diámetros de cuerdas.
- Precisión. Es importante que la máquina tenga la precisión respectiva para el cumplimiento de la norma.
- Programación. Se considera que la máquina tenga las variables adecuadas, para que el usuario tenga el resultado admitido con una precisión considerada de acuerdo a la norma.
- Carga. La máquina debe estar expuesta a diferente carga y tener la capacidad de la carga máxima especificada. (Romeva, 2002)

En el siguiente cuadro de evaluación, se analiza cada parámetro de acuerdo a los valores mencionados.

Tabla 4. Evaluación de cada criterio

Precisión > Norma ISO 2307 > Programación = Ensayos de diferentes diámetros > Carga = Precio								
Criterio	Norma ISO 2307	Precio	Ensayo de diferentes diámetros	Precisión	Programación	Carga	$\Sigma+1$	Ponderación
Norma ISO 2307	1	1	1	0	1	1	5	0,238
Precio	0	1	0	0	0	0,5	1,5	0,071
Ensayo de diferentes diámetros	0	1	1	0	0,5	1	3,5	0,167
Precisión	1	1	1	1	1	1	6	0,286
Programación	0	1	0,5	0	1	1	3,5	0,167
Carga	0	0,5	0	0	0	1	1,5	0,071
Sumatoria							21	1

Fuente: Autores.

A continuación se evalúa cada una de las soluciones con respecto a los criterios para poder conocer el valor de la ponderación de cada parámetro.

- La solución 1. Máquina con estructura de doble columna, sistema de transmisión de fuerza hidráulica y medidor de fuerza por sensor de presión, además de mordazas de accionamiento mecánico.
- La solución 2. Máquina con estructura de una columna, sistema de fuerza por tornillo de potencia, celda de carga y mordazas accionadas neumáticamente.

Tabla 5. Evaluación de soluciones respecto a la Norma ISO 2307

Solución 1 = solución 2				
Norma ISO 2307	Solución 1	Solución 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0.5	1.5	0,500
Solución 2	0.5		1.5	0,500
Sumatoria			3	1

Fuente: Autores.

Tabla 6. Evaluación de soluciones respecto al precio

Solución 1 < solución 2				
Precio	Solución 1	Solución 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	0,333
Solución 2	1		2	0,667
Sumatoria			3	1

Fuente: Autores

Tabla 7. Evaluación de soluciones respecto a ensayos de diferentes diámetros

Solución 1 > solución 2				
Ensayos de diferentes diámetros	Solución 1	Solución 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
Sumatoria			3	1

Fuente: Autores

Tabla 8. Evaluación de soluciones respecto a la precisión

Solución 1 > solución 2				
Precisión	Solución 1	Solución 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
Sumatoria			3	1

Fuente: Autores

Se realiza una comparativa de cual alternativa cumple mejor los parámetros que se requiere para el funcionamiento del equipo.

Tabla 9. Evaluación de soluciones respecto a la programación

Solución 1 > solución 2				
Programación	Solución 1	Solución 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
Sumatoria			3	1

Fuente: Autores

Tabla 10. Evaluación de soluciones respecto a la carga

Solución 1 > solución 2				
Carga	Solución 1	Solución 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
Sumatoria			3	1

Fuente: Autores

Tabla de conclusiones. En la tabla número once se puede observar las conclusiones que se obtuvieron después de realizar las sumatorias de las evaluaciones de cada una de las soluciones que se plantearon. En la tabla se puede observar cual es la solución que mejor se ajusta a los requerimientos del usuario.

Tabla 11. Tabla de conclusiones respecto al módulo

Conclusión	Norma ISO 2307	Precio	Precisión	Programación	Carga	Σ	Prioridad
Solución 1	0,119	0,024	0,190	0,111	0,048	0,603	1
Solución 2	0,119	0,048	0,095	0,056	0,024	0,397	2

Fuente: Autores

Durante todo el análisis realizado la alternativa o solución que mayor cumplimiento tiene con los criterios de evaluación es la solución 1, esto quiere decir que se selecciona la máquina con estructura de doble columna principal, sistema de transmisión de fuerza hidráulica y medidor de fuerza por sensor de presión, como la alternativa más adecuada para cumplir con los requerimientos del usuario.

Una vez definido el modelo de la máquina se procede con la realización del pre diseño el cual tomara como base de desarrollo, los parámetros que se enlistaron en la solución uno.

3.6 Características de la máquina de ensayos de tracción seleccionada

Después de haber realizado el análisis de las dos alternativas de diseño para la máquina de ensayos de tracción, se ha llegado a la conclusión de que la mejor opción para cumplir con las exigencias del cliente es la opción número uno,

Estos requerimientos han sido traducidos a criterios técnicos por parte de ingeniero, y como resultado se obtuvo un pre diseño el cual se detalla en la tabla que se presenta a continuación, en la que se detallan los elementos tanto internos como externos que conforman el modulo uno de la máquina de ensayos.

Tabla 12. Pre diseño de la alternativa seleccionada

Esquema	Nombre
	1. Mesa
	2. Columna principal
	3. Viga superior
	4. Guías móviles
	5. Viga móvil
	6. Unión guías-cilindro
	7. Tuerca superior
	8. Estructura
	9. Mordazas
	10. soporte columnas principales
	11. Bocines
	12. Manómetro
	13. Cilindro hidráulico
	14. Tuercas sujeción guías

Fuente: Autores

En la tabla 12 se observa los componentes del modulo número dos de la máquina.

A continuación se presenta la tabla de los elementos que conforman el modulo número uno de la máquina de ensayos de tracción.

Tabla 13. Pre diseño de la alternativa seleccionada

Esquema	Nombre
	1. Estructura
	2. Tanque hidráulico
	3. Motor
	4. Bomba de engranajes
	5. Electroválvula.
	6. Válvula limitadora de presión.
	7. Base electroválvula
	8. Filtro de retorno.
	9. Base de la bomba
	10. Medidor de nivel
	11. Gabinete
	12. Encendido /apagado
	13. Botón de subida
	14. Botón de bajada.
	15. Luces piloto
	16. Válvula reguladora de caudal
	17. V. reguladora de caudal comp.
	18. Manómetro.
	19. Mangueras
	20. Acoples
	21. Filtro de aire.
	22. Polea A35 3 in
	23. Polea A35 8 in.

Fuente: Autores

En la tabla 13 se observa los componentes del modulo número uno de la máquina para ensayos de tracción.

El diseño se ha seleccionado teniendo en cuenta los parámetros establecidos al inicio del proyecto

3.6.1 Elementos de la máquina de ensayos de tracción. Los elementos principales de la máquina de ensayos de tracción son los siguientes:

Módulo 1.

- *Estructura.* Se diseñó con tubo estructural A500 el cual debe tener una configuración que soporte el peso de todos los elementos que estarán sobre él, además que preste la facilidad y el espacio para una buena distribución de los elementos que constituyen el sistema hidráulico y el circuito de potencia.
- *Tanque hidráulico.* Es el depósito de aceite, el cual está diseñado para evitar el calentamiento del aceite durante el trabajo de la máquina, además cumple la función de soporte para los elementos hidráulicos, tales como la electroválvula, motor, bomba, etc.
- *Soporte para la bomba.* Permite colocar a la bomba en una posición adecuada para que pueda cumplir su función.
- *Bomba de engranajes.* Es el elemento motriz que permite transformar la energía mecánica en presión hidráulica.
- *Motor.* Permite transformar la energía eléctrica en energía mecánica.
- *Transmisión de potencia.* Esta constituido de dos poleas de distinto tamaño y una banda, este sistema permite transmitir la fuerza del motor a la bomba.
- *Filtro de retorno.* Permite limpiar el aceite antes de enviarlo nuevamente al tanque.
- *Válvulas reguladoras de caudal.* Permite regular el caudal de salida o entrada de aceite al cilindro hidráulico.

- *Botonera.* Permite el control del equipo de manera fácil e intuitiva.
- *Mangueras.* Permite la circulación de aceite por todos los elementos del sistema.
- *Circuito de potencia.* Permite conectar todos los elementos eléctricos para obtener un sistema eficiente y centralizado de control.

Módulo 2.

- *Estructura.* Se diseñó con perfil estructural A500, el cual debe tener una configuración que soporte la fuerza que generará el ensayo cuando se aplica la máxima carga, además debe soportar a los demás elementos constitutivos del módulo.
- *Mesa.* La mesa va colocada sobre la estructura y tiene como objetivo, a más de mejorar la estética de la máquina, ser el soporte para las columnas principales, los bocines y el manómetro.
- *Columnas principales.* Están construidas de acero AISI 1018 y su función es la de ser el soporte para la viga superior y como carril para el libre movimiento de la viga móvil.
- *Guías móviles.* Permite conectar la viga móvil con el cilindro, lo que permitirá que estas se mueva y genere el movimiento para el ensayo.
- *Viga superior.* Permanece fija al final de las columnas principales y permite el montaje de la mordaza superior.
- *Viga móvil.* Es el elemento móvil que nos permite realizar el ensayo, además sobre él va ubicada la mordaza inferior.
- *Mordazas.* Son dos unidades que van colocadas en cada una de las vigas y permiten sujetar la cuerda para realizar el ensayo.
- *Unión guías-cilindro.* Es una pequeña placa de acero que permite unir el cilindro hidráulico con las guías móviles, de esta manera transmitir la fuerza para la realización del ensayo.

- *Manómetro.* Permite medir la presión que se aplica a la entrada del cilindro.
- *Bocines.* Permiten el fácil deslizamiento de las guías móviles, además que controlan la trayectoria de las mismas.
- *Neplos.* Permiten conectar las mangueras hidráulicas con el cilindro hidráulico.
- *Cilindro hidráulico.* El cilindro es el elemento que permitirá transmitir la fuerza al sistema, el cual recibirá el aceite a presión de parte del módulo uno.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL EQUIPO

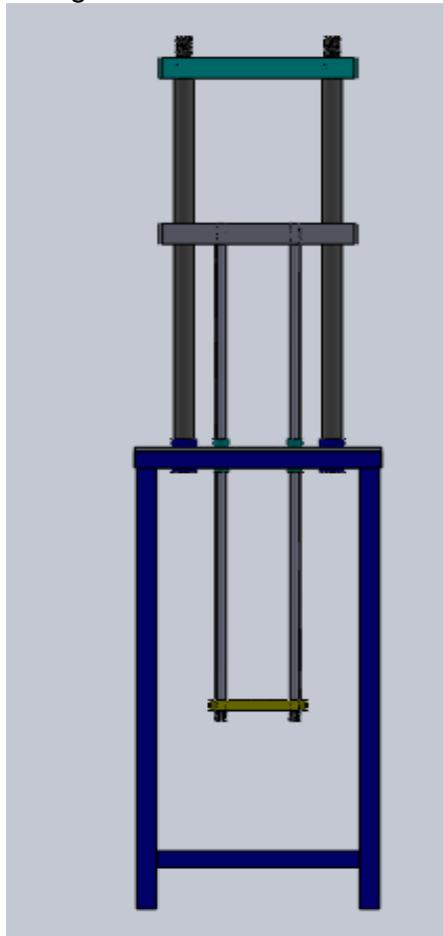
4.1 Diseño final

Como ya se definió en el capítulo anterior el diseño final que se escogió fue el de una máquina de doble columna, que generaría la fuerza por medio de un sistema hidráulico, con mordazas mecánicas y que utilizara un sensor de presión para obtener la fuerza generada por la máquina.

4.2 Diseño elementos mecánicos

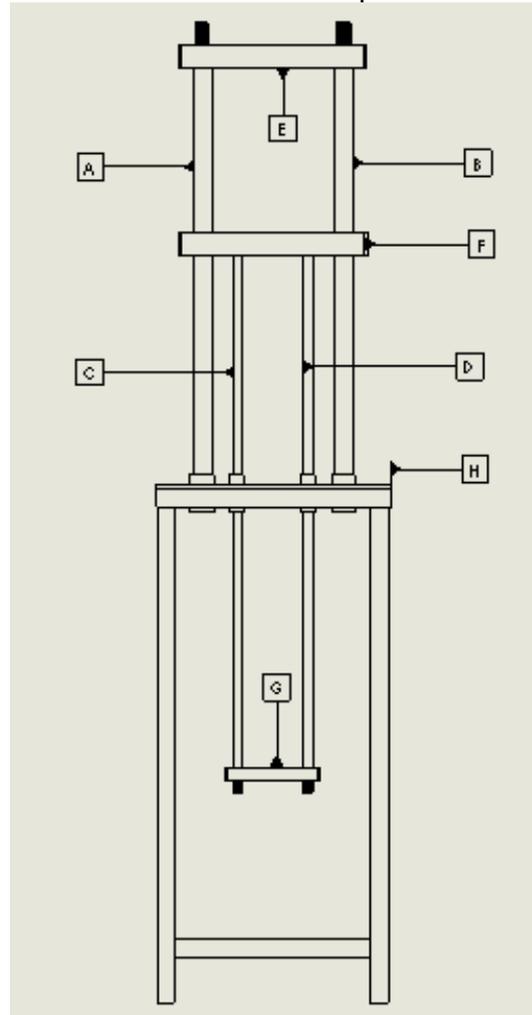
La estructura principal de la máquina de ensayos de tracción se presenta a continuación:

Figura 20. Diagrama de la estructura de la máquina.



Fuente: Autores

Figura 21. Elementos estructurales importantes de la máquina.



Fuente: Autores

En la figura número 21 se puede observar los elementos constitutivos de la estructura.

Para el diseño de los elementos mecánicos de la máquina se usaran procedimientos y ecuaciones de diseño mecánico de autores como Robert L. Norton en su obra Diseño de máquinas(Norton, 1999) y Richard G. Budynas en su obra Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (BUDYNAS, 1998) etc.

Los elementos estructurales más importantes de la máquina para realizar ensayo de tracción son los siguientes:

- Columna fija A.
- Columna fija B.
- Columna móvil C.
- Columna móvil D.

- Viga fija E.
- Viga móvil F.
- Unión columnas guías- cilindro hidráulico G.
- Mesa H.

Además de los elementos antes mencionados la estructura cuenta con el bastidor que soporta a todos los elementos y se encarga además de dar soporte a los elementos hidráulicos y los sistemas eléctricos, los cuales se explicaran más adelante.

4.2.1 *Diseño de las columnas.* Para el diseño de las columnas de la máquina de ensayos se toma en consideración todos los parámetros de la capacidad de la máquina tomando en cuenta que las columnas pueden ser cortas o largas, también se toma en consideración sus reacciones pueden estar sometidas a compresión o a tracción, teniendo en cuenta que las columnas cortas fallara a compresión, una columna larga fallara a pandeo cuando la carga axial aplicada exceda algún valor crítico.

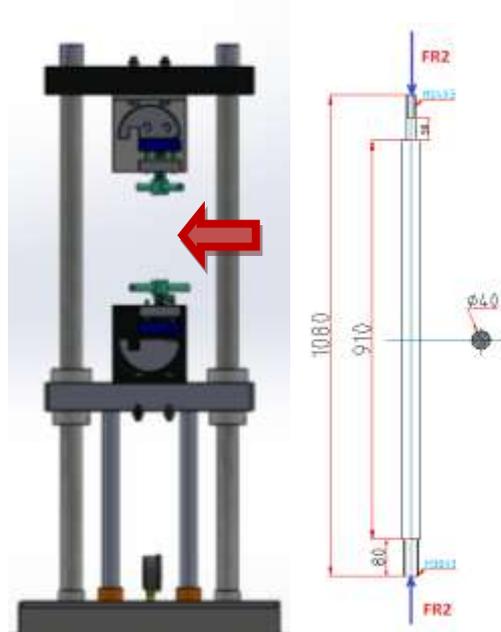
Realizando un análisis cuando la máquina se encuentre en funcionamiento verificamos que las columnas A y B están sometidas a compresión, las columnas C y D están sometidas a tracción, la cual estas columnas deben estar diseñadas para soportar una carga mínima de 2,5 toneladas por cada columna ya que con ello garantizar que las columnas soportan la carga necesaria.

Para la construcción de las columnas se utilizara un material acero ASTM 1018, ya que este material tiene las propiedades necesarias en dicha aplicación, teniendo en cuenta que las columnas deben ser roscadas para la fijación correcta a las placas que las soportarán.

4.2.2 *Diseño de columnas principales (A y B).* En el diseño de estas columnas se debe tomar en cuenta que están sometidas a compresión y que el diámetro seleccionado de la columna debe ser capaz de soportar 2.5 toneladas de fuerza de compresión en cada una de las columnas, además se debe tomar en cuenta el empotramiento que tienen las columnas en su parte inferior, además la condición de sujeción de la columna en su parte superior en la cual estarán unidas por medio de la viga fija y esto permitirá que las columnas no puedan deformarse de forma lateral, sino que podría deformarse por pandeo, lo que podría provocar un daño en la estructura del equipo.

Para el análisis de esta columna se usara la teoría de diseño de columnas por relación de esbeltez para verificar si las columnas son cortas o largas y de esta manera asegurar que las columnas no se deformen, ya que se considera el estado crítico para asegurar la confiabilidad del diseño.(BUDYNAS, 1998)

Figura 22. Columna exterior A y B



Fuente: Autores.

Razón de esbeltez definida como:

$$S_r = \frac{KL}{r_g} = \frac{l_e}{r_g} \quad (2)$$

Donde:

S_r = Razón de esbeltez.

K = Factor de fijación de los extremos.

L = Longitud real de las columnas entre los puntos de apoyo[m]

L_e = Longitud efectiva ($l_e = KL$)[m]

r_g = Radio de giro mínimo de la sección transversal de la columna[m]

Radio de giro definida como:

$$r_g = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (3)$$

Donde:

$I =$ Momento de inercia de la sección transversal de la columna con respecto a uno de los ejes principales [cm^4].

$L =$ Longitud real de las columnas entre los puntos de apoyo [m].

El factor de razón de esbeltez de transición se define como:

$$C_e = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad (4)$$

Donde:

$C_e =$ Razón de esbeltez de transición

$E =$ Modulo elástico [N/mm^2]

Formula de Euler para columnas largas.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\left(\frac{l_e}{r_g}\right)^2} \quad (5)$$

Donde:

$P_{cr} =$ carga de pandeo crítica [kgf]

Formula de J. B. Johnson para columnas cortas.

$$P_{cr} = AS_y \left[1 - \frac{S_y \left(\frac{l_e}{r_g}\right)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad (6)$$

Factor de diseño para columnas y carga permisible.

$$P_a = \frac{P_{cr}}{n} \quad (7)$$

Donde:

$P_a =$ carga segura permisible [kgf]

Diseño de la columna principal.

Datos:

Material = ASTM 1020

$S_y = 3\,772 \text{ kgf/cm}^2$

$E = 2,1 * 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

$L = 1\,080 \text{ mm} = 108 \text{ cm}$

$d = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}$

$K = 2,1$ (Lado empotrado y otro libre)

Diseño:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (8)$$

$$A = \frac{\pi(4\text{cm})^2}{4} = 12,57 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi(4 \text{ cm})^4}{64} = 12,57 \text{ cm}^4$$

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

$$r_g = \sqrt{\frac{12,57 \text{ cm}^4}{12,57 \text{ cm}^2}} = 1 \text{ cm}$$

$$S_r = \frac{KL}{r_g}$$

$$S_r = \frac{(2,1)(91\text{cm})}{1 \text{ cm}} = 191,11$$

$$S_r = 191,11$$

$$C_e = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

$$C_e = \sqrt{\frac{2\pi^2 \left(2,1 * 10^6 \frac{kgf}{cm^2}\right)}{2 530 \frac{kgf}{cm^2}}} = 128$$

$$C_e = 128$$

Como $S_r > C_e$ por lo tanto es una columna larga, se procede a calcular la carga critica con la fórmula de Euler.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\left(\frac{l_e}{r_g}\right)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \left(2,1 * 10^6 \frac{kgf}{cm^2}\right) (12,57 cm^2)}{(191,1)^2} = 7 134 kgf$$

$$P_a = \frac{P_{cr}}{n}$$

$$P_a = \frac{7 134 kgf}{2} = 3 567 kgf$$

$$P_a = 3,6 Ton$$

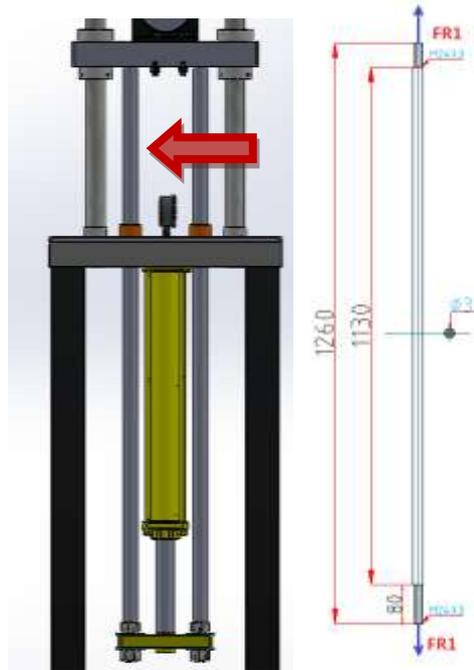
Se determina que la fuerza admisible calculada (P_a) es de 3,6 toneladas lo cual nos indica que la columna resiste lo suficiente ya que la fuerza máxima de funcionamiento de la máquina es de 2.5 toneladas por cada columna.

4.2.3 Diseño de columnas externas (C y D). En el diseño de estas columnas se debe tomar en cuenta que están sometidas a tracción pura y que el diámetro seleccionado de la columna debe ser capaz de soportar mínimo 2,5 toneladas por cada columna. El material usado para el diseño de esta columna será acero ASTM 1018.

Para el diseño de estas dos columnas se considera que los dos extremos están empotrados y además que solo estarán sometidos a tracción. También se debe tomar en cuenta la calidad superficial, ya que esta columna se deslizará sobre dos bocines para generar el movimiento del ensayo. (BUDYNAS, 1998)

En la figura 23 se puede observar el diagrama de las columnas.

Figura 23. Columna interior C y D.



Fuente: Autores.

El esfuerzo máximo aplicado para tensión axial se define por la ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A} \quad (9)$$

Donde:

σ_{max} = Esfuerzo máximo [kgf/cm²]

F_{max} = Fuerza máxima aplicada durante el ensayo [kgf]

A = Área de la sección transversal [cm²]

El esfuerzo permisible se define por la ecuación:

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n} \quad (10)$$

Donde:

σ_{perm} = Esfuerzo permisible [kgf/cm²]

S_y = La resistencia a la fluencia a la tensión [kgf/cm²]

η = Factor de seguridad ($n=2$)

En este caso el esfuerzo permisible debe ser mayor que el esfuerzo máximo para que la columna esté perfectamente diseñada, con un coeficiente de seguridad mayor que uno, se debe tomar en cuenta que el material tiene que estar dentro de la zona elástica para que no existan deformaciones al momento de retirar las cargas aplicadas.

Diseño del elemento sometido a tracción pura.

Datos:

Material = ASTM 1018

$S_y = 3\,772$ kgf/cm²

$E = 2,1 * 10^6$ kgf/cm²

$L = 1\,260$ mm = 126 cm

$d = 31$ mm = 3,1 cm

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(3.1\text{cm})^2}{4} = 7.548 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A}$$

$$\sigma_{max} = \frac{2500 \text{ kgf}}{7.548 \text{ cm}^2} = 331.21 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{3772 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{2} = 1886 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

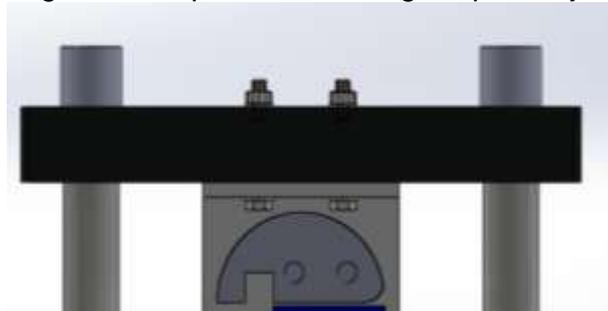
$$\sigma_{perm} = 1886 \frac{kgf}{cm^2}$$

En el cálculo se puede notar que el esfuerzo máximo es menor que el esfuerzo permisible ($\sigma_{max} < \sigma_{perm}$), por lo tanto las columnas resisten lo suficiente cuando la máquina este en funcionamiento.

4.2.4 Diseño de la viga fija E. La viga superior es un elemento que ha sido pensado para mantenerse fija en el extremo superior de las columnas fijas y su función principal es la de ser el punto fijo donde se coloque la mordaza superior y permita mantener a la cuerda de manera tensa mientras la viga móvil inferior se desplaza hacia abajo, generando de esta forma el ensayo de tracción sobre la cuerda.

El primer paso para el diseño de la viga es seleccionar el material en el que se va a elaborar la viga además un boceto de su configuración. En el grafico se muestra cual será la disposición de esta viga, la cual va apoyada sobre las columnas fijas.

Figura 24. Disposición de la viga superior fija.



Fuente: Autores

La viga se construirá en acero estructural A36 el cual tiene las características mostradas en la siguiente imagen.

Figura 25. Propiedades mecánicas del acero A 36

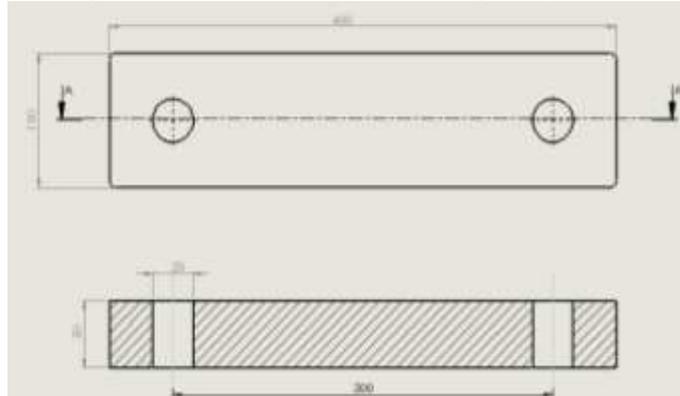
Normas Americanas ASTM
Propiedades Mecánicas

DESIGNACION ASTM	Grade	Lim. elástico (N/mm)	Resist. a Tracción (Rm)	Alargamiento (Min)		Resiliencia (Min)	
				%		C°	J
				8"	2"		
Min MPa.	Mpa.						
A36 / A 36M - 94	-	250	400 - 550	20	23	-	-
A 283 / A 283M - 93	C	205	380 - 515	22	25	-	-
A 529 / A 529M - 94	50	345	485 - 690	18	21	-	-
A 573 / A 573M - 93	70	290	485 - 620	18	21	-	-

Fuente: (PHIONE LIMITED, 2014)

Las dimensiones de la viga serán las que se muestran a continuación:

Figura 26. Dimensiones de la viga superior.



Fuente: Autores

Con estos valores se procederá a realizar el cálculo de resistencia, para asegurarnos que la viga cumpla con su función de soportar la carga se tomara un factor de seguridad de dos.

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{perm} = 125 \text{ MPa}$$

Cálculo del área de la placa:

$$A_{placa} = A_{pris} - A_{per}. \quad (11)$$

Área del prisma rectangular (A_{pris}).

$$A_{pris} = 2[(l * h) + (l * e) + (h * e)] \quad (12)$$

Donde:

L= largo de la placa[cm]

h = altura de la placa[cm]

e= espesor de la placa[cm]

$$A_{pris.} = 2[(40 * 5) + (40 * 10) + (10 * 5)] \text{ cm}^2$$

$$A_{pris.} = 1\,300 \text{ cm}^2$$

Área de las perforaciones cilíndricas (A_{per}).

$$A_{per} = 2\pi r (h + r) \tag{13}$$

Donde:

h = altura de los agujeros cilíndricos[cm]

r = radio de giro de los agujeros cilíndricos[cm]

$$A_{per} = 2\pi * 1 (5 + 1)$$

$$A_{per} = 37.7 \text{ cm}^2$$

Entonces el área del prisma rectangular sería:

$$A_{placa} = A_{pris} - A_{per}$$

$$A_{placa} = 1\,300 \text{ cm}^2 - 37.7 \text{ cm}^2$$

$$A_{placa} = 1\,262.3 \text{ cm}^2$$

Una vez calculada el área del prisma rectangular se procede a calcular la carga máxima permisible que puede soportar la placa.

$$F_{max} = A_{placa} * \sigma_{perm} \tag{14}$$

$$F_{max} = 1\,262,3 \text{ cm}^2 * 1\,274,21 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{max} = 1\,608\,435.28 \text{ kgf}$$

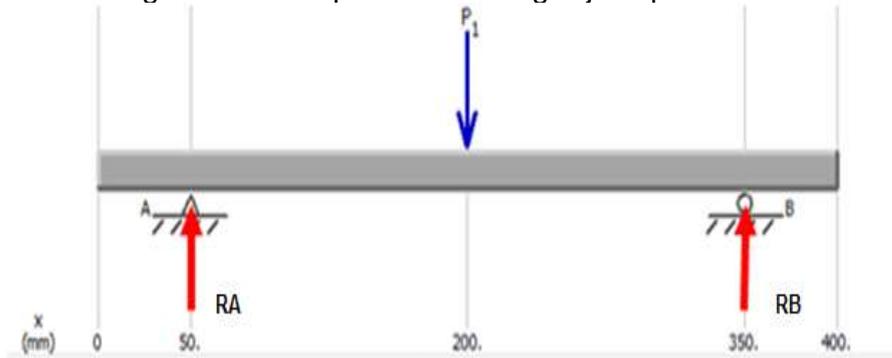
Como podemos observar la placa soporta una fuerza muy superior a la carga máxima de diseño, entonces podemos asumir que la placa soportara las cargas a tracción que se le aplique.

- *Análisis de deformación de la viga.*

Como analizamos anteriormente la viga soportara la carga máxima de diseño de 5 000 kgf sin ningún problema, pero cabe analizar que si bien la viga no fallara, puede tener problemas de deformación en el centro de la misma, ya que allí se concentrara una fuerza puntual, producto del ensayo de tracción, es por esta razón que debe verificarse que la viga no se deforme en exceso bajo esta carga ya que de ser así el ensayo carecería de confiabilidad y exactitud.

Entonces para empezar a realizar este análisis se plantea el diagrama de cuerpo libre de la viga y con esto calculamos las reacciones producidas en los apoyos, para esto utilizamos el software MDSolids.

Figura 27. Diagrama de cuerpo libre de la viga fija superior. MDSolids 4.0



Fuente: Autores

La viga tiene un doble apoyo a 50 mm de cada uno de sus extremos y una carga puntual de 5000 kgf ubicada en el centro de la misma.

