



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA
NEUMÁTICA ORIENTADA AL CAMBIO DE
AMORTIGUADORES CON ESPIRALES PARA EL
TALLER DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA
ESPOCH”**

**AGUILAR LOAYZA DANIEL AUGUSTO
CORTEZ NUÑEZ GABRIEL RICARDO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTOS TÉCNICOS

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

AGUILAR LOAYZA DANIEL AUGUSTO

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA NEUMÁTICA
ORIENTADA AL CAMBIO DE AMORTIGUADORES CON ESPIRALES PARA
EL TALLER DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Santiago Alejandro López Ortiz

DIRECTOR

Ing. Elvis Enrique Arguello

ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

CORTEZ NUÑEZ GABRIEL RICARDO

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA NEUMÁTICA
ORIENTADA AL CAMBIO DE AMORTIGUADORES CON ESPIRALES PARA
EL TALLER DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FACULTAD DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

**Ing. Santiago Alejandro López Ortiz
DIRECTOR**

**Ing. Elvis Enrique Arguello
ASESOR**

CERTIFICACION DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: AGUILAR LOAYZA DANIEL AUGUSTO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA NEUMÁTICA ORIENTADA AL CAMBIO DE AMORTIGUADORES CON ESPIRALES PARA EL TALLER DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2017-06-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Santiago Alejandro López Ortiz DIRECTOR			
Ing. Elvis Enrique Arguello ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CORTEZ NUÑEZ GABRIEL RICARDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA NEUMÁTICA ORIENTADA AL CAMBIO DE AMORTIGUADORES CON ESPIRALES PARA EL TALLER DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2017-06-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Santiago Alejandro López Ortiz DIRECTOR			
Ing. Elvis Enrique Arguello ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE 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.

Aguilar Loayza Daniel Augusto

Cortez Nuñez Gabriel Ricardo

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Daniel Augusto Aguilar Loayza y Gabriel Ricardo Cortez Nuñez, 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.

Aguilar Loayza Daniel Augusto

Cédula de Identidad: 070657603-0

Cortez Nuñez Gabriel Ricardo

Cédula de Identidad: 180389901-0

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos. A mis padres por haberme apoyado en todo momento con sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, a mis familiares y amigos que me han ayudado durante todo el tiempo transcurrido a lo largo de mi vida universitaria.

Daniel Augusto Aguilar Loayza

Dedico esta tesis a mis padres que me dieron la vida, educación, apoyo y consejo. A mis compañeros de estudio por su paciencia, a mis maestros por inculcarme sus conocimientos, a mis amigos y familiares que de una u otra forma me alentaron a cumplir esta meta.

Gabriel Ricardo Cortez Nuñez

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su gran sacrificio ya que sin ellos y la ayuda de Dios hubiese sido imposible culminar mi carrera universitaria. A la Escuela de Ingeniería Automotriz que junto a sus docentes me impartieron sus conocimientos para ser un miembro productivo de la sociedad. A mi director y asesor por guiarme durante todo el trayecto de nuestro trabajo de titulación y se pueda desarrollar de la mejor manera. Para ellos mi más sincero agradecimiento.

Daniel Augusto Aguilar Loayza

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarme la oportunidad de ser un elemento productivo para la sociedad. En especial a mis padres y a todos mis amigos y compañeros que estuvieron presentes en esta etapa de mi vida.

Gabriel Ricardo Cortez Nuñez

CONTENIDO		Pag
1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	1
1.3	Objetivos	2
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO	3
2.1	Neumática	3
2.2	Ventajas de aire comprimido	4
2.3	Inconvenientes del aire comprimido	5
2.4	Elementos básicos de un circuito neumático.	5
2.4.1	<i>Sistema de producción</i>	6
2.4.2	<i>Sistema de utilización</i>	13
2.5	Símbolos neumáticos	17
2.6	Dispositivos de mando y actuadores	19
2.6.1	<i>Dispositivos de mando</i>	19
2.6.1.1	<i>Válvulas neumáticas</i>	19
2.6.2	<i>Actuadores Neumáticos</i>	22
2.6.2.1	<i>Cilindro de simple efecto</i>	22
2.6.2.2	<i>Cilindro de doble efecto</i>	23
2.6.3	<i>Parámetros de selección de cilindro neumático</i>	23
2.6.4	<i>Calculo de la fuerza</i>	23
2.6.5	<i>Consumo de aire</i>	26
2.6.6	<i>Cálculo de caudal</i>	27
2.6.7	<i>Pandeo</i>	27
2.6.8	<i>Amortiguación</i>	30
2.7	Suspensión	30
2.7.1	<i>Componentes de la suspensión</i>	31
2.7.1.1	<i>Muelles helicoidales</i>	31
2.7.1.2	<i>Materiales para resortes</i>	32
2.7.1.3	<i>Los amortiguadores.</i>	34
2.7.1.4	<i>Otros componentes de la suspensión</i>	35
2.7.2	<i>Tipos de sistemas de suspensión</i>	35

2.7.2.1	<i>El sistema de eje rígido</i>	35
2.7.2.2	<i>El sistema de ruedas independientes</i>	36
2.7.3	<i>Sistemas de suspensión que utilizan el conjunto espiral- amortiguador</i>	36
2.7.3.1	<i>Sistema de eje rígido guiado longitudinalmente con paralelogramo de watt</i>	36
2.7.3.2	<i>Sistema Mac Pherson</i>	37
2.7.3.3	<i>Sistema a triángulos superpuestos</i>	38
2.7.3.4	<i>Sistema de brazo oscilante inclinado</i>	38
2.7.3.5	<i>Eje torsional</i>	39
2.8	Procedimientos y herramientas para comprimir espirales	40
3.	DISEÑO DE LA HERRAMIENTA NEUMÁTICA	42
3.1	Diseño conceptual y Funcional	42
3.2	Diseño de detalle	49
3.2.1	<i>Diseño del circuito neumático y selección de componentes</i>	49
3.2.1.1	<i>Datos de entrada del compresor de aire</i>	49
3.2.1.2	<i>Mediciones de la fuerza necesaria para comprimir una muestra de espirales automotrices</i>	50
3.2.1.3	<i>Modelado del circuito neumático</i>	50
3.2.1.4	<i>Selección del cilindro neumático apropiado</i>	51
3.2.2	<i>Diseño estructural de la herramienta neumática</i>	53
3.2.2.1	<i>Modelado CAD</i>	54
3.2.2.2	<i>Diseño por resistencia mediante software CAE</i>	57
4.	CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA NEUMÁTICA	79
4.1	Selección de materiales	80
4.2	Construcción de la estructura metálica	81
4.2.1	<i>Selección del material</i>	81
4.2.1.1	<i>Proceso</i>	81
4.3	Roscado de las puntas de los ejes de acero inoxidable	82
4.3.1	<i>Proceso</i>	82
4.4	Maquinado de los collarines y bocines	83
4.4.1	<i>Materiales</i>	83
4.4.2	<i>Proceso</i>	83
4.5	Construcción de las bases del cilindro neumático	84
4.5.1	<i>Materiales</i>	84

4.5.2	<i>Proceso</i>	85
4.6	Construcción de las bases para los espirales	85
4.6.1	<i>Materiales</i>	86
4.6.2	<i>Proceso</i>	86
4.7	Construcción de la placa frontal	86
4.7.1	<i>Materiales</i>	86
4.7.2	<i>Proceso</i>	87
4.8	Construcción de las garras superiores	87
4.8.1	<i>Proceso</i>	87
4.9	Construcción del eje roscado regulador de las garras	88
4.9.1	<i>Proceso</i>	88
4.10	Colocación del brazo en los collarines	89
4.10.1	<i>Proceso</i>	89
4.11	Construcción de la puerta de seguridad	89
4.11.1	<i>Materiales</i>	89
4.11.2	<i>Proceso</i>	90
4.12	Construcción de la barra de contención superior	90
4.12.1	<i>Proceso</i>	90
4.12.2	<i>Construcción del conjunto barra conductora de movimiento y base roscable del vástago del cilindro neumático.</i>	90
4.12.3	<i>Proceso</i>	91
4.13	Colocación de chapa metálica	91
4.14	Proceso	91
4.14.1	<i>Preparación y fundido de la estructura metálica y demás elementos</i>	92
4.14.2	<i>Pintura definitiva.</i>	93
4.14.2.1	<i>Proceso</i>	94
4.14.3	<i>Ensamblaje final.</i>	94
5.	COSTOS	97
5.1	Costos directos	97
5.1.1	<i>Costos de materiales</i>	97
5.1.2	<i>Costo por hora utilización de equipos</i>	98
5.1.3	<i>Costo mano de obra</i>	99
5.1.4	<i>Transporte De Materiales</i>	99
5.1.5	<i>Costos indirectos</i>	99