Entonces:

$$\Sigma Fy = 0$$

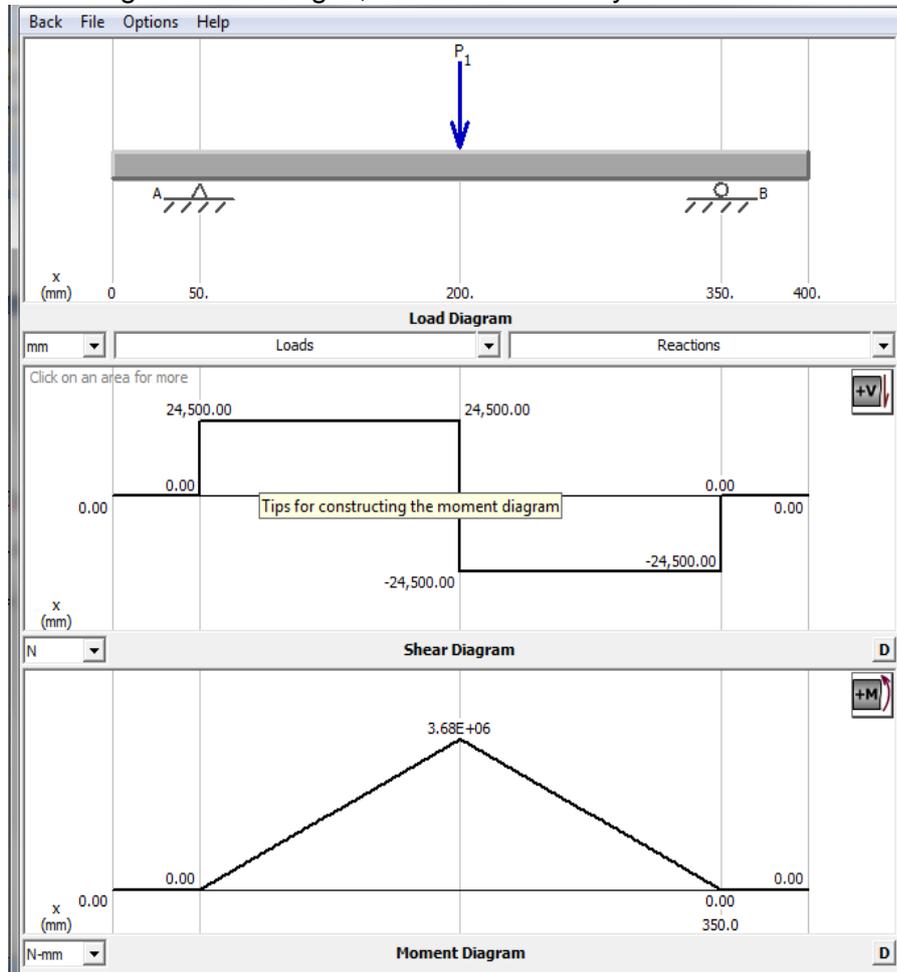
$$RA + RB - 5\,000 = 0$$

$$RA = RB = 2\,500\text{kgf}$$

Con estas cargas procedemos a realizar los diagramas de esfuerzo cortante y de momento flector, en este caso usaremos el software MDSolids para obtener dichos diagramas.

En la figura número 28 podemos observar el diagrama de aplicación de fuerzas, además del esfuerzo cortante y el momento flector máximo, en las figuras se observa que los valores máximos de la fuerza cortante y del momento flector se encuentra en el centro de la viga , por lo que este punto es el más sensible del elemento.

Figura 28. Diagramas de cargas, esfuerzo cortante y momento flector. MDsolids



Fuente: Autores

Como se observa en el grafico el esfuerzo cortante máximo es de 24500 N y se encuentra ubicado en el centro de la viga, además el momento flector máximo también se encuentra ubicado en la misma posición y su valor es de 3680 N.m, con estos valores se procede a seguir con el cálculo de deformación de forma manual y luego compararlas con la respuesta del MDsolids.

Para calcular la deformación usaremos las ecuaciones universales para el cálculo de deformaciones, usaremos estas fórmulas para calcular las deformaciones producidas en el centro de la viga donde está el punto más sensible del elemento. (BUDYNAS, 1998)

$$EIx\theta = EIx\theta_0 + \Sigma M(x-a) + \Sigma \frac{P}{2}(x-b)^2 + \Sigma \frac{q}{6}(x-c)^3 \quad (15)$$

$$EIxY = EIxY_0 + EIx\theta_0X + \Sigma \frac{M}{2}(x-a)^2 + \Sigma \frac{P}{6}(x-b)^3 + \Sigma \frac{q}{24}(x-c)^4 \quad (16)$$

Donde:

E= módulo de Young[kgf/cm²]

I= Momento de inercia del perfil [cm⁴]

q = ángulo de giro de la viga [rad]

Y= deformación en el eje y[mm]

M= momentos[kgf.mm]

P=fuerza puntual[kgf]

q = fuerza distribuida[kgf/mm]

Con la ecuación a:

Para:

$$X = 0 \text{ m} \quad Y = 0$$

$$X = 0,4 \text{ m} \quad Y = 0$$

Con la ecuación b:

Para:

$$X= 0,4 \quad EIxY = EIxY_0 + EIx\theta_0X + \Sigma \frac{M}{2}(x-a)^2 + \Sigma \frac{P}{6}(x-b)^3 + \Sigma \frac{q}{24}(x-c)^4$$

$$0 = 0 + EIx\theta_0(0,4)m + \frac{2\,500 \text{ kgf}}{6}(0,4m - 0m)^3 - \frac{5\,000 \text{ kgf}}{6}(0,4m - 0,2m)^3 + 0$$

$$EIx\theta_0(0,4m) = 6,67 \text{ kgf} \cdot m^3 - 26,66 \text{ kgf} \cdot m^3$$

$$EIx\theta_0 = -50 \text{ kgf} \cdot m^2$$

$$\text{Para } x = 0,2 \text{ m}$$

$$EIxY = EIxY_0 + EIx\theta_0X + \Sigma \frac{M}{2}(x-a)^2 + \Sigma \frac{P}{6}(x-b)^3 + \Sigma \frac{q}{24}(x-c)^4$$

$$EIxY = 0 - 50kgf \cdot m^2(0,2)m + \frac{2500kgf}{6}(0,2m - 0m)^3 - \frac{5000kgf}{6}(0,2m - 0,2m)$$

$$EIxY = -6,66 kgf \cdot m^3$$

$$Ix = \frac{b * h^3}{12}$$

$$Ix = \frac{10cm * (5cm)^3}{12} = 104,16 cm^4$$

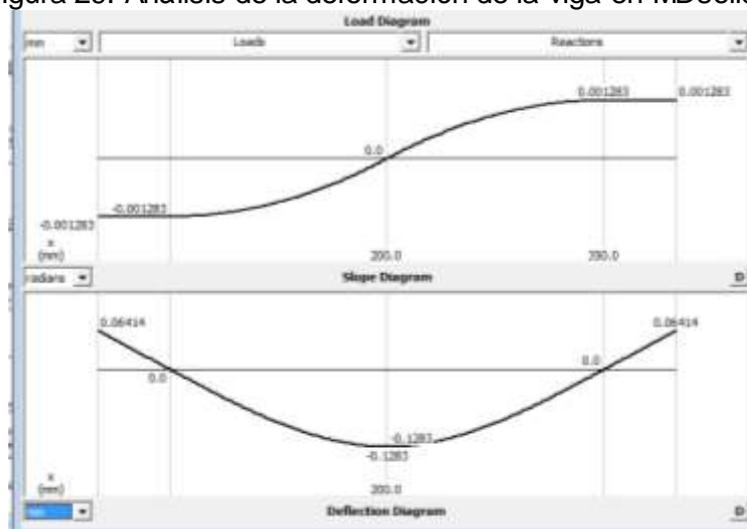
Entonces:

$$Y = \frac{-6,66 Kg \cdot m^3 (100 cm)^3}{2,1 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2} * 104,16 cm^4}$$

$$Y = -0,03 cm$$

Como podemos observar la deformación que sufrirá la placa cuando sobre ella se aplique la carga máxima de 5 000 Kg, es de solo 0,3 mm, es decir despreciable, por lo que se concluye que la placa cumplirá satisfactoriamente su función, para corroborar estos datos se realiza la comprobación en MDSolids.

Figura 29. Análisis de la deformación de la viga en MDSolids.

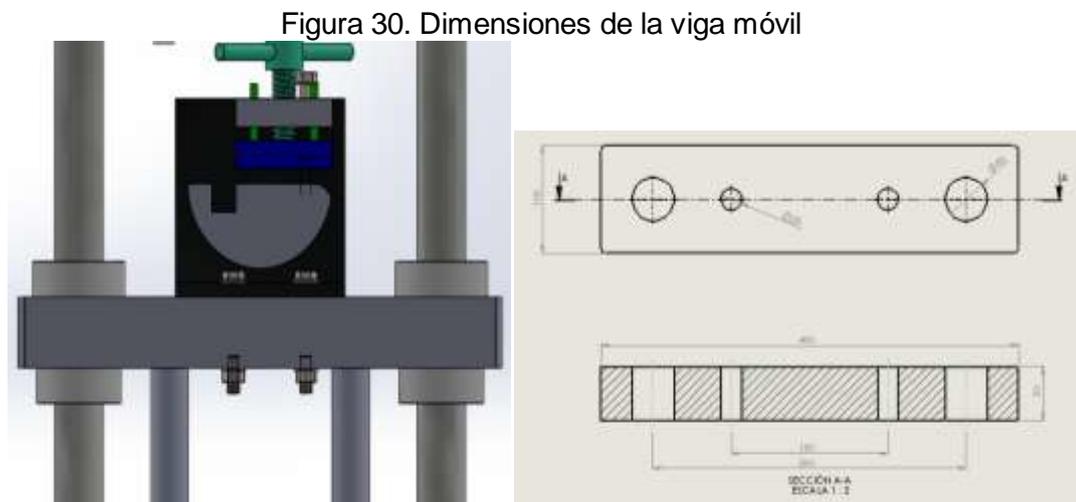


Fuente: Autores.

Para verificar la veracidad de los cálculos realizados se utiliza el software MDSolids para encontrar la deformación de la viga, dando como resultado una deformación de 0.13 mm lo que es muy cercano a nuestro calculo, por lo que se concluye que la viga soportara la carga de trabajo sin problemas.

4.2.5 *Diseño de la viga móvil* F. La viga móvil está concebida para que tenga la capacidad de desplazarse libremente a lo largo de las columnas fijas, sobre esta viga se colocara la mordaza inferior y a su vez esta viga está conectada mediante dos ejes con una placa donde está montado el vástago del cilindro hidráulico.

Las dimensiones de la viga móvil se indican a continuación:



Fuente: Autores

Al igual que la viga superior fija, esta se construirá a partir de una barra de acero ASTM A500 y se tomara de la misma manera un factor de seguridad de 2 para el diseño.

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{perm} = 125 \text{ MPa}$$

Cálculo del área de la placa:

$$A_{placa} = A_{pris} - A_{per}.$$

Área del prisma rectangular

$$A_{pris} = 2[(l * h) + (l * e) + (h * e)]$$

$$A_{pris} = 2[(40 * 5) + (40 * 10) + (10 * 5)] \text{ cm}^2$$

$$A_{pris} = 1\,300 \text{ cm}^2$$

Área de las perforaciones cilíndricas

$$A_{per.} = 2\pi r (h + r)$$

$$A_{per.} = 2\pi * 1 (5 + 1) + 2\pi * 2 (5 + 2)$$

$$A_{per.} = 125,66 \text{ cm}^2$$

Entonces el área del prisma rectangular seria:

$$A_{placa} = A_{pris} - A_{per}.$$

$$A_{placa} = 1\,300 \text{ cm}^2 - 125,66 \text{ cm}^2$$

$$A_{placa} = 1\,174,33 \text{ cm}^2$$

Una vez calculada el área del prisma rectangular se procede a calcular la carga máxima permisible que puede soportar la placa.

$$F_{max} = A_{placa} * \sigma_{perm}$$

$$F_{max} = 1\,174,33 \text{ cm}^2 * 1\,275,50 \text{ kgf/cm}^2$$

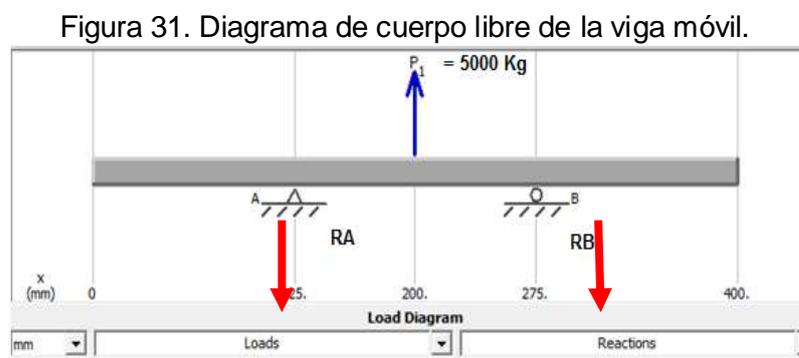
$$F_{max} = 1\,497\,869,8 \text{ kgf}$$

$$F_{max} = 1500 \text{ ton.}$$

Como podemos observar la placa soporta una fuerza muy superior a la carga máxima que se producirá en el ensayo, entonces podemos asumir que la placa soportara las cargas máximas.

- *Análisis de deformación de la viga.*

Como en el caso anterior también se realizara el análisis de deformación para asegurarnos de que la viga no tienda a deformarse cuando se aplique la carga máxima de ensayo de 5000 Kg y en este caso se despreciara el peso de la viga para el cálculo ya que su valor es marginal con relación a la carga aplicada.



La viga tiene un doble apoyo a 125 mm de cada uno de sus extremos y una carga puntual de 5000 kg en el centro de la misma, con estos datos buscamos las reacciones de los dos apoyos de la viga.

Entonces:

$$\sum F_y = 0$$

$$RA + RB - 5\,000 = 0$$

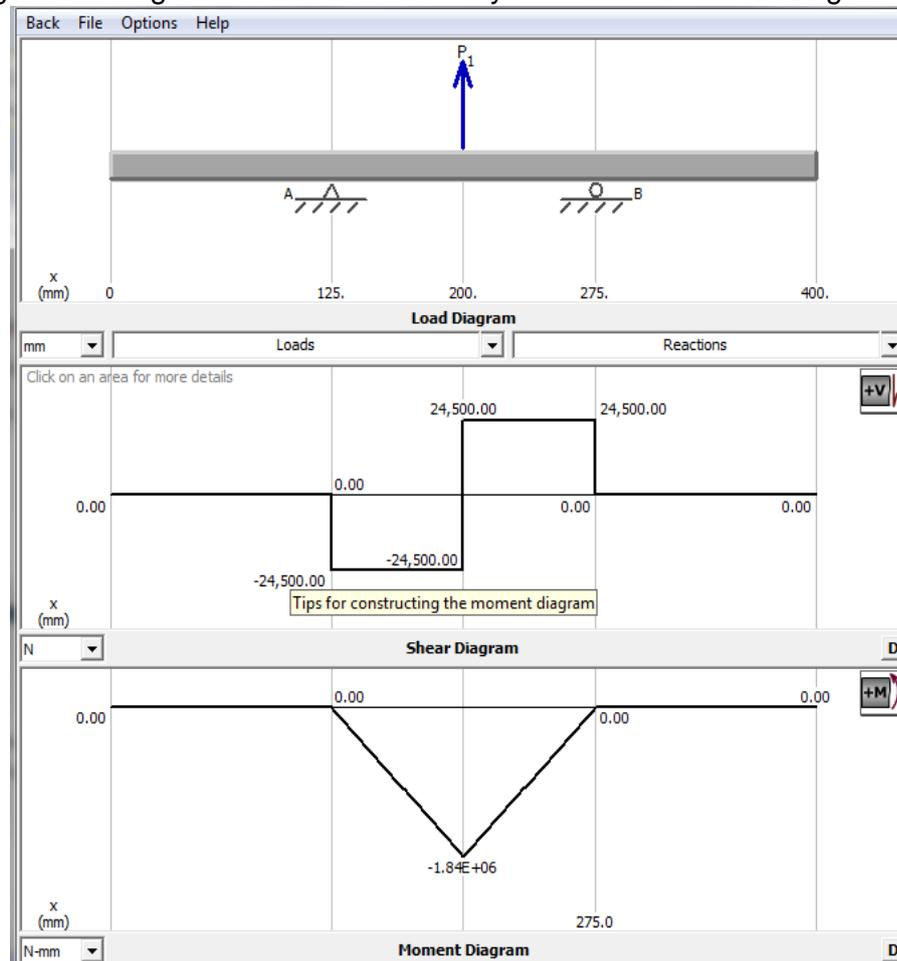
$$RA + RB = 5\,000$$

$$RA = RB = 2\,500\text{kgf}$$

Con estas cargas procedemos a realizar los diagramas de esfuerzo cortante y de momento flector, en este caso usaremos el software MDsolids para obtener dichos diagramas.

En la figura 32 se observa los diagramas de momento flector y esfuerzo cortante máximo de la viga, la cual se obtiene en el software MDsolids, como se observa el momento flector máximo se encuentra ubicado en el centro de la viga.

Figura 32. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la viga móvil.



Fuente. Autores

Como se puede observar en la grafica la fuerza cortante máxima se ubica en el centro de la viga y tiene un valor máximo de 24500 N. Al igual que la fuerza cortante máxima, el momento flector máximo se encuentra ubicado en el centro de la viga llegando a tener una magnitud de 1837,5 N.m.

Para calcular la deformación en este caso se usa el software MDsolids 4.0 ya que sus resultados son muy precisos y fiables.

Entonces:

$$I_x = (10 * 5^3)/12 = 104,16 \text{ cm}^4$$

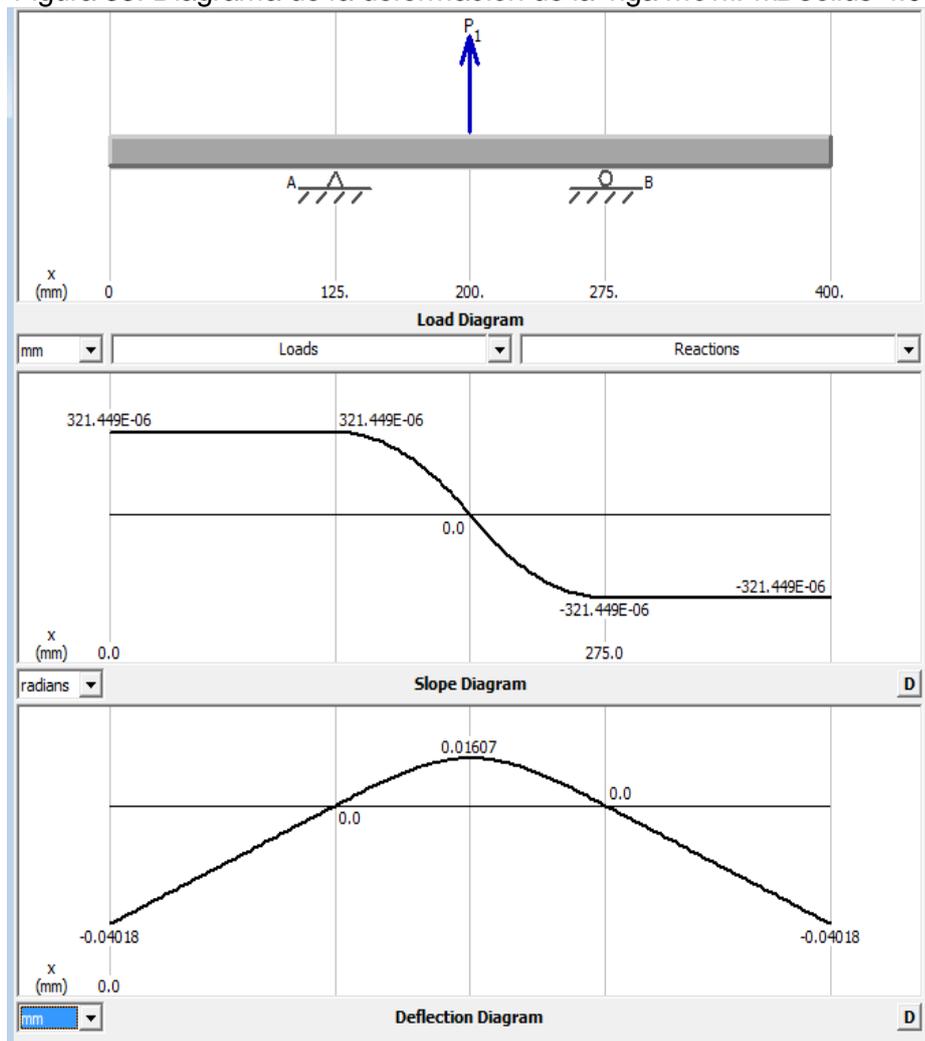
$$E = 20 \text{ GPa} = 2,1e6 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$E * I_x = 2,1e6 \text{ kgf/cm}^2 * 104,16 \text{ cm}^4$$

$$E * I_x = 214 \ 855,2 \text{ N.m}^2$$

En la figura 33 se observa los diagramas de deformación de la viga.

Figura 33. Diagrama de la deformación de la viga móvil. MDsolids 4.0

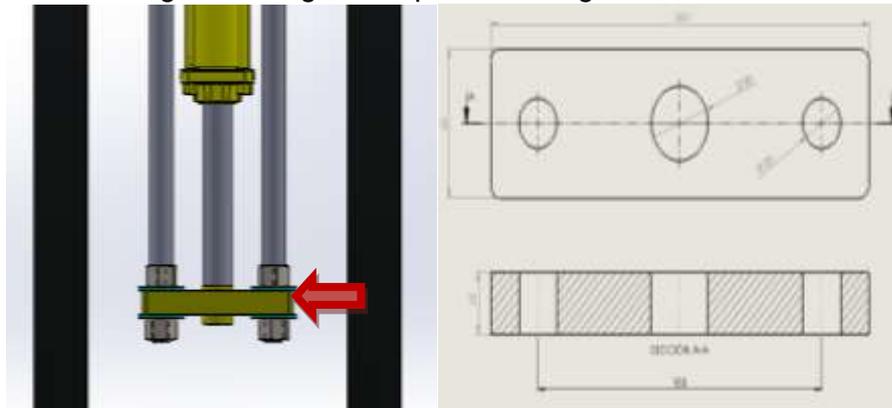


Fuente: Autores.

En la grafica anterior se puede observar cómo se deformaría la viga cuando se le aplica la carga máxima, en este caso la deformación es despreciable ya que su valor es de tan solo 0,016 mm en el centro y 0,04 mm en los extremos, los cuales están rigidizados por las columnas principales por lo que se considera nula la deformación en los extremos lo que garantiza la rigidez de la viga.

4.2.6 *Diseño del soporte de las guías móviles.* Este soporte está diseñado para que permita la transmisión del movimiento del cilindro hidráulico hacia las columnas móviles y de esta forma generar la fuerza para realizar el ensayo de tracción, al igual que las guías mencionadas anteriormente va a ser construido en acero A588 y sus dimensiones son las siguientes:

Figura 34. Viga de soporte de las guías móviles.



Fuente: Autores.

Al igual que la viga superior fija, esta se construirá a partir de una barra de acero A36 y se tomara de la misma manera un factor de seguridad de dos para el diseño.

$$\sigma_{perm} = Sy/n$$

$$\sigma_{perm} = (250 \text{ MPa})/2$$

$$\sigma_{perm} = 125 \text{ MPa}$$

Cálculo del área de la placa:

$$A_{placa} = A_{pris} - A_{per}$$

Área del prisma rectangular

$$A_{pris} = 2[(l * h) + (l * e) + (h * e)]$$

$$A_{pris} = 2[(20 * 2,5) + (20 * 6) + (2,5 * 6)] \text{ cm}^2$$

$$A_{pris} = 370 \text{ cm}^2$$

Área de las perforaciones cilíndricas

$$A_{per} = 2\pi r (h + r)$$

$$A_{per} = 2\pi * 1 (2,5 + 1) + \pi * 1,5 (2,5 + 1,5)$$

$$A_{per} = 40,84 \text{ cm}^2$$

Entonces el área del prisma rectangular seria:

$$A_{placa} = A_{pris} - A_{per}$$

$$A_{placa} = 370 \text{ cm}^2 - 40,84 \text{ cm}^2$$

$$A_{placa} = 329,16 \text{ cm}^2$$

Una vez calculada el área del prisma rectangular se procede a calcular la carga máxima permisible que puede soportar la placa.

$$F_{max} = A_{placa} * \sigma_{perm}$$

$$F_{max} = 329,16 \text{ cm}^2 * 1274 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$F_{max} = 419418 \text{ Kg}$$

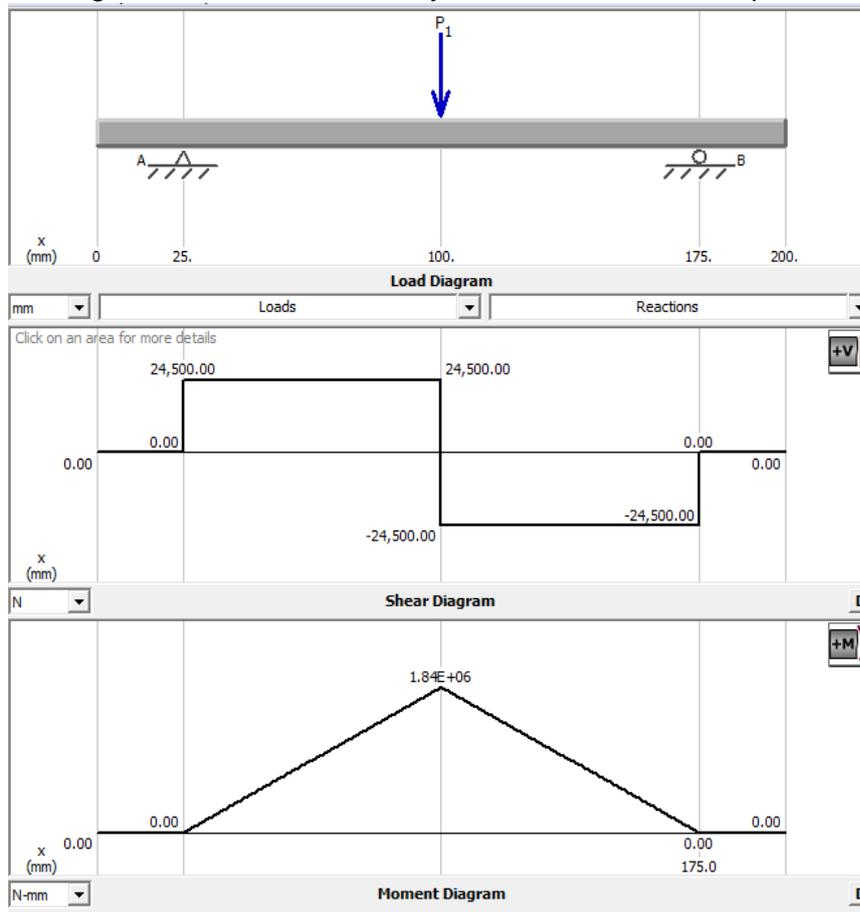
Como podemos observar la placa soporta una fuerza muy superior a la carga máxima de diseño, entonces podemos asumir que la placa soportara las cargas a tracción que se le aplique, además la deformación que se pudiera provocar al aplicar la carga máxima es despreciable, por lo que el elemento cumple las especificaciones requeridas.

- *Análisis de deformación de la viga.*

La pieza está sometida a fuerzas de deformación por acción de la fuerza que ejerce el cilindro hidráulico sobre él y la resistencia a ser movida por las vigas que están conectadas directamente a la viga móvil. Esta placa se construirá en base a una placa de acero A36.

Para realizar el análisis de la deformación de este apoyo se analizaran las condiciones en el software MDsolids, en donde se calcularan las reacciones, momento cortante máximo y momento flector máximo.

Figura 35. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del soporte. MDsolids.



Fuente: Autores

Como se observa en el gráfico el esfuerzo cortante máximo es de 24500 N y se encuentra ubicado en el centro de la viga, además el momento flector máximo también se encuentra ubicado en la misma posición y su valor es de 1840 N.m.

Para encontrar la deformación tenemos que calcular la inercia y multiplicarlo por el modulo de elasticidad.

Entonces:

$$I_x = (b * h^3)/12$$

$$I_x = (6 * 2,5^3)/12 = 7,81 \text{ cm}^4$$

$$E = 20 \text{ GPa} = 2,1e6 \text{ Kgf/cm}^2$$

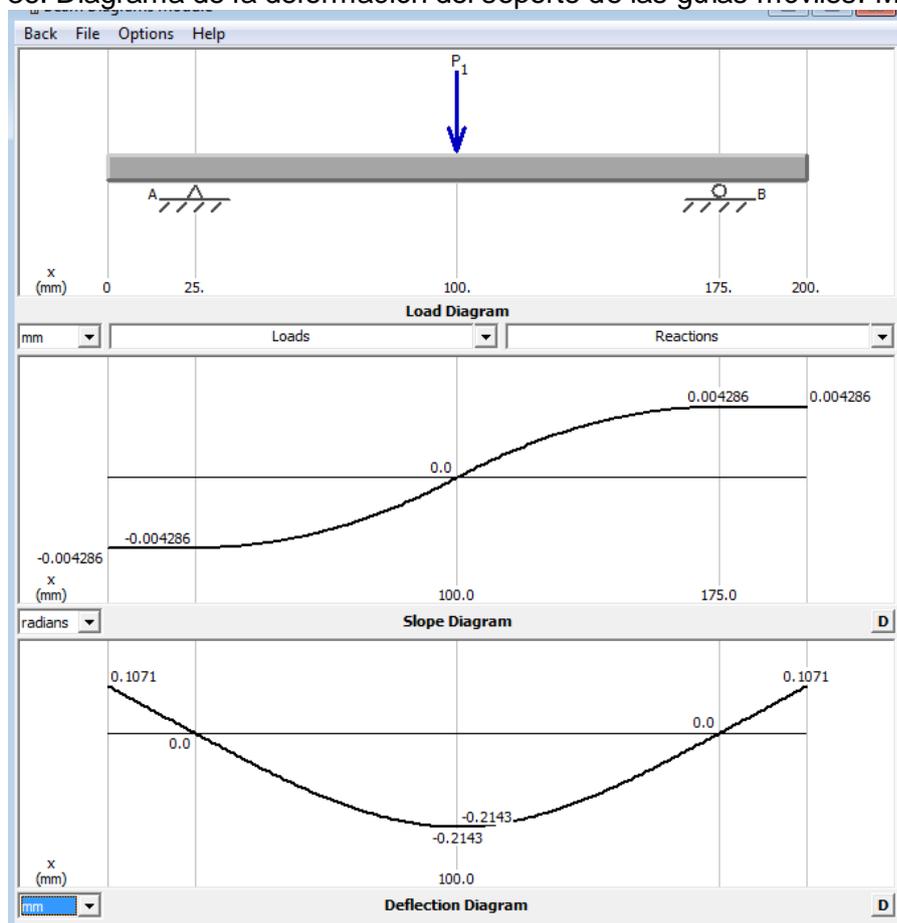
$$E * I_x = 2,1e6 \text{ kgf/cm}^2 * 7,81 \text{ cm}^4$$

$$E * I_x = 16 \text{ 078.12 N.m}^2$$

Con estos datos procedemos a realizar la simulación en el programa MDsolids y obtenemos los siguientes resultados:

En la figura 36 se observa la deformación del soporte de las guías móviles, este análisis se realiza utilizando el software MDsolids.

Figura 36. Diagrama de la deformación del soporte de las guías móviles. MDsolids



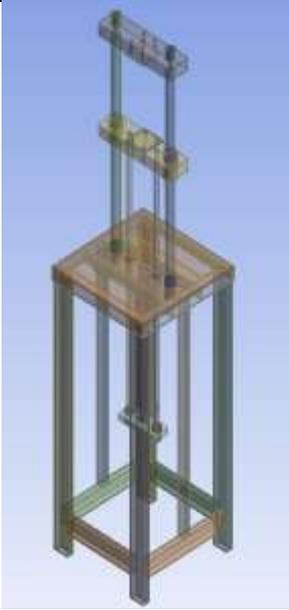
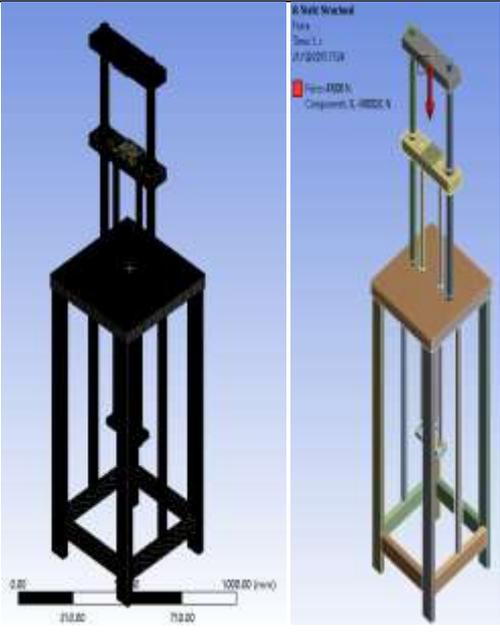
Fuente: Autores

Como se puede observar en la grafica el soporte no sufrirá mayores deformaciones cuando este esté operando a su máxima capacidad, las deformaciones en el centro son de 0,21 mm y en los borde apenas alcanzan los 0,1 mm, por lo que se concluye que el soporte resistirá.

4.2.7 Análisis estructural en ANSYS. Se verificó la resistencia de los elementos de la estructura mediante un análisis estático en ANSYS, con lo que se espera visualizar la deformación del elemento y su factor de seguridad.

4.2.7.1 Procedimiento de simulación estática. Para realizar la simulación de la estructura en ANSYS se debe seguir el procedimiento que se detalla en la tabla número 14, en donde se realiza un resumen de los pasos seguidos para la correcta realización de este análisis.

Tabla 14. Análisis en ANSYS de la estructura de la máquina de ensayos de tracción.

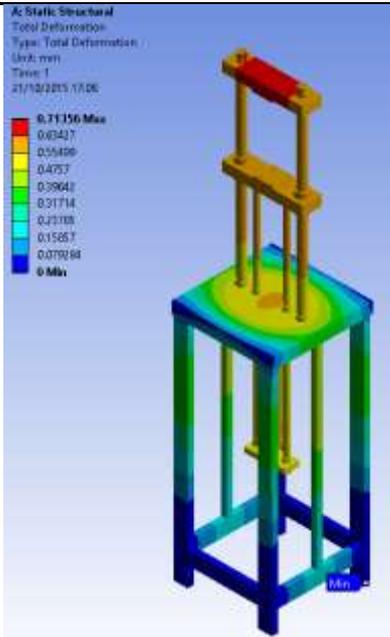
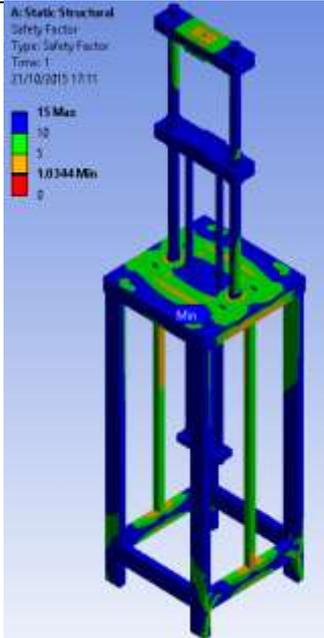
Procedimiento de análisis.	
<p>Importar la geometría de Solidworks a ANSYS y generar el mallado individual para cada uno de los elementos, teniendo una media de mallado de 0,2 mm.</p>	
<p>Generar el mallado en la estructura con las especificaciones adecuadas y poner las fuerzas de diseño en la estructura.</p>	

Fuente: Autores.

En la tabla número 14 se realizó las acciones previas a la simulación de la estructura de la máquina, para ello se coloca la carga puntual de 5000 kgf en la viga superior, con esto podremos verificar la resistencia de la estructura.

4.2.7.2 Verificación de resultados. Los resultados de la simulación se puede observar en la tabla número 14.

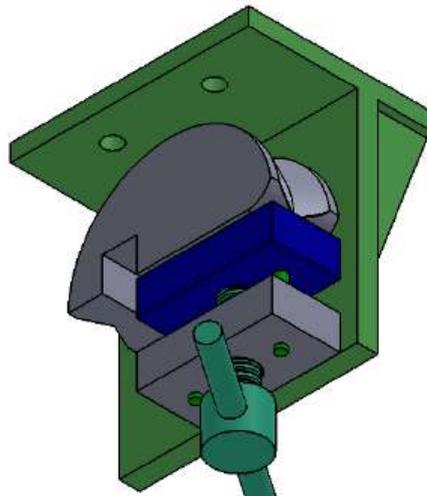
Tabla 15. Resultados en ANSYS de la simulación de la estructura de la máquina.

Resultados de la simulación estática.	
<p>En el análisis se verifica que existe una deformación máxima de 0,714 mm donde se aplica la carga máxima de diseño, basado en los cálculos se concluye que esta deformación esta dentro del rango permitido para ser aceptado.</p>	 <p>ANSYS simulation result showing Total Deformation of a mechanical structure. The structure is a frame with a top beam. A color scale on the left indicates deformation values from 0 Min (blue) to 0.71156 Max (red). The top beam shows the highest deformation, colored red.</p>
<p>En el análisis se determina el factor de seguridad mínima de 1,03444, pero este es un valor puntual que no representa a la estructura ya que puede tratarse de una discontinuidad. Por lo que tiene un factor de seguridad promedio de entre 5 a 10.</p>	 <p>ANSYS simulation result showing Safety Factor of the same mechanical structure. The color scale on the left indicates safety factor values from 0 (red) to 15 (blue). Most of the structure is colored blue, indicating a safety factor of 10 or higher, with a small red area at the top beam indicating a minimum safety factor of 1.03444.</p>

Fuente: Autores

4.2.8 *Diseño de mordazas.* En el diseño de las mordazas de la máquina de ensayos se analiza las fuerzas que estarán sometidas al elemento durante el proceso de ensayo considerando que debe soportar una carga máxima de 5 toneladas, para la construcción de las mordazas se utilizaran materiales como Acero A36 para la placa, AISI 1044 para el tornillo de potencia, acero A588 para las mordazas y AISI1018 para la polea, se selecciono estos materiales porque presentan las características adecuadas para resistir la carga máxima del ensayo.

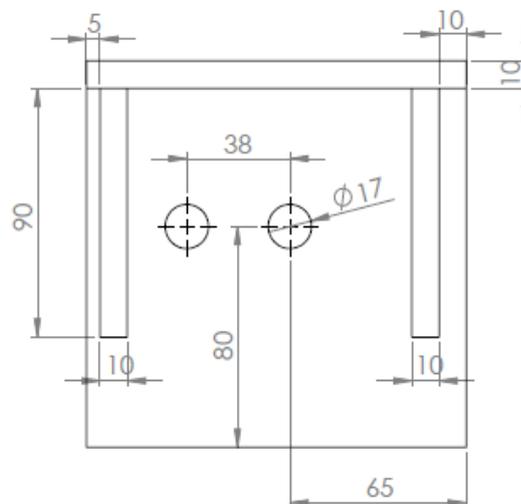
Figura 37. Mordaza



Fuente: Autores.

4.2.8.1 *Diseño de la placa base de la mordaza.* Se toma en consideración las propiedades del material y la selección adecuada del espesor para que soporte las cargas de tensión cortantes que se presenten el momento de realizar el ensayo.

Figura 38. Placa mordaza.



Fuente: Autores.

Datos:

Material = ASTM A36

$S_y = 250 \text{ MPa}$

$S_u = 400 \text{ MPa}$

$\phi = 17 \text{ mm}$

Diseño de la placa base de la mordaza:

- Diseño a fluencia:

Según LRFD.

$$P_n = 0,9 S_y A_g \quad (17)$$

Dónde:

$P_n =$ Carga critica [kgf]

$S_y =$ La resistencia a la fluencia a la tensión [Kgf/ cm²]

$A_g =$ Área sometida a fuerza de tracción[cm²]

$$A_g = (1 \text{ cm})(14 \text{ cm})$$

$$A_g = 14 \text{ cm}^2$$

$$P_n = 0,9 S_y A_g$$

$$P_n = 0,9 (250 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})(14 \text{ cm}^2)(\frac{1 \text{ m}^2}{(100)^2 \text{ cm}^2})$$

$$P_n = 315 000 \text{ N} = 32 121.06 \text{ kgf}$$

Según ASD.

$$P_n = \frac{S_y A_g}{1,67} \quad (18)$$

$$P_n = \frac{(250 * 10^6 \frac{N}{m^2})(14 \text{ cm}^2)}{1.67(100)^2 \text{ cm}^2}$$

$$P_n = 209580.84 \text{ N} = 21371.3 \text{ kgf}$$

- Diseño a fractura:

Según LRFD.

$$P_n = 0.75S_u A_e \quad (19)$$

Dónde:

S_u = La resistencia a la rotura [Kg/ cm^2]

A_e = Área efectiva [cm^2]

$$A_e = A_n U \quad (20)$$

$$A_n = A_g - n t_w \phi_p \quad (21)$$

Dónde:

A_n = Área resistente a la rotura [cm^2].

n = Número de pernos.

t_w = Espesor de la placa [cm].

ϕ_p = Diámetro del agujero [cm].

U = Coeficiente geométrico.

Entonces:

$$A_n = A_g - n t_w \phi_p$$

$$A_n = 14 \text{ cm}^2 - (2)(1 \text{ cm})(1.7 \text{ cm})$$

$$A_n = 10.61 \text{ cm}^2$$

$$P_n = 0.75 S_u A_e$$

$$A_e = A_n U (U = 1) \text{ Por ser una placa}$$

$$A_e = (10,6 \text{ cm}^2)(1) = 10,6 \text{ cm}^2$$

$$P_n = 0,75(400 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})(10,6 \text{ cm}^2)(\frac{1\text{m}^2}{(100)^2\text{cm}^2})$$

$$P_n = 318\,000 \text{ N} = 32\,426,976 \text{ kgf}$$

Según ASD.

$$P_n = \frac{S_u A_e}{2}$$

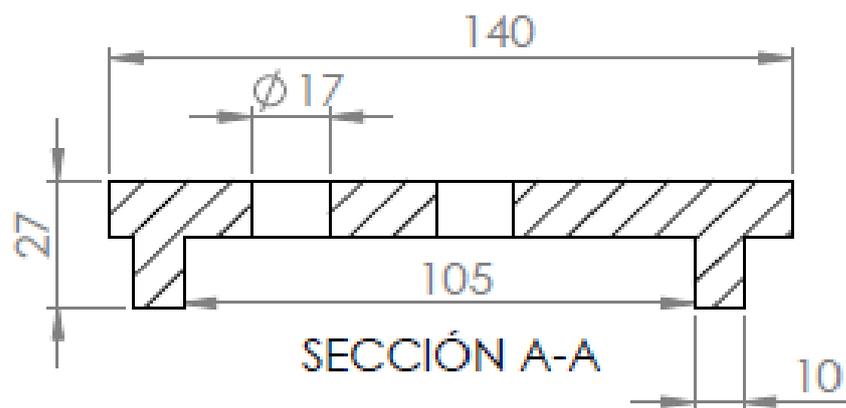
$$P_n = \frac{(400 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})(10,6 \text{ cm}^2)}{2(100)^2\text{cm}^2}$$

$$P_n = 212\,000 \text{ N} = 21\,618 \text{ kgf}$$

$$P_n = 21\,618 \text{ kgf}$$

- Diseño a bloque cortante:

Figura 39. Corte de la sección sometida a bloque cortante.



Fuente: Autores.

$$A_{gv} = L_c t_w \tag{22}$$

$$A_{nv} = L_c t_w - n \phi_A t_w \tag{22}$$

$$A_{nt} = L_t t_w - n \phi_A t_w \quad (23)$$

Dónde:

A_{gv} = Área global a cortante [cm^2]

L_c = Longitud a cortante [cm]

L_t = Longitud a tracción [cm]

A_{nv} = Área neta a cortante [cm^2]

A_{nt} = Área neta a tensión [cm^2]

$$A_{gv} = L_c t_w$$

$$A_{gv} = (8\text{cm})(1,2\text{cm}) = 9,6\text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_c t_w - n \phi_A t_w$$

$$A_{nv} = 9,6\text{ cm}^2 - (0,5)(1,7\text{ cm})(1,2\text{ cm}) = 8,58\text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = L_t t_w - n \phi_A t_w$$

$$A_{nt} = 16,8 - (2)(1,7\text{ cm})(1,2\text{ cm}) = 12,72\text{ cm}^2$$

$$P_{n1} = 0,6S_u A_{nv} + US_u A_{nt}$$

$$P_{n1} = [(0,6) \left(400 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) (8,58\text{ cm}^2) + (1) \left(400 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) (12,72\text{ cm}^2)] \left(\frac{1\text{m}^2}{(100)^2\text{cm}^2}\right)$$

$$P_{n1} = 634\,720\text{ N} = 64\,723,42\text{ kgf}$$

$$P_{n2} = 0,6S_y A_{gv} + US_u A_{nt}$$

$$P_{n2} = [(0,6) \left(250 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) (9,6\text{ cm}^2) + (1) \left(400 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) (12,72\text{ cm}^2)] \left(\frac{1\text{m}^2}{(100)^2\text{cm}^2}\right)$$

$$P_{n2} = 652\,800\text{ N} = 66\,567\text{ kgf}$$

Según LRFD.

$$P_n = 0,75 P_{n2} = 489\,600 \text{ kgf}$$

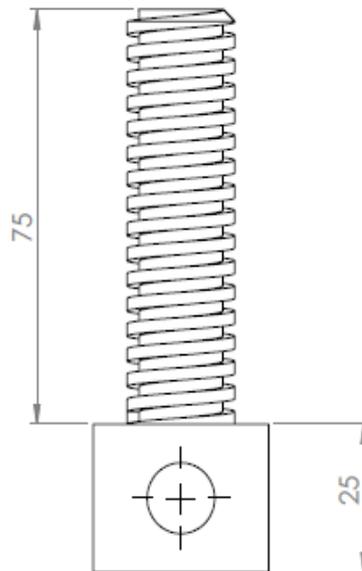
Según ASD.

$$P_n = \frac{P_{n2}}{2} = 326\,400 \text{ kgf}$$

Como resultado del diseño notamos que la resistencia es controlada por el diseño a fluencia el cual nos da el valor mínimo de resistencia igual a 21 371, 3 kgf, la cual da un factor de seguridad de cuatro con respecto a la carga de diseño, por lo que se acepta.

4.2.8.2 Diseño del tornillo de potencia. El tornillo de potencia se diseña asumiendo que su mayor exigencia será una fuerza en su extremo superior, la cual generara un momento y posiblemente pudiera provocar un fallo por flexión en el tornillo.

Figura 40. Tornillo de potencia.



Fuente: Autores.

Diseño a flexión del tornillo de potencia.

Datos:

Material = ASTM 1020

$$S_y = 2530 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$E = 2.1 * 10^6 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\phi = 19.05 \text{ mm}$$

$$P = 0.167 \text{ in}$$

Cuando el tornillo de potencia está en está sujeto a flexión y torsión combinada, donde:

$$M_{max} = F_H L \quad (24)$$

Dónde:

M_{Max} = Momento máximo [Kg.mm]

F_H = La fuerza calculada [Kgf]

L = Longitud del tornillo libre [cm]

L_1 = Longitud de palanca [cm]

n = Factor de seguridad.

p = Paso de la rosca cuadrada. (Norton, 1999)

$$l = pZ = 4,24 \text{ mm}$$

$$d = \phi - \frac{l}{2} = 19,05 \text{ mm} - \frac{4,2418 \text{ mm}}{2} = 16,93 \text{ mm}$$

$$M_{max} = (181,61 \text{ lb})(4 \text{ cm}) = 726,44 \text{ lb. cm}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{32 M_{max}}{\pi d^3} = \frac{32(726,44 \text{ lb. cm})}{\pi (1,693 \text{ cm})^3}$$

$$\sigma_{perm} = 1\,680,6 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2} = 10\,842,52 \text{ psi}$$

Según Soderberg.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_c^2 + 3\tau^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$F_H = \frac{T}{L_1}$$

$$F_H = \frac{1\,816,1\text{ lb.cm}}{10\text{ cm}}$$

$$T = F * \frac{d}{2} \left[\frac{\mu\pi d + l}{\pi d - \mu l} \right] + \left[\frac{\mu F d}{2} \right] \quad (25)$$

T= Momento torsor [lb.cm]

$$T = (5\,511,6\text{ lb}) \frac{1,69\text{cm}}{2} \left[\frac{\pi(0,15)(1,69) + 0,424}{\pi(1,693) - (0,15)(0,424)} \right] + \left[\frac{(0,15)(5\,511,6)(1,69)}{2} \right]$$

$$T = 1\,816,1\text{ lb.cm}$$

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(1\,816,1\text{ lbcm})}{\pi(1,69\text{cm})^3} = 12\,297,17\text{psi}$$

$$\sqrt{(10\,842,52)^2 + 3(12\,297,17)^2} = \frac{S_y}{n}$$

$$23\,900,24\text{psi} = \frac{S_y}{n}$$

$$n = 1,5$$

Por la fórmula de Soderberg se pudo analizar la resistencia del tornillo de potencia, la cual nos da un factor de seguridad de 1,5 por tanto el tornillo resistirá perfectamente a la carga de diseño.

4.2.8.3 Selección de los pernos. La correcta selección de los pernos son una parte primordial en el diseño de la máquina de ensayos de tracción, ya que ellos se encargaran de mantener unidas las diferentes piezas que conforman la máquina, en especial elementos tan críticos como las mordazas, las cuales deben estar fijamente unidas a las vigas y garantizar que en el proceso del ensayo, dichos pernos no fallen, ya que de ser así la integridad, tanto de la máquina como la del operario se vería en serio peligro. Por esta y otras razones es recomendable que la selección de los pernos se realicen tomando en cuenta parámetros de seguridad que garanticen que la máquina funcione correctamente y garanticen no solo la vida útil de la máquina, sino también la seguridad del operario. También se debe tener en cuenta la calidad del perno en el momento de seleccionar los pernos indicados.

Parámetros importantes que debemos tener en cuenta cuando se seleccionan pernos son las características mecánicas y las fuerzas que actuarán sobre ellos, estas fuerzas se aplicarán dependiendo la configuración con las que se dispongan los pernos. Generalmente los pernos que se usan en uniones atornilladas están sometidos a fuerzas de tracción, fuerzas de aplastamiento o fuerza cortante y en algunos casos se encuentran sometidos a una combinación de las anteriores por lo cual se debe realizar los cálculos para seleccionar de manera correcta los pernos.

4.2.8.4 Selección de los pernos de sujeción mordazas-viga. Estos pernos son los encargados de asegurar la unión de la mordaza con la viga, estos pernos estarán sometidos a cargas de tracción ya que la fuerza se aplicará en la misma dirección de su eje.

Se usarán los pernos de calidad 8.8 que son los más comunes en el mercado.

En la unión de la mordaza con las vigas se usarán cuatro pernos M10*80 de grado 8.8, las cuales estarán en configuración cuadrada en cada una de las esquinas de la placa de la mordaza.

Los datos del perno seleccionado son:

Perno = M10*80

Grado= 8.8

Resistencia última a tracción = 800 N/mm²

Área efectiva del perno = 78,5 mm²

Entonces la fórmula para realizar el cálculo de la resistencia a tracción ($F_{t,Rd}$) de la unión es:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{Mb}} \quad (26)$$

Donde:

A_s = es el área resistente a tracción del tornillo [cm²]

f_{ub} = es la tensión última a tracción del tornillo [N/cm²]

γ_{Mb} = es el coeficiente parcial de seguridad, para uniones atornilladas, $\gamma_{Mb} = 1,25$.

(Norton, 1999)

Con estos valores, la resistencia total a tracción de la unión atornillada es:

$$F_{t_{Rd}} = \frac{0,9 * 800 \frac{N}{mm^2} * 78,5mm^2}{1,25}$$

$$F_{t_{Rd}} = 45\,216\,N = 4\,613,87\,kgf$$

Como se utilizaran 4 pernos entonces la resistencia total es:

$$F_{total} = F_{t_{Rd}} * n_{per}$$

$$F_{total} = 4\,613,87\,kgf * 4$$

$$F_{total} = 18\,455,5\,kgf.$$

$$18\,455,5\,kgf > 5\,000\,kgf$$

Con esto estaríamos asegurándonos que la unión resistirá ya que la carga máxima soportada es mayor que la carga máxima de ensayo.

4.2.8.5 Selección del perno para la polea guía de la soga. Este perno será usado para fijar la guía de la cuerda con la mordaza, este es un elemento importante ya que permite que la cuerda se enrolle sobre el eje y no encuentre filos cortantes que puedan romper las fibras de la cuerda lo cual podría provocar una ruptura prematura de la cuerda por la aplicación de presión, además sirve como guía para mantener centrada la cuerda en el ensayo.

Para seleccionar este perno se toma en cuenta que estará sometida a carga cortante ya que la fuerza aplicada esta en dirección normal al eje del perno. Para la sujeción de esta guía utilizaremos un solo perno, el cual tiene las siguientes características:

Perno = M16 *40

Grado= 8.8

Resistencia cortante = 800N/mm²

Resistencia ultima a cortante= 640 N/mm²

Área efectiva = 157 mm²

La fórmula para calcular la fuerza cortante que soporta el perno es la siguiente:

$$Ft_{Rd} = \frac{0,5 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{Mb}} \quad \text{si la carga va ubicada sobre la rosca.} \quad (27)$$

Donde:

A_s = es el área resistente a tracción del tornillo [cm^2]

f_{ub} = es la tensión última a corte del tornillo [N/mm^2]

γ_{Mb} = es el coeficiente parcial de seguridad (1,25 en uniones de tornillos).

Con estos datos calculamos la fuerza cortante, entonces:

$$Ft_{Rd} = \frac{0,5 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{Mb}}$$

$$Ft_{Rd} = \frac{0,5 * 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 157 \text{mm}^2}{1.25}$$

$$Ft_{Rd} = 4\,101 \text{ Kgf}$$

Como son dos pernos = 8202 Kgf

$$8\,202 \text{ Kgf} > 5\,000 \text{ Kgf}$$

$$\eta = \frac{Ft_{Rd}}{F \text{ máxima de ensayo.}}$$

$$\eta = \frac{8\,202 \text{ kgf}}{5\,000 \text{ kgf}} = 1,64$$

$$\eta = 1,64$$

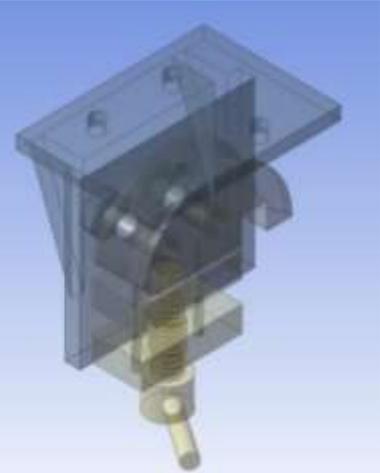
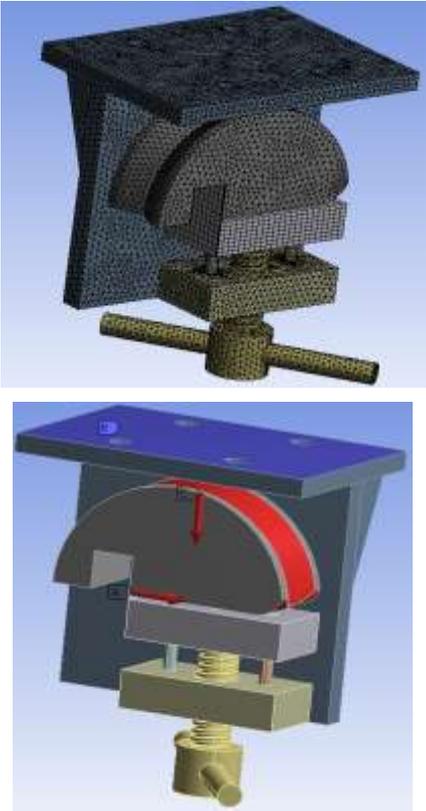
Como se puede apreciar los pernos soportan 1,64 veces la carga por lo que se puede concluir que los pernos seleccionados, garantizan que cumplirán su función sin problemas y garantizando su resistencia.

4.2.9 *Análisis de las mordazas en ANSYS.* Se verifica la resistencia de los elementos de las mordazas mediante un análisis estático en ANSYS, en el cual se tomara como elemento único y se aplicara las cargas máximas que actuaran sobre la

mordaza tomando esta condición como un caso extremo del funcionamiento de la máquina.

4.2.9.1 Procedimiento de simulación estática. En la tabla 16 se puede observar el procedimiento para analizar la estructura en el software ANSYS, importando el modelo desde el software solidworks.

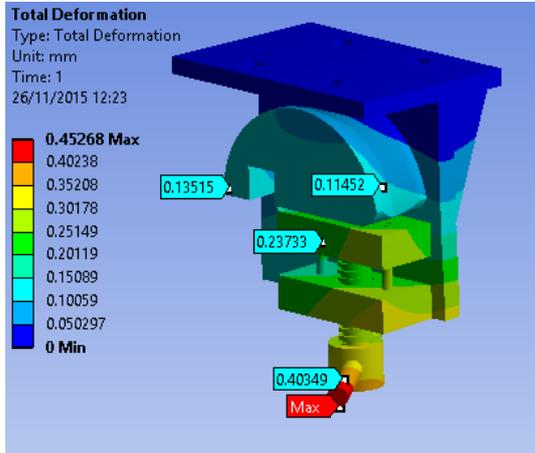
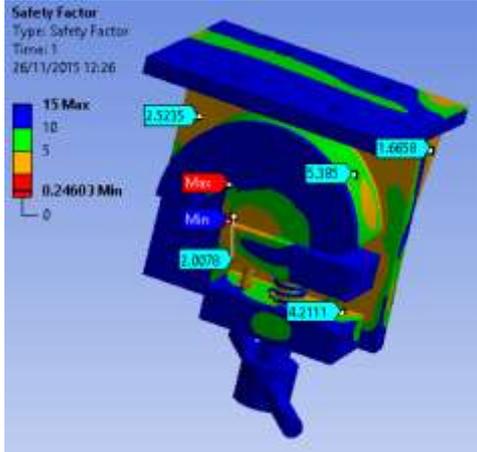
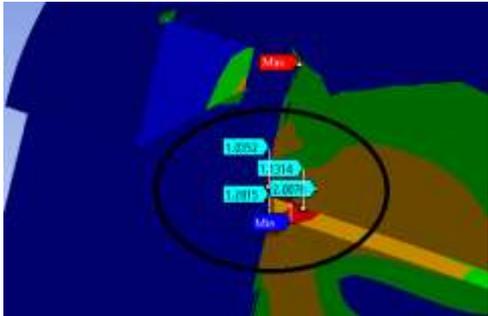
Tabla 16. Análisis en ANSYS de las mordazas de la máquina de ensayos de tracción.

Procedimiento de análisis.	
<p>Importar la geometría de Solidworks a ANSYS y genera la geometría de la pieza.</p>	
<p>Se genera el mallado en la mordaza con las especificaciones adecuadas y se colocan las fuerzas de diseño en los elementos que van a estar sometidas a ciertas fuerzas</p> <p>En la figura se muestran las cargas aplicadas sobre la mordaza.</p>	

Fuente: Autores.

4.2.9.2 Verificación de resultados. Los resultados del análisis se ven en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados en ANSYS de la simulación de las mordazas.

Resultados de la simulación estática	
<p>En el análisis se verifica que existe una deformación máxima de 0,244 mm cuando se aplica la carga máxima de diseño, por lo que se asume que este tipo de deformación es aceptable.</p> <p>El elemento en el que se preveía una gran deformación, el tornillo muestra una deformación pequeña de 0,2 mm por lo que se puede considerar una deformación aceptable, tomando en cuenta que se aplico una carga de 5 Ton, la cual es una carga máxima que solo se aplicara instantáneamente y en casos extremos.</p>	 <p>Total Deformation Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 26/11/2015 12:23</p> <p>0.45268 Max 0.40238 0.35208 0.30178 0.25149 0.20119 0.15089 0.10059 0.050297 0 Min</p>
<p>En el análisis se determina el factor de seguridad mínima de 1 en la división de las fuerzas con la mordaza y la media polea, en el punto que nos señala el factor de seguridad mínima no es un punto crítico lo que puede ser una discontinuidad.</p> <p>Como se puede observar en la grafica, la zona pintada de rojo, es una zona puntual, lo que puede tomarse como una discontinuidad que no afectaría el factor de seguridad del resto de la mordaza, por lo que a su alrededor se observa alores de factor de seguridad de entre 2 y 10 por lo que se puede concluir que la pieza soportara la carga máxima para la que fue diseñada.</p>	 <p>Safety Factor Type: Safety Factor Time: 1 26/11/2015 12:26</p> <p>15 Max 10 5 0.24603 Min 0</p> 

Fuente: Autores

4.3 Diseño hidráulico

Como se analizó en el diseño final, se optó por un sistema hidráulico para generar la fuerza necesaria para realizar el ensayo de tracción, por lo que en esta sección se analizará los fundamentos de hidráulica y de oleohidráulica.

La palabra hidráulica proviene de las palabras griegas hidra= agua y Aulos= tubos, es decir, se fundamenta en pasar agua por medio de tubos, aplicando una presión y así generar trabajo. La palabra oleohidráulica u oleolica parte del mismo principio, pero se diferencia de la primera, en el hecho que el fluido de trabajo es aceite en lugar de agua, con lo que el sistema se convierte en más eficiente, ya que el aceite presenta mejores características en trabajos a presiones altas ya que no es tan susceptible a cambios volumétricos cuando se le aplica una alta carga, además no cambia su densidad por la variación de temperatura. (Serra, 1998)

4.3.1 Sistema hidráulico. El objetivo primordial de un sistema hidráulico es el de transmitir potencia por medio de un fluido que ha sido presurizado, este a diferencia de un sistema neumático, es un sistema de ciclo cerrado, ya que el fluido que ha sido presurizado debe retornar a un tanque reservorio después que ha realizado su trabajo.

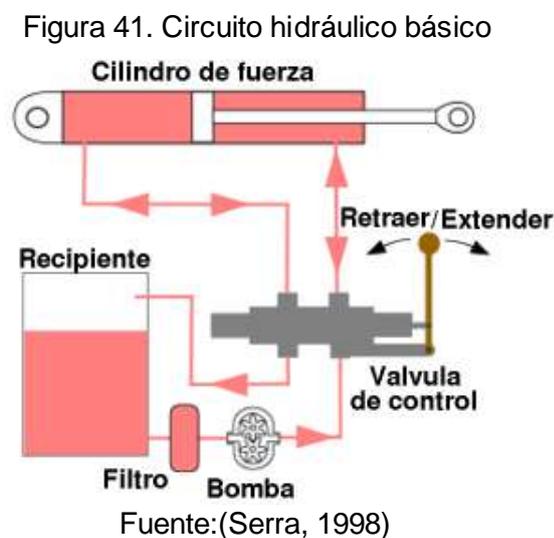
Para que el sistema pueda transformar de forma eficiente la energía eléctrica a mecánica el sistema debe constar de diferentes partes y accesorios, de los cuales dependerá que el circuito se lo más eficiente, seguro y económico posible. Dependiendo de la complejidad del circuito existen diferentes variantes de sistemas hidráulicos en los cuales se optan por colocar diferentes accesorios para asegurar la funcionalidad y seguridad del sistema, entre ellos tenemos:

- Válvulas reguladoras de presión
- Limitadores de presión
- Válvulas reguladoras de caudal
- Válvulas direccionales.
- Manómetros.
- Elemento de trabajo (cilindro o motor hidráulico).
- Purgas etc.
- Filtros de succión y retorno.
- Mangueras hidráulicas.

4.3.2 Circuito básico de los sistemas hidráulicos. Generalmente un sistema hidráulico básico consta de tres zonas de presión muy importantes, las cuales se detallan a continuación:

- Zona de succión. la cual va desde el filtro de succión hasta la entrada de la bomba hidráulica.
- Zona de alta presión. se encuentra entre la salida de la bomba hidráulica y el elemento impulsor (cilindro, motor hidráulico etc.), para llegar al actuador es necesario el paso del fluido por un conjunto de elementos, principalmente válvulas de seguridad.
- Zona de descarga. Finalmente, es la zona que va desde la salida del elemento de trabajo hacia el depósito de aceite.

En la figura 41 se puede observar un diagrama de un sistema hidráulico básico, se observa los elementos que lo constituyen.



Como se observa en la figura N. el circuito hidráulico básico consta de los siguientes elementos constitutivos:

- Depósito de aceite.
- Motor eléctrico
- Bomba hidráulica (engranes, paletas, tornillo, pistones etc.)
- Válvula direccional.

- Elemento de trabajo (cilindro hidráulico, motor hidráulico, etc.).
- Filtro de succión.
- Filtro de retorno.

Con estos elementos básicos podemos transformar la energía eléctrica en energía mecánica proporcionada por la variación de presión del fluido que se encuentra en el interior de las tuberías de alta presión.