5.1.6	<i>Costos totales</i>	100
	Conclusiones	101
	Recomendaciones	102
	Bibliografía	
	Anexos	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Breve historia de la neumática.....	4
Tabla 2	Ventajas del aire comprimido.....	4
Tabla 3	Inconvenientes del aire comprimido.....	5
Tabla 4	Tipos de compresores de aire.....	6
Tabla 5	Clasificación de los motores eléctricos.....	8
Tabla 6	Símbolos neumáticos.....	18
Tabla 7	Válvulas distribuidoras más comunes según ISO 1219.....	21
Tabla 8	Materiales utilizados en la fabricación de resortes.....	32
Tabla 9	Tipos de herramientas usadas para comprimir espirales.....	40
Tabla 10	QFD de la herramienta neumática.....	43
Tabla 11	Tabla de especificaciones.....	44
Tabla 12	Matriz morfológica.....	47
Tabla 13	Criterio para evaluación cualitativa.....	48
Tabla 14	Selección de alternativas.....	48
Tabla 15	Parámetros del compresor de aire del taller de Ingeniería Automotriz.....	49
Tabla 16	Fuerza necesaria para comprimir los espirales más un porcentaje de seguridad.....	51
Tabla 17	Diámetro de los cilindros más un porcentaje de seguridad.....	51
Tabla 18	Perfiles de la estructura base.....	55
Tabla 19	Elementos mecánicos de la herramienta neumática.....	55
Tabla 20	Métodos de corrección de mallado empleados.....	61
Tabla 21	Fuerzas en la estructura.....	62
Tabla 22	Resultados finales del análisis CAE.....	78
Tabla 23	Comparación de materiales existentes en el mercado.....	80
Tabla 24	Costo de materiales.....	97
Tabla 25	Costos por hora en utilización de equipos.....	99
Tabla 26	Costo de mano de obra.....	99
Tabla 27	Costo de transporte de materiales.....	99
Tabla 28	Costos indirectos.....	100
Tabla 29	Costos Totales.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Actuadores Neumáticos.....	3
Figura 2	Circuito básico neumático.....	5
Figura 3	Motor eléctrico.....	8
Figura 4	Presostato.....	9
Figura 5	Válvula anti retorno.....	9
Figura 6	Depósito, acumuladores intermedios y colectores.....	10
Figura 7	Manómetro.....	10
Figura 8	Dispositivo de purga automática.....	11
Figura 9	Válvula de seguridad.....	12
Figura 10	Secador de aire.....	12
Figura 11	Filtro de aire.....	13
Figura 12	Purga de aire condensado.....	14
Figura 13	Dispositivo de purga automática.....	14
Figura 14	Unidad de mantenimiento.....	15
Figura 15	Válvula distribuidora.....	16
Figura 16	Cilindro de simple efecto.....	17
Figura 17	Regulador de caudal.....	17
Figura 18	Válvula distribuidora.....	20
Figura 19	Tipos de accionamiento manual en válvulas distribuidoras.....	21
Figura 20	Accionamiento manual de válvulas distribuidoras.....	21
Figura 21	Cilindro de simple efecto.....	22
Figura 22	Cilindro de doble efecto.....	23
Figura 23	Rendimiento interno μ	24
Figura 24	Fuerza teórica de los cilindros.....	26
Figura 25	Distintos casos de pandeo.....	28
Figura 26	Distintos tipos de sujeción de cilindros.....	29
Figura 27	Verificación de esfuerzo de pandeo.....	30
Figura 28	Esquema de la suspensión de un Renault.....	31
Figura 29	Clases de muelles helicoidales.....	32
Figura 30	Deformación producida por una fuerza en el muelle.....	33
Figura 31	Amortiguador Hidráulico.....	34
Figura 32	Bamboleo y resbalamiento lateral de las ruedas con eje rígido.....	35
Figura 33	Acción del sistema de suspensión delantera independiente.....	36

Figura 34	Dispositivo de Watt.....	37
Figura 35	Suspensión Mc Pherson.....	37
Figura 36	Sistema de triángulos superpuestos.....	38
Figura 37	Sistema de brazo oscilante inclinado.....	39
Figura 38	Suspensión trasera por eje de torsión.....	39
Figura 39	Caja negra de la herramienta.....	45
Figura 40	Análisis de funciones y subfunciones.....	46
Figura 41	Simulación del circuito neumático en el software FESTO.....	50
Figura 42	Estructura de la herramienta neumática.....	54
Figura 43	Modelado de la estructura.....	57
Figura 44	Ventana inicial de Ansys y Engineering Data.....	57
Figura 45	Exportación de la geometría.....	58
Figura 46	Geometría exportada.....	59
Figura 47	Corrección de geometría.....	59
Figura 48	Definición de materiales a elementos estructurales.....	60
Figura 49	Contacto entre tornillo regulador y acople.....	60
Figura 50	Correcciones de mallado de la estructura.....	61
Figura 51	Colocación de fuerzas y restricciones en la estructura.....	62
Figura 52	Operaciones en el proceso.....	62
Figura 53	Esfuerzos generales en la herramienta neumática.....	63
Figura 54	Factor de seguridad general.....	63
Figura 55	Deformación general.....	64
Figura 56	Esfuerzos existentes en la estructura.....	64
Figura 57	Factor de seguridad de la estructura.....	65
Figura 58	Deformación general de la estructura.....	65
Figura 59	Esfuerzos del eje guía.....	66
Figura 60	Factor de seguridad eje guía.....	66
Figura 61	Esfuerzos en el brazo.....	67
Figura 62	Factor de seguridad del brazo.....	67
Figura 63	Deformación máxima del brazo.....	68
Figura 64	Esfuerzos en el acople.....	68
Figura 65	Factor de seguridad en el acople.....	69
Figura 66	Esfuerzos en la garra de sujeción.....	69
Figura 67	Factor de seguridad de la garra de sujeción.....	70
Figura 68	Concentración de esfuerzos en la base helicoidal.....	70

Figura 69	Factor de seguridad en la base helicoidal.....	71
Figura 70	Deformación en Y de la base helicoidal.....	71
Figura 71	Esfuerzos en el tornillo regulador.....	72
Figura 72	Factor de seguridad del tornillo regulador.....	72
Figura 73	Esfuerzos en el soporte de la barra de fuerza.....	73
Figura 74	Factor de seguridad del soporte de la barra de fuerza.....	73
Figura 75	Esfuerzo en el soporte del cilindro.....	74
Figura 76	Factor de seguridad en el soporte del cilindro.....	74
Figura 77	Deformación en Y del soporte del cilindro.....	75
Figura 78	Concentración de esfuerzos en el vástago.....	75
Figura 79	Factor de seguridad del vástago.....	76
Figura 80	Deformación en X del vástago.....	76
Figura 81	Esfuerzos en la barra de fuerza.....	77
Figura 82	Factor de seguridad en la barra de fuerza.....	77
Figura 83	Proceso de construcción de la herramienta.....	79
Figura 84	Corte y montaje de los perfiles estructurales.....	82
Figura 85	Roscado de la punta del eje guía.....	83
Figura 86	Corte de eje de acero de transmisión.....	84
Figura 87	Mecanizado de los collarines y bocines.....	84
Figura 88	Perforación y soldadura de las bases del cilindro neumático.....	85
Figura 89	Bases desmontajes del espiral.....	86
Figura 90	Placa frontal.....	87
Figura 91	Garra de soporte superior del espiral.....	88
Figura 92	Perforación del eje roscado.....	88
Figura 93	Brazo.....	89
Figura 94	Puerta de seguridad.....	90
Figura 95	Barra de posicionamiento de ejes guía.....	90
Figura 96	Barra de fuerza.....	91
Figura 97	Colocación de la chapa metálica.....	92
Figura 98	Fondeado de los elementos.....	93
Figura 99	Elementos pintados en proceso de secado.....	94
Figura 100	Elemento estructural pintado.....	94
Figura 101	Ensamblaje de la herramienta.....	95
Figura 102	Resultado Final.....	95
Figura 103	Pruebas de funcionamiento.....	96

SIMBOLOGÍA

F	Fuerza teórica requerida	N
P	Presión	Bar
A	Área del embolo	cm ²
F _{Ra}	Fuerza necesaria en avance	N
F _{Rr}	Fuerza necesaria en retroceso	N
D	Diámetro del émbolo	cm
D	Diámetro del vástago	cm
μ	Rendimiento interno del cilindro	
V	Consumo de aire	L
C	Carrera del cilindro	cm
Q	Caudal	L/min
n	Ciclos por minuto	c/min
J	Momento de inercia	mm ⁴

LISTA DE ABREVIACIONES

AISI	Instituto Americano del Hierro y del Acero
QFD	Quality Function Deployment (Despliegue de la función de calidad)
CAD	Dibujo Asistido por Computadora
CAE	Ingeniería Asistida por Computadora
ISO	International Organization for Standardization
CETOP	Comité Europeo de Transmisiones oleo hidráulicas y Neumática

LISTA DE ANEXOS

- A Obtención de fuerza de los espirales automotrices.
- B Manual de operación y mantenimiento.

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo de titulación tiene como objetivo, diseñar y construir una herramienta neumática orientada al cambio de amortiguadores con espirales para el taller de la escuela de ingeniería automotriz. Se planteó como problema, el gran riesgo y demora de comprimir espirales con herramientas convencionales. Para su diseño, se partió con un análisis de laboratorio, donde se sometieron a compresión en la máquina universal diferentes tipos de espirales de autos existentes en el mercado, con lo cual se pudo determinar la fuerza máxima necesaria para comprimirlos. Una vez obtenida esta fuerza, se inició con el diseño conceptual de la herramienta, en el cual se pudieron evaluar las diferentes alternativas para la realización de este proyecto, eligiéndose la número 1, que contaba con las mejores cualidades. A continuación se procedió a la elección de los elementos neumáticos mediante el uso del software FESTO FLUIDSIM 3.6, ya seleccionados los elementos se inició con el dimensionamiento del cilindro neumático, basándose en los datos obtenidos del compresor de aire existente en el taller de Ingeniería Automotriz y de la fuerza máxima obtenida en las pruebas de laboratorio. Posteriormente se inició con el modelado de la herramienta con ayuda del software SOLIDWORKS 2015; una vez obtenidas las medidas necesarias, se procedió a realizar un análisis estático, tanto de la estructura base como de cada elemento para garantizar un factor de seguridad mayor a 1.3, mediante el uso del software ANSYS WORKBENCH R16.1. Con todos los cálculos y medidas necesarias se construyó la herramienta neumática, la cual fue probada, realizando perfectamente la función requerida, logrando comprimir toda clase de espirales sin contratiempos y realizando la operación requerida 3 veces más rápido que una herramienta convencional, brindando seguridad y el mínimo esfuerzo para el operario. Se recomienda mantener lubricadas las barras guía para evitar ruidos y desgaste.

PALABRAS CLAVE: <HERRAMIENTA NEUMÁTICA>, <MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS>, <AMORTIGUADORES Y ESPIRALES>, <DISEÑO CONCEPTUAL>, <ALTERNATIVA DE DISEÑO>, <CILINDRO NEUMÁTICO>, <COMPRESOR DE AIRE>, <FUERZA DE COMPRESIÓN>, <SOLIDWORKS 2015(SOFTWARE)>, <ANSYS WORKBENCH R16.1(SOFTWARE)>, <ANÁLISIS ESTÁTICO>, <FACTOR DE SEGURIDAD>.