Este es un sistema básico, pero si se quiere mejorar las características del mismo se puede hacer variaciones e incorporar accesorios, para controlar variables que son muy importantes en la industria, como:

- *Válvula limitadora de presión:* la cual nos permite asegurar que el sistema no exceda la presión máxima de diseño ya que esta se encarga de desviar el fluido hacia el depósito, si las presiones en el sistema han superado un valor previamente establecido.
- *Válvula reguladora de caudal:* permite regular el caudal que ingresa al elemento de trabajo, que podría ser un cilindro hidráulico, para variar la velocidad con la que este se desplaza.
- *Válvula reguladora de caudal compensada por presión:* permite, al igual que la válvula reguladora de caudal, variar el caudal de entrada hacia el elemento de trabajo, pero con la diferencia de que con esta válvula no se pierde velocidad al aplicar más carga sobre el elemento de trabajo, como si ocurre con la válvula mencionada anteriormente, esto debido a que tiene un mecanismo que regula la presión y permite el paso de más caudal a medida que la fuerza va aumentando.
- *Válvula check:* Permite el paso de fluido en una sola dirección. (Serra, 1998)

4.3.3 Cálculo de diámetro del pistón. Como anotamos anteriormente se optó por un sistema hidráulico para generar la fuerza que nos permita realizar el ensayo de tracción, se optó por este sistema, por sobre el sistema mecánico, ya que este sistema es más exacto, tiene menor demanda de mantenimiento, es más económico y presenta mayor versatilidad de aplicación para nuestra necesidad. Como primer punto definiremos los parámetros de diseño inicial con los que trabajaremos, los cuales son:

Datos:

Fuerza = 5000 Kgf

Presión de trabajo máximo= 180 bares.

Carrera del cilindro= 457,2 mm.

Velocidad de avance= 4,17 mm/s.

$$P = \frac{F}{A} \quad (28)$$

$$A = \frac{F}{P} = \frac{5\,000\text{ Kgf}}{180\text{ bar}} = 27,77\text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 27,77\text{ cm}^2$$

$$d^2 = \frac{27,77 * 4}{\pi} = 35,36\text{ mm}^2$$

$$d = 5,94\text{ cm} = 59,4\text{ mm}$$

Con este dato del diámetro del pistón procedemos a seleccionar un cilindro, en este caso seleccionaremos un cilindro de la marca Estadounidense Prince Industries, ya que esta marca construye cilindros de diferentes diámetros y que pueden trabajar a diferentes presiones, los cuales se adaptan a nuestra necesidad, además son los cilindros más accesibles en el mercado nacional y presenta garantía de seguridad y precisión para nuestra aplicación.

Figura 42. Cilindros hidráulicos Prince.

2.5 INCH BORE CYLINDERS							Standard Dimensions of 2.5 Inch Bore Cylinders
A & B Series Royal Plate Rod	E & F Series Chrome Rod	Stroke	Wt	Column Load (lbs)	Retract	Tare Dist. (H)	
B250060ABAAA07B	F250060ABAAA07B	6"	22	14730 lbs	16 ¼	3 ½	Note: 1 ¼" rod diameter Outside Sq. Dim. Butt - 3.375, Gland 3.375 A 3/16" cylinder tube wall thickness B, C SAE ¼ -16 extend & retract ports D 1.015" clevis pin hole size E, F 1 7/8" base clevis throat depth with 2 5/8" from pin center to port center G 1 1/8" rod clevis throat depth J 1.06" min. distance between ears at pin center line K 15/16" base clevis ear radius L 1 1/8" rod clevis ear radius M 1 1/8" - 12 UNF-3 piston rod clevis thread size N 1" piston width O 2 3/8" gland width
A250080ABAAA07B	E250080ABAAA07B	8"	25	14730 lbs	20 ¼	5 ½	
B250100ABAAA07B	F250100ABAAA07B	10"	26	14730 lbs	20 ¼	3 ½	
B250120ABAAA07B	F250120ABAAA07B	12"	28	14730 lbs	22 ¼	3 ½	
B250140ABAAA07B	F250140ABAAA07B	14"	30	14730 lbs	24 ¼	3 ½	
B250160ABAAA07B	E250160ABAAA07B	16"	34	11520 lbs	31 ¼	8 ½	
B250180ABAAA07B	F250180ABAAA07B	18"	34	13880 lbs	28 ¼	3 ½	
B250200ABAAA07B	F250200ABAAA07B	20"	36	11720 lbs	30 ¼	3 ½	
B250240ABAAA07B	F250240ABAAA07B	24"	41	8670 lbs	34 ¼	3 ½	
B250300ABAAA07B	F250300ABAAA07B	30"	47	5930 lbs	40 ¼	3 ½	

Fuente:(PRINCE , 2014)

Con esto seleccionamos un cilindro B250180ABAAA07B el cual tiene las siguientes características:

- Cilindro de doble efecto
- Presión de trabajo= 3000 PSI.
- Diámetro del pistón= 2,5 in.
- Diámetro del vástago= 5/4 in.
- Carrera= 18 in.
- Tipo de empotramiento= cilindro basculante.

Como ya hemos seleccionado el cilindro el siguiente paso es seleccionar la bomba más apropiada para el diseño, para esto calculamos el caudal de trabajo para saber cuáles el requerimiento de fluido de trabajo.

4.3.4 Caudal de trabajo. Para calcular el caudal de trabajo se tomara una velocidad de avance de 4,17 mm/ s, que es una velocidad apropiada para realizar el ensayo de tracción, ya que la norma ISO 2307, para ensayos de cuerdas de fibras sintéticas recomienda que se realice el ensayo con una velocidad de entre 200 a 300 mm/ min.

$$Q_{trabajo} = Q_t = V_t * A_p$$

$$Q_{trabajo} = Q_t = 0,417 \frac{cm}{seg} * 31,70 \text{ cm}^2$$

$$Q_{trabajo} = 0,79 \frac{l}{min}$$

$$Q_t = 0,21 \text{ GPM}$$

Para este tipo de caudal se recomienda usar una bomba de engranes exteriores ya que este tipo de bombas producen caudales bajos, con un relativa alta presión y se puede regular su caudal de trabajo regulando la velocidad a la que gira su rotor.

Como el caudal de trabajo es muy pequeño, se selecciona la bomba más pequeña que se encuentra en el mercado, en la marca de bombas de engranes Kompass la cual es una de las marcas más comunes en el país.

Caudal requerido:

0,8 litros/min

Figura 43. Especificaciones de la bomba de engranes.

P1, P2		COMO REALIZAR EL PEDIDO						
		P1	OZ	R	P	01	G	I
Nº DE SERIE P1	Nº DE SERIE P2	CAUDAL (ml) REFERIRSE A LAS ESPECIFICACIONES	ROTACIÓN DEL EJE: DERECHA O IZQUIERDA	TIPO DE LUBRIFICACIÓN: N/A, U, L	TIPO EJE: 01 (STANDARD)	TIPO DE MONTAJE: G (STANDARD), C, D, E	TIPO DE CUBIERTA: T (STANDARD)	
ESPECIFICACIONES								
MODELO	CAUDAL (ml/rev)	PRESIÓN MÁXIMA (kg/cm ²)	PRESIÓN OPERANDO EN CONTINUA	VELOCIDAD (rpm)		TAMAÑO DE LA LUBRIFICACIÓN		PESO (kg)
				MAX	MIN	OUT	IN	
P101	1.3	250	210	4000	600	1/2"	3/8"	0.82
P102	2.0							0.91
P127	2.7							1.00
P135	3.4							1.05
P104	4.1							1.10
P105	5.1							1.14
P106	6.1							1.18
P107	7.4							1.27
P100	9.1							1.32
P204	4.0							300
P200	6.2	2.45						
P208	8.4	2.55						
P211	11.0	2.73						
P214	14.3	2.85						
P216	16.5	2.91						
P219	19.2	3.14						
P222	22.5	3.27						
P225	25.0	3.36						
P233	33.0	3.50						

Fuente:(KOMPASS, 2014)

Las características de la bomba seleccionada son:

- Bomba de engranajes Kompass.
- Presión de trabajo = 210 kgf/cm²
- Presión máxima = 250 kgf/cm²
- Caudal = 1,3 cc/ Rev.
- Velocidad mínima de rotación = 600 rpm

4.3.5 *Cálculo de la potencia del motor.* Para calcular la potencia que se necesita para alcanzar el funcionamiento óptimo de la bomba se usara la siguiente fórmula:

$$Potencia (HP) = \frac{GPM * presion\ trabajo}{1714 * \eta} \quad (29)$$

$$Potencia (HP) = \frac{0,21 \text{ GPM} * 2 \text{ 600 Psi}}{1 \text{ 714} * 0,83}$$

$$Potencia = 0,378 \text{ Hp}$$

$$Potencia = 1 \text{ HP}$$

Como en el cálculo de la potencia el resultado es un valor de 0,378 Hp y este no es un valor estándar, se procede a seleccionar un motor de potencia superior, se selecciona un motor de 1Hp, el cual asegura que el motor satisfaga los requerimientos del sistema.

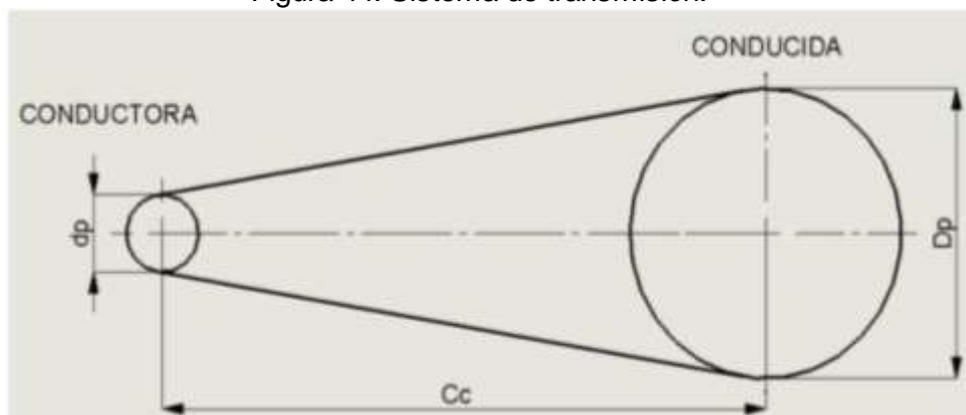
4.3.6 *Diseño de sistema de transmisión de potencia.* Como el caudal de trabajo es muy bajo y se seleccionó una bomba de engranes de 1,3 cc/rev además de un motor de 1750 rpm, nos vemos en la obligación de utilizar un sistema de transmisión de fuerza para reducir las revoluciones que llegan hacia la bomba. En este caso se usará un sistema de poleas y banda para reducir la velocidad del motor desde 1750 rpm hasta los 640 rpm, teniendo en cuenta que debemos trabajar con una velocidad mínima de 600 rpm en la bomba, ya que esta es la velocidad mínima necesaria para que la bomba trabaje eficientemente.(DAYCO, 2015)

Potencia del motor= 1 Hp

Velocidad del motor = 1750 Rpm

Velocidad de la bomba = 640 Rpm

Figura 44. Sistema de transmisión.



Fuente: Autores.

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (30)$$

$$i = \frac{1\,750}{640}$$

$$i = 2,73$$

Donde:

n_1 = velocidad del motor[rpm]

n_2 = velocidad de la bomba [rpm]

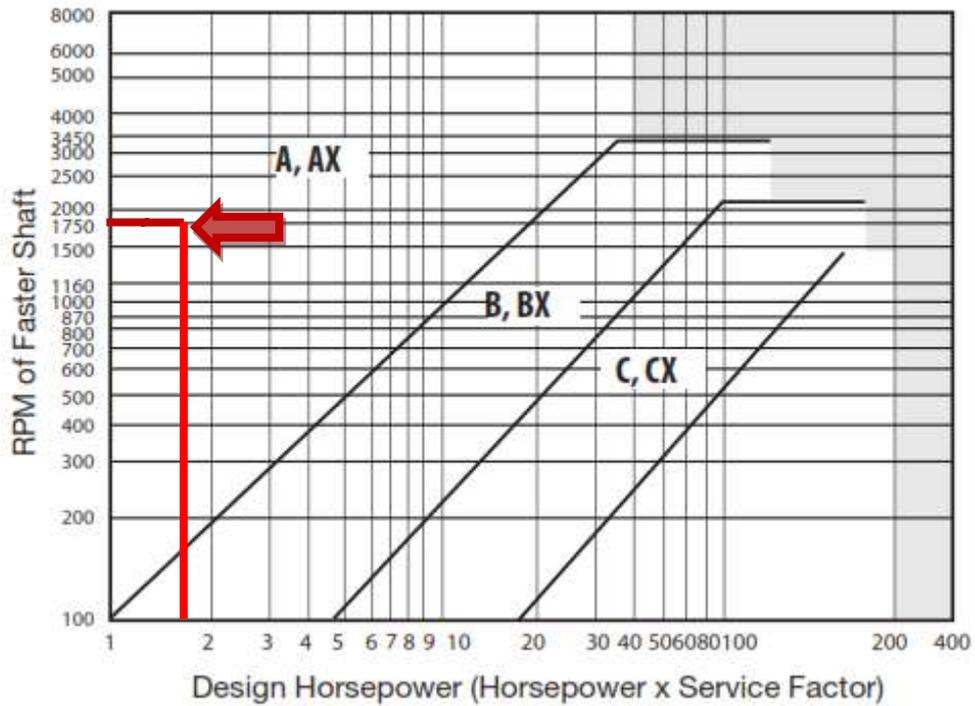
i = relación de transmisión.

Seleccionamos el perfil de la polea que usaremos:

En la tabla 37 se observa un monograma el cual permite seleccionar de manera adecuada el perfil de la polea que mejor se ajuste a la necesidad, en la columna de la izquierda se observa la velocidad de la polea más rápida y en la línea inferior se puede observar la potencia del motor que se utilizara, esta potencia debe ser multiplicada por el factor de trabajo de la máquina.

Se selecciona una polea de sección tipo A, ya que es la mejor opción en este caso además es uno de los modelos de poleas más comunes en el mercado.

Figura 45. Monograma de selección de áreas convencional de poleas.



Fuente:(MARTIN, 2010)

Entonces el tipo de polea seleccionado es una polea tipo A.

Como siguiente paso seleccionamos los diámetros de las poleas según la relación de transmisión que resulto en el cálculo, esto lo hacemos tomando como referencia el catálogo de poleas de Martin.

Figura 46. Selección de las poleas adecuadas.

Speed Ratio		Sheave Combination		Driven Speeds and HP Per Belt									Nominal Center Distance And Arc-Length Correction Factor								
				3500 RPM DriveR			1750 RPM DriveR			1100 RPM DriveR			AJAX Belt Length Designation								
				DriveR P.D.	DriveN P.D.	DriveN RPM	HP Per Belt A	HP Per Belt AX	DriveN RPM	HP Per Belt A	HP Per Belt AX	DriveN RPM	HP Per Belt A	HP Per Belt AX	26	31	35	38	42	46	51
2.44	6.4	15.6	1436	11.57	13.16	718	7.92	8.41	476	5.76	6.04	—	—	—	—	—	—	—			
2.50	3.6	9.0	1400	5.01	5.92	700	3.24	3.63	464	2.37	2.63	—	—	—	9.4	11.4	13.5	16.0			
2.50	4.8	12.0	1400	8.26	9.38	700	5.33	5.75	464	3.87	4.13	—	—	—	—	—	—	12.4			
2.50	6.0	15.0	1400	10.86	12.31	700	7.29	7.76	464	5.30	5.57	—	—	—	—	—	—	—			
2.52	4.2	10.6	1387	6.71	7.71	693	4.30	4.71	460	3.13	3.38	—	—	—	—	9.5	11.6	14.2			
ARC-LENGTH CORRECTION FACTOR												0.0	0.0	0.0	0.77	0.81	0.84	0.88			
2.52	6.2	15.6	1391	11.23	12.75	696	7.61	8.09	461	5.53	5.81	—	—	—	—	—	—	—			
2.53	3.0	7.6	1382	3.18	4.03	691	2.14	2.53	458	1.60	1.85	—	7.5	9.5	11.1	13.1	15.2	17.7			
2.54	5.2	13.2	1379	9.20	10.42	689	6.00	6.43	457	4.35	4.61	—	—	—	—	—	—	11.0			
2.56	3.2	8.2	1366	3.81	4.67	683	2.51	2.90	453	1.86	2.11	—	—	8.8	10.4	12.4	14.5	17.0			
2.57	7.0	18.0	1361	12.47	14.32	681	8.83	9.35	451	6.45	6.74	—	—	—	—	—	—	—			
ARC-LENGTH CORRECTION FACTOR												0.0	0.72	0.77	0.79	0.83	0.86	0.89			
2.59	5.8	15.0	1353	10.48	11.86	677	6.98	7.44	449	5.06	5.33	—	—	—	—	—	—	—			
2.60	6.0	15.6	1346	10.87	12.32	673	7.30	7.76	446	5.30	5.57	—	—	—	—	—	—	—			
2.61	4.6	12.0	1342	7.76	8.84	671	4.99	5.41	445	3.62	3.88	—	—	—	—	—	—	9.9			
2.64	5.0	13.2	1326	8.74	9.91	663	5.67	6.10	439	4.11	4.37	—	—	—	—	—	—	11.1			
2.65	3.4	9.0	1322	4.42	5.31	661	2.88	3.27	438	2.12	2.37	—	—	7.9	9.5	11.0	13.6	16.2			
ARC-LENGTH CORRECTION FACTOR												0.0	0.0	0.73	0.77	0.81	0.84	0.88			
2.65	4.0	10.6	1321	6.17	7.13	660	3.95	4.35	438	2.88	3.13	—	—	—	—	9.6	11.7	14.3			
2.68	5.6	15.0	1307	10.08	11.40	653	6.66	7.11	433	4.83	5.10	—	—	—	—	—	—	—			
2.69	5.8	15.6	1301	10.48	11.87	651	6.98	7.44	431	5.06	5.33	—	—	—	—	—	—	—			
2.73	3.0	8.2	1280	3.19	4.03	640	2.15	2.53	424	1.61	1.85	—	—	9.0	10.5	12.6	14.6	17.2			
2.78	1.1	18.0	1280	7.25	8.29	640	1.95	2.22	425	2.09	2.29	—	—	—	—	—	—	18.7			

Fuente: (MARTIN, 2010)

En el catálogo de poleas de Martin podemos elegir el diámetro adecuado de las poleas según la relación de transmisión que obtuvimos anteriormente, por lo que según la tabla se obtuvo los siguientes diámetros:

$$d_p = \text{diámetro de la polea motriz} = 3 \text{ pulg}$$

$$D_p = \text{diámetro de la polea conducida} = 8.2 \text{ pulg}$$

Otro parámetro importante que se debe tomar en cuenta cuando se selecciona una transmisión de banda y poleas, es la distancia entre centros. Según la norma Alemana DIN 7753a distancia entre centros debe ser:

$$c_{\min} \leq c_o \leq c_{\max} \quad (31)$$

Donde:

C_{\min} = Distancia entre centros mínima [in].

C_{\max} = Distancia máxima entre centros [in].

C_o = Distancia media entre centros [in].

Siendo:

$$c_{\minimo} = 0,7(D_p + d_p)$$

$$c_{\maximo} = 2(D_p + d_p)$$

Otra forma de calcular la distancia entre ejes es con las siguientes formulas:

Si i está entre 1-3

$$C \geq (i + 1)dp/2 + dp$$

$$C \geq (i + 1)dp/2 + dp \quad (32)$$

$$C \geq (2,73 + 1)3/2 + 3$$

$$C \geq 8,6 \text{ in}$$

Por lo que la distancia entre centros debe ser mayor a 8.6 in. Precisamente en el catálogo de Martin se recomienda una distancia entre centros, la cual se acomoda a nuestro diseño y este es de precisamente 9 in.

Con esto lo que sigue es calcular la longitud de la banda y seleccionar la misma en un catálogo, para calcular la longitud de la banda usamos la siguiente fórmula: (Norton, 1999)

$$L = 2C + 1.57 (D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad (33)$$

Donde:

L=Longitud de la correa[in]

D_p =Diámetro de la polea conducida[in]

d_p =Diámetro de la polea motriz[in]

C=Distancia de centros de las poleas[in]

$$L = 2(9) + 1,57 (3 + 8,2) + \frac{(8,2 - 3)^2}{4(9)}$$

$$L = 33,335 \text{ in} = 922 \text{ mm}$$

Figura 47. Longitud de bandas estándar.

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
A32	813	846
A32,50	826	859
A33	838	871
A33,25	845	878
A33,50	851	884
A33,75	857	890
A34	864	897
A34,50	876	909
A35	889	922
A36	914	947

Fuente: (DAYCO, 2015)

Entonces se busca en los catálogos una banda que se acerque a esta longitud, para esto, en la figura 39 se observa un fragmento del catálogo de bandas Dayco, en el

cual se puede observar las longitudes de las bandas estándar de donde debemos escoger la que más se acerque a nuestra necesidad.

Entonces seleccionamos la correa trapecial tipo A35 que es la que mejor se acomoda a nuestro requerimiento.

Como último paso se calcula el arco de contacto menor, para lo cual se usara la fórmula:

$$\alpha_1 = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{D_p - d_p}{2 * C} \right) > 120^\circ \quad (34)$$

$$\alpha_1 = 2 * \cos^{-1} \left(\frac{8,2 - 3}{2 * 9} \right) > 120^\circ$$

$$\alpha_1 = 146,41^\circ$$

$$\alpha_2 = 180 + 57 \left(\frac{D_p - d_p}{2 * C} \right) > 120 \quad (35)$$

$$\alpha_2 = 180 - 57 \left(\frac{8,2 - 3}{2 * 9} \right)$$

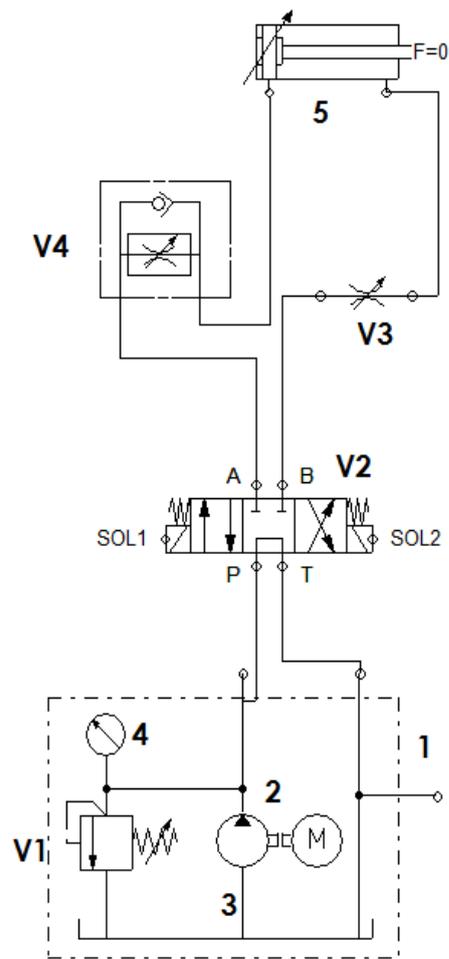
$$\alpha_2 = 163,53^\circ$$

Con estos cálculos se comprueba que la banda tendrá un arco de contacto adecuado para poder transmitir la fuerza del motor a la bomba.

4.3.7 Diagrama hidráulico de la máquina de ensayos de tracción. Como el caudal que nos proveerá la bomba es mayor que el necesario para alcanzar la velocidad con la que el cilindro debe avanzar, se deberá diseñar el circuito hidráulico de tal manera que se pueda regular el caudal que llega al cilindro, esto se realizara por medio de una válvula reguladora de caudal y una válvula limitadora de presión.

A continuación se muestra el diseño del sistema hidráulico con todos los elementos constitutivos del sistema:

Figura 48 Sistema hidráulico para la máquina de ensayos de tensión.



Fuente: Autores.

El funcionamiento de la máquina se describe a continuación.

El circuito de la figura parte en el tanque de aceite (1) donde la bomba (2) toma el fluido pasando por el filtro (3) para enviarlo por la línea de carga, a la salida de la bomba está una válvula de control de presión máxima o válvula de seguridad (V1), conectada en derivación, la que entra a operar, si y solo si, la presión en la línea es excesiva, y al operar tiene retorno de fluido al tanque, también está colocado en derivación un manómetro(4) que indica la presión de trabajo. A continuación en la tubería de alta presión, se encuentra una válvula 4/3 con centro tándem denominado distribuidor (V2) que al estar en la posición 1 no está funcionando, en la posición 2 permite la salida del cilindro y en la posición 3 permite el regreso del cilindro. En la tubería de presión, a la entrada y a la salida del cilindro se encuentra colocadas dos válvulas reguladoras de flujo unidireccional regulables (V3 y V4), las cuales permitirán regular la velocidad de la salida y el posterior retorno del vástago del cilindro, según la necesidad del ensayo. Por último se tiene un cilindro de doble efecto (5).

4.4 Selección de elementos hidráulicos

A continuación se mostrarán los elementos que irán en el circuito así como sus características, todos estos elementos se los seleccionaron teniendo en cuenta la presión y el caudal con el que trabajara el sistema hidráulico de la máquina de ensayos de tracción.

4.4.1 Cilindro de doble efecto. Un cilindro hidráulico es uno de los elementos más utilizados en la actualidad para transformar la energía hidráulica en energía mecánica, ya que aprovecha el caudal y la presión que provee la bomba hidráulica, y que luego es transportado por tuberías, para poder generar un desplazamiento capaz de mover, levantar o realizar trabajos pesados como el prensado, troquelado etc.

Esta capacidad de poder transformar energía hidráulica en mecánica se debe a que el fluido ingresa con una elevada presión y mientras más grande sea el área del pistón, mayor será la fuerza que este pueda generar, claro que si aumentamos la presión, esta capacidad también aumenta.

La velocidad con la que sale o retorna el vástago, en cambio es controlada por el caudal que ingresa al cilindro y cabe acotar que la velocidad de retorno siempre será mayor que la de entrada por el hecho de que al retorno se debe restar el volumen del vástago, de la misma forma la fuerza al retroceso es mayor que a la salida debido a que existen diferencias en el área de aplicación de presión.

Figura 49. Cilindro de doble efecto.



Fuente:(PRINCE , 2014)

El cilindro que hemos escogido para este proyecto tiene las siguientes características:

- Carrera= 305 mm
- Diámetro del pistón= 60 mm
- Presión de trabajo = 3000 psi.

4.4.2 Bomba de engranajes. Las bombas hidráulicas permiten transformar la energía eléctrica, que es suministrada por un motor, en energía de flujo y presión, la cual es luego enviada por tuberías hacia el punto de uso (cilindros o motores hidráulicos).

Las bombas de engranaje externo constan de dos engranajes acoplados dentro de una caja metálica, el eje de la bomba hace girar uno de los engranajes que arrastra al otro. El principio de funcionamiento es muy sencillo, el aceite entre los dientes y la pared del cuerpo es obligado a la salida, los dientes en el centro hacen de cierre hermético, el aceite entra por 1 sale por 2 (el piñón de arriba es el movido por motor).

Figura 50. Bomba de engranajes Kompass



Fuente:(KOMPASS, 2014)

Para el proyecto se usara una bomba de engranajes de la marca Kompass, la cual tiene las siguientes características:

- Presión de trabajo = 210 bares
- Presión máxima = 250 bares
- Cilindrada = 1,3 cc/rev
- Rango de revoluciones = 600 – 4000 rpm.

4.4.3 Electroválvula 4/3 centro tándem. La electroválvula 4/3 centro tándem es una válvula direccional que permite el paso del aceite hacia el elemento motriz y de la misma forma la descarga del aceite hacia el depósito.

Las válvulas 4/3 son válvulas de tres posiciones de conmutación en las cuales la posición intermedia es determinada por la aplicación que se requiera, siendo las otras dos posiciones normalmente "paralelas" y "cruzadas". Se pueden llegar a conseguir

más de 100 diferentes tipos de válvulas 4/3 de los cuales se utilizan normalmente 2 ó 3.

La principal característica de esta válvula es que nos permite mantener la posición del cilindro en cualquier lugar que deseemos, ya que al desactivar el solenoide la válvula regresa al centro y esto permite que se detenga el flujo del aceite hacia el cilindro y se desvía hacia el tanque evitando así una sobrecarga de presión en el sistema.

La electroválvula que se usara en este proyecto tiene las siguientes características:

Figura 51. Electroválvula 4/3 centro tándem



Fuente:(KOMPASS, 2014)

- Marca = Kompass
- Voltaje = 110 V
- Presión máxima= 300 bares
- Caudal máximo= 18 l/min
- Cetop =3

4.4.4 Válvula limitadora de presión. Es un elemento esencial en todos los sistemas hidráulico ya que permite controlar la presión a la que está trabajando el sistema y protegerlo de posibles sobrecargas de presión que se pudieran presentar en cualquiera de las secciones del equipo.

La válvula limitadora de presión consta de un resorte y un tornillo regulador el cual se va ajustando para determinar la presión máxima a la que va a trabajar el sistema, si la presión del sistema sobrepasa la presión máxima de trabajo, entonces el resorte se abre y deja pasar el aceite por el orificio de descarga y este es dirigido hacia el tanque, evitando así una explosión.

Figura 52. Válvula limitadora de presión marca HYSTAR.



Fuente:(DIRECT INDUSTRY, 2014)

La válvula limitadora de presión que usaremos será una válvula marca kommpas, la cual tiene las siguientes características:

- Presión máxima= 250 bar
- Caudal máximo= 8GPM
- Cetop 3.

4.4.5 Válvula reguladora de caudal. Las válvulas reguladoras de caudal nos permiten variar la apertura del orificio por donde pasa el fluido hidráulico hacia el fluido y con esto nos permite variar el caudal que llega hacia él, por lo tanto al tener menos caudal se reduce la velocidad de salida o de retorno del cilindro, con este elemento se puede controlar la velocidad del cilindro para acomodarlo a la necesidad que se requiera.

La regulación del caudal se hace mediante una manija que mueve un tornillo el cual cierra o abre una compuerta la cual deja pasar más o menos fluido según el nivel de apertura, existe las válvulas reguladoras de caudal unidireccionales, las cuales regulan la velocidad en un solo sentido y las bidireccionales, las cuales regulan la velocidad del fluido en ambas direcciones.

En las válvulas reguladoras de caudal compensadas cuentan con un mecanismo que permite compensar la pérdida de presión producida por el aumento de carga, con esto se asegura que la velocidad del cilindro no varíe a pesar de que se aplique una carga variable al embolo, con esto conseguimos que al realizar el ensayo de tracción, la velocidad de extensión del cilindro sea constante a lo largo de todo el trayecto, sin importar que la carga aumente de forma progresiva.

Figura 53. Válvula reguladora de caudal



Fuente:(PRINCE , 2014)

La válvula usada en este proyecto tiene las siguientes características:

- Marca = Prince
- Presión máxima = 3000 psi.
- Caudal máximo= 8 GPM.
- Diámetro= 3/8 in
- Presión de alivio: 1500 psi

4.4.6 *Manómetro de glicerina.* Permite el control de la presión del sistema a la salida de la bomba, además sirve como sistema de seguridad para evitar sobre presiones que podrían conllevar un peligro para el operario.

Se usara un manómetro vertical conectado por una configuración que incluyen neoplos, codos y otros elementos, además se le colocara un sangrador para poder cebar el aire de las tuberías cuando se bombee el aceite al equipo.

Figura 54. Manómetro de glicerina International FPA



Fuente:(FPAinternacional, 2015)

- Rango presión: 0 – 3000 [psi]
- ¼ NPT

4.4.7 Filtro de succión y filtro de aire. Un filtro hidráulico es el componente principal del sistema de filtración de una máquina hidráulica, de lubricación o de engrase. Estos sistemas se emplean para el control de la contaminación por partículas sólidas de origen externo y las generadas internamente por procesos de desgaste o de erosión de las superficies de la maquinaria, permitiendo preservar la vida útil tanto de los componentes del equipo como del fluido hidráulico.

Se usara un filtro de succión de ½ pulgada de entrada y con capacidad de filtración de 10 l/min.

Figura 55. Filtro de succión.



Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2014)

Para el filtro de aire se utilizara un tapón de aire largo, con una malla de 40 micrones, este es un filtro muy importante, ya que al ser un tanque no presurizado en el momento de la succión el nivel de aceite bajara y esto producirá una succión de aire que si no es controlada y filtrada podría arrastrar sedimentos al interior del tanque.

Figura 56. Respiradero del tanque hidráulico.



Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2014)

4.4.8 Acoples y conectores. Los acoples son elementos que permiten conectar de forma fácil y segura los elementos del circuito hidráulico con las mangueras hidráulicas, estos elementos son fabricados en distintas forma, las cuales se adaptan a los diferentes requerimientos del cliente, a menudo se fabrican de bronce o acero inoxidable.

Figura 57. Acoples y conectores hidráulicos.



Fuente:(HOSEBELT, 2014)

4.4.9 Mangueras hidráulicas. Para seleccionar las mangueras se debe tener en cuenta algunos parámetros como son presión, caudal, diámetro, temperatura, curvatura y conectores. Además de esto se debe tener en cuenta ciertas condiciones que recomienda el fabricante para que las mangueras cumplan su función además garanticen la vida útil adecuada y la seguridad en operación, entre las recomendaciones más importantes están:

- Recuerde que los flexibles sometidos a trabajo sufren una elongación o estiramiento entre un 2% a 4% de su longitud inicial, por lo que se debe dejarlos de un largo apropiado.
- Siempre se debe mantener un radio de curvatura lo más amplio posible, con el fin de evitar el colapso o restricción del fluido.
- Evite al instalar un flexible que este quede con alguna torcedura, por lo cual tome algún punto como referencia.
- Evite el contacto o el roce entre flexibles para que no produzcan desgastes de las superficies, para lo cual se recomienda el uso de adaptadores, codo o curvas apropiados.

- Procure evitar el contacto con piezas móviles o fuentes de calor, por ejemplo el tubo de escape, cardan o elementos que transmitan calor como hornos.

Teniendo en cuenta estas recomendaciones se selecciono las mangueras en distintas longitudes per en una sola marca y medida, las características estas mangueras son las siguientes:

- Marca: Dayflex.
- Diámetro: ¼ in
- Presión máxima: 3260PSI.
- Número de capas: 1 (malla de acero)
- Resistente al calor.

Figura 58. Tabla de mangueras de presión.

RHINO BLACK / RIAT
NORMA SAE 100 R1AT / DIN EN 853 1SN / ISO 1436
Manguera Hidráulica Trenza de alambre



DAYFLEX	MANGUERA D.I.			D.E.	PRESION DE TRABAJO	PRESION DE ESTALLIDO	RADIO DE CURVATURA	PESO	LONGITUD
CODIGO	DN	Pulgada	GUION	mm	PSI	PSI	mm	kg/mt	Metros
D110101203	5	3/16"	3	11,8	3,630	14,520	89	0,19	50 A 100
D110101204	6	1/4"	4	13,4	3,270	13,080	102	0,21	50 A 100
D110101205	8	5/16"	5	15,0	3,120	12,480	114	0,24	50 A 100
D110101206	10	3/8"	6	17,4	2,615	10,460	127	0,33	50 A 100
D110101208	13	1/2"	8	20,6	2,320	9,280	178	0,41	50 A 100
D110101210	16	5/8"	10	23,7	1,890	7,560	203	0,45	50 A 100
D110101212	19	3/4"	12	27,7	1,530	6,120	241	0,58	50 A 100
D110101216	25	1"	16	35,6	1,280	5,120	305	0,88	50
D110101220	32	1-1/4"	20	43,5	920	3,680	419	1,23	20 A 40
D110101224	38	1-1/2"	24	50,6	730	2,920	508	1,51	20 A 40
D110101232	51	2"	32	64,0	580	2,320	635	1,97	20 A 40

Fuente:(DAYFLEX, 2015)

4.4.10 Tanque reservorio.La dimensión del reservorio depende exclusivamente del caudal de la bomba y del tiempo que esté en movimiento el fluido, ya que la bomba al succionar el aceite del tanque genera presión y calor (entendiéndose esto como elevación de la temperatura). Además de contener el aceite de trabajo, el reservorio también será el soporte de otros elementos importantes como son la bomba, el motor, los filtros de succión, retorno y el tapón, es por eso que en el dimensionamiento se debe tener en cuenta todos estos elementos para diseñar de mejor forma el depósito.

No existe una norma clara sobre como dimensionar un reservorio pero por lo regular se estima el volumen del reservorio entre 3 a 4 veces el caudal de la bomba a la velocidad de trabajo del motor.

Cálculos:

Como el caudal que va a bombear la bomba será de 1 l/ min y tomando los parámetros antes mencionados se requiere un reservorio de:

$$V = Q * t \quad (36)$$

Donde:

V= volumen del reservorio[litros]

Q= cauda[litros/min]

t= tiempo[min]

Entonces:

$$V = 1l/min * 1min$$

$$V = 4 \text{ litros}$$

Como el tanque debe tener un volumen mayor para evitar el derramamiento del aceite se dimensiona el reservorio con un 15 a 20% más de la capacidad real, por lo tanto el reservorio queda con una capacidad de:

$$V \text{ efectivo} = V + 0,2 V \quad (37)$$

$$V \text{ efectivo} = 4 + 0,2 (4)$$

$$V \text{ efectivo} = 4,8 \text{ litros}$$

El volumen teórico del tanque para el fluido hidráulico es de solo 4.8 litros, pero no se puede instalar en la máquina un tanque tan pequeño ya que la maquina va a trabajar a elevadas presiones, mas de 2500 psi, el fluido de trabajo va a tender a calentarse y por lo tanto se dilatara volumétricamente, con lo que se corre el riesgo de que se

dañen equipos sensibles como la electroválvula, el sensor, la válvula reguladora de caudal etc., por lo que se recomienda un tanque más grande para disipar el calor producido la hora de operar la máquina, por otro lado por cuestiones estéticas y de facilidad para la colocación de los demás elementos hidráulicos también se recomienda un tanque de mayor volumen ya que al ser un tanque pequeño dificulta la colocación de elementos como filtros, electroválvulas, bomba y motor, con lo expuesto anteriormente se recomienda un tanque con las siguientes parámetros:

Material= Plancha de acero SAE1030 de 3 mm

Volumen= 32.82 litros

Ancho= 48 cm

Largo = 38 cm

Altura = 18 cm

Acabado interno= recubrimiento de barniz resistente al aceite.

4.5 Diseño del circuito de potencia.

El sistema eléctrico de esta tesis abarca todo respecto a la conexión y funcionamiento de los elementos eléctricos, así como el panel de control de la máquina de ensayos de tracción, en ese apartado se describirá la forma en la que se realizara las conexiones al motor, la electroválvula, el contactor, el relé térmico y los relés etc., además se explicara cómo se distribuirá y se conectara la botonera del equipo.

El sistema eléctrico que se diseño se basa en una corriente monofásica, es decir se trabajara con corriente alterna de 120 V por lo cual se seleccionaron los elementos constitutivos del sistema de potencia según los requerimientos del motor, el cual se detalla en la tabla:

Tabla 18. Especificaciones del motor eléctrico.

Motor eléctrico marca WEG monofásico 1HP	Voltaje= 120 V
	Frecuencia = 60Hz
	Corriente= 15Amp.

Fuente: Placa del motor.

De acuerdo a los datos mencionados anteriormente se seleccionan los siguientes elementos:

Tabla 19. Elementos constitutivos del circuito de potencia.

Elemento	Cantidad	Descripción
Braker	1	Schneider electric 20 Amp
Contactador	1	16 Amp, 110 V GMC9 LG
Relé térmico	1	16-22Amp MT32/3K LS GTK-22
Relé	2	8 pines, bobina 110 V CAMSCO
Pulsador	1	Pulsador 22mm 1NO ROJO CAMSCO
Pulsador	1	Pulsador 22mm 1NO VERDE CAMSCO
Luz	2	Luz piloto 22mm Verde y rojo 110V CAMSCO
Paro de emergencia	1	110 v
Cable	3m	cable sucre 2x12
Cable	10 m	cable sucre #16 color rojo
Cable	10 m	cable sucre #16 color negro
Enchufe	1	110 v polarizado.
Gabinete	1	20x30x15 cm normalizado Beucop.
Riel	1	riel DIN 1 1/4

Fuente: Autores.

Con estos elementos se dispone a realizar el diseño del circuito de potencia y del circuito de control, para esto se utiliza el software CADe-SIMU para simular el funcionamiento que tendrá el circuito y cuáles son los elementos de protección que se le debe ubicar para evitar posibles daños en el sistema.

Figura 59. Contactor

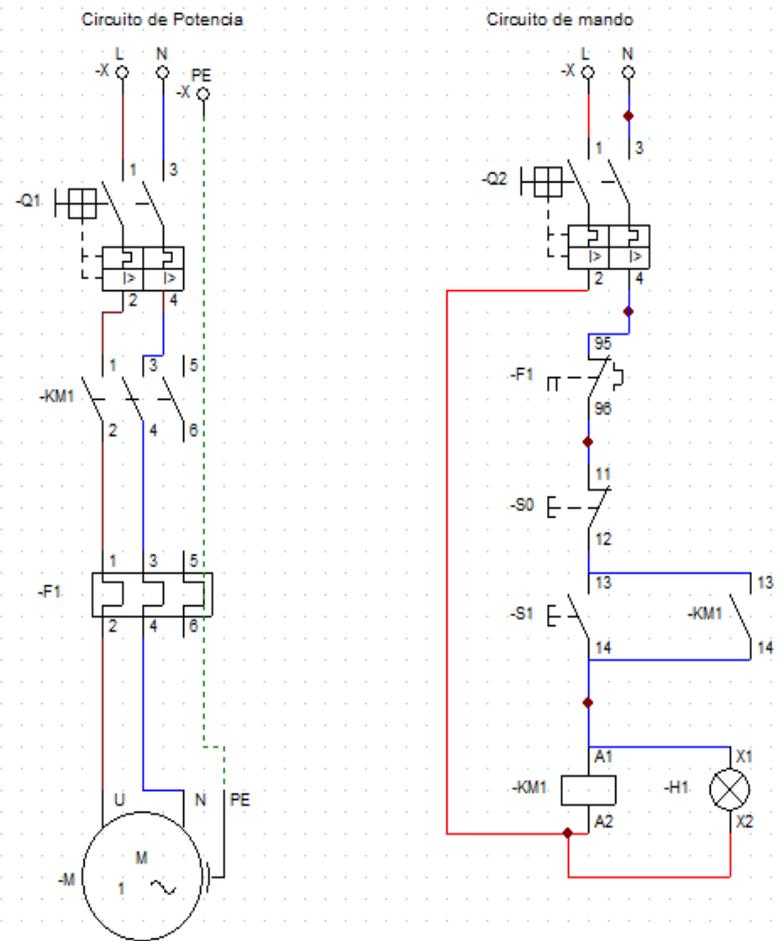


Fuente: Autores

4.5.1 Circuito de potencia. Una vez definidos los elementos constitutivos del sistema eléctrico se define el esquema de instalación y funcionamiento del circuito de potencia,

para esto se utiliza el software CADe- SIMU para realizar las simulaciones del funcionamiento del diseño antes de armar el circuito físico.

Figura 60. Diagrama eléctrico de encendido del motor.CADe-SIMU

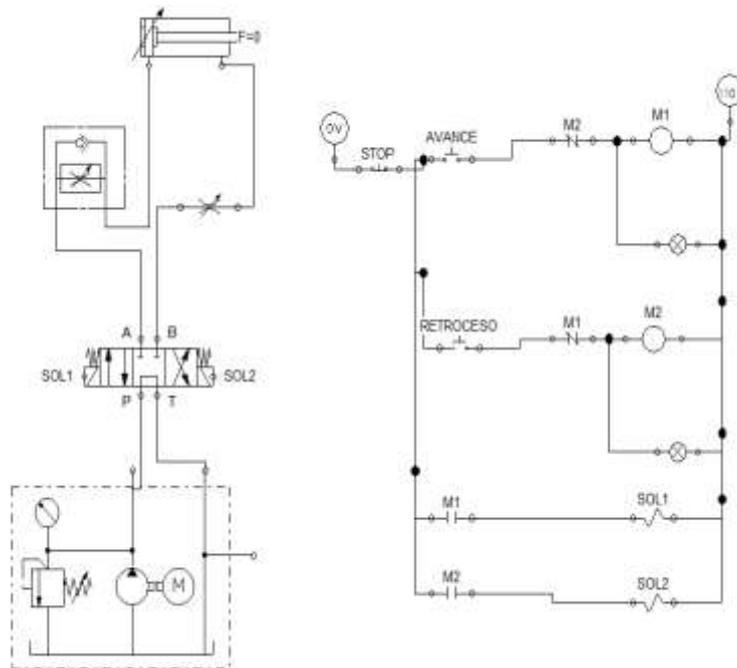


Fuente. Autores

En el grafico se puede observar el diagrama de potencia y de control para el encendido y apagado del equipo, en el cual podemos notar que los pulsadores de encendido (S1) y apagado (S0) son los que permite prender o apagar el motor, además del paro de emergencia (F1).

4.5.2 Circuito de control electroválvulas.En el siguiente grafico se muestra cómo será el sistema de control se la electroválvula, para lo cual se ha utilizado el software Fluid SIM para demostrar el funcionamiento de las estos componentes, los cuales serán controlados por botoneras, relés de 8 pines y solenoides y tendrá un relé térmico como método de protección ante posibles sobrecargas.

Figura 61. Sistema de control de las electroválvulas.FluidSIM.:



Fuente: Autores.

En el diagrama mostrado se puede observar el diagrama de potencia de la máquina de ensayos de tracción.

Para que se pueda controlar las funciones de la máquina necesitamos tener un panel de control electrónico, o botonera, el cual contará con los siguientes elementos:

- Botón principal de encendido y apagado
- Botón de paro de emergencia.
- Botón de subida de actuador hidráulico
- Botón de bajada de actuador
- Luces piloto para la subida y la bajada de cilindro hidráulico.

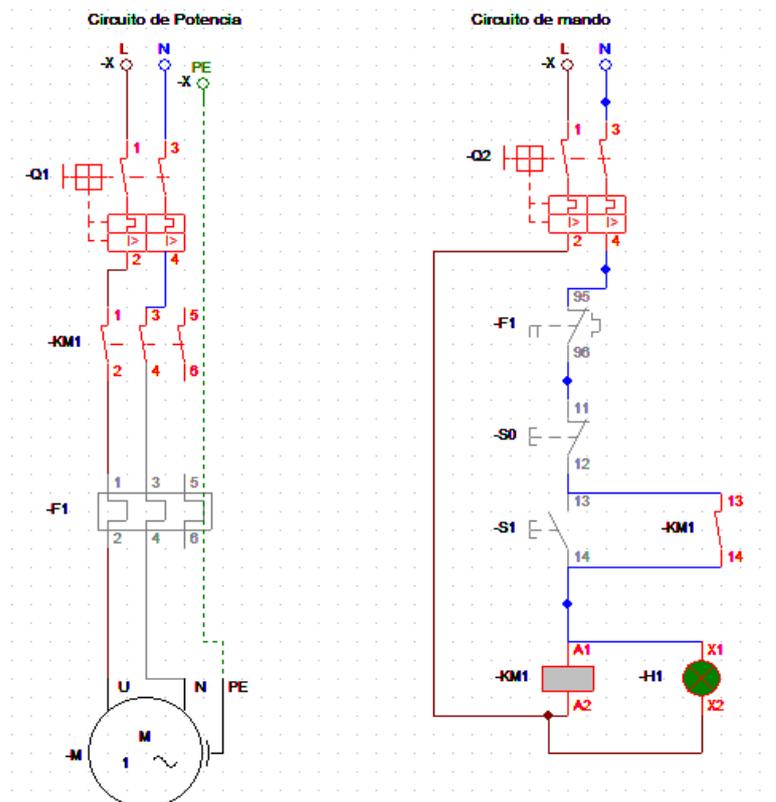
4.5.3 Funcionamiento del sistema eléctrico. El funcionamiento del circuito es básico y se explica a continuación.

Para iniciar el ensayo se debe encender la máquina con el botón de encendido, este a su vez encenderá el motor y permitirá el paso de corriente de alimentación hacia los relés, los cuales están conectados a la electroválvula.

Cuando activamos el pulsador que permite la subida de la mesa, el cual es un pulsador NO, este pulso de energía activa el relé y este activa la bobina de la

electroválvula lo cual permite el paso de aceite hacia el cilindro, de igual forma cuando se pulsa el botón de bajada de la mesa este activa el relé y la electroválvula permitiendo el paso de aceite.

Figura 62. Encendido directo del motor. CAde SIMU



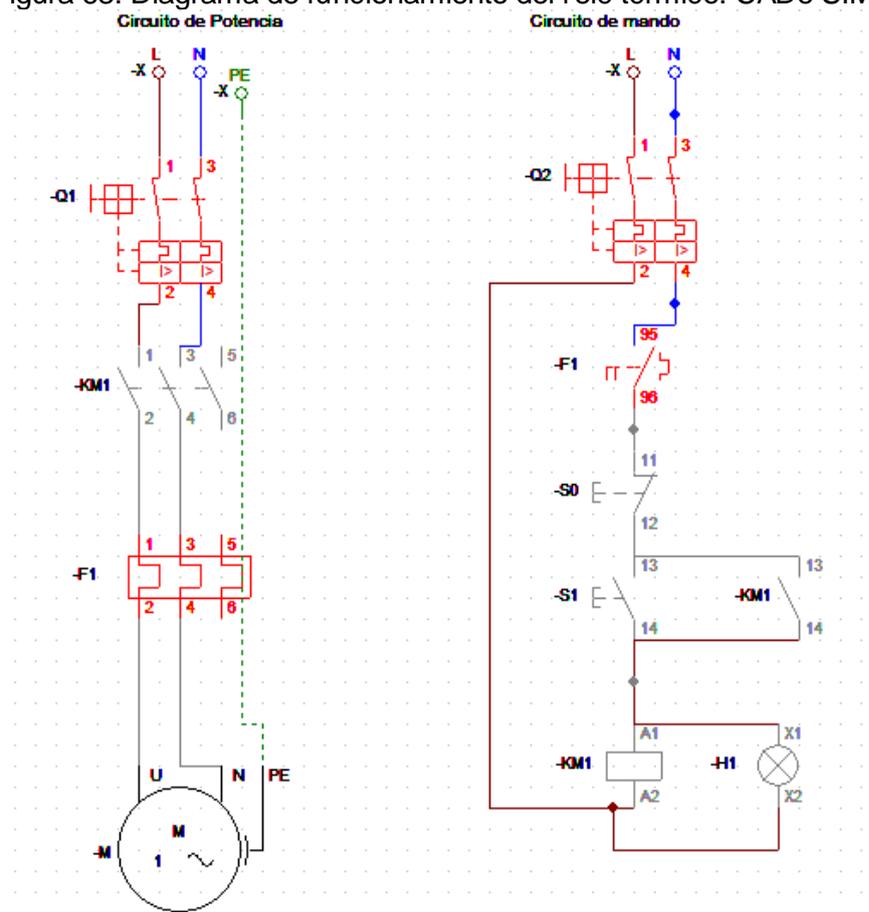
Fuente: Autores

4.5.4 Seguridad del circuito de potencia. Como mecanismo de seguridad se le ha colocado al circuito un paro de emergencia, el cual se puede activar en caso de algún inconveniente y parar instantáneamente el funcionamiento de la maquina, además que al ser un sistema con botones NO se asegura que al dejar de apretar el botón la acción de movimiento de la viga móvil se detendrá automáticamente y el aceite tendera a recircular hacia el tanque.

Además se ha adicionado un relé térmico que permitirá proteger al motor y al resto del circuito de una excesiva carga, ya que al se regulara a un determinado amperaje, según la necesidad del motor y en caso de sobrecarga, el relé térmico abrirá el circuito y dejara de mandar corriente al equipo, lo cual evitara que se produzcan daños en el equipo.

En la figura 63 se observa el diagrama de funcionamiento del relé térmico.

Figura 63. Diagrama de funcionamiento del relé térmico. CA De SIMU



Fuente: Autores

En la figura se puede apreciar el funcionamiento del relé térmico una vez que se ha accionado, el circuito se abre y se desactiva el contactor, esto permitirá que el equipo deje de funcionar inmediatamente, precautelando así la seguridad de todos los componentes.

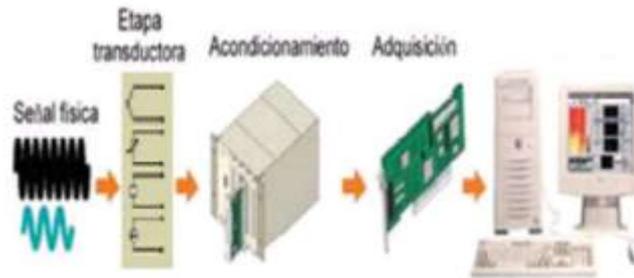
4.6 Diseño del sistema de adquisición de datos

4.6.1 *Sistema de adquisición de datos.* Un sistema de adquisición de datos es un sistema que permite tomar señales físicas, como presión, temperatura, fuerza etc., y permite convertirlas en datos que posteriormente pueden ser procesadas y presentadas. A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control, y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control.

4.6.2 *Estructura del sistema de adquisición de datos.* La estructura básica de un sistema de adquisición de datos lo conforman 5 elementos los cuales son:

- Fenómeno físico
- Sensor
- Acondicionador de señal.
- Adquisición.
- Salida de señal.

Figura 64. Elementos de un sistema de adquisición de datos básico.



Fuente: (OROZCO, 2010)

4.6.3 Selección del sensor de presión. Como ya se definió la fuerza para el ensayo será proporcionada por un sistema hidráulico, aprovechando este sistema se colocará un sensor de presión en la entrada del cilindro hidráulico para obtener medidas de presión, las cuales por medio de una ecuación se pueden transformar en una medida de fuerza. Para esto se escogió un sensor de presión de membrana el cuyas características se detallan a continuación.

En la tabla 20 se puede observar las características del sensor seleccionado.

Tabla 20. Características del sensor de presión Nagano Keiki

Características del sensor de presión	
Marca	Nagano Keiki. Japón
modelo	KH15-PT14-A-1.0
Señal	Analógica
Fluido	gas o liquido no corrosivo
Rango de presión	0-200 kg/cm ²
Voltaje de alimentación	24 V DC
Outputsignal	4-20 mA or 0 - 5 V DC
Temperatura de operación	(-20 a 70 °C)
Accuracy	± 1% F.S.
Response time	1 ms or less

Fuente: (NAGANO KEIKI CIA LTDA, 2005)

En la tabla presentada anteriormente se pueden observar las características principales del sensor, para más información ver anexo F.(NAGANO KEIKI CIA LTDA, 2005)

.Figura 65 Sensor de presión de membrana marca Nagano Keiki



Fuente:(NAGANO KEIKI CIA LTDA, 2005)

Se seleccionó este sensor ya que es un transductor de uso industrial que tiene características que permiten garantizar los datos que arroje, además garantizan una vida útil larga y la garantía de ser calibrado por el fabricante antes de ser puesto a la venta.

4.6.4 Selección de la tarjeta. Como solo se va a colocar un sensor analógico la tarjeta de adquisición de datos solo necesitará de una entrada analógica para este cometido.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta para elegir bien la tarjeta es el número de bits que tiene, esto es importante porque nos permitirá conocer cuál será la resolución de los datos arrojados.

Para encontrar la resolución adecuada se utilizara la siguiente fórmula:

$$r = \frac{P_{max}}{2^n - 1} \quad (38)$$

Donde:

r = resolución de la medida[kgf]

n = número de bits.

P_{Max.} = Fuerza máxima [kgf]

De la ecuación anterior despejamos el número de bits y nos queda la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\text{Log} \left(\frac{P_{max}}{r} + 1 \right)}{\text{Log} 2} \quad (39)$$

Como la fuerza máxima es de 5000 kgf y con una resolución de 1 kgf, entonces:

$$n = \frac{\text{Log} \left(\frac{5000}{1} + 1 \right)}{\text{Log} 2}$$

$$n = \frac{\text{Log} (5001)}{\text{Log} 2}$$

$$n = 12,28$$

Entonces se necesita una tarjeta que tenga por lo menos 12,28 bits para que se pueda tener una resolución de 1 Kgf. Para mejorar la resolución se ha seleccionado la tarjeta de adquisición de datos DAQ Ni 6009 (ver anexo) la cual tiene 14 bits de resolución, por lo cual se recalcula la resolución.

Figura 66. Tarjeta DAQ NI 6009 National instruments.



Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

Se vuelve a calcular la resolución con 14 bits:

$$r = \frac{P_{max}}{2^n - 1}$$

114

$$r = \frac{5\,000\text{ kgf}}{2^{14} - 1}$$

$$r = 0,3\text{ Kgf}$$

Entonces al utilizar una tarjeta DAQ NI 6009 National Instruments la precisión de los datos aumenta, pudiendo medir ahora con una resolución de 0,3kgf lo cual demuestra que a mayor número de bits de la tarjeta, es más precisa las mediciones que arroja la máquina de ensayos, lo cual garantizará que los valores de fuerza que se obtengan en los ensayos sean más seguros.

Las características básicas de la DAQ NI 6009, se muestran en la tabla 21, en donde se observa características importantes como número de puertos analógicos y digitales, resolución, número de contadores, etc.

Tabla 21. Características de la tarjeta DAQ NI 6009 National Instruments

Características de la tarjeta DAQ NI 6009	
Marca	National Instruments
Modelo	DAQ NI 6009
Número de puertos	8 puertos analógicos y 12 puertos digitales
ADC resolución	14 bits
Energizado	energizado por bus
Tiempo de resolución	10 ns
Acoplamiento de entrada	DC
Rango de entrada	$\pm 10\text{ V}$, $\pm 5\text{ V}$, $\pm 1\text{ V}$, $\pm 0,2\text{ V}$
Número de contadores	1 contador de 32 bits
Temperatura de funcionamiento	0 - 40° C

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

4.6.5 *Conexión del sensor a la tarjeta DAQ NI 6009.* La conexión del puente de Wheatstone del transductor de presión hacia la tarjeta DAQ NI 6009 se realizará de la siguiente forma:

En la figura 67 se observa los pines de conexión del sensor de presión.

Figura 67. Conexión del sensor a la tarjeta DAQ NI 6009

Tipo de sensor	Tipo de señal	Color del cable	Conexión de puntas del transductor	Pines de la DAQ	Número de Pin
Presión	Analógico	Rojo	Energía (+)	ai0	2
		Blanco	Energía (-)	GND	1

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015)

4.6.6 *Diseño del software de visualización de datos.* El programa para adquisición de datos de la máquina para realizar ensayos de tracción se realizara en el software Labview y contará con las características enumeradas en el siguiente apartado.

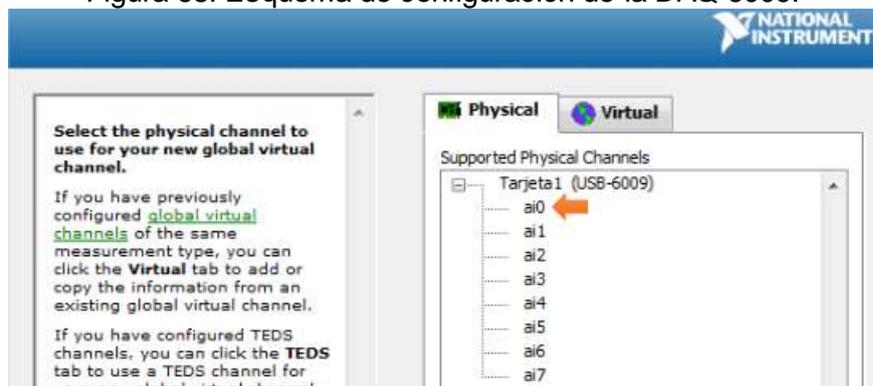
4.6.6.1 *Parámetros de diseño y construcción de un software para la visualización de los datos en un ordenador.* Se requiere que el programa que presente una interfaz amigable hacia el usuario, que le permita maniobrar de manera fácil todas las aplicaciones del programa, además que le permita visualizar la fuerza aplicada, la presión de trabajo, además que le permita crear un archivo para guardar los datos en un archivo de Excel para poder analizarlos posteriormente. A continuación se muestra los parámetros de diseño para cada uno de los ensayos.

- Interfaz amigable e intuitiva.
- Visualización de fuerza aplicada
- Visualización de presión de trabajo.
- Generación de archivos Excel.

4.6.6.2 *Programación para la visualización de los resultados en un ordenador.* Para crear el programa de adquisición de datos en el software Labview, se deben generar diferentes tipos de funciones y botones tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques, estos elementos son VI (Virtual Instrument), los instrumentos virtuales son generados por el mismo programa lo que hace a la programación con instrumentación física algo menos complicado.

La programación de adquisición de datos del transductor se basa en la obtención de una señal analógica por lo tanto la tarjeta DAQ debe ser programada seleccionando el pin de entrada analógica **ai0**.

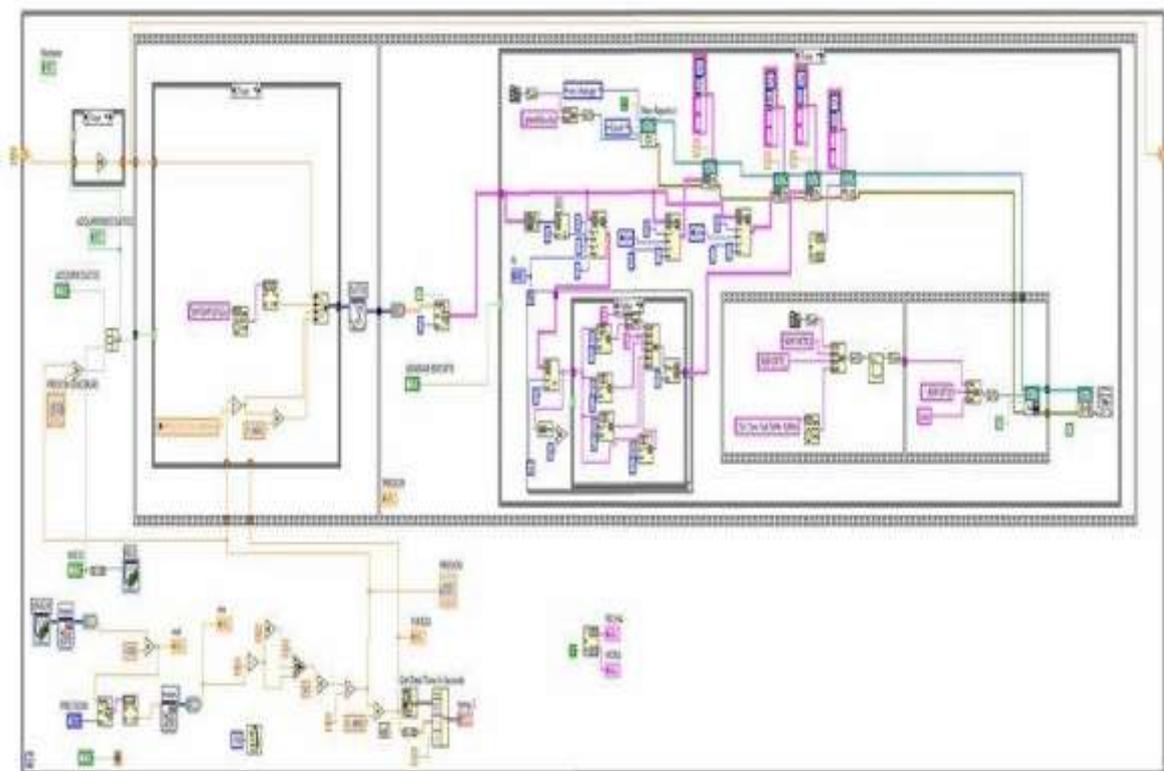
Figura 68. Esquema de configuración de la DAQ 6009.