ABSTRACT

The aim of this present research is to design and build a pneumatic tool oriented to the change of shock absorbers with coil springs for the School of Automotive Engineering repair shop. As a problem, there is a great risk and delay of compressing coil springs with conventional tools. For its design, it was started with a laboratory analysis. Different types of cars coil springs on the market were subjected to compression in the universal machine. As a result, it was possible to determine the maximum force necessary to compress them. Once this force has been obtained, it began with the conceptual design of the tool. Therefore, it was possible to evaluate the different alternatives for the execution of this project. In consequence, the number 1 had the best qualities. The pneumatic elements were then selected using the FESTO FLUIDSIM 3.6 software. Once the elements have been selected, it was started with the pneumatic cylinder measurement, based on the data obtained from the air compressor in the Automotive Engineering repair shop and the maximum force obtained in the laboratory tests. Subsequently, the modeling of the tool was started with the help of SOLIDWORKS 2015 software. Once the necessary measures were obtained, a static analysis was carried out on both the basic structure and each element to guarantee a safety factor greater than 1.3, using the ANSYS WORKBENCH R16.1 software. The pneumatic tool was built with all the necessary calculations and measurements which was tested, perfectly performing the required function, compressing all kinds of coil springs without problems and performing the required operation 3 times faster than a conventional tool, as well as providing safety and minimum effort for the operator. It is recommended that the guide bars are keep lubricated to avoid noise and wear.

KEY WORDS: <PNEUMATIC TOOL>, <MACHINES AND TOOLS>, <SHOCK ABSORBERS AND COIL SPRINGS>, <CONCEPTUAL DESIGN>, <ALTERNATIVE DESIGN>, <PNEUMATIC CYLINDER>, <AIR COMPRESSOR>, <COMPRESSION FORCE>, <SOLIDWORKS 2015 (SOFTWARE)>, <ANSYS WORKBENCH R16.1 (SOFTWARE)>, <STATIC ANALYSIS>, <SAFETY FACTOR>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las herramientas neumáticas suponen una gran ventaja a la hora de trabajar y optimizar recursos, debido a su gran versatilidad, rapidez, eficiencia y fácil mantenimiento. Es por esta razón que al realizar ciertos tipos de trabajos se opta por una herramienta neumática, por ejemplo para el cambio de un neumático, optamos por una pistola de impacto que es más rápida, cómoda y eficiente que una herramienta manual. De igual manera al momento de comprimir espirales para el cambio de amortiguadores se debe optar por una herramienta especializada, en lugar de las herramientas convencionales, debido al peligro y poca eficiencia que estas suponen.

Comprimir espirales para el cambio de amortiguadores es un procedimiento que al ser hecho de forma manual resulta ser peligroso y lento. Este procedimiento comprime los espirales usando “compresores manuales”, que constan de un par de garras a los extremos, unidos por un tornillo de potencia, al montar estas garras en las espiras del resorte se procede al ajuste del tornillo con lo cual se obtiene la compresión de dicho resorte, la cual es necesaria para extraer el amortiguador. Pero este procedimiento como se dijo anteriormente puede ser peligroso en caso de desprenderse la espira, además que su colocación y apriete requieren de mucho tiempo.

1.2 Justificación

Los sistemas de aire comprimido proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos, y se aplican a herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, pistolas para pintar, motores neumáticos, sistemas de empaquetado, elevadores, herramientas de impacto, prensas neumáticas, etc. Por esta razón las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo coste de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación además de un riesgo nulo de explosión, su conversión fácil al movimiento giratorio como al lineal y la posibilidad de transmitir energías a grandes distancias.

La carrera de Ingeniería Automotriz en su área de talleres de prácticas y mantenimiento tiene la necesidad de contar con equipos especializados que permitan al operador realizar tareas de forma rápida y segura en el cambio de amortiguadores con espirales.

Se observa la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra vida estudiantil para la construcción de una herramienta neumática que permita tanto al personal del área de mantenimiento automotriz de la ESPOCH como a los estudiantes en formación de la carrera un trabajo más eficiente.

Actualmente, gran cantidad de talleres automotrices a nivel nacional no cuentan con opción de adquirir maquinaria adecuada para ciertos trabajos por lo que optan en usar herramientas manuales. Además de no existir fabricantes de herramientas y equipos propios para el mantenimiento en nuestra industria y lamentablemente los costos de importación no son asequibles para la gran mayoría de talleres que deseen equipar correctamente sus instalaciones. Por este motivo con el diseño y construcción de la herramienta neumática se aportará con un equipo escaso en la industria automotriz como es el usado en el cambio de amortiguadores con espirales, permitiendo que la Escuela de Ingeniería Automotriz se mantenga a la vanguardia de la tecnología.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y construir una herramienta neumática orientada al cambio de amortiguadores con espirales para el taller de ingeniería automotriz de la ESPOCH.

1.3.2 Objetivos específicos

- Obtener la alternativa de diseño, mediante la utilización de software CAD/CAE y de aplicaciones neumáticas, que permitan la construcción de dicha herramienta usada en el cambio de amortiguadores con espirales, para garantizar el correcto funcionamiento.
- Determinar las características adecuadas de los diferentes accesorios que conforman el circuito neumático mediante cálculos, simulaciones y recomendaciones de fabricantes, asegurando el correcto funcionamiento y minimización de costos.
- Construir la herramienta neumática empleada en el cambio de amortiguadores con espirales, según la alternativa de diseño seleccionada, para satisfacer la necesidad del taller de la carrera de Ingeniería Automotriz.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se muestra la recopilación de toda la información necesaria para la realización de la herramienta neumática, por tanto, se habla de los sistemas neumáticos, sistemas de suspensión y diseño mecánico mediante el uso de software CAD/CAE, ésta información tiene como finalidad proporcionar a cualquier persona los antecedentes necesarios para entender y reproducir este trabajo de titulación.

2.1 Neumática

La neumática es una ciencia que trata sobre el comportamiento de los gases y el uso de estos en la transmisión de fuerzas en circuitos automatizados; es una rama de la física que trata de las propiedades físicas del aire y otros gases, también se define al término neumática como algo que tiene que ver con una señal de control o fuerza transmitida y controlada mediante la utilización de gas presurizado. El conocimiento y aplicación del aire comprimido tomo consistencia a partir de la segunda mitad del siglo XVII, cuando el estudio de los gases fué objetivo de científicos como: Torricelli, Pascal, Mariotte, Boyle, Gay Lussac, etc. (Training, 2003)



Figura 1. Actuadores neumáticos

Fuente: (Nicolás, 2009)

Los sucesos más notables en el avance del uso del aire comprimido pueden resumirse por orden cronológico como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Breve historia de la neumática.

1500 A.C	Fuelle de mano y de pie	Fundición no ferrosa
1688	Máquina de émbolos	Papín
1762	Cilindro soplante	John Smeaton
1776	Prototipo compresor	John Wilkinson
1857	Perforación túnel Mont Cenis	
1869	Freno de aire	Westinghouse
1888	Distribucion neumática de correspondencia en Paris	

Fuente: (Training, 2003)

Los sistemas de aire comprimido proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos, y se aplican a herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, pistolas para pintar, motores neumáticos, sistemas de empaquetado, elevadores, herramientas de impacto, prensas neumáticas, robots industriales, vibradores, frenos neumáticos, etc. (Creus Solé, 2011)

2.2 Ventajas de aire comprimido

El aire comprimido presenta algunas ventajas, las cuales se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Ventajas del aire comprimido

Ventajas	Descripción
Abundante	Se encuentra gratuitamente en cualquier lugar además es ilimitado, no precisa conductos de retorno y una vez usado regresa a la atmósfera.
Almacenaje	Puede ser utilizado y almacenado básicamente en cualquier lugar y recipiente.
Antideflagrante	El riesgo de explosión es nulo.
Temperatura	Muy seguro incluso e temperaturas extremas.
Limpieza	Si se producen escapes, no es tóxico, y se lo puede depurar fácilmente con filtros.
Elementos	El diseño de sus elementos es simple y fácil de usar.
Velocidad	Podemos obtener velocidades tanto bajas como muy elevadas.
Regulación	Las velocidades y fuerzas pueden ser regulables de manera continua
Sobrecargas	Los elementos neumáticos pueden trabajar hasta su total parada sin riesgos de sobrecarga o calentamiento

Fuente: (Cultural, 2002)

2.3 Inconvenientes del aire comprimido

El aire comprimido presenta inconvenientes como los observados en la Tabla 3.

Tabla 3. Inconvenientes del aire comprimido

Desventajas	Descripción
Preparación	Es necesario eliminar humedad e impurezas antes de ser utilizado.
Velocidad	Debido a su gran compresibilidad no podemos obtener velocidades muy uniformes.
Ruidos	Los escapes de aire se pueden atenuar mediante silenciadores.
Esfuerzos	Son limitados de 2000 a 3000 Kg con una presión de trabajo de 7 Kg/cm ² .
Coste	Es una tecnología cara pero se compensa por su buen rendimiento y fácil instalación.

Fuente: (Cultural, 2002)

2.4 Elementos básicos de un circuito neumático.

Los elementos básicos de un circuito neumático se muestran en la Figura 2.

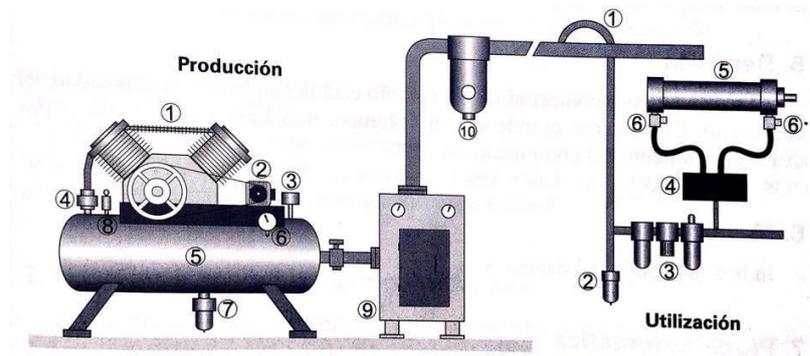


Figura 2. Circuito neumático básico

Fuente: (Training, 2003)

Dichos elementos del circuito neumático se dividen en dos grandes grupos que son: El sistema de producción y el sistema de utilización. El sistema de producción es el encargado de comprimir y administrar de forma adecuada el aire presurizado y tratado al sistema de utilización, el mismo que se encarga se transformar la presión de aire en trabajo mediante el uso de actuadores y los cuales son comandados por medio de válvulas de control. Estos sistemas se detallan a continuación.