Fuente: Autores

En la Figura se muestra un esquema de la programación para la adquisición de datos del transductor de presión en diagrama de bloques, se basa principalmente en la adquisición de datos y un acondicionamiento de la señal analógica mediante un filtrado digital que ofrece Labview, cuenta con un sistema que permite encerrar la fuerza, luego de filtrado y encerado el voltaje de salida del transductor, para transformar estos valores de voltaje a valores de presión que se multiplica por la constante que es el área transversal del embolo del cilindro hidráulico, finalmente se tiene un indicador para la visualización del valor de fuerza en kgf.(OROZCO, 2010)

Figura 69. Diagrama de bloques de la programación.



Fuente: Autores

En la figura se puede observar la programación del software para adquirir datos del sensor de presión, además se adjunta la programación para la generación de un reporte en el cual se puede observar los datos que se produjeron durante el ensayo, en la figura 69 se puede observar la plantilla en Excel en la que se guardan los valores arrojados durante el ensayo. Para observar de mejor manera la programación del software de adquisición de datos se debe revisar el anexo H.

En la tabla de Excel se colocan las celdas donde se van guardando los datos que se producen durante el transcurso del ensayo.

Figura 70.Plantilla en Excel del reporte del ensayo.



MÁQUINA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN DE CUERDAS

SOLICITADO POR:	INDUCUERDAS	
EMPRESA FABRICANTE:	INDUCUERDAS	
FECHA DEL ENSAYO:		
DATOS:		
CARACTERISTICA:		
DESIGNACION:		
TIPO DE MATERIAL:		
SECCION TRANSVERSAL:		cm ²
DIAMETRO:		mm



CONTRATOS:
 SUR AMERICA - ECUADOR
 Chimborazo - Guano
 "langos Km 5 Via Riobamba Guano"
 Telefono: (03) 3027598
 Email: Inducuerdas@hotmail.com

RESULTADOS DEL ENSAYO.

Nº	TIEMPO	CARGA	PRESION	CARGA MAXIMA	ESFUERZO MAXIMO	PORCENTAJE DE ELONGACION (%)
				0	#DIV/0!	

Fuente: Autores.

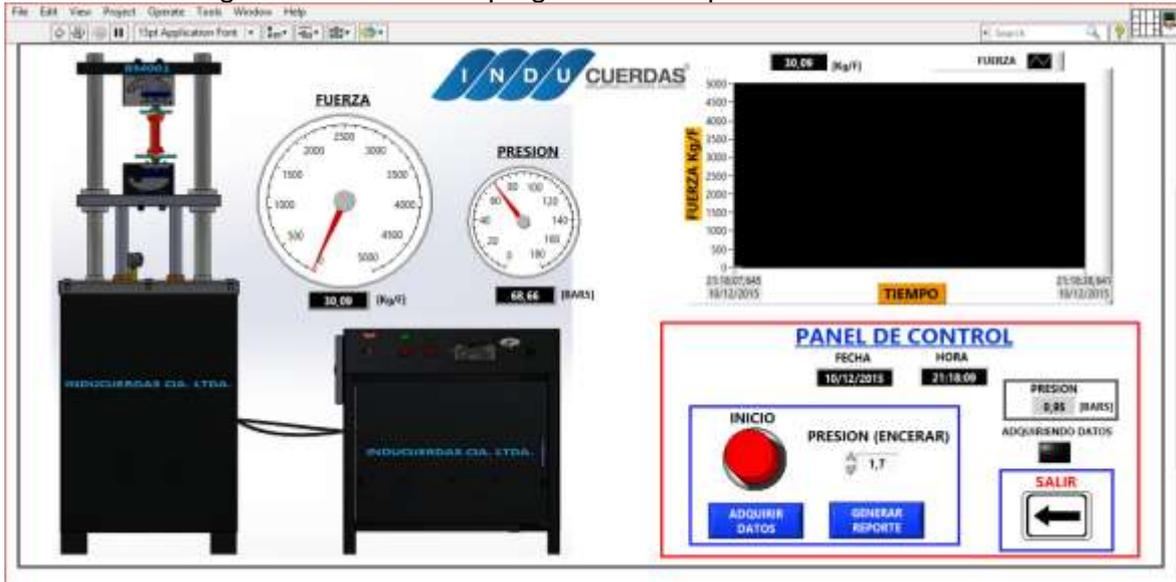
En la plantilla de reportes se puede observar las casillas rojas en las que se deben ingresar los datos del ensayo, y en las casillas negras se observara los datos de la fuerza generada, presión del cilindro, además de la hora en la que se realizó el ensayo y el esfuerzo máximo de la cuerda.

En la figura 69 se observa la interfaz del programa de adquisición de datos, en la que se puede observar un reloj en el que se puede ver la fuerza que se está aplicando en el momento, la presión del cilindro, y la gráfica de fuerza vs tiempo.

En el panel de control se puede observar la presión de encerado, además de los botones de adquirir datos y generar datos, el botón rojo sirve para iniciar el ensayo y permite que la viga fija baje automáticamente para realizar el ensayo.

Cabe destacar que antes de conectar la tarjeta DAQ 6009 se debe correr el programa, ya que si no se hace esta acción la tarjeta activara todos los puertos automáticamente y esto puede provocar comandos no deseadas en el sistema, como la activación automática del relé que controla el electro válvula.

Figura 71. Interfaz del programa de adquisición de datos.



Fuente: Autores.

Con este programa el usuario podrá realizar los ensayos de forma sencilla y segura además que no debe preocuparse por observar con detenimiento la fuerza generada ya que el reporte guarda todos los datos y se los puede almacenar en un archivo de Excel.

CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA PARA ENSAYOS DE TRACCIÓN.

5.1 Construcción

Para el proceso de construcción de la máquina de ensayos de tracción se van utilizar las siguientes máquinas y herramientas:

Máquinas:

- Torno.
- Fresadora.
- Soldadora.
- Máquina de corte por plasma.
- Compresor.
- Dobladora.
- Prensa hidráulica.
- Taladradora.
- Remachadora.
- Amoladora.
- Multímetro.
- Montacargas.
- Gato hidráulico.

Herramientas:

- Buriles.
- Fresas.
- Brocas.
- Discos de corte.
- Disco de pulir.
- Tarraja
- Raches.
- Copas porta auto roscante

- Machuelos.
- Flexo metro.
- Llaves.
- Llave de tubo.
- Limas.
- Medidor de roscas.
- Destornilladores.
- Hexagonales.
- Sierra.
- Llave de tubo
- Gato hidráulico.

5.2 Componentes de la máquina y la tecnología de construcción

La etapa de construcción de la maquina seguirá una secuencia ordenada de procesos, para así optimizar el uso de los recursos y reducir el tiempo de construcción. La construcción se dividió en tres etapas, las cuales se construirán en un orden específico para optimizar tiempos y gastos a lo largo de la realización de la presente tesis.

La máquina de ensayos de tracción se dividirá en tres módulos o etapas, las cuales se detallan en el siguiente cuadro:

Figura 72. Proceso de construcción de los componentes de la máquina.



Fuente: Autores.

Tabla 22. Módulos de la máquina de ensayos de tracción.

Etapa	Esquema.
<p>Módulo 1 Sistema hidráulico Sistema eléctrico.</p>	
<p>Modulo 2 Sistema estructural Mordazas.</p>	
<p>Sistema de adquisición de datos.</p>	

Fuente: Autores

5.3 Procedimientos de construcción.

La construcción de la máquina se realizó en las instalaciones de la compañía, en el taller de mantenimiento mecánico de la misma, en donde se procedió a utilizar las máquinas y herramientas que ahí se encuentran, para el servicio de fresa se utilizó de un taller externo.

5.3.1 Elementos de construcción. En la tabla 23 se detallan todas las partes y elementos que conforman la máquina de ensayos de tracción, y su respectivo material.

Tabla 23. Partes constructivas de la máquina de ensayos de tracción.

Sistema	Elemento	Cantidad	Material
Estructural	Columna principal	2	AISI 1018
	Columna móvil	2	AISI 1018
	Viga fija	1	A36
	Viga móvil	1	A36
	Buje roscado	2	AISI 1018
	Bocín	2	Bronce fosfórico
	Mesa	1	A36
	Unión cilindro-guías	1	A36
	Estructura	1	Perfil de acero
	Botonera	1	Plancha acero
	Base del cilindro	1	Acero A36
	Cubierta	1	Plancha acero
	Sistema Hidráulico	Tanque hidráulico	1
Base para el motor		1	Acero A36
Base para la bomba		1	Acero A36
base para el filtro		1	Acero A36
Estructura		1	Perfiles de acero
Mordazas	Placa base	2	Acero A36
	Soporte fijo	2	AISI 1018
	mordaza	2	AISI 1018
	tornillo	2	AISI 1018
	Polea	2	AISI 1018
	Guías	4	AISI 1018
Sistema eléctrico	Circuito de potencia	1	Diseño
	Circuito de control	1	Diseño
	Gabinete modular	1	Normalizado
	Panel de control	1	Diseño
	Circuito de control	1	Ensamblaje
	Motor	1	Normalizado

Fuente: Autores.

5.4 Construcción de elementos mecánicos

En esta sección se procederá a detallar el procedimiento para la construcción de la parte mecánica de la máquina de ensayos de tracción, empezando por el material en bruto, hasta llegar al producto terminado.

Para la construcción de la parte mecánica se seguirá un procedimiento ordenado, el cual se encuentra explicado con mayor detalle en los diagramas mostrados a continuación.

La construcción se realiza de acuerdo a los módulos:

Módulo 2

- Elementos estructurales.
- Mordazas.
- Elementos de fijación.
- Columnas.
- Guías.
- Mesa.
- Cubiertas.
- Placa base de las mordazas.
- Tornillo de potencia.
- Polea guía.
- Apoyo de las mordazas
- Mordaza.

Módulo 1.

- Tanque hidráulico.
- Base del motor
- Base de la bomba.
- Parte estructural.
- Puerta.
- Cubiertas.
- Botonera.

5.4.1 Construcción de elementos del modulo dos. Se detalla los procesos para la construcción de los elementos del modulo dos.

- *Proceso de construcción de las columnas fijas Ay B.* Para la construcción de las columnas principales se partirá de dos ejes de acero ASTM 1018 de 42 mm de diámetro y 1.10 m de largo.

Tabla 24. Proceso de construcción de las columnas fija A y B.

Proceso de construcción de las columnas fijas A y B	
Orden	Actividad
1	Cortar el eje de 2 pulgadas de diámetro por 1.09 metros de longitud.
2	Montar el eje en el torno y procedemos a refrentar los dos extremos, cuidando que la longitud total sea de 1.08 m, después proceder a realizar los taladros de centros.
3	Proceder a desbastar el diámetro del eje hasta alcanzar un diámetro de 40 mm a lo largo de toda su longitud, después desbastar 80 mm del extremo de un eje hasta un diámetro de 30 mm, posteriormente, en el extremo contrario realizar la misma labor, con la diferencia de que la longitud desbastada es de 90 mm y el diámetro final es de 24 mm.
4	Realizar las roscas en cada uno de los extremos de los ejes, en el extremo de 30 mm de diámetro, realizar una rosca triangular M30*3 a lo largo de toda su longitud, en el extremo contrario realizaremos una rosca triangular M24*3 con una longitud de 40 mm.
5	Por último realizar la pulida de las columnas con ayuda de lijas y el torno a una velocidad de 750 rpm.
6	Inspección.
7	Fin.

Fuente: Autores

Figura 73Columna fija A y B.



Fuente: Autores

- *Proceso de construcción de las guías móviles C y D.* Para la construcción de las guías móviles se partirá de dos ejes de acero ASTM 1018 de 31 mm de diámetro y 1.27 m de longitud.

Tabla 25. Proceso de construcción de las guías móviles C y D.

Proceso de construcción de las guías móviles C y D.	
Orden	Actividad
1	Cortar un eje de acero AISI 1018 de 31 mm de diámetro por 1.27 metros de longitud.
2	Montar el eje en el torno y proceder a refrentar los dos extremos, cuidando que la longitud total sea de 1.26 m, después proceder a realizar los taladros de centros.
3	Proceder a desbastar el diámetro del eje hasta alcanzar un diámetro de 31 mm a lo largo de toda su longitud, después desbastar 80 mm del extremo de un eje hasta un diámetro de 24 mm, posteriormente, en el extremo contrario realizar la misma labor, con la diferencia de que la longitud desbastada es de 50 mm y el diámetro final es de 24 mm.
4	Realizar las roscas en cada uno de los extremos de los ejes, en el extremo de 30 mm de diámetro, realizar una rosca triangular M324*3 a lo largo de toda su longitud, en el extremo contrario realizaremos una rosca triangular M24*3 con una longitud de 50 mm.
5	Por último realizar la pulida de las columnas con ayuda de lijas y el torno a una velocidad de 750 rpm.
6	Inspección.
7	Fin.

Fuente: Autores

Figura 74. Guíamóvil C y D.



Fuente: Autores.

El elemento debe cuidar las tolerancias y la calidad superficial ya que es un elemento que transmitirá potencia y al tener rozamiento con el bocín podría aplicar cargas de rozamiento y perjudicar el funcionamiento de la máquina.

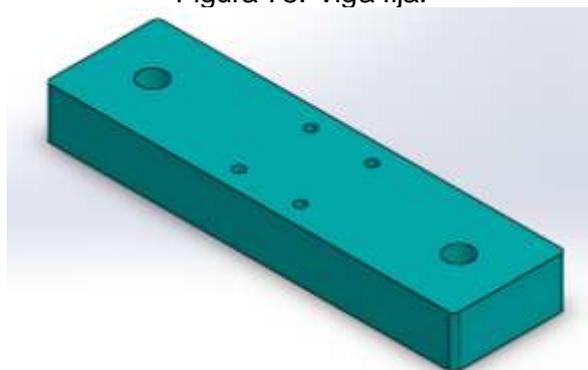
- *Proceso de construcción de la viga fija.* Para la construcción de la viga fija se partirá de un prisma rectangular de acero A36 de 410 x 110 mm y de 50 mm de espesor.

Tabla 26. Proceso de construcción de la viga fija

Proceso de construcción de la viga fija	
Orden	Actividad
1	Cortar una plancha de acero A36 de 50 mm de espesor por medio de corte por plasma, las medidas base son de 500 mm * 100 mm de fondo, a esta medida se le suma 5 mm a cada lado para que pueda rectificarse posteriormente.
2	Limpiar la placa de toda escoria residual producto del corte por plasma, posteriormente montar en la fresadora para rectificar los bordes y dejar la placa en la medida exacta.
3	Una vez que la placa este rectificadas, se procede a señalar los puntos donde se taladraran los agujeros para que puedan ajustarse en las columnas fijas (A y B), los cuales deben ser agujeros pasantes de 26 mm de diámetro.
4	Una vez realizados los agujeros de los extremos, realizar los cuatro agujeros para que se coloquen las mordazas, las cuales deben ser de 10 mm de diámetro.
5	Por último se realiza la pulida de las superficies por medio de lijas y se procede a pintarla.
6	Inspección.
7	Fin.

Fuente: Autores

Figura 75. Viga fija.



Fuente: Autores.

El elemento va montado sobre las columnas principales y soportara la carga del ensayo por lo que su acoplamiento debe ser preciso para evitar desbalances, lo que podría producir una carga de pandeo en las columnas.

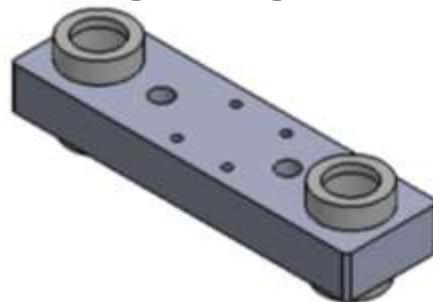
- *Proceso de construcción de la viga móvil.* Para la construcción de la viga fija se partirá de un prisma rectangular de acero A36 de 410 x 110 mm y de 50 mm de espesor.

Tabla 27. Proceso de construcción de la viga móvil

Proceso de construcción de la viga móvil.	
Orden	Actividad
1	Cortar una plancha de acero A36 de 50 mm de espesor por medio de corte por plasma, las medidas base son de 500 mm * 100 mm de fondo, a esta medida se le suma 5 mm a cada lado para que pueda rectificarse posteriormente.
2	Limpiar la placa de toda escoria residual producto del corte por plasma, posteriormente montar en la fresadora para rectificarse los bordes y dejar la placa en la medida exacta.
3	Una vez que la placa este rectificada, se procede a señalar los puntos donde se taladraran los agujeros para que puedan ajustarse en las columnas fijas (A y B), los cuales deben ser agujeros pasantes de 72 mm de diámetro, además de dos perforaciones más de 21 mm de diámetro, en las cuales se procede a hacer una rosca M24*3.
4	Una vez realizados los agujeros de los extremos, se realiza los cuatro agujeros para que se coloquen las mordazas, las cuales deben ser de 10 mm de diámetro.
5	Una vez realizadas todas las perforaciones y las roscas en los agujeros de 21 mm, se procede a unir los bujes construidos anteriormente con la placa, se alinean y se procede a soldar los bujes y las placas para asegurarlas y luego colocar los rodamientos lineales.
6	Por último realizar la pulida de las superficies por medio de lijas y se procede a pintarla.
7	Inspección.
8	Fin.

Fuente: Autores

Figura 76. Viga móvil.



Fuente: Autores.

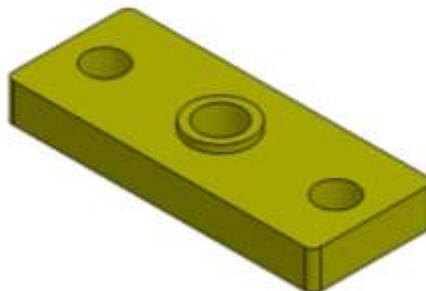
- *Proceso de construcción de la unión guías-cilindro.* Para la construcción de la unión guías-cilindro se partirá de un prisma rectangular de acero A36 de 200 x 60 mm y de 24 mm de espesor.

Tabla 28. Proceso de construcción de la unión guías-cilindro.

Proceso de construcción de la unión guías-cilindro.	
Orden	Actividad
1	Cortar una plancha de acero A36 de 30 mm de espesor por medio de corte por plasma, las medidas base son de 200 mm * 60 mm de fondo, a esta medida de le debe sumar 5 mm a cada lado para poder rectificarlo posteriormente.
2	Limpiar la placa de toda escoria residual producto del corte por plasma, posteriormente montar en la fresadora para rectificar los bordes y dejar la placa en la medida exacta.
3	Una vez que la placa esta rectificada, se procede a señalar los puntos donde se taladraran los agujeros para que puedan ajustarse en las guías (C y D), los cuales deben ser agujeros pasantes de 26 mm de diámetro, además de una perforación en el centro de 40 mm de diámetro, en donde ira una rosca de UNF 12-3 para facilitar la unión de la placa con el cilindro hidráulico.
4	Una vez realizado las perforaciones se procede a unir la placa con la rosca, la cual se fabrica en el torno y se une a la placa por medio de suelda eléctrica.
5	Por último realizar la pulida de las superficies por medio de lijas y se procede a pintarla.
6	Inspección.
7	Fin.

Fuente: Autores

Figura 77. Unión guía-cilindro



Fuente: Autores.

La rosca del elemento debe ser idéntica a la que presenta el cilindro hidráulico para que se transmita de forma eficaz la fuerza hacia la probeta.

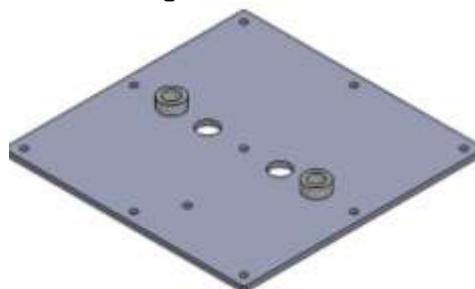
- *Proceso de construcción de la mesa.* Para la construcción de la mesa se partirá de un prisma rectangular de acero A36 de 500 x 500x 10 mm de espesor.

Tabla 29 Proceso de construcción de la mesa.

Proceso de construcción de la mesa.	
Orden	Actividad
1	Cortar una plancha de acero A36 de 10 mm de espesor por medio de corte por plasma, las medidas base son de 500 mm x 500 mm de fondo, a esta medida le sumamos 5 mm a cada lado para poder rectificarlo posteriormente.
2	Limpiar la placa de toda escoria residual producto del corte por plasma, posteriormente se debe montar en la fresadora para rectificar los bordes y dejar la placa en la medida exacta.
3	Una vez que la placa esta rectificada, se procede a señalar los puntos donde se taladraran los agujeros para que puedan ajustarse los bujes roscados en los cuales se asentaran las columnas fijas (A y B), los cuales deben ser agujeros pasantes de 48 mm de diámetro, además de dos perforaciones más de 40 mm de diámetro en los cuales irán colocados los bocines de bronce para las guías.
4	Una vez realizadas las perforaciones principales, realizamos la perforación de 8 agujeros de 14 mm de diámetro en los filos de la placa, los cuales servirán posteriormente para asegurar la mesa a la estructura.
5	En los agujeros de 48 mm de diámetro se procede a colocar los bujes roscados, los cuales tienen un diámetro de 48 mm y una altura de 80 mm, en su interior lleva un roscado M30x3, proceder a alinearlos a la mesa y los unimos de forma permanente con suelda eléctrica.
6	Por último realizar la pulida de las superficies por medio de lijas y se procede a pintarla.
7	Inspección.
8	Fin.

Fuente: Autores

Figura 78. Mesa.



Fuente: Autores.

- *Proceso de construcción del bocín.* Para la construcción del bocín se partirá de un tubo de bronce fosfórico de 46 mm de diámetro externo y 31 mm de diámetro interno y 100 mm de longitud.

Tabla 30 Proceso de construcción de la unión guías-cilindro.

Proceso de construcción del bocín.	
Orden	Actividad
1	Cortar un tubo de bronce de $1\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro exterior por $1\frac{1}{4}$ de diámetro interior con 85 mm de longitud.
2	Montar el eje en el torno de cuatro mordazas, centramos el tubo de bronce y procedemos a refrentar los dos extremos, cuidando que la longitud total sea de 80 mm.
3	Proceder a desbastar el diámetro interno del bocín hasta alcanzar un diámetro de 31 mm a lo largo de toda su longitud, después desbastar 55 mm desde un extremo del bocín hasta un diámetro de 40 mm.
4	Retirar el bocín y lo montamos en el torno al lado contrario del proceso anterior con mucho cuidado desbastar el extremo que estuvo sostenido anteriormente en el mandril, para darle un mejor acabado a los dos extremos
5	Por último realizar la pulida de los bocines con ayuda de lijas y el torno a una velocidad de 450 rpm.
6	Inspección.
7	Fin.

Fuente: Autores

Figura 79. Bocín.



Fuente: Autores.

- *Proceso de construcción de la estructura del módulo dos.* Para la construcción de la estructura del módulo dos se utilizara perfiles tubulares 70x30x3 mm, ángulo 50x50x5 mm y tubo cuadrado 30x30x2 mm.

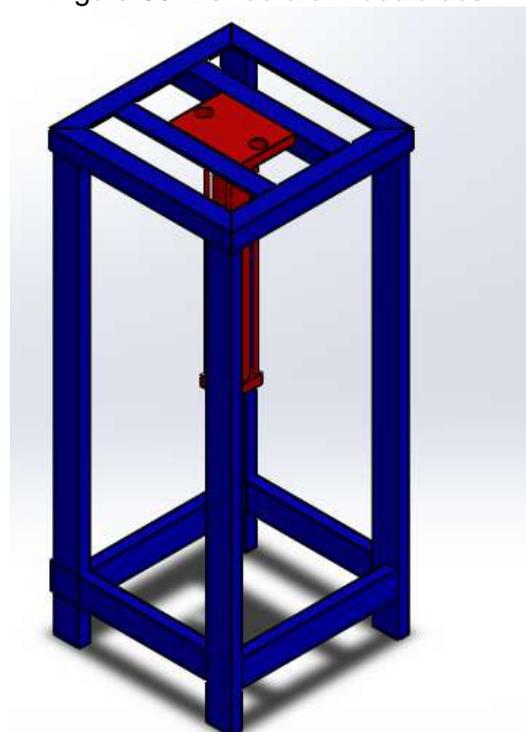
Tabla 31 Proceso de construcción de la estructura del módulo dos.

Proceso de construcción de la estructura del módulo dos.	
Orden	Actividad
1	Cortar el perfiles rectangular de 70*30*3 mm en cuatro partes de 1.2 m de longitud, dos de 0.36 m y dos más de 0,44 m. Del ángulo de 50*50*6 mm cortar cuadro partes de 0,5 m, los cuales deben ser cortados en ángulo de 45°.
2	Una vez cortados estos perfiles procedemos a construir el marco de la mesa, para lo cual unimos los cuatro ángulos y punteamos con soldadura sus extremos y le damos forma hasta que todos queden alineados y a escuadra.
3	A los perfiles rectangulares se les realiza un corte en los extremos para que puedan montarse sobre la mesa, este corte se lo realizara dependiendo en qué lado de la mesa ira colocada el perfil.
4	Una vez realizados los cortes en los perfiles se procede a alinearlos con respecto a la mesa y se asegura que estén adecuadamente alineados con ayuda de una escuadra y un nivel, una vez que estén alineados se los asegura con puntos de suelda.
5	Una vez que se haya punteado la mesa y las patas, se procede a asegurar las patas con las piezas de 0.36 m y 0,44 en el lado que le corresponde, estas piezas se colocan a 20 cm desde la base de las patas de la estructura.
6	Se mide la distancia interior de la mesa y se corta dos piezas más del ángulo de 50*50*6 mm, de los cuales se realizan dos cortes en los extremos para que puedan calzar al mismo nivel de la mesa, una vez hecho esto se sueldan a la mesa dejando un espacio de 75 mm a cada lado del centro de la mesa.
7	Entre los ángulos soldados anteriormente se coloca una placa de 200 x150 mm en el centro de la mesa, en esta placa ira colocada el cilindro hidráulico, esta placa debe ser soldada a la misma altura de la mesa, además se debe soldar dos pletinas a los costados de la placa para darle más rigidez a la mesa.
8	Se cortan dos tubos cuadrados de 30*30*2 mm en una longitud de 1 m y se los coloca en la mitad de los extremos de la mesa, en la misma dirección de las columnas, esto se realiza para reforzar esta zona que tiende a deformarse por las cargas aplicadas en el ensayo.

9	Una vez asegurado todos los puntos se procede a rematar todos los lados con soldadura, para asegurar una buena unión de los perfiles, para esto se utilizara electrodos 6011 y se procurara no calentar mucho el material para evitar deformaciones.
10	Una vez enfriada la estructura se procede a pulir con la amoladora todos los excesos de soldadura, además a eliminar la escoria de lugares inaccesibles, una vez realizado esto se coloca macilla para que la estética de la máquina mejore.
11	Como punto final se lija las superficies y se pinta con fondo, cuidando de distribuir bien la pintura y llegando a todos los espacios de la estructura.
12	Inspección.
13	Fin.

Fuente: Autores

Figura 80. Estructura módulo dos.



Fuente: Autores.

La estructura debe ser soldada siguiendo todos los parámetros de seguridad dictados en la norma ASME D1.1 para asegurar que no exista defectos que puedan provocar fallas en la estructura, que es uno de los elemento más críticos de la máquina , ya que es la que soporta toda la carga del ensayo. Además se debe verificar en cada momento la exactitud de sus dimensiones para evitar posibles deformaciones por aportación de calor excesivo.

5.4.2 *Proceso de construcción de las mordazas.* En esta sección se realizara la descripción del proceso constructivo de las mordazas del equipo.

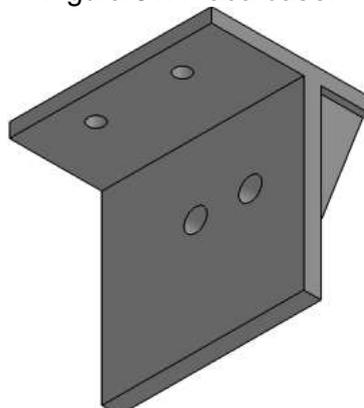
- Proceso de construcción de la placa base. Para la construcción de la placa base se partirá de dos placas de acero A36 de 140 x 140 x 10 mm de espesor.

Tabla 32 Proceso de construcción de la placa base.

Proceso de construcción de la placa base.	
Orden	Actividad
1	Trazar medidas en el material en bruto, dejando tolerancias adecuadas
2	Cortar el material con sierra según lo especificado.
3	Unir las placas mediante soldadura según las medidas especificado, verificando que las placas no se deformen por excesivo calor.
4	Trazar los centros y proceder al taladrado de 4 perforaciones de 11 mm y dos perforaciones en la placa perpendicular de 17 mm de diámetro.
5	Ubicar y soldar el soporte de la mordaza en el sitio indicado, verificando que coincida con la semipolea.
6	Una vez que los elementos estén colocados en los lugares especificados, se procede a rematar las soldaduras por medio de cordones de soldadura, evitando sobrecalentar las placas para evitar las deformaciones.
7	Por último realizar la pulida de las superficies por medio de lijas y se procede a pintarla.
8	Inspección.
9	Fin.

Fuente: Autores.

Figura 81. Placa base.



Fuente: Autores.

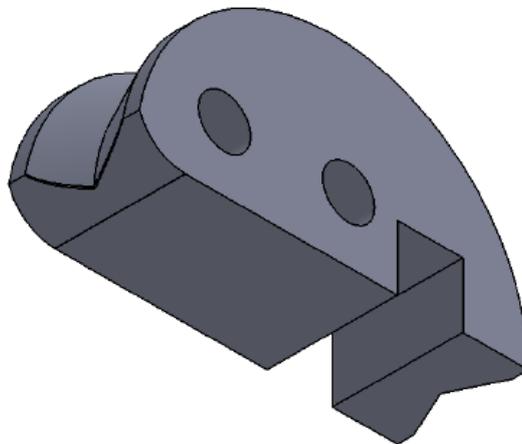
- *Proceso de construcción de la semi polea.* Para la construcción de la semi polea se partirá de un cilindro de acero ASTM 1040 de 120 mm de diámetro y 50 mm de espesor.

Tabla 33. Proceso de construcción de la semi polea.

Proceso de construcción de la placa base.	
Orden	Actividad
1	Cortar el material, dejando tolerancias adecuadas para el mecanizado.
2	Centrar el cilindro en el torno y refrentar la superficie para realizar el agujero de centros, se sigue el mismo procedimiento para la cara contraria.
3	Cilindrar el disco y proceder a realizar el mecanizado en v de la polea, procurar dejar una calidad superficial lo suficientemente adecuada para realizar la pulida.
4	Pulir la superficie de contacto en V con lijas y a una velocidad del torno de 750 rpm.
5	Desmontar la polea del torno y montarla en la fresadora para dividirla en dos partes iguales. Realizar la ranura de 20 x20 mm en cada una de las mitades de la polea.
6	Taladrar los dos agujeros de 14 mm y 35 mm de profundidad en la posición que se indica en los planos, luego de esto, se procede a realizar la rosca con un machuelo M16x2.
7	Por último realizar la pulida de las superficies por medio de lijas y se procede a pintar.
8	Inspección.
9	Fin.

Fuente: Autores.

Figura 82. Semi polea.



Fuente: Autores.

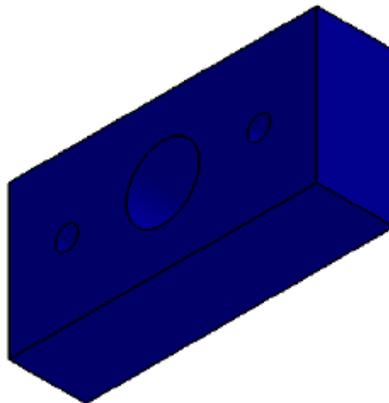
- *Proceso de construcción de la mordaza.* Para la construcción de la mordaza se partirá de una barra de acero ASTM 1040 de 80x 40 x 25 mm

Tabla 34. Proceso de construcción del apoyo de la mordaza.