2.4.1 Sistema de producción

Los elementos que componen este sistema son de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema neumático, ya que de este depende directamente la calidad del aire que se entrega al sistema de utilización. Estos elementos se enumeren como se muestra a continuación.

1) Compresor

El aire aspirado a presión atmosférica se comprime y se entrega a presión más elevada al sistema neumático. Se transforma así la energía mecánica en energía neumática. A continuación en la Tabla 4 se muestran los siguientes tipos de compresores: (Training, 2003)

Tabla 4. Tipos de compresores de aire

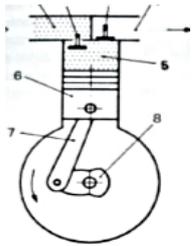
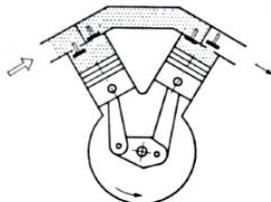
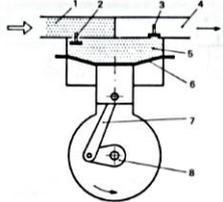
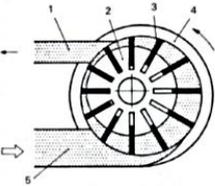
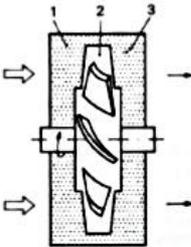
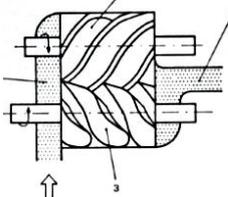
Tipo	Estructura interna	Descripción y Aplicación
Compresores alternativos de embolo	<p style="text-align: center;">De una etapa</p> 	Su función es muy parecida a la de los motores de combustión, el aire es absorbido y envía presurizado al depósito. Su uso es muy artesanal pues sirve para trabajos pequeños, aunque son muy eficientes.
	<p style="text-align: center;">De dos etapas</p> 	Es la unión de dos compresores de una etapa, en la primera etapa el aire se comprime hasta unos 5 bar y en la segunda etapa de 10 a 15 bar como se aprecia en la figura. Su uso es industrial, pues alcanza presiones de este tipo, con este tipo de compresores se puede alimentar a una empresa.
Compresores alternativos de membrana		El principio de funcionamiento es básicamente igual al de los anteriores, pero este consta de una membrana solidaria al pistón, la cual produce la compresión del aire atmosférico. También se usa para proyectos pequeños por su capacidad moderada.

Tabla 4. (Continuación) Tipos de compresores de aire

Compresores rotativos	<p>De paletas</p> 	<p>Como se puede apreciar consta de unas paletas que se desplazan a la periferia del armazón por fuerza centrífuga, como su rotor es excéntrico, causa que las paletas compriman el aire aspirado de una manera muy eficiente, por esta configuración su ruido es menor que los compresores alternativos. Son útiles en acondicionadores de aire y básicamente en cualquier campo, pues su aire es limpio, seco y con presiones de 10 a 13 bar en un ciclo de trabajo al igual que todos los rotativos.</p>
	<p>Turbocompresor axial</p> 	<p>Este tipo de compresores tienen un funcionamiento muy parecido al de los turbosautomotrices, pues comprimen el aire mediante sus paletas alabeadas. La aplicación de este al igual que todos los compresores rotativos se encuentra en la industria farmacéutica, transformadores de alimentos etc, porque al no tener lubricantes el aire es limpio y seco.</p>
	<p>De rodillo</p> 	<p>Al girar los dos tornillos helicoidales de perfiles de diente cóncavo y convexo, comprimen el aire y lo impulsan hacia la salida. Sus aplicaciones son infinitas, pues en una sola carrera de compresión pueden generar fácilmente de 10 a 13 bar, lo que los hace idóneos para cualquier tarea.</p>

Fuente: (Nicolás, 2009)

2) Motor Eléctrico

La función de un motor eléctrico es suministra la energía mecánica al compresor, este tipo de motores son los más usados como accionamiento para los compresores de aire, debido a su fiabilidad ya que el mantenimiento es casi nulo, por su costo accesible, por su reducido tamaño en comparación a la fuerza que otorga, su fácil montaje y su amplia disponibilidad en el mercado en caso de recambios.



Figura 3. Motor eléctrico

Fuente: (Nicolás, 2009)

Las partes y funciones que conforman un motor eléctrico son las siguientes:

- **Carcaza o caja:** Su función es envolver las partes internas del motor, protegiéndolo de agentes externos como la corrosión, la humedad, etc.
- **El estator o inductor:** Su función es generar el campo magnético que provocará el movimiento del inducido o rotor por medio un bobinado de cobre.
- **El inducido o rotor:** Su función es producir el movimiento, esto se logra debido al campo magnético generado por el estator, la fuerza del rotor está relacionado directamente con la electricidad que circula y el tamaño del bobinado.

La clasificación de los motores eléctricos es basta como, se observa en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Clasificación de los motores eléctricos.

Corriente alterna	Por su velocidad	Asíncronos Cuando la velocidad del campo magnético generado por el estator supera la velocidad del rotor.	
		Síncronos Cuando la velocidad del campo magnético generado por el estator es igual a la del giro del rotor.	<ul style="list-style-type: none"> • Síncronos trifásicos. • Asíncronos sincronizados. • Con un rotor de imán permanente.
	Por el tipo de rotor	<ul style="list-style-type: none"> • De anillos rozantes. • Con colector. • De jaula de ardilla. 	
	Por su número de fases de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Monofásicos. • Bifásicos. • Trifásicos. • Con arranque auxiliar bobinado. • Con arranque auxiliar bobinado y condensador. 	

Tabla 5. (Continuación) Clasificación de los motores eléctricos.

Corriente continua	<ul style="list-style-type: none">• De excitación en serie.• De excitación en paralelo.• De excitación compuesta.
Universales	Pueden funcionar de igual manera con corriente alterna o continua.

Fuente: (Training, 2003)

3) Presostato

El presostato se encuentra conectado directamente al depósito de aire comprimiendo y su función es comandar el motor eléctrico controlando la presión en el depósito. Se regula a la presión máxima a la que desconecta el motor y la presión mínima a la que vuelve a arrancar el mismo, sus aplicaciones son propias de los compresores. (Training, 2003)



Figura 4. Presostato

Fuente: (Nicolás, 2009)

4) Válvula Anti- retorno

Impide una sobre presión en el circuito por retroceso del fluido que puede ser empujado por partes móviles del circuito, como se puede apreciar en la figura 5 solo permite el paso de fluido en una sola dirección. Se aplica en sistemas que quieren mantener una sola dirección del aire presurizado, básicamente son válvulas check y se las puede encontrar entre el compresor y el depósito. (Roldan Viloría, 2003)

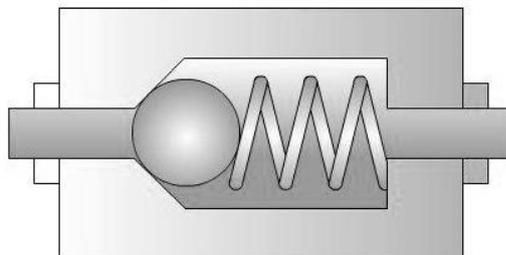


Figura 5. Válvula anti retorno

Fuente: (Nicolás, 2009)

5) Depósito

El depósito almacena el aire comprimido y su tamaño está definido por la capacidad del compresor, cuanto más grande sea su volumen, más largo son los intervalos de funcionamiento del compresor. Su función es almacenar el aire presurizado, comúnmente se encuentran en todos los compresores de aire y circuitos neumáticos. Su construcción se realiza en partes mediante chapa metálica que se une por soldaduras muy precisas que garanticen su estanqueidad (Trainning, 2003)

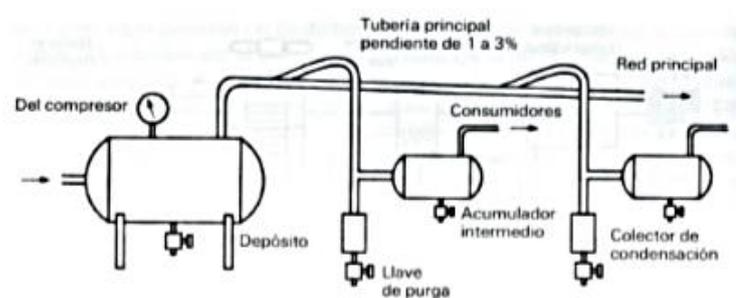


Figura 6. Depósito, acumuladores intermedios y colectores

Fuente: (Nicolás, 2009)

6) Manómetro

Indica la presión del depósito o la presión a la que se encuentra un determinado punto de un sistema neumático. Su uso es indispensable para conocer la presión a la que se está trabajando, prácticamente se encuentra en cualquier lugar donde haya un fluido presurizado como tanques de gas, líneas de aire comprimido, depósitos hidráulicos etc. (Trainning, 2003)



Figura 7. Manómetro

Fuente: (Nicolás, 2009)

7) Purga Automática

Su función es eliminar toda el agua que se condensa en el depósito sin considerar supervisión. Las podemos encontrar en prácticamente todos los circuitos neumáticos, más en los de uso industrial. (Trainning, 2003)



Figura 8. Dispositivo de purga automática

Fuente: (Nicolás, 2009)