Proceso de construcción del apoyo de la mordaza.	
Orden	Actividad
1	Trazar medidas en el material en bruto, dejando tolerancias adecuadas para la construcción de la mordaza
2	Corte del material en plasma según indican los planos.
3	Fresar según indica el plano, procurando que la mordaza mantenga caras paralelas y se adapte a la polea para que exista un buen acople entre los elementos.
4	Trazar los centros y proceder al taladrado de 2 perforaciones de 6 mm las cuales sirven para las guías y una perforación de 13 mm de diámetro. Para la realización de la rosca cuadrada.
5	Montar en el torno y proceder a realizar la rosca cuadrada de $\frac{3}{4}$ in y $\frac{1}{8}$ in de paso.
6	Pulir los filos cortantes y defectos de la pieza.
7	Inspección
8	Fin

Fuente: Autores

Figura 83. Mordaza



Fuente: Autores.

Las caras de la mordaza deben ser paralelas a la cara inferior de la semi polea para asegurar un buen acople al cerrar las mordazas, como recomendación se sugiere que se realice un canal circular en las mordazas para ensayar cuerdas de más de $\frac{1}{2}$ in de diámetro, ya que de esta forma se mejorara el agarre existente entre las mordaza y la cuerda a ensayar.

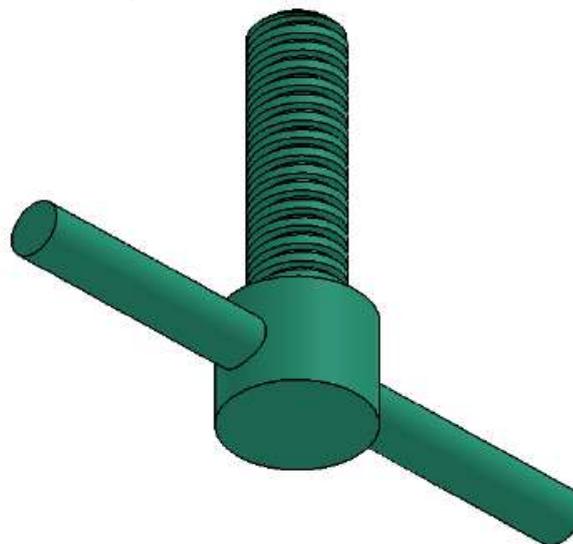
- *Proceso de construcción del tornillo de potencia.* Para la construcción del tornillo de potencia se partirá de un eje de acero ASTM 4340 de 30 mm de diámetro y de 105 mm de longitud.

Tabla 35. Proceso de construcción del tornillo de potencia.

Proceso de construcción del tornillo de potencia	
Orden	Actividad
1	Corte del material en sierra según el plano, procurando dejar una longitud de 110 mm para realizar el refrentado y montaje en el torno
2	Montar en el torno y centrar correctamente con el reloj palpador para asegurar la precisión del tornillo a lo largo de todo su eje longitudinal.
3	Realizar el desbaste según el plano, dejar una distancia de 80 mm de $\frac{3}{4}$ in de diámetro para la realización de la rosca cuadrada.
4	Realizar la rosca cuadrada según las especificaciones, rosca de $\frac{3}{4}$ in y 6 hilos por pulgada
5	Mecanizar el canal para los pasadores según se indica en el plano.
6	Proceder a realizar el taladrado en la cabeza del tornillo, esta debe ser una perforación de 13 mm de diámetro.
7	Inspección
8	Fin

Fuente : Autores

Figura 84. Tornillo de potencia



Fuente: Autores

5.4.3 Construcción del sistema hidráulico.

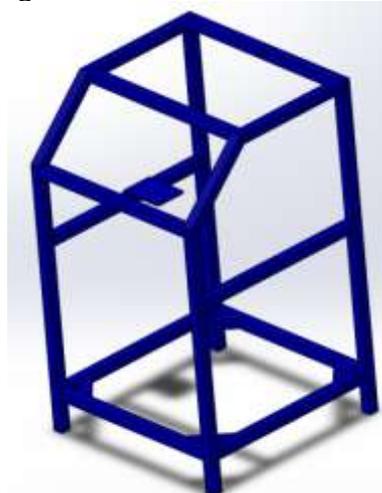
- *Proceso de construcción de la estructura del módulo uno.* Para la construcción de la estructura del módulo se utilizara tubos cuadrados estructurales de 30x30x2 mm.

Tabla 36. Proceso de construcción de la estructura del modulo uno.

Proceso de construcción de la estructura del módulo uno	
Orden	Actividad
1	Trazar medidas en el material (tubo cuadrado de 30x30 (mm), dejando tolerancias adecuadas.
2	Corte del material según lo especificado en la lista de cortes que se definió en los planos de construcción.
3	Realizar el montaje de los tubos según se indica en los planos, unirlos provisionalmente con puntos de suelda y verificar que las medidas sean las adecuadas y no exista deformaciones.
4	Una vez que ya este armada la estructura por medio de puntos , realizar una última verificación de las medidas y de la estabilidad de la misma, después de esto proceder a reforzar las soldaduras .
5	Proceder retirar las escorias de la soldadura y a lijar la superficie para el proceso de fondeado.
6	Después del proceso de fondeado, proceder a lijar la superficie con lija número 600 y pintarla con el color definitivo.
7	Inspección
8	Fin

Fuente: Autores.

Figura 85. Estructura módulo 1



Fuente: Autores.

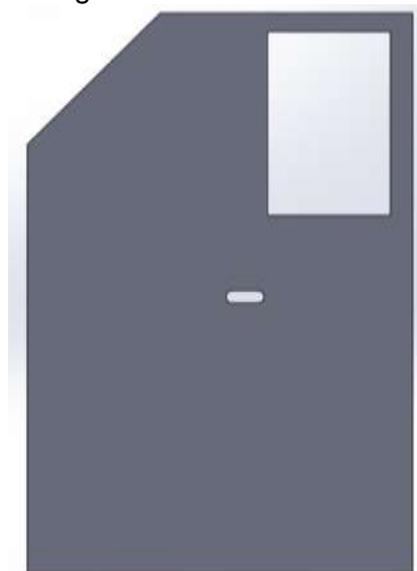
- *Proceso de construcción de las cubiertas.* Para la construcción de las cubiertas de la estructura del módulo uno se utilizara plancha de acero de 1.1 mm de espesor.

Tabla 37 proceso de las láminas de recubrimiento para el módulo 2

Proceso de construcción de las cubiertas	
Orden	Actividad.
1	Trazar las medidas en el material (plancha de 2,44x1, 22 m de 1,1 (mm de espesor), dejando tolerancias adecuadas para el corte en plasma.
2	Corte del material con plasma según las medidas de plano, dejando un margen de tolerancia y evitar la deformación por excesivo calor ya que la plancha es muy delgada.
3	Limpiar los bordes de la plancha de todas las escorias producidas en el corte.
4	Realice el corte en las planchas según las medidas especificadas en el plano para cada accesorio puesto en el modulo uno.
5	Proceder al lijado y pulido de los filos cortantes de las planchas y la superficie para realizar el fondeado de la misma.
6	Después de dos días, lijar la superficie con lijas número 600 para dejar la superficie lista para la pintura. Una vez lijada la superficie , proceder a pintar con el color definitivo.
7	Inspección.
8	Fin

Fuente: Autores.

Figura 86. Recubrimiento



Fuente: Autores.

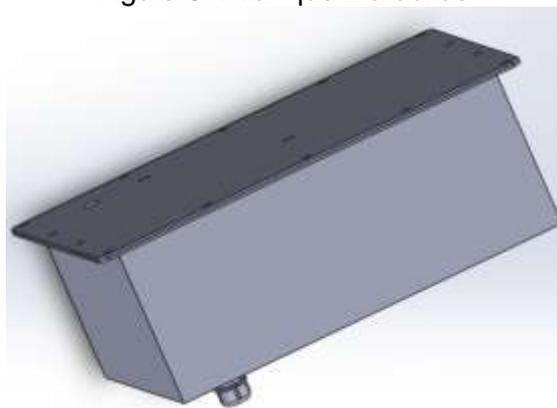
- *Proceso de construcción del tanque hidráulico.* Para la construcción del tanque hidráulico se utilizara plancha de acero de 1/8 in de espesor

Tabla 38. Proceso de construcción del tanque hidráulico.

Proceso de construcción del tanque hidráulico.	
Orden	Actividad
1	Trazar medidas en el material (plancha de 3,175 mm de espesor) dejando tolerancias.
2	Corte del material con plasma según las medidas de plano.
3	Unión de las planchas mediante soldadura formando el tanque según los planos.
4	Trazado de centros y proceso de taladrado en las aletas y en la tapa del tanque, 5 perforaciones en la parte frontal y 4 perforaciones en la parte lateral de 10 mm de diámetro.
5	Proceso de soldado del deflector de 13x35.9 cm desacuerdo el plano de del tanque.
6	Proceso de lijado y pulido de los filos cortantes del tanque.
7	Proceso de pintar de color verde le tanque.
8	Inspección.
9	Fin.

Fuente: Autores.

Figura 87. Tanque hidráulico



Fuente: Autores.

El proceso de montaje de los elementos constitutivos de la máquina de ensayos de tracción se dividirá en dos grupo, el grupo uno que será el montaje del módulo 1 (sistema hidráulico, eléctrico y de control), y el montaje del módulo dos (sistema estructural y mordazas). El proceso de montaje se detalla en las tablas que se muestran a continuación.

5.4.4 Montaje del módulo dos. El módulo dos comprende la estructura sobre la cual se va a llevar a cabo los ensayos, y donde se situará el cilindro hidráulico que generará la fuerza necesaria para la operación de la máquina de ensayos de tracción.

5.4.4.1 Montaje del sistema estructural. El proceso de montaje se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 39. Montaje del sistema estructural

Montaje del sistema estructural		
Operación	Símbolo	Tiempo [min]
Traslado de todos los elementos al lugar de trabajo	M1	20
Perforado del suelo para pernos de sujeción	M2	15
Sujeción de la estructura al suelo y nivelado	M3	20
fijado de la mesa a la estructura	M4	15
Montaje de las columnas principales	M5	20
Montaje de las guías en la placa móvil	M6	20
Montaje de la viga móvil y fija.	M7	10
Asegurar tuercas en las columnas principales y guías	M8	30
Montaje de las mordazas	M9	25
montado del manómetro	M10	15
montado de la cubierta	M11	10
Subtotal		200

Fuente: Autores

El montaje de las mordazas se realizara, previo el ensamblaje de las mismas, ya que se considera a este componente como un solo cuerpo, pero en realidad la componen dos elementos diferentes.

5.4.5 Montaje del módulo Uno. El montaje del módulo uno comprende el montaje de importantes sub sistemas como son los subsistemas eléctricos, hidráulicos y de control.

5.4.5.1 Montaje del sistema hidráulico. El proceso de montaje del sistema hidráulico se unirá todos los elementos hidráulicos que se compraron, con el tanque y las bases que se construyeron, además se montara todo este sistema, sobre una estructura que soportara a los otros sub sistemas eléctricos y de control.

El proceso se detalla en la tabla número 25.

Tabla 40. Montaje del sistema Hidráulico

Montaje del sistema hidráulico		
Operación	Símbolo	Tiempo [min]
Traslado de todos los elementos al lugar de trabajo	M12	10
montaje del motor	M13	10
Montaje de la bomba	M14	5
Alineación del subgrupo bomba- motor	M15	10
Montaje de la electroválvula	M16	5
Montaje del filtro de retorno	M17	5
Ajuste de mangueras y acoples	M18	40
Montaje del cilindro hidráulico	M19	30
Llenado del tanque	M20	15
Cebado y pruebas del sistema	M21	30
Subtotal		160

Fuente: Autores

Todos los elementos del sistema hidráulico se ensamblaron siguiendo el procedimiento descrito en el cronograma de la tabla número 25.

5.4.5.2 Montaje del sistema eléctrico. El proceso de montaje del sistema hidráulico se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 41. Montaje del sistema eléctrico.

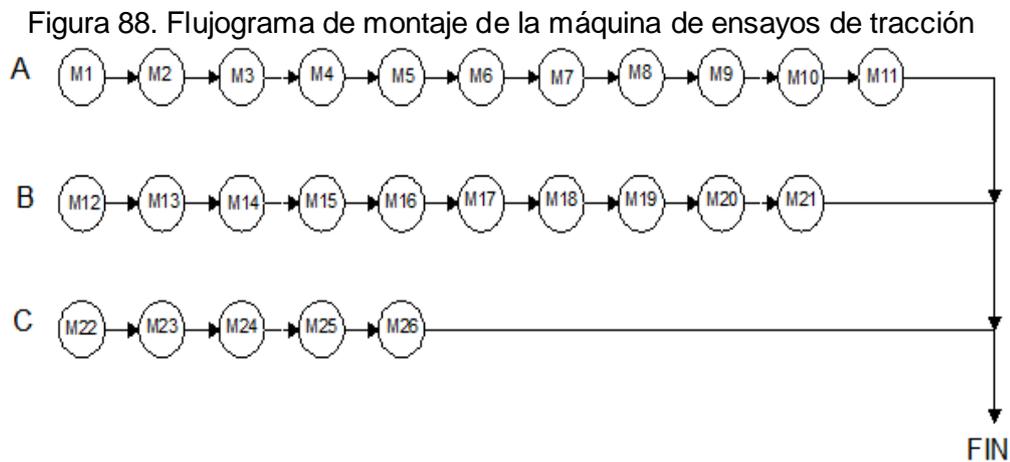
Montaje del sistema eléctrico		
Operación	Símbolo	Tiempo [min]
montaje del gabinete modular	M22	20
Montaje del circuito de potencia	M23	50
Montaje del circuito de control	M24	50
Montaje de la botonera	M25	30
Pruebas de funcionamiento	M26	40
Subtotal		190

Fuente: Autores

En la tabla 26 se detalla el proceso de montaje del sistema eléctrico, además del procedimiento para montar la botonera.

En las tablas mostradas anteriormente se detalla el proceso de montaje de los principales sistema que componen la máquina de ensayos de tracción, así como también se detallan los tiempos que se necesitaron para la realización de cada una de las actividades descritas.

5.4.6 *Flujograma de montaje de la máquina de ensayos de tracción.* El flujograma indica las operaciones de montaje de cada uno de los sistemas y de la máquina en general.



Fuente: Autores

5.5 Pruebas de funcionamiento

Una vez armado toda la máquina se procede a realizar pruebas para constatar el buen funcionamiento de todos los subsistemas y la máquina en general, también se realizan estas pruebas para encontrar desperfectos de funcionamiento y solucionar los problemas que se pudieran presentar.

5.5.1 *Pruebas hidráulicas.* Una vez que el sistema hidráulico se encuentra totalmente conectado se procedió a la realización de las pruebas para determinar el funcionamiento del sistema, se constató que el sistema controle de manera efectiva el cilindro hidráulico y que la velocidad con la que se extiende y retrae el vástago sea constante y no se produzca saltos ni atoramientos, además que se encuentre alineado con las guías móviles para que no se produzca desgaste excesivo de un solo lado de los bocines ya que de existir rozamiento, esto podría provocar atoramientos y por consiguiente esto repercutiría en la potencia que deba desarrollar la máxima fuerza del ensayo.

La prueba de funcionamiento también constató el buen funcionamiento de la válvula reguladora de caudal compensada por presión, la cual se encarga de controlar que la velocidad del cilindro sea constante sin importar que se le aplique una carga progresiva, en esta prueba, el sistema mostró un buen funcionamiento cumpliendo con la función para la que fue diseñada.

Por último se realizó las pruebas de presión, para determinar el correcto funcionamiento de los manómetros y constatar que no existieran fugas de aceite, los resultados no mostraron mayores defectos.

5.5.2 Pruebas mecánicas. Una vez que se verificó el buen funcionamiento del sistema hidráulico se procedió a las pruebas mecánicas, las cuales consistían en la verificación de cualquier interferencia o desvío que se pudiera presentar cuando se accionara el cilindro hidráulico y las guías permitieran el movimiento de la viga móvil sobre las columnas principales.

En las pruebas se constató que no existía ninguna interferencia, tampoco hubo choques o vibraciones que afectaran el buen desenvolvimiento del equipo por lo que se concluye que el subsistema cumplirá la función para la que fue diseñada.

5.5.3 Pruebas eléctricas y electrónicas. En esta prueba se verificó el buen funcionamiento del circuito de potencia, el correcto funcionamiento de elementos como el contacto, el relé térmico, relés, solenoides y la conexión al motor, además de constatar que la botonera envié las señales adecuadas de mando a la electroválvula para que se pueda generar el movimiento de la máquina, en esta se tuvo un poco de problemas para la conexión pero se logró solucionar los inconvenientes a tiempo.

En tanto que en el sistema de adquisición de datos se verificó que la alimentación al sensor se encuentre correctamente instalado para evitar dañar el sensor, además se hicieron pruebas con presión para comprobar que el sensor se encuentre marcando la presión real del sistema, para esto se utilizó un manómetro de glicerina conectado al sistema para verificar los datos recibidos y cotejarlos con los marcados con el manómetro.

Se notó que al conectar la tarjeta DAQ 6009 a la computadora y sin correr el programa, esta activaba automáticamente el relé por lo que se recomienda que primero se corra el programa antes de conectar la tarjeta al computador para evitar el encendido indeseado de las funciones de la DAQ 6 009.

5.6 Análisis de resultados.

Para comprobar el buen funcionamiento de la máquina de ensayos de tracción se procede a realizar la corroboración de los datos que arroje la máquina construida, con

los datos que se obtienen de una máquina de ensayos estandarizada y certificada por el INEN, en este caso se tomaran como datos bases, las medidas de fuerzas de rotura y elongación que se obtengan en el laboratorio de resistencias de materiales de la facultad de Mecánica de la ESPOCH.

Para la realización de los ensayos de tracción se seguirá el procedimiento que sugiere la INEN en la norma ISO 2307, la cual en su apartado respecto a la realización del ensayo de tracción para obtener la fuerza de rotura y la elongación.

Figura 89. Máquina universal TiniusOlsen.



Fuente: Laboratorio de resistencia de materiales. ESPOCH.

5.6.1 Pruebas en cuerdas de 5/16 pulgadas. Se realizaron los ensayos de tracción según la norma ISO 2307 y los resultados se muestran a continuación.

Probeta: Cabo de polipropileno.

Marca: Inducuerdas Cía. Ltda.

Medida: 5/16 in.

Tabla 42. Resultados de los ensayos de tracción en 5/16 in.

Ensayo de tracción cuerda 5/16 in.				
	Máquina Universal		Máquina BM 001	
Número de ensayo	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]
1	648	26	637	29
2	630	25	640	30
3	645	28	655	28
4	660	29	628	29
5	650	30	638	30
Promedio	646.6	27.6	639.6	29.2

Fuente: Autores

Como se ve en la tabla se procedió a realizar los ensayos de tracción en las probetas de cuerdas, los resultados se pueden apreciar en las tablas, basándose en estos datos se procede a calcular el porcentaje de error de las mediciones con las formulas que se muestran a continuación:

$$Er = \frac{Ea}{\bar{x}} * 100\% \quad (40)$$

$$Ea = \bar{x} - \bar{x}a \quad (41)$$

Donde:

Er= Error relativo.

Ea= Error absoluto.

\bar{x} = Medida real.

$\bar{x}a$ = Medida aproximada.

$$Er = \frac{646.6 - 639.6}{646.6} * 100$$

$$Er = 1.08 \%$$

5.6.2 Pruebas en cuerdas de 3/8 pulgadas. Se realizaron los ensayos de tracción según la norma ISO 2307 y los resultados se muestran a continuación.

Probeta: Cabo de polipropileno.

Marca: Inducuerdas Cía. Ltda.

Medida: 3/8 in.

Tabla 43. Resultados de los ensayos de tracción en 3/8 in.

Ensayo de tracción cuerda 3/8 in.				
	Máquina Universal		Máquina BM 001	
Número de ensayo	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]
1	800	25	786	26
2	805	24	795	28
3	789	28	7859	25
4	802	29	795	27
5	795	26	798	29
Promedio	798.2	26.4	792.6	27

Fuente: Autores

Como se ve en la tabla se procedió a realizar los ensayos de tracción en las probetas de cuerdas, los resultados se pueden apreciar en las tablas, basándose en estos datos se procede a calcular el porcentaje de error de las mediciones con las formulas que se muestran a continuación:

$$Er = \frac{Ea}{\bar{x}} * 100\%$$

$$Er = \frac{798.2 - 792.6}{798.2} * 100\%$$

$$Er = 0.7 \%$$

5.6.3 Pruebas en cuerdas de 7/16 pulgadas. Se realizaron los ensayos de tracción según la norma ISO 2307 y los resultados de los ensayos se muestran a continuación.

Probeta: Cabo de polipropileno.

Marca: Inducuerdas Cía. Ltda.

Medida: 7/16 in.

Tabla 44. Resultados de los ensayos de tracción en 7/16 in.

Ensayo de tracción cuerda 7/16 in.				
	Máquina Universal		Máquina BM 001	
Número de ensayo	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]
1	1360	26	1351	25
2	1372	28	1320	29
3	1320	25	1350	28
4	1380	28	1380	29
5	1352	26	1340	26
Promedio	1356.8	26.6	1348.2	27.4

Fuente: Autores

Como se ve en la tabla se procedió a realizar los ensayos de tracción en las probetas de cuerdas, los resultados se pueden apreciar en las tablas, basándose en estos datos se procede a calcular el porcentaje de error.

$$Er = \frac{Ea}{\bar{x}} * 100\%$$

$$Er = \frac{1356.8 - 1348.2}{1356.8} * 100\%$$

$$Er = 0.63 \%$$

5.6.4 Pruebas en cuerdas de 1/2 pulgadas. Se realizaron los ensayos de tracción según la norma ISO 2307 y los resultados se muestran a continuación.

Probeta: Cabo de polipropileno.

Marca: Inducuerdas Cía. Ltda.

Medida: 1/2 in.

Los resultados de los ensayos se pueden observar en la tabla número 30.

Tabla 45. Resultados de los ensayos de tracción en ½ in.

Ensayo de tracción cuerda 1/2 in.				
	Máquina Universal		Máquina BM 001	
Número de ensayo	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]
1	1628	24	1648	28
2	1645	26	1651	26
3	1621	28	1630	27
4	1618	25	1649	26
5	1611	26	1638	29
Promedio	1624.6	25.8	1643.2	27.2

Fuente: Autores.

Como se ve en la tabla se procedió a realizar los ensayos de tracción en las probetas de cuerdas, los resultados se pueden apreciar en las tablas, basándose en estos datos se procede a calcular el porcentaje de error de las mediciones con las formulas que se muestran a continuación:

$$Er = \frac{Ea}{\bar{x}} * 100\%$$

$$Er = \frac{1624.6 - 1643.2}{1624.6} * 100\%$$

$$Er = 1.14 \%$$

5.6.5 Pruebas en cuerdas de 2H. Se realizaron los ensayos de tracción según la norma ISO 2307 sobre la piola de polipropileno y los resultados se muestran a continuación.

Probeta: Cabo de polipropileno.

Marca: Inducuerdas Cía. Ltda.

Medida: 2H

Los resultados del ensayo de la probeta se pueden observar en la tabla número 31 mostrada a continuación.

Tabla 46. Resultados de los ensayos de tracción en 2H.

Ensayo de tracción cuerda 2H.				
	Máquina Universal		Máquina BM 001	
Número de ensayo	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]	Fuerza de rotura [Kgf]	Elongación [%]
1	67	26	66	25
2	69	27	66	26
3	68	25	64	24
4	69	28	67	28
5	68	27	68	25
Promedio	68.2	26.6	66.2	25.6

Fuente: Autores

Como se ve en la tabla se procedió a realizar los ensayos de tracción en las probetas de cuerdas, los resultados se pueden apreciar en las tablas, basándose en estos datos se procede a calcular el porcentaje de error de las mediciones con las formulas que se muestran a continuación:

$$Er = \frac{Ea}{\bar{x}} * 100\%$$

$$Er = \frac{68.2 - 66.2}{68.2} * 100\%$$

$$Er = 2.93 \%$$

Con estos valores podemos concluir que la máquina de ensayos de tracción tiene una precisión aceptable, ya que los valores de error son muy pequeños cuando se ensayan cabos, los valores de error oscilan entre el 0.7 al 1.14 % y solo en piolas el

erros es superior a un 2%, que al verificar los datos, resulta ser una diferencia de entre uno o dos kilogramos, por lo que se puede concluir que la máquina tiene una precisión muy aceptable para el medio.

5.7 Verificación de cumplimiento de los requerimientos técnicos.

En esta sección se verificará si se llegaron a cumplir los requerimientos técnicos con los que se planteo el diseño y la construcción de la máquina de ensayos de tracción, para lo cual se realizara una comparativa de los requerimientos planteados y el resultado final del proceso de desarrollo del equipo.

En la tabla número 32 se puede observar el nivel de cumplimiento final que se logro con la maquina construida.

Tabla 47. Tabla de verificación de requisitos técnicos.

Verificación del cumplimiento de los requisitos técnicos.			
Parámetro técnico.	Característica requerida	característica alcanzada	Porcentaje de cumplimiento.
Norma ISO 2307	Cumplir	Cumple	100%
Presupuesto	4200 dólares	4597.63	91%
Ensayo en diferentes medidas	Ensayo hasta 3/4 in	Ensayo hasta 3/4 in	100%
Precisión	3 % error	2.5 % error	100%
Programación	Interfaz sencilla de manejar	Interfaz amigable	100%
Carga	5000 Kgf	5067 Kgf	100%

Fuente: Autores.

En la tabla 32 se puede observar de forma resumida los parámetros técnicos requeridos y el porcentaje de cumplimiento por lo que se puede concluir que el desarrollo de la máquina ha cumplido a cabalidad los requerimientos del auspiciante de este trabajo.

CAPITULO VI

6. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN

6.1 Manual de operación

El manual describe el procedimiento de operación, ensayo, especificaciones, precauciones, puesta en marcha, mantenimiento, ajustes, solución de problemas; y es muy necesario para operadores y mecánicos.

6.1.1 *Vista general del equipo.* En la figura se muestra una vista general de los componentes más importantes de la máquina de ensayos de tracción.

Figura 90. Vista general de la máquina de ensayos de tracción.



Fuente: Autores.

6.2 Características de la máquina de ensayos de tracción.

Las principales características que presenta la máquina de ensayos de tracción se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 48. Características principales máquina de ensayos de tracción.

Máquina que Ensayos de tracción.	
Características generales	Dimensiones generales: Alto (modulo 1): 1 m Alto (modulo 2): 2.20 m Profundidad: 50 cm Ancho total : 1.40 m
	Capacidad de carga: 5000 Kg
	Material de construcción: Perfil A500 y acero AISI 1018.
	Motor monofásico de 1HP
	velocidad de trabajo: 220-280 mm/min
	Mordazas: desmontables, cuerda hasta 5/8 in
	Generación de fuerza: Hidráulico.
	Carrera del cilindro: 18 in.
	Fluido de trabajo: Aceite ISO 68.
	Accionamiento: Manual y automático.

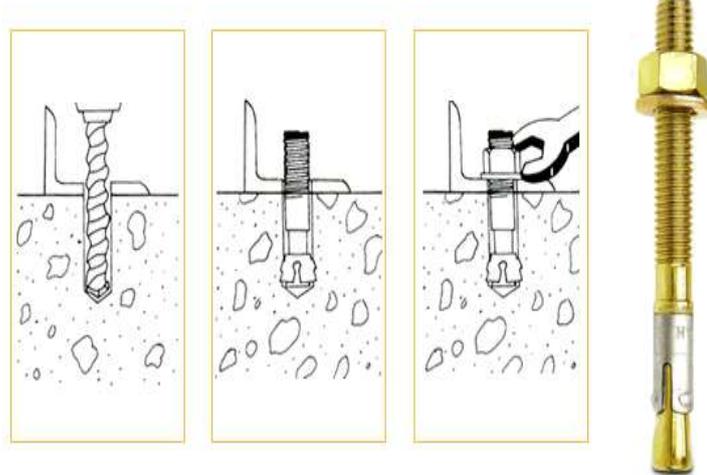
Fuente. Autores.

6.3 Instalación de la máquina de ensayos de tracción.

Una vez ensamblado el equipo, el siguiente paso para que la máquina alcance un desempeño eficiente y seguro, es una adecuada instalación en el área destinada para este fin, para ello se recomienda:

Colocar el equipo en una superficie lisa, de manera que no tenga desniveles en sus cuatro patas, si es necesario utilizar pernos de expansión para evitar posibles accidentes por movimientos bruscos al momento de realizar los ensayos, para asegurar la maquina al piso con pernos de expansión se debe seguir el siguiente procedimiento, como se indica en la figura mostrada a continuación:

Figura 91. Procedimiento para usar pernos de expansión en instalación de maquinaria.



Fuente:(FACOMET, 2012)

Para empotrar el modulo dos de la máquina de ensayos de tracción, el cual es el más propenso a sufrir inestabilidad en operación, se utilizara cuatro pernos de expansión de $\frac{1}{2}$ in de diámetro y de 4 pulgadas de longitud. Para el modulo uno no es necesario el empotramiento ya que el modulo es muy estable.

6.4 Instrucciones de uso.

En esta sección se realizara un manual que le ayude al operario de la máquina a realizar las acciones iniciales necesarias para poner el equipo en marcha, además como se debe realizar el correcto procedimiento para montar las mordazas, encender la máquina y realizar el ensayo de tracción siguiendo las sugerencias de la norma ISO 2307 para que los resultados puedan ser aceptados como validos.

6.4.1 Montaje de mordazas. Antes de iniciar el ensayo se debe colocar las mordazas en cada una de las vigas, tanto en la fija como en la móvil, las mordazas deben estar siempre alineadas y aseguradas para evitar cualquier accidente durante la operación.

Para montar las mordazas se debe seguir un procedimiento que garantice que las mordazas queden totalmente centradas y así la probeta pueda ser colocada de forma tangente a la polea de cada una de las mordazas. Además se debe tomar en cuenta que las mordazas son pesadas por lo tanto se debe montarlas siguiendo el procedimiento ya que de no tomar las precauciones debidas, el montaje de las mordazas podría producir lesiones en el operario. :

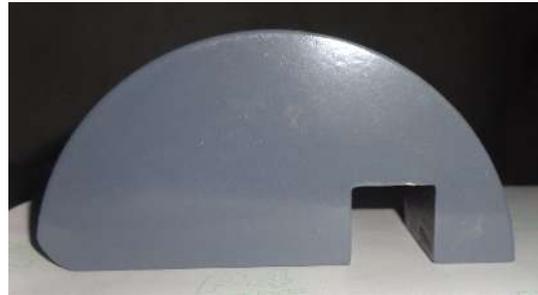
Tabla 49. Procedimiento de montaje de las mordazas.

Proceso de montaje de las mordazas	
Procedimiento	Grafica
<p>1. Apagar la máquina pulsando el botón rojo para evitar accidentes.</p>	
<p>2. Desconectar la máquina para evitar riesgos de choques eléctricos.</p>	
<p>3. Tomar la mordaza superior, sin la polea, y colocarla sobre la viga superior. Colocar los pernos y asegurarlos con las tuercas.</p>	

4. Colocar en el sitio adecuado y ajustar los pernos al máximo.



5. Colocar la polea y asegurarla ajustando los pernos.



7. Tomar la mordaza inferior y colocarla en la viga inferior, colocar los pernos ajustarlos solo con la mano.



8. Colocar la polea y ajustarla definitivamente.



9. Tomando como referencia las poleas, procedemos a alinear las mordazas, de tal manera que sus tangentes coincidan para que la cuerda no presentes desviaciones.



10. Una vez alineadas las mordazas, se procede a asegurarlas definitivamente.



11. Se prueba que las mordazas estén alineadas con ayuda de una cuerda y un nivel.



Fuente: Autores.

6.4.2 Puesta en marcha. Para empezar a trabajar con la máquina se debe seguir el siguiente procedimiento:

Tabla 50. Procedimiento para la puesta en marcha del equipo.