8) Válvula de seguridad

Se usa en todos los sistemas que trabajen con fluidos a presión su función es expulsar el aire comprimido si la presión en el depósito sube por encima de la presión graduada ya que se conecta directamente a este. Se usa en grandes acumuladores de fluido, por ejemplo en estaciones de gas natural, para impedir explosiones. Existen del tipo mecánicas que constan en su interior de un muelle graduado el cual alivia la presión si esta excede su fuerza estos se encuentran en la mayoría de sistemas neumáticos aunque también existen los eléctricos y electrónicos que por medio de sensores o elementos piezoeléctricos detectan la presión. La presión máxima a que se regula depende directamente de la regulación que le dé el operario o a la presión a la que se requiere que trabaje el sistema. (Trainning, 2003)

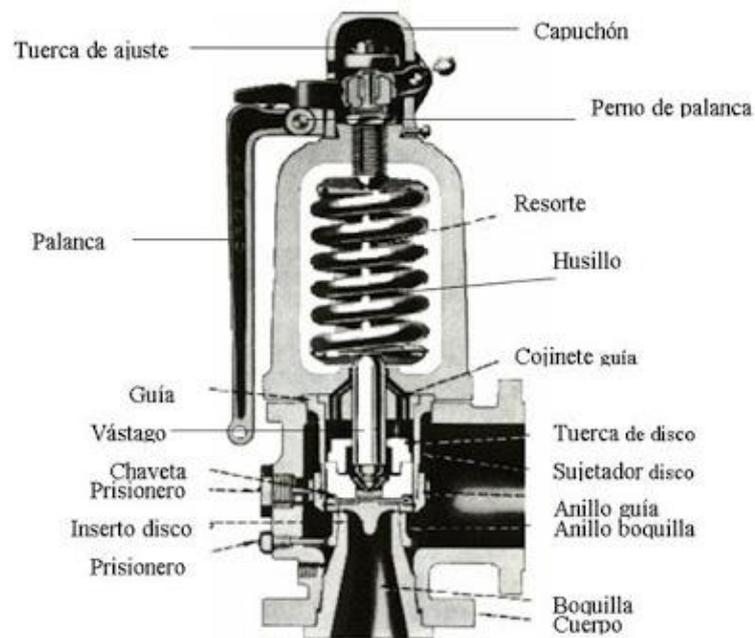


Figura 9: Válvula de seguridad

Fuente: (Nicolás, 2009)

9) Secador de aire refrigerado

El secador de aire refrigerado tiene la función de enfriar el aire comprimido hasta pocos grados por encima del punto de congelación y condensa la mayor parte de la humedad del aire, lo que evita tener agua en el resto del sistema. El secador de aire es uno de los elementos indispensables en la industria, prácticamente está presente en cualquier lugar con un sistema de aire comprimido. (Trainning, 2003)



Figura 10: Secador de aire.

Fuente: (Nicolás, 2009)

10) Filtro

Se coloca al principio de la instalación su finalidad es eliminar toda clase de impurezas que pueden obstaculizar el circuito neumático. Cabe recalcar que en este ítem se habla sobre el filtro de aire que está siempre a la entrada del compresor el cual evita que ingresen partículas que pueden dañar los elementos internos del mismo. (Roldan Viloría, 2003)



Figura 11: Filtro de aire

Fuente: (Nicolás, 2009)

2.4.2 Sistema de utilización

El sistema de utilización comprende todos los elementos que controlan y transforman el aire presurizado en movimiento, mediante el uso de válvulas de control y actuadores neumático, su rendimiento y su vida útil depende de la calidad de aire que se generada en el sistema de producción.

1) Purga de aire

La purga de aire es un elemento neumático, parte del sistema del sistema de utilización que sirve para eliminar el condensado existente. La figura 12 muestra una purga manual, es decir que requiere del accionamiento periódico del operario, su manipulación se realiza presionando un botón que se encuentra en la parte inferior del mismo, produciéndose de esta manera la eliminación del condensado. (Training, 2003)

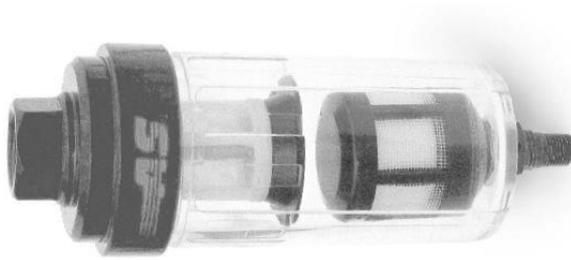


Figura 12. Purga de aire condensado

Fuente: (Nicolás, 2009)

2) Purga automática

Para impedir que el agua se quede en la cañería de distribución, en el caso en que se descuide la purga manual, el método más eficaz es una purga automática. Su función es eliminar toda el agua que se condensa en el depósito sin considerar supervisión. Las podemos encontrar en prácticamente todos los circuitos neumáticos, más en los de uso industrial (Training, 2003)



Figura 13. Dispositivo de purga automática

Fuente: (Nicolás, 2009)

3) Unidad de acondicionamiento del aire

La unidad de mantenimiento acondiciona el aire comprimido para suministrarlo limpiamente y a una presión óptima y ocasionalmente añade lubricante para alargar la vida útil de los ponentes del sistema neumático que necesitan lubricación. Esta unidad de mantenimiento es una combinación del filtro de aire comprimido, del regulador de presión y del lubricador de aire comprimido.

La presión de trabajo nunca debe sobrepasar lo marcado en esta unidad y la temperatura nunca debe exceder los 50 grados centígrados si el recipiente es de plástico. Uno de los elementos más importantes es el filtro de aire que es el encargado de eliminar todas las partículas sólidas que se

encuentren en este, cuando el aire ingresa, obligadamente pasa por una chapa deflectora, la que hace fluir el aire como remolino, aglutinando las partículas de agua en la pared de la unidad de mantenimiento y de esta forma produciéndose la condensación. Por otro lado el lubricador de aire comprimido tiene la misión de mantener lubricados los elementos neumáticos en la medida necesaria, previniendo el desgaste de estas, reduciendo el rozamiento y protegiendo los elementos contra la corrosión. Los aceites que se emplean deben ser muy fluidos, contener aditivos antioxidantes, contener aditivos antiespumantes, no perjudicar los materiales de las juntas y deben tener una viscosidad muy poco variable en temperaturas de entre 20 y 50 grados centígrados.

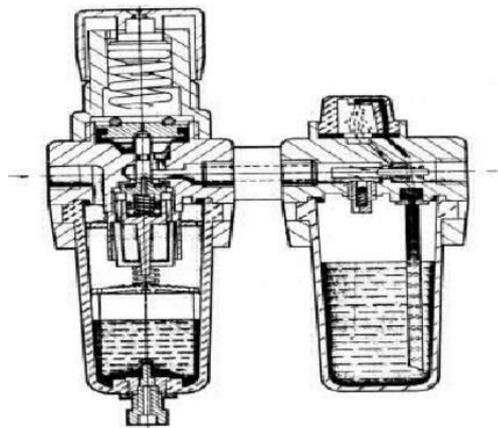


Figura 14. Unidad de mantenimiento

Fuente: (Nicolás, 2009)

Los filtros por su aplicación se clasifican en tres tipos, los primeros son los pre-filtros que se instalan después de los compresores, cuya misión es limitar el paso de las partículas gruesas que podría aspirar el compresor, algunos de estos incluso pueden eliminar pequeñas cantidades de agua y aceite al mismo tiempo que eliminan partículas sólidas, con una capacidad de filtrado superior a 1 micra y 1 mg/m³ de aceite. Por otro lado tenemos los filtros intermedios que se instalan a continuación de los pre-filtros, su función es proteger a los diferentes accesorios y equipos instalados en la red de aire y estos a la su vez se subdividen de acuerdo a su capacidad de filtrado, en cuatro diferentes que son: filtros de partículas (0,1 micras y para aceite o agua hasta 0,1 mg/m³) que suelen ser usados a las salida de los secadores de adsorción, también tenemos los filtros de carbón activo que eliminan parcialmente vapores y olores de aceite dejando un residuo muy pequeño de 0,003 mg/m³ aproximadamente, torres de carbón activo, que se emplean para reducir al máximo los residuales de vapor de aceite y por último los filtros catalizadores usados en sistemas de respiración humana para la eliminación del monóxido de carbono. (Training, 2003)

Las normas ISO 8573 son el grupo de normas internacionales referentes a la calidad o pureza del aire comprimido. La norma cuenta con nueve partes: la primera especifica los requisitos de calidad del aire comprimido y las partes dos a nueve especifican los métodos de prueba para una amplia gama de contaminantes.

Entonces se tienen las siguientes normas: norma ISO8573-1:2010 que especifica la cantidad de contaminación admisible en cada metro cúbico de aire comprimido, norma ISO8573-2:2007 que especifica el método de prueba para contenido de aerosoles de aceite, norma ISO8573-3:1999 que especifica el método de prueba para la medición de la humedad, norma ISO8573-4:2001 que especifica el método de prueba para contenido de partículas sólidas, Norma ISO8573-5:2001 que especifica el método de prueba para el contenido de vapores de aceite y disolventes orgánicos, norma ISO8573-6:2003 que especifica el método de prueba para contenido de contaminantes gaseosos, norma ISO8573-7:2003 que especifica el método de prueba para contenido de contaminantes microbiológicos posibles, norma ISO8573-8:2004 Especifica el método de prueba para contenido de partículas sólidas por concentración másica, norma ISO8573-9:2004 especifica el método de prueba para contenido de agua líquida.