Puesta en marcha.	
Operación	Grafico
<p>1. Verificar que no exista ningún elemento extraño en los alrededores del área de trabajo, ni sobre los elementos móviles de la máquina.</p>	
<p>2. Verificar que las conexiones hidráulicas estén bien conectadas y no exista fugas, además verifique el nivel de aceite.</p>	
<p>3. Montar o verificar que las mordazas estén alineadas.</p>	

<p>4. Conectar el enchufe a la fuente de 110 V.</p>	
<p>5. Encender la máquina pulsando el botón de encendido (verde), además encienda el computador y habrá el programa de adquisición de datos.</p>	
<p>6. Subir o bajar la viga móvil hasta ubicarla en la posición adecuada, para subir la viga oprima el botón verde y si desea bajar, oprima el botón blanco.</p>	
<p>7. Para apagar el equipo oprima el botón rojo o si se produce alguna falla presione inmediatamente el paro de emergencia.</p>	

Fuente: Autores.

En la tabla se explicó el procedimiento para la puesta en marcha de la máquina de ensayos de tracción.

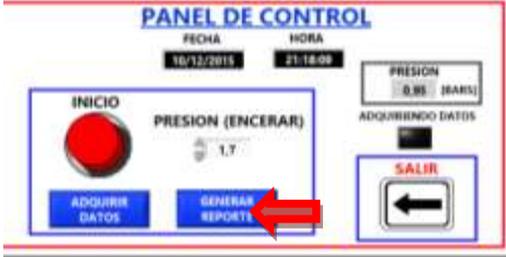
6.4.3 Procedimiento para la realización del ensayo. Para la realización del ensayo se debe seguir un procedimiento preestablecido, el cual se especifica en la norma ISO 2307, esta norma fue creada exclusivamente para la realización de ensayos en cuerdas de fibras sintéticas, entre otros ensayos se encuentra el ensayo de tracción y el de medición de porcentaje de elongación.

En la siguiente tabla se presentara el procedimiento para realizar los ensayos, tomando en cuenta las recomendaciones y mandatos de la norma.

Tabla 51. Procedimiento de ensayo basado en las recomendaciones y mandatos de la ISO 2307.

Procedimiento de ensayo	
Operación.	Grafica
<p>1. Realice la puesta en marcha de la máquina y ubique los extremos de de las poleas a una distancia de 350 mm.</p>	
<p>2. Tome una probeta de 900 mm de cuerda y asegúrelo en la mordaza superior, páselo por la polea de la mordaza superior y luego páselo por el canal de la polea inferior hasta la mordaza y asegúrela bien. Para cuerdas de 1/2 in o superiores asegure los extremos con grilletes.</p>	

<p>3. Aplicar una precarga a la cuerda hasta que la cuerda se tense completamente, para esto mueva la viga hacia abajo con el botón adecuado.</p>	
<p>4. una vez que esté totalmente tensando aplique una precarga dependiendo de las recomendaciones de la norma ISO2307 y posteriormente mida la longitud libre de la cuerda y realice marcas en la mitad de la probeta y en sus extremos, a una distancia de un diámetro de la cuerda ensayada. Mida estas distancias y anote el valor.</p>	
<p>5. Después de realizar las marcas aplique carga de forma manual, presionando el botón de bajado de la viga móvil hasta llegar a la mitad de la carga teórica de rotura de la cuerda, observe la carga aplicada en la pantalla del computador.</p>	
<p>6. Después de llegar a la mitad de la carga teórica de rotura suba la viga móvil hasta la distancia inicial, realice esta acción tres veces</p>	

<p>7. Cuando haya realizado el paso anterior deje de aplicar carga a la probeta cuando haya alcanzado la mitad de la carga teórica de rotura y mida la distancia entre las marcas en la probeta, guarde este dato y vuelva a subir la viga hasta la posición inicial.</p>	
<p>8. Desde la posición inicial aplique carga de forma automática, realice esto pinchando en el botón iniciar ensayo el programa. Una vez esto la máquina aplicara automáticamente carga a la probeta hasta que esta se rompa. Automáticamente, mire en la pantalla los valores de fuerza y presión que se están generando y verifique que no exceda los valores máximos.</p>	
<p>9. Una vez rota la cuerda pinche en el botón "adquirir datos" y luego "generar reporte" para ver los resultados que se han obtenidos y que se genere el documento en Excel.</p>	
<p>10. Coloque de forma manual la viga móvil en su lugar y retire la cuerda rota para realizar otro ensayo.</p>	

Fuente: Autores.

Entonces queda explicado el método de realización del ensayo.

6.5 Manual de mantenimiento

El mantenimiento en la máquina para ensayos de tracción de cuerdas se realiza algunas actividades que pretenden conservarlo o restaurarlo para que desempeñe en la función requerida, lo cual se hace necesario establecer que la máquina está expuesta a desgaste y degradación por los ensayos que se realizan de cada lote de producción. Por esta razón la máquina debe estar expuesta a una vigilancia permanente y/o periódica. , un programa de mantenimiento periódico asegurará una vida útil y prolongada del sistema y la seguridad del ambiente de trabajo.

6.5.1 Mantenimiento del sistema hidráulico. Se hace necesario mantener el sistema hidráulico en las condiciones más óptimas, para tener un funcionamiento eficiente. El mantenimiento apropiado del sistema da como resultado el máximo rendimiento y una presión establecida.

Las medidas que se deben tomar para mantener un sistema hidráulico limpio son:

- Purgar todo el sistema antes de la puesta en marcha inicial.
- Cambiar el filtro y fluido hidráulicos después del período de operación inicial recomendado o con anterioridad.
- No dejar el sistema hidráulico abierto o expuesto a un entorno sucio.
- Mantener el nivel de fluido apropiado en el depósito hidráulico.
- Asegurarse de que los envases de fluido hidráulico, embudos y el área circundante al depósito estén limpios.
- Seguir las directivas de temperatura del fabricante del fluido en cuanto a almacenaje.
- Asegurarse de que las mangueras hidráulicas de extremo abierto estén tapadas cuando se reemplacen o reparen.
- Solicitar que se analice el fluido al menos cada dos años o si sospecha un problema de contaminación.

- Reparar las fugas.
- Revisión de las presiones hidráulicas
- Comprobar y registrar el caudal de la bomba
- Revisión del cilindro hidráulico.
- Reemplazar el fluido de conformidad con la recomendación del fabricante o si se produjo una falla del sistema.
- Comprobar y registrar las tensiones de alimentación de las válvulas.
- Si se observan depósitos de goma y laca sobre el filtro o dentro del mismo, esto indica la necesidad de cambiar el fluido y el filtro con más frecuencia.

El filtro cumple una función importante en este sistema, ya que una el cambio regular del filtro evitaría costosas reparaciones del sistema ya que este se encarga de retener impurezas y partículas que podrían provocar grandes daños en elementos sensibles del sistema hidráulico , tales como la electroválvula, cilindro, valvular reguladoras de caudal, mangueras etc.

6.5.2 *Mantenimiento de la estructura.* Las actividades de mantenimiento que se realiza en la parte estructural son pocas pero necesarias ya que existen algunos elementos de la estructura que están en movimiento, y otros cumpliendo una función importante durante el ensayo.

Las actividades que se deben realizar para mantener en perfectas condiciones la estructura son:

- Lubricación de los rodamientos lineales.
- Protección del ataque de los fenómenos atmosféricos y ciertos agentes contaminantes, producen corrosión en el acero.
- Prevenir oxidación con el correcto engrasa miento de las columnas y guías.
- Revisar el estado de los bocines cambiar si están desgastado.

6.5.3 *Mantenimiento del sistema de transmisión.* En el mantenimiento de este sistema se debe verificar la alineación de las poleas, verificar la tensión y cambiar la banda de acuerdo a su vida útil.

6.5.4 *Mantenimiento del sistema eléctrico y electrónico.* En estos sistemas se realiza el mantenimiento para la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisiones y comprobaciones de las condiciones establecidas para la máquina de ensayos de tracción.

Las actividades que se deben realizar para mantener en perfectas condiciones son:

- Inspección y comprobación de los datos establecidos, con los instrumentos de medición.
- Limpieza general de todo el sistema eléctrico y electrónico.
- Verificación del correcto funcionamiento de los elementos eléctricos y electrónicos.
- Medición de resistencia de contactos, revisión y apriete de conexiones.
- Verificación del buen estado de los cables (verificar que ningún cable este desgastado, lo cual podría generar un corto circuito).
- Cambiar las botoneras defectuosas o que presenten desgaste.
- Verificar que todas las conexiones, especialmente las del sensor y la tarjeta estén bien aseguradas ya que una pequeña falla en estos puede producir una variación en los datos que se están tomando.

6.5.5 *Tabla de mantenimiento.*

En la tabla número 37 se realiza un resumen de las actividades de mantenimiento predictivo más importantes que se deben realizar con el fin de asegurar el buen funcionamiento de la máquina y de esta forma asegurar que los resultados de los ensayos sean fiables. Además con estas actividades nos aseguramos que la máquina cumpla con la vida útil proyectada.

Tabla 52. Tabla de mantenimiento

PERIODO DE TRABAJO						
Nº.	Objetivos:	Trabajo	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
1	Limpieza de la máquina	Limpiar	X			
2	Bomba hidráulica de engranaje	Revisar		X		
3	Filtro de succión	Sustituir		X		
4	Cilindro basculante	Revisar			X	
5	Manómetro	Verificar		X		
6	Filtro de retorno	Sustituir		X		
7	Filtro desgasificador	Sustituir		X		
8	Neplos y acople, tapones	Ajustar			X	
9	Aceite hidráulico	Cambiar			X	
10	Poleas	Verificar			X	
11	Banda A35	Tensionar		X		
12	Rodamientos lineales	Cambiar				x
13	Ejes móviles	Revisar			x	
14	Engrasado de la máquina			x		
15	Ajuste de pernos	Ajustar			x	
16	Reajuste de presiones	Reajustar			x	
17	Control de fugas	Verificar		x		
18	Control de contaminación	Verificar	x			

Fuente: Autores.

6.6 Riesgos y medidas preventivas durante la operación.

Entre los principales objetivos de la empresa es la verificación de la resistencia de la cuerda, cuyo ensayo se llevan a cabo en la máquina de ensayos de tracción de cuerdas, y es en este entorno de trabajo donde se generan los principales factores de riesgo que pueden llegar a afectar negativamente las condiciones de seguridad y salud del operario a corto o mediano plazo, por lo que es necesario conocer los principales riesgos y cómo prevenirlos.

6.6.1 Riesgos ergonómicos. Estos riesgos son producidos generalmente por la adopción de posturas forzadas, la realización de trabajos repetitivos, por los sobreesfuerzos y por la aplicación de fuerzas excesivas o de forma peligrosa durante la jornada de trabajo.

Figura 92. Forma correcta de colocar la probeta a ensayar.



Fuente: (ISASTUR, 2012).

Riesgos:

- Ajuste de la cuerda en las mordazas de la máquina.
- Posición del operador en la escalera al momento de colocar la probeta.

Medidas:

- El ajuste se debe realizar con la ayuda de una palanca generando mayor torque, con una longitud adecuada.
- Realizar esfuerzos suaves con los brazos en la posición adecuada y el cuerpo firme a una cierta distancia de las mordazas.

6.6.2 Riesgos mecánicos. El riesgo mecánico puede producirse en toda operación que implique manipulación de herramientas manuales (motorizadas o no), es decir maquinaria.

Figura 93. Señalética de riesgo mecánico.



Fuente:(ISASTUR, 2012).

Riesgos:

- En el sistema de transmisión por banda.
- En la zona de operación durante el ensayo.
- En el sistema hidráulico por la altas presiones.

Medidas:

- Verificar que la cubierta del modulo donde está la transmisión este correctamente cerrada.
- Colocar la probeta de ensayo según la norma ISO 2307.
- Mantener en la posición correcta durante el ensayo y para la verificación de los datos. La posición del monitor debe permitir que su cabeza pueda acomodarse sin problema en relación con los hombros.
- El sistema hidráulico debe tener un adecuado mantenimiento preventivo.

6.6.3 Riesgos eléctricos. Es aquel susceptible de ser producido por instalaciones eléctricas, partes de las mismas y cualquier dispositivo eléctrico bajo tensión, con potencial de daño suficiente para producir fenómenos de electrocución, quemaduras, y muerte.

La Señalética colocada en la máquina se aprecia en la figura número 97.

Figura 94. Señalética de riesgo eléctrico.



Fuente:(ISASTUR, 2012).

Riesgo:

- Conexión a la fuente de alimentación para energizar la máquina.
- Manipulación de las conexiones del sistema de control.
- Cables en mal estado.
- Elementos extraños en las inmediaciones.
- Sobrecargas en las líneas de abastecimiento.
- Calentamiento y cortocircuitos.
- Falta de corriente adecuada para la operación normal de la máquina.

Medidas:

- Nunca deberá manipularse ningún elemento eléctrico con las manos mojadas, en ambientes húmedos o mojados accidentalmente.
- No retirar nunca los aislamientos de las partes activas de los sistemas.
- El mantenimiento de las conexiones debe hacer el técnico operador teniendo en cuenta sus riesgos.

6.7 Análisis de costos para la máquina de ensayos de cuerdas

El análisis de costos del desarrollo de la máquina de ensayos de tracción se puede dividir en dos rubros principales, los cuales son costos directos y costos indirectos.

6.7.1 Costos directos. Los costos directos son los que influyen directamente en la construcción del equipo de ensayos en este caso son los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y transporte para la construcción de cada uno de los diferentes subsistemas de la máquina de ensayos de tracción. En la tabla número 38 se puede observar los subsistemas que componen el equipo.

Tabla 53. Sistemas de la máquina de ensayos

Nº	Descripción.
1	Sistema estructural.
2	Sistema Hidráulico.
3	Sistema eléctrico
4	Sistema electrónico

Fuente: Autores

6.7.1.1 Costos de materiales del sistema estructural. En los costos de los materiales están especificados todos los materiales que fueron utilizados durante la construcción, especificando la cantidad comprada.

Tabla 54. Costos del sistema estructural

Descripción	Medidas	Cantidad	Sub. Total[\$]
Placas de acero A36	110x400x50(mm)	38	57
Placa de acero A36	80X50X30 (mm)	7	10.5
Tubo estructural rectangular acero A588	40mmx3mm(1 ½")	1	17.21
Angulo IMP.	50mmx6mm(2x1/4")	1	30.25
Eje de acero ASTM 1018	Φ 50mm x 2.25m	42.96 Kg	67.87
Eje de acero ASTM 1018	Φ 31mm x 2.50m	9.94 Kg	15.7
Plancha de acero A36	500x500x10 mm	21	31.5
Tubo estructura cuadrado	30mm x 2 mm (1 ¼")	1	8.83
Plancha de acero A36	380x200x3mm	2	11.5
Plancha de acero A36	480x200x3mm	2	12
Plancha de acero A36	380x480x3mm	1	11
Plancha de acero A36	510x410x5 mm	1	3
Plancha laminado al frio	1.10 mm(1/20")	2	44.82
Polea 1 y 2 A35	Φ 6" y Φ 3"	2	11
Silicona		1	2.5
Pernos de acero grado SAE	M24x3	4	6.25
Pernos de acero grado SAE	M10x1.5x80	8	3.21
Pernos de acero grado SAE	M14X2X40	8	4
Pernos de acero grado SAE	M16X2X40	4	1.08
Pernos de acero grado SAE	M12X1.5X25	16	6.4
Tuercas	M16X1.5	16	3.2
Pernos de acero grado SAE	M8x15	4	1.65
Hexagonales	M5x0.8x80	4	1.0
Arandela de presión	M14	8	0.72
Arandelas plana	9.52 mm	8	0.32
Bocines bronce fosfórico	Φi 30, Φe 30(mm)	4	60
Rodamientos lineales	Φ60 mm	2	80
Banda A35	889 mm	1	3.2
Angulo IMP.	3/4"	1	3.6
Manilla de puerta		1	1.8
Bisagra	60 cm	1	2.5
Mordazas		2	300
Sub. Total(\$)			810.68

Fuente: Autores.

6.7.1.2 Costos de materiales del sistema Hidráulico. En la tabla número 40 que se muestra a continuación se detalla los elementos que fueron adquiridos para la construcción y el ensamblaje del sistema hidráulico.

Tabla 55. Costos del sistema Hidráulico

Descripción	Medidas	Cantidad	Sub. Total[\$]
Kompass bomba hidráulica de engranaje	1.2 cc/rev 250 bar	1	262.43
Filtro de succión	½ NPT	1	13
Kompass válvula de alivio	½" 250 bar	1	160
Kompass electroválvula 4/3 centro tándemcetop 03	cetop 03 220 vac	1	229.69
Kompass sub placa de montaje hidráulica p/cetop 03		1	54.39
Válvula reguladora de caudal compensada por presión.	3/8 NPT	1	150
Cilindro basculante diámetro	2 ½" x 18" x 1 ¼"	1	368
Manómetro con glicerina	0-5000 psi	1	20
Visor de nivel	Φ 3"	1	15
Filtro de retorno	¾ NPT	1	45
Filtro desgasificador		1	15
Motor eléctrico siemens trifásico	1 HP	1	180
Neplos y acople, tapones	¼"	18	180
Aceite hidráulico	ISO 68	27 Lt	100
Mangueras hidráulicas	1/4 "	8 m	120
Sub. Total(\$)			1912.51

Fuente: Autores

Como se puede observar todos los elementos anotados en la tabla número 41 son elementos previamente construidos con los que se procedía a montarlos sobre el tanque hidráulico que se construyó

6.7.1.3 Costos de elementos del sistema eléctrico. Son todos los costos en los costos que conlleva realizar el circuito de potencia y de control de la máquina.

En la tabla que se muestra a continuación se detalla los elementos que fueron adquiridos para la construcción y el ensamblaje del sistema eléctrico y el circuito de potencia.

Resumen de los costos de elementos eléctricos.

Tabla 56. Costos del sistema eléctrico

Descripción	Medida	Cantidad	Sub. Total[\$]
Gabinete metálico	30x30x20 cm	1	19.32
Pulsador 22mm monobloc VERDE CAMSCO FPB-EA1		1	1.6
Pulsador 22mm monobloc ROJO CAMSCO		1	1.6
Luz piloto 22mm VERDE 110V CAMSCO AD1622DS		1	1.35
Luz piloto 22mm ROJO 110V CAMSCO AD1622DS		1	1.35
Enchufe 2 patas reforzado 15A 110V		1	2.42
Contactador fuerza 9A 2HP 110V GMC9 LG (B-19981)	110v 18 Amp	1	35
Cable concéntrico	2x12	3	3.96
Base para replay		2	4.51
Cable flexible automotriz 16	20m	1	4.6
Relay CSC8 pines planos 110V		2	6.16
Breaker MCB 6000A/230V 2P 32A	32 Amp	1	7.58
Relé térmico diferencial GTX-22 12-18	8 pines	1	24.57
Riel DIN	1m	1	2.22
Prensa estopa CSC* D2036 mm	½"	1	1.45
Sub. Total(\$)			117.69

Fuente: Autores

6.7.1.4 Costos de materiales del sistema electrónico. En la tabla que se muestra los elementos adquiridos para la construcción del sistema de adquisición de datos.

Tabla 57. Costos del sistema electrónico

Descripción	Medida	Cantidad	Sub. Total
Sensor de presión	0-200 Kg/cm ²	1	300
TIP 31		1	0.5
Tarjeta DAQ 6009		1	400
Transistor		1	5
Relé estado solido	110 V	2	8
Resistencia	250 K	1	0.5
Adaptador 12V 25mA		1	30
Borneras	2 pines	7	3
Sub. Total			748

Fuentes: Autores

En la tabla número 42 no se detallan los costos incurridos en la construcción del circuito para controlar la activación automática de la electroválvula por medio de la activación de un relé, estos elementos fueron usados para la construcción de un circuito impreso, cuyo costo no se detalla en la tabla número 57 ya que su costo está incluido en el rubro de capacitación.

6.7.1.5 Costos de mano de obra. Los costos de mano de obra se determinó acorde con los salarios que están designados en el área de metalmecánica, y tomando en cuenta al trabajo que estén designados.

Tabla 58. Costos de mano de obra

Descripción	Categoría	Salario real/hora	Horas-hombre	Subtotal[\$]
Tornero	C1	3.5	57	199.5
Soldador	C1	3.5	21	73.5
Ayudantes en general	D1	3	60	180
Operador	C1	3.5	6	21
Electricista	C1	3.5	10	35
Subtotal(\$)				509

Fuente: Autores

6.7.1.6 Costos de equipos y herramientas. Los costos por las horas utilizadas de cada equipo.

Tabla 43. Costos de equipo y herramientas

Descripción	Costo/hora	Horas de equipos	Subtotal[\$]
Cortadora por plasma	4.5	1.5	6.75
Fresadora	10	10	100
Compresor	3	0.5	1.5
Soldadora	3	10	30
Torno	8	30	240
Dobladora manual	1.7	2	3.4
Taladro de pedestal	1	5	5
Flexómetro	0.7	4	2.8
Calibrador pie de rey	1	3	3
Taladro manual	1.3	2	2.6
Pulidora	1.2	4	4.8
Amoladora	1.2	4	4.8
Esmeril	1	7	7
Machuelos	0.9	4	3.6
Herramientas menores	1.8	20	36
Subtotal(\$)			449.75

Fuente: Autores

Se detalla el costo de alquiler de máquina y herramientas.

6.7.1.7 Costos por transporte de los materiales. El costo del transporte se determinó de acuerdo a las carreras que se realizó con los materiales utilizados en la construcción de la máquina de ensayos, el costo es de 50 dólares.

6.7.1.8 Costos total directo. Se suma todos los costos que influyeron directamente en la construcción de la máquina de ensayos.

En la tabla número 44 se observa un resumen de todos los costos indirectos en los que se incurrieron en el proceso de desarrollo de la máquina de ensayos de tracción para cuerdas de fibras sintéticas.

Tabla 59. Costos total directo

Descripción	Precio total
Sistema estructural	810.68
Sistema hidráulico	1912.51
Sistema eléctrico	117.69
Sistema electrónico	748
Mano de obra	509
Transporte	50
Equipos y herramientas	449.75
Sub. Total(\$)	4597.63

Fuente: Autores

Al realizar la suma de los costos directos, tenemos un sub total de 4597.63 dólares americanos

6.7.2 Costos indirectos. Los costos indirectos son aquellos en los que intervienen los costos ingenieriles, el costo ingenieril tiene un agregado del 25% que está involucrado con la supervisión, diseño y construcción de la máquina de ensayos.

Tabla 60. Costos indirectos

COSTOS INGENIERILES	SALARIO REAL/HORA	HORAS-HOMBRE	Precio total
Supervisión	4	100	400
Capacitación	5	40	200
Diseño	5	50	250
Subtotal (\$)			850

Fuente: Autores

En la determinación del costo indirecto se toma en cuenta el costo ingenieril y la utilidad que generaría el desarrollo de este equipo, en este caso la utilidad es cero por ser un trabajo de investigación en beneficio de todos los que influyen directamente en la construcción de la máquina de ensayos.

Tabla 61. Costos total indirecto

COSTOS	Precio total
Ingenieriles	850
Utilidad	0
Subtotal(\$)	850

Fuente: Autores

6.7.3 Costo total. Se suma todos los costos directos e indirectos totales obtenidos de acuerdo a los parámetros establecidos durante el trabajo.

Tabla 62. Costo total de la máquina de ensayo

DESCRIPCION	Total [\$]
Costos directos	4597.63
Costos indirectos	850
Total(\$)	5447.63

Fuente: Autores

El costo total de la máquina de ensayos de tracción de cuerdas sintéticas es de 5447,63USD, el cual cumple con las especificaciones del usuario y demuestran la factibilidad de la construcción de este tipo de máquinas en el país, ya que máquinas similares, fabricadas en el exterior tienen un costo superior a \$25 000 dólares americanos.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 Conclusiones:

- Se logró desarrollar la máquina de ensayos de tracción cumpliendo con todos los requerimientos que exige la norma ISO 2307 para el ensayo de tracción en cuerdas de fibras sintéticas.
- Se aplicó conocimientos de ingeniería para diseñar los componentes mecánicos, eléctricos, hidráulicos y electrónicos requeridos para el desarrollo de la máquina de ensayos.
- Se seleccionó los elementos hidráulicos, eléctricos y electrónicos siguiendo parámetros de seguridad y calidad, lo cual garantizara el buen desempeño de la máquina y la confiabilidad de los resultados, así como una larga vida útil del equipo.
- Se construyó y ensambló los diferentes subsistemas del equipo, siguiendo procesos de control de calidad y diagramas de montaje, lo que garantiza un buen proceso constructivo y garantiza el buen desenvolvimiento del equipo.
- Se logró desarrollar un equipo de excelentes características que se ajustó al presupuesto, demostrando que se puede construir máquinas que tengan buena relación coste/beneficio, lo que ayudará a pequeñas y medianas empresas a mejorar sus sistemas de control de calidad.
- Se realizaron ensayos de tracción en cuerdas en la máquina desarrollada y se corrobora los datos con ensayos realizados en una máquina de ensayos certificada, como es el caso de la máquina universal, propiedad de la ESPOCH.
- La precisión del equipo se podría mejorar al adquirir una resistencia de precisión de 250 k Ω , que debido a la dificultad de conseguirlo en el mercado nacional, en el proyecto ha sido sustituida por una de 270 k Ω .

7.2 Recomendaciones.

- Se recomienda pedir una certificación al organismo rector referente a ensayos, en este caso al INEN (instituto ecuatoriano de normalización) para que se pueda garantizar los datos obtenidos en la máquina.
- Se recomienda realizar un uso adecuado de la máquina para que esta pueda brindar el mejor servicio a lo largo de su vida útil.
- Se recomienda realizar una calibración del sensor por lo menos una vez al año para garantizar que no arroje datos erróneos.
- Se recomienda realizar el mantenimiento correcto de la máquina para que no presente fallos o daños irreparables, principalmente el engrasamiento de las columnas y el cambio de aceite, ya que estos sistemas podrían dañar el funcionamiento de la maquina y provocar accidentes o destrucción del equipo.
- Se recomienda que para aumentar la precisión en la toma de datos se sustituya la resistencia de 270k Ω por una resistencia de precisión de 250 k Ω .

BIBLIOGRAFÍA

FPAinternacional. 2015. FPAinternacional. [Online] FPAinternacional, Febrero 15, 2015. [Cited: Agosto 13, 2015.] www.fpainternacional.com.

AEP transducers. 2015. AEPtransducers. [Online] AEP, Febrero 8, 2015. [Cited: Agosto 8, 2015.] <http://www.aep.it/>. —. **2015.** <http://www.aep.it>. <http://www.aep.it>. [Online] AEP transducers, Febrero 9, 2015. [Cited: Junio 30, 2015.] <http://www.aep.it>. ISBN.

BASTIMEC, CIA LTDA. 2013. www.bastimec.com. www.TiniusOlsen.com. [Online] Bastimec, abril 10, 2013. [Cited: mayo 12, 2015.]

BUDYNAS, RICHARD G. 1998. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico : Mc. Graw Hill, 1998.

DAYCO. 2015. Catalogo de bandas. [book auth.] Dayco. 2015.

DAYFLEX. 2015. Dayflex corporation . [Online] Dayflex corporation, febrero 8, 2015. [Cited: Agosto 12, 2015.] http://www.dayflexcorporation.com/catalogos12/Mangueras_Hidraulicas.pdf.

DIRECT INDUSTRY. 2014. Direct INDUSTRY. [Online] Direct INDUSTRY, 11 5, 2014. [Cited: 8 22, 2015.] <http://www.directindustry.es/prod/testing-machines-inc/product-55801-413147.html>.

FACOMET. 2012. *Facomet.com* . [Online] enero 15, 2012. [Cited: Agosto 14, 2015.] <http://www.facomet.cl/fijaciones-pernos-expansion.php>.

FIBRAS TEXTILES. Aguilar, Jaime Mondragón. 2002. Mexico : UNAM, 2002.

GALLEGOS, BOTER PAULA, CLAROS CLAROS ROLANDO. 2007. *Diseño mecánico de una máquina universal de ensayos para polímeros*. Pereira : Universidad tecnologica de Pereira, 2007.

HOSEBELT. 2014. hosebellt productconecionhidraulica. [Online] Hosebelt, enero 8, 2014. [Cited: Agosto 14, 2015.] <http://www.hosebellt.com/productconecionhidrau>.

INEN. 2014. Norma Tecnica Ecuatoriana. *NTE INEN-ISO 2307*. Quito : Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, . **2011.** *Reglamento general a la ley del sistema ecuatoriano de la calidad*. Quito : INEN, 2011.

INSTRON. 1984. <http://www.instron.com>. <http://www.instron.com>. [Online] Septiembre 30, 1984. [Cited: junio 10, 2015.] <http://www.instron.com>. ISBN.

Interactive Industrial training. 2000. *Hidraulica basica*. Londres : Fluidpowerzone, 2000. 12.

ISASTUR. 2012. *Manual de seguridad e instrucciones de trabajo*. Mexico : Prentice, 2012.

ISO, Organization Standart International. 2005. *ISO 2307 Fibre Ropes- Determination of certain Physical and mechanical properties*. Viena : ISO, 2005.

KOMPASS. 2014. Kompass. [Online] Kompass, noviembre 18, 2014. [Cited: Agosto 13, 2015.] <http://www.kompasspain.com/htm/Bomba%20de%20Engranajes.htm>.

MARTIN. 2010. Belt drives section D. [book auth.] Martin. *Belt drives*. EEUU : s.n., 2010.

MONDRAGÓN, GÓNZALES KARINA. 2013. Fibras sintéticas y especiales. *Fibras sintéticas 1*. s.l. : Instituto Politécnico Nacional., 2013.

NAGANO KEIKI CIA LTDA. 2005. *KH15 Pressure Transmitter*. Tokio : Nagano Keiki, 2005.

NATIONAL INSTRUMENTS. 2015. sine.ni.com. [Online] National instrument, marzo 10, 2015. [Cited: Octubre 10, 2015.]

NOGALES VILLAVICENCIO, MAURO IGNACIO, NOROÑA ALVARES DIEGO FERNANDEZ. 2008. *Diseño y construcción de una máquina para realizar ensayos de tensión*. Latacunga : Escuela Superior Politecnica del Ejercito(ESPE), 2008.

Norton, Robert. 1999. *Diseño de maquinas*. Estados Unidos : Ed. Prentice Hall, 1999. 1.—. **1999.** *Diseño de Máquinas*. Mexico : Prentice-Hall (Pearson), 1999.

OROZCO, VILLA MARIANA. 2010. *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO INFORMÁTICO PARA APLICACIONES EN ENSAYOS EN LA MAQUINA UNIERSAL*. Riobamba : ESPOCH, 2010. 125.

PALERMO. 2005. www.google.com. www.google.com. [Online] fido.palermo.edu, mayo 10, 2005. [Cited: mayo 15, 2015.] http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/images/trabajos/1581_5378.pdf.

Paula Gallego, Rolando Claros. 2007. *Diseño mecánico de una máquina universal de ensayos para polómeros*. Pereira : Univesidad Tecnológica de Pereira, 2007. ISBN.

PHIONE LIMITED. 2014. Phione limited, el especialista en acero . [Online] Phione, enero 10, 2014. [Cited: Agosto 10, 2015.] <http://www.spanish.phione.co.uk/products/general-structure-and-welding-steel/astm-structural-steel/astm-a-588>.

PRINCE . 2014. *The majestic line, cilindres*. North sioux city : Prince, 2014.

QUISNIA, JORGE. 2015. Guano : Inducuerdas cia ltda, 2015.

QUISNIA, TIERRA CARLOS, RIVERA LAFEBRE JESSICA. 2010. *Proyecto de ampliacion de la fabrica rioplas a través de una línea de crédito de la CFN*. Riobamba : Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2010. ISBN.

Romeva, Carles Riba i. 2002. *Diseño concurrente*. s.l. : ETSEIB-UPC, 2002. ISBN.

SALGADO, LEON EDWIN. 2005. www.ecured.cu. www.ecured.cu. [Online] enero 15, 2005. [Cited: mayo 27, 2015.] http://www.ecured.cu/index.php/EcuRed:Enciclopedia_cubana.

Serra, Marc Barraco. 1998. *Libro de oleohidraulica*. Barcelona : Ediciones UPC, 1998.