4) Válvula direccional

Proporciona presión y pone a escape alternativamente las dos condiciones del cilindro para controlar la presión del movimiento. Sus aplicaciones son muy amplias, pues estas son las que accionan un circuito neumático. (Training, 2003)



Figura 15. Válvula distribuidora

Fuente: (Training, 2003)

5) Actuador

Transforma la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico. Existen gran cantidad, como los cilindros neumáticos que se usan para troqueles, en las puertas de los buses para su accionamiento, para estampadoras, etc. También tenemos los motores neumáticos y las turbinas

neumáticas las que podemos encontrar en los equipos de dentistas. Las aplicaciones de estos actuadores son infinitas y se las encuentra en la mayoría de industrias, desde la alimenticia, hasta ensambladoras. (Training, 2003)

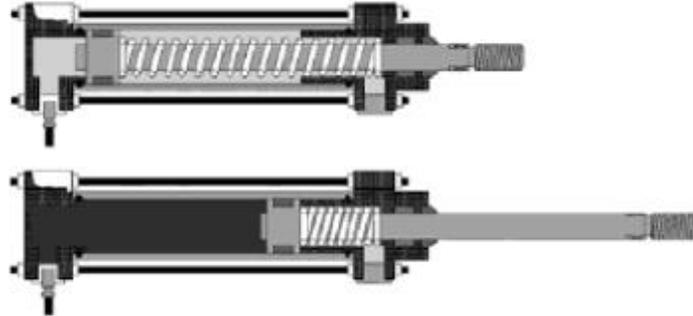


Figura 16. Cilindro de doble efecto

Fuente: (Creus Solé, 2011)

6) Controladores de velocidad

Permite una regulación fácil y continua de la velocidad del movimiento del actuador a través de la estrangulación del caudal. Por ejemplo los encontramos a las entradas de los cilindros neumáticos regulando la velocidad de salida y retorno de estos. (Training, 2003)



Figura 17. Regulador de caudal

Fuente: (Nicolás, 2009)

2.5 Símbolos neumáticos.

Existen diferentes normas para representar los elementos neumáticos, entre ellas está la norma ISO 1219 se tiene los siguientes símbolos, los mismos que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Símbolos neumáticos

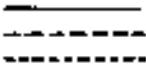
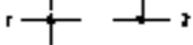
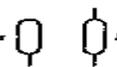
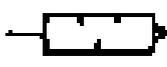
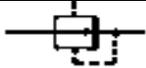
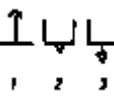
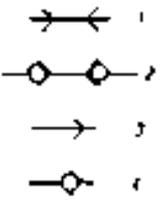
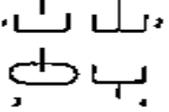
Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Tuberías o conductos: 1. De trabajo 2. Pilotado 3. De purga		Unidad de mantenimiento simplificada
	Conductor flexible		Inicio de instalación con presión
	Unión de tuberías		Medidor de caudal
	Cruce de tuberías sin unión		Acumuladores: 1. Hidráulico 2. Neumático
	Reductor de presión.		Silenciador
	Reducción de presión pilotado		Filtro
	Manómetro		Purgadores 1. Mando manual 2. Mando automático
	Purga de aire: 1. Orificio de evacuación. 2. No conectable. 3. Conectable por rosca.		Filtro con purgador 1. Mando manual 2. Mando automático
	Acoplamientos rápidos: 1. Sin válvula anti retorno. 2. Acoplamiento con válvula ante retorno 3. Acoplamiento simple. 4. Conducciones con depósito de carga.		Válvula
	Depósitos		Válvulas antiretorno regulada y no regulada

Tabla 6. (Continuación) Símbolos neumáticos

	Grupo de acondicionamiento de		Regulador de caudal
	Distribuidor 3/5		Accionamiento mediante presión y resorte
	<p style="text-align: center;">Distribuidores</p> <p>a) Distribuidor de dos posiciones.</p> <p>b) Distribuidor de tres posiciones con posición intermedia de paso.</p> <p>c) Distribuidor de tres posiciones indistintas</p> <p style="text-align: center;">Vías interiores.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Una vía 2. Dos vías paralelas 3. Dos vías cruzadas 4. Dos orificios cerrados 5. Dos vías de conexión transversal 6. Dos orificios cerrados y dos vías en by pass 7. Un orificio cerrado y dos vías cruzadas. 8. Un orificio cerrado y dos vías en paralelo. 9. Cuatro orificios cerrados. 		

Fuente: (Viloria, 2012)

2.6 Dispositivos de mando y actuadores

Los dispositivos de mando y actuadores trabajan en conjunto, pues dichos actuadores necesitan ser controlados por los dispositivos de mando como son las válvulas.

2.6.1 Dispositivos de mando

Estos dispositivos son los que comandan el funcionamiento o accionan a los actuadores.

2.6.1.1 Válvulas neumáticas

Se conoce con el nombre válvulas a los órganos de mando que controlan las fases de trabajo de máquinas, útiles y dispositivos.



Figura 18. Válvula distribuidora

Fuente: (Training, 2003)

Según (Cultural, 2002), las válvulas tienen las siguientes funciones:

- Mandar o regular la puesta en marcha de un circuito, o pararlo.
- Regular presión
- Regular caudal
- Dirigir el aire comprimido en la dirección que previamente se haya establecido.

Según la norma DIN 24300 y recomendaciones CETOP encontradas en (Cultural, 2002) , se subdividen en 5 grupos:

- Válvulas distribuidoras.
- Válvulas de bloqueo.
- Válvulas de presión.
- Válvulas de caudal.
- Válvulas de cierre.

Válvulas distribuidoras.

Las válvulas distribuidoras son aquellas que tienen la misión de dirigir el aire presurizado por sus diferentes vías, según la posición que se les dé. Este tipo de válvulas tienen algunos tipos de accionamientos, como el accionamiento manual.

Accionamiento manual.- Las válvulas distribuidoras de accionamiento manual son aquella que para su accionamiento requieren de la acción voluntaria del operador, como se aprecia en la Figura 19. Entre los accionamientos manuales según ISO 1219 tenemos:

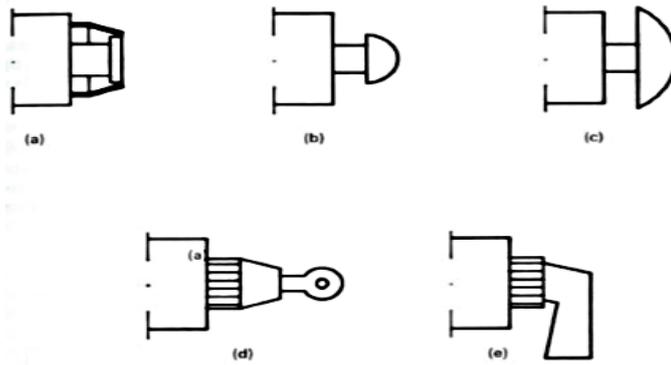


Figura 19. Tipos de accionamiento manual en válvulas distribuidoras

Fuente: (Creus Solé, 2011)

(a) pulsador rosante protegido; (b) tipo seta; (c) tipo seta de mayores dimensiones; (d) y (e) válvulas selectoras de llave.

Otros tipos de accionamiento manual se muestran en la **Figura 20**.

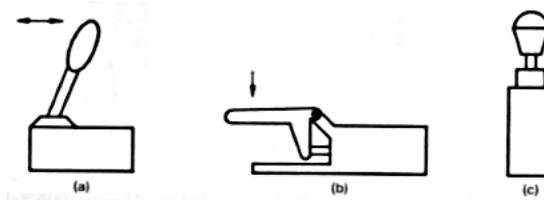


Figura 20. Accionamiento manual de válvulas distribuidoras

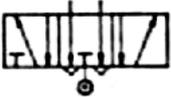
Fuente: (Creus Solé, 2011)

(a) De palanca y dos posiciones; (b) de pedal y retorno por muelle; (c) de pulsador y dos posiciones. Entre las válvulas distribuidoras, las comúnmente usadas se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7. Válvulas distribuidoras más comunes según ISO 1219.

Válvula tipo	Actuador	Función	Simbología
3x2	-Cilindro -Motor	Es una válvula de 3 vías y 2 posiciones, es decir que existen 3 vías por donde entra aire y 2 posiciones de la válvula para mover el actuador.	

Tabla 7. (Continuación) Válvulas distribuidoras más comunes según ISO 1219.

5x2	-Cilindros -Motores	Es una válvula de 5 vías y 2 posiciones, las cuales nos sirven para accionar un actuador en 2 direcciones, una a la vez, pero carece de una posición central por lo cual, si esta es accionada se mantendrá accionada.	
5x3	-Cilindros -Motores	Es una válvula de 5 vías y 2 posiciones, las cuales nos sirven para accionar un actuador en 2 direcciones, una a la vez, pero tiene una posición central en la que se bloquea el paso de aire, por consecuencia el movimiento.	

Fuente: (Creus Solé, 2011)

2.6.2 Actuadores Neumáticos

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolos; estos también proporcionan movimiento rotativo con un ángulo de hasta 270° por medio de actuadores del tipo de paleta y de piñon- cremallera, y motores neumáticos de rotación continua.

2.6.2.1 Cilindro de simple efecto

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo en un solo sentido. El émbolo retorna por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como carga, movimiento mecánico, etc. Puede ser de tipo, “vástago retraído” o “vástago extendido”, siendo el primero más utilizado. Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc.

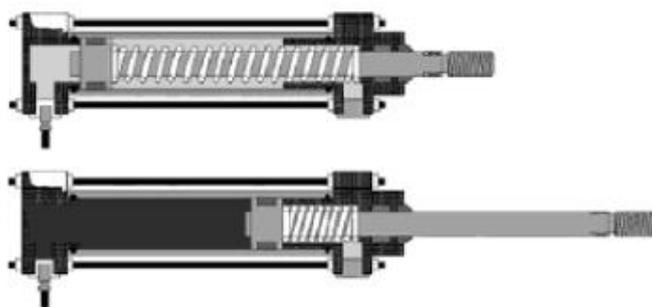


Figura 21. Cilindro de simple efecto

Fuente: (Creus Solé, 2011)

Los cilindros de simple efecto tienen un consumo de aire algo más bajo que el cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo hay una reducción de impulso debido a una fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno mayor. También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada.

2.6.2.2 *Cilindro de doble efecto*

Con este actuador, el trabajo se desarrolla en las dos carreras de salida y retroceso, dado que la presión del aire se aplica alternativamente a los lados opuestos del émbolo. Por esta razón el impulso disponible en la carrera de retroceso es menor debido a que el área efectiva del émbolo es más pequeña pero se trata solo de una consideración si el cilindro tiene que “mover” la misma carga en los dos sentidos.

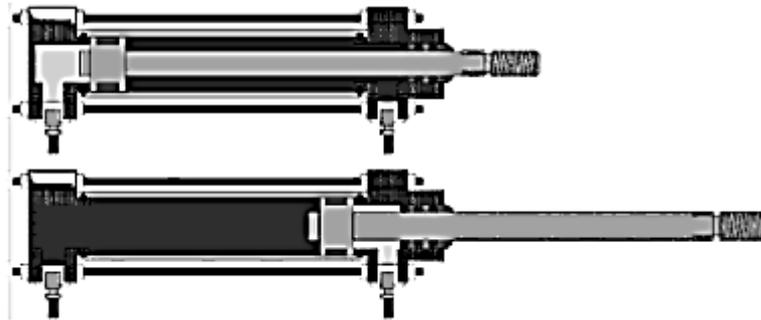


Figura 22. Cilindro de doble efecto

Fuente: (Creus Solé, 2011)

2.6.3 *Parámetros de selección de cilindro neumático*

Es necesario calcular la fuerza que ejercerá el cilindro neumático por medio de la selección óptima de su diámetro, tomando en cuenta la presión de aire disponible además de las pérdidas debido al rozamiento, fugas de aire y pérdidas mecánicas.

2.6.4 *Cálculo de la fuerza*

Según (Nicolás, 2009), para el cálculo de la fuerza desarrollada en un cilindro de doble efecto se toma en consideración la presión del aire, la sección del émbolo y el rendimiento o pérdidas que existen en el circuito neumático. Para el retroceso se toma en cuenta el diámetro del vástago. Para el cálculo de la fuerza teórica del cilindro se utiliza la siguiente fórmula.

$$F = p * A \tag{1}$$

Donde:

F= Fuerza teórica requerida

p= Presión

A= Área del émbolo

Para el cálculo de la fuerza real se toma en cuenta el rendimiento interno del cilindro como se muestra en la figura 23. La forma de obtener el rendimiento interno del cilindro mediante el uso de esta tabla es el siguiente: Se identifica en la parte inferior de la tabla las presiones de trabajo, y atravesando esta se encuentran líneas continuas y entre cortadas, como se explica en la tabla, las líneas continuas se usan para cilindros estándar neumáticos y las entre cortadas para aplicaciones hidráulicas. Por ejemplo si se está trabajando con 4 Bar y el cilindro a utilizar tiene un diámetro de 50 mm, se proyectará una línea vertical desde la marca de 4 Bar hasta la línea curva de 50 mm, obtenido este punto de cruce se traza una línea horizontal hacia la izquierda y se tendrá un valor de rendimiento interno, en este caso es de 0,9 aproximadamente.

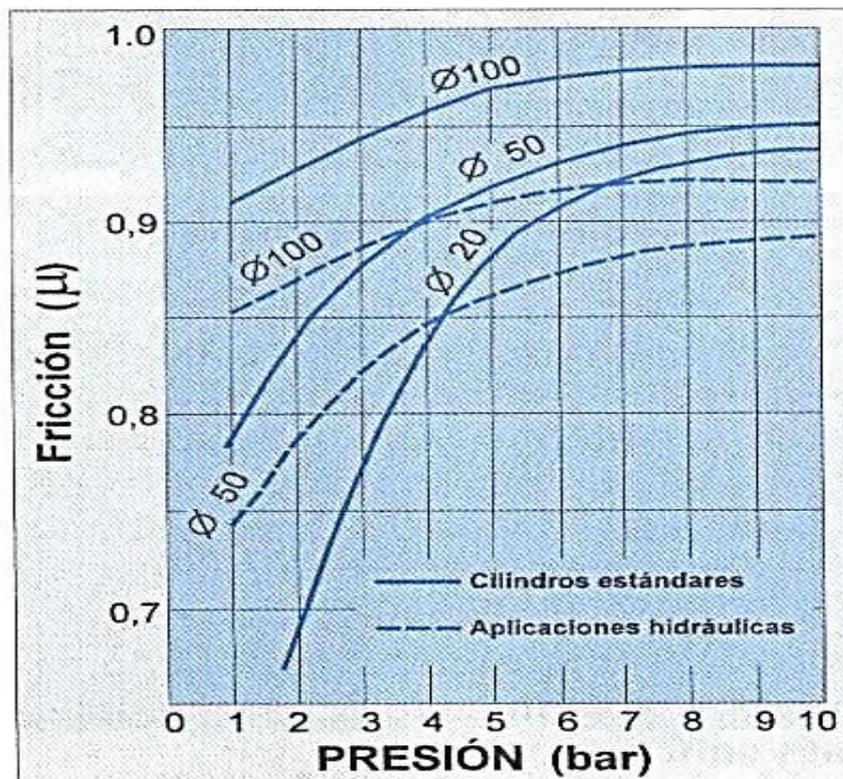


Figura 23. Rendimiento interno μ

Fuente: (Training, 2003)

$$F_{Ra} = \frac{\pi * D^2}{4} * p * \mu \text{ (Kgf)}$$

(2)

$$F_{Rr} = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * p * \mu \text{ (Kgf)}$$

(3)

$$A_r = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} \text{ cm}^2 \text{ (en retroceso)}$$

(4)

Siendo:

- F_{Ra} = Fuerza necesaria en avance.
- F_{Rr} = Fuerza necesaria en retroceso.
- D = Diámetro del émbolo.
- d = Diámetro del vástago.
- μ = Rendimiento interno del cilindro.

Otra forma de seleccionar el tamaño de un cilindro es basándose en la Figura 24 que indica las fuerzas teóricas para 5, 7 y 10 bar (líneas transversales de la tabla), o consultando directamente con el fabricante. Para usar esta tabla se debe identificar los valores en cada parte de esta, en la parte superior están las dimensiones de los diámetros de los cilindros neumáticos en milímetros desde 4 a 30 mm, e la parte inferior también, pero con dimensiones que van de los 32 a los 300 mm, en la parte izquierda de la tabla se encuentran los valores de fuerza generada por los cilindros, pertenecientes a los diámetros menores o de la parte superior y en la derecha están los valores de fuerza pertenecientes a los cilindros de diámetros mayores o de la zona inferior de la tabla. Por ejemplo si se tiene una presión de trabajo de 7 bar y un diámetro de cilindro de 100 mm, se traza una línea vertical desde la marca de 100 mm hasta la línea transversal de 7 Bar, a partir del punto de cruce obtenido se traza una línea paralela a la de los diámetros hacia la derecha y se obtiene

un valor de 5500 N aproximadamente.

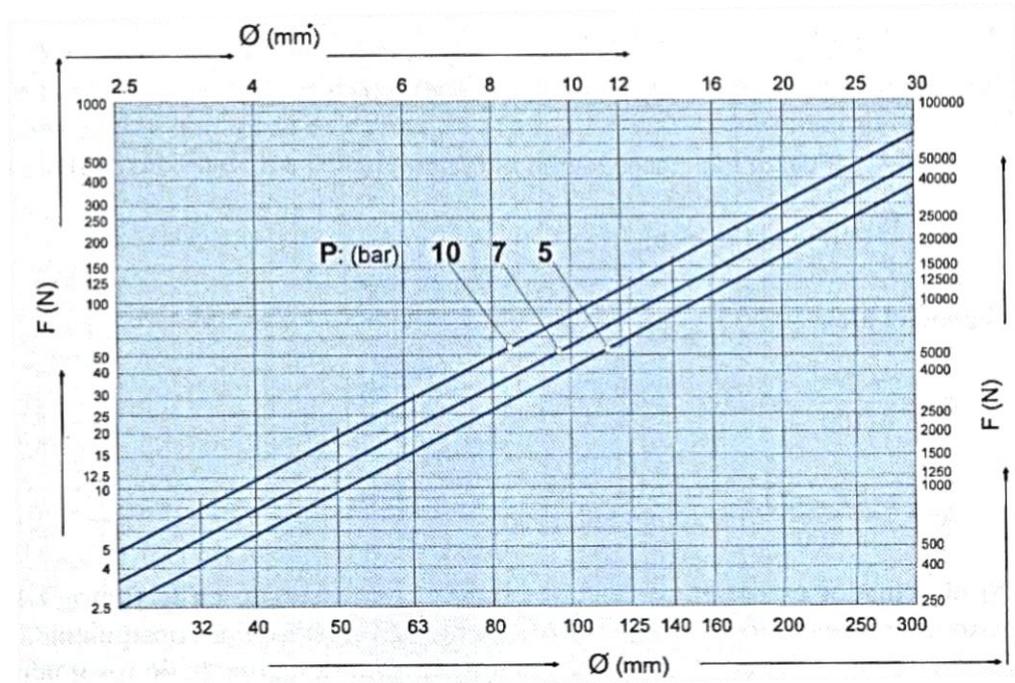


Figura 24. Fuerza teórica de los cilindros

Fuente: (Training, 2003)

2.6.5 Consumo de aire

El consumo de aire es un factor que sirve para determinar las dimensiones del compresor y su depósito de aire, así mismo para conocer el gasto energético de los elementos que componen el circuito. El consumo de aire comprimido se determina con la Ecuación 5

$$V = \frac{\pi * (2D^2 - d)}{4} * C$$

(5)

Donde:

V= Consumo de aire, cm³.

D= Diámetro del émbolo.

d= Diámetro del vástago.

C= Carrera del cilindro.

2.6.6 Cálculo de caudal

El caudal es el volumen de aire por unidad de tiempo que circula por una tubería, en este caso el caudal necesario para el accionamiento del cilindro, se calcula como expresa la ecuación 6.

$$Q = \frac{\pi * C * p * n(2D^2 - d^2)}{4000}$$

(6)

Donde:

Q= Caudal; l/min

n= ciclos/ minuto

Debido al consumo de tuberías y resto de elementos neumático al caudal encontrado se le debe sumar de un 20% a un 30% el caudal del cilindro.

2.6.7 Pandeo

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos. Se presenta cuando la sección transversal de un elemento en este caso el vástago del cilindro es demasiado pequeño en comparación a la longitud de este. Se debe verificar si existe o no pandeo, pues este puede causar fallas de funcionamiento, por ejemplo, con el vástago pandeado se reduciría la carrera útil de este, también se pueden producir deformaciones irreversibles en el cilindro neumático y resto de elementos que dependan de este y por último no se podría realizar la operación necesaria por falta de fiabilidad y riesgos que implica esto.

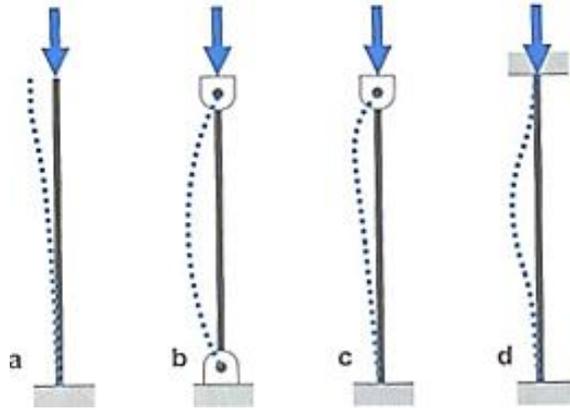


Figura 25. Distintos casos de pandeo

Fuente: (Training, 2003)

Por lo tanto la carga máxima de pandeo obedecerá a la siguiente expresión:

$$F_{K_2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 \cdot L^2} \quad (7)$$

Donde:

$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$ (módulo elástico del acero al carbono).

$J = \pi \cdot D^4 / 64 \text{ mm}^4$ (momento de inercia)

$L =$ Longitud libre de pandeo

Siendo la fuerza de compresión:

$$F_k = P \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{400} \right) \cdot 9,81 \text{ N} \quad (8)$$

Y:

$P =$ Presión en bar.

$D =$ Diámetro en mm.

Tendremos que el coeficiente de seguridad es:

$$S = \frac{F_{K_2}}{F_k} \text{ (no debe ser inferior a 5)}$$

(9)

Al ser la barra un cilindro, surgen las siguientes posibilidades de sujeción.

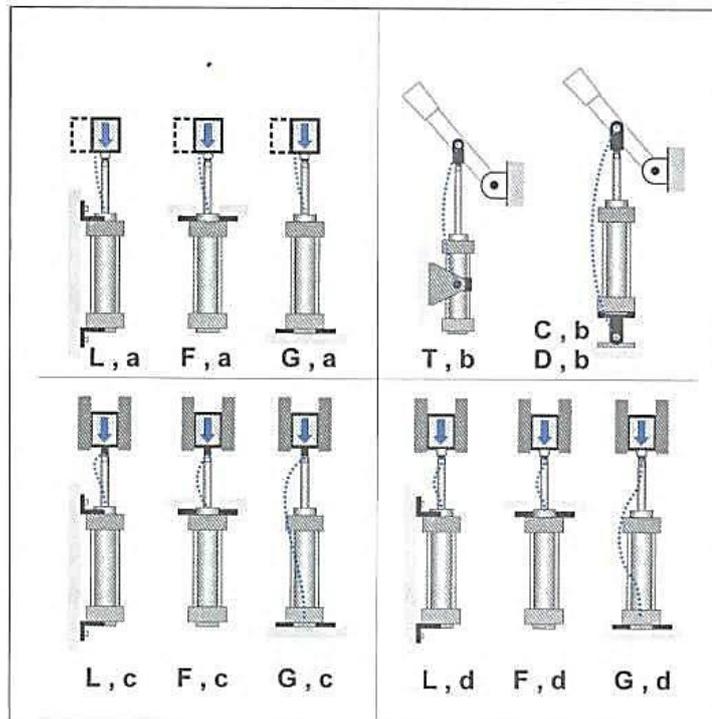


Figura 26. Distintos tipos de sujeción de cilindros

Fuente: (Training, 2003)

Para saber si la carrera del cilindro está comprometida o no con el pandeo se debe definir su forma de montaje, a continuación la Figura 27 muestra si la carrera es óptima en función de la fuerza ejercida y el diámetro del vástago. Por ejemplo si se tiene un fuerza de 4000 N y un diámetro de vástago de 10mm, se trazará una línea recta desde la marca de los 4000 N hasta la línea transversal de los 10 mm, una vez obtenido el punto de cruce se traza una línea horizontal y paralela hacia la izquierda, donde se obtendrá una carrera máxima del vástago de 380 mm aproximadamente.

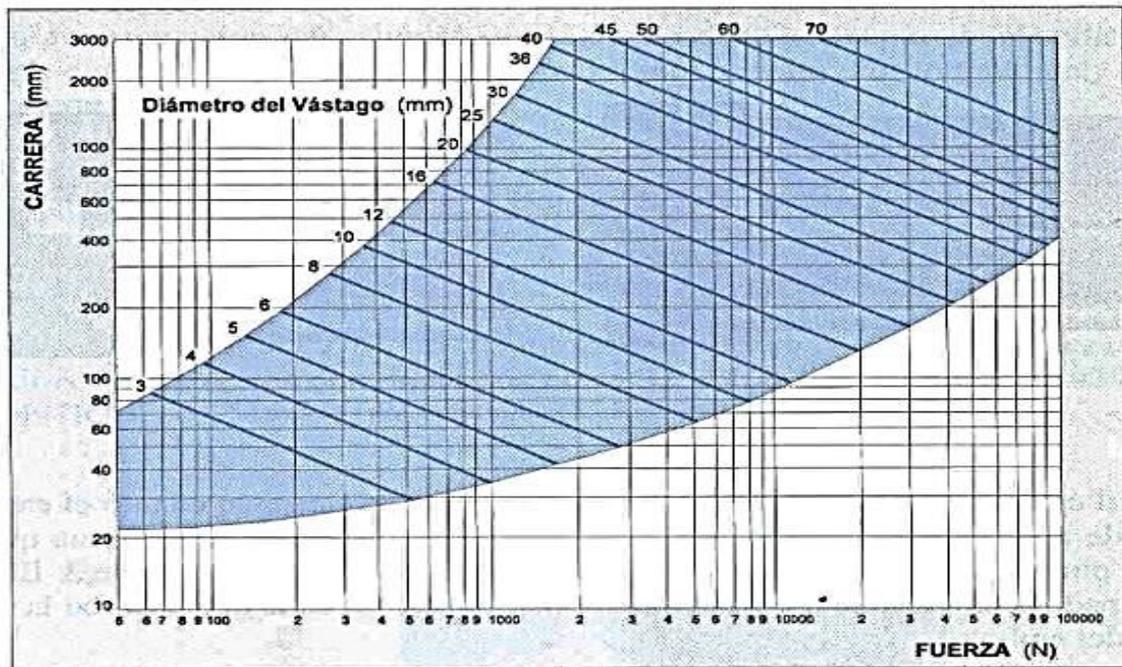


Figura 27. Verificación de esfuerzo de pandeo

Fuente: (Training, 2003)

2.6.8 Amortiguación

Al final de la carrera del cilindro siempre debe existir un mecanismo para absorber el choque e impedir que el cilindro se dañe. En los cilindros más pequeños podemos encontrar un muelle interno, en los más grandes un orificio de restricción regulable que actúa como una amortiguación neumática y si la velocidad del embolo supera los 500 mm/s será necesario un tope mecánico externo.

2.7 Suspensión

La suspensión es el conjunto de órganos mecánicos que unen los elementos de rodadura con la carrocería, la función de estos elementos es convertir los golpes que produce la calzada en oscilaciones. Según (Calvo Martín, y otros, 1997), las funciones fundamentales de un sistema de suspensión son:

- **Estabilidad** controlando las principales acciones que se ejercen sobre el vehículo, otorgando a las ruedas adherencia continua.
- **Confort** reduciendo en lo posible el movimiento del vehículo para que sea más placentero a los ocupantes.

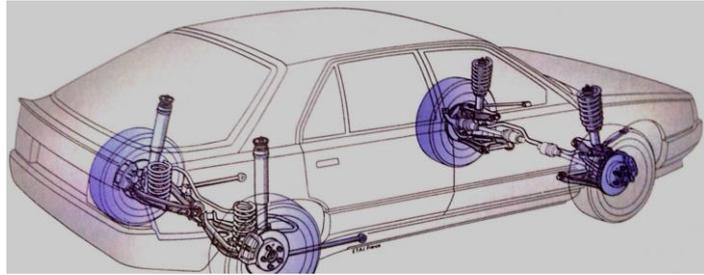


Figura 28. Esquema de la suspensión de un Renault

Fuente: (Cultural, 2000)

2.7.1 Componentes de la suspensión

La suspensión automotriz consta de una serie de elementos que al trabajar en conjunto proporcionan estabilidad y confort para los ocupantes del vehículo.

2.7.1.1 Muelles helicoidales

Estos son los más utilizados actualmente en especial en los automóviles de tipo turismo, están fabricados de acero elástico y con las especificaciones de diámetro, paso y medida de acuerdo a los requerimientos del fabricante. Son los encargados de absorber las irregularidades de la calzada o del terreno cuando el automóvil está en movimiento, sin estos el viaje sería muy incómodo y cansado.

Existen dos tipos, los de flexibilidad constante (Figura 29 a), en los cuales se puede observar que la deformación es directamente proporcional a la carga aplicada y los de flexibilidad variable (Figura 29 b, c, d) cuya deformación no varía proporcionalmente a la carga. En la industria automotriz los primeros son los más usados, sobre todo en automóviles de gama media y baja, mientras los de flexibilidad variable se usan en autos de gama alta y súper deportivos.

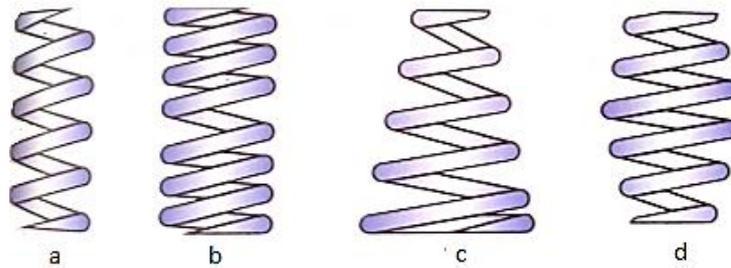


Figura 29. Clases de muelles helicoidales

Fuente: (Cultural, 2000)

2.7.1.2 Materiales para resortes

Existe una gran variedad de materiales a utilizar ,algunos de ellos son el acero al carbono, aceros resistentes a la corrosión, aceros de aleación, también otros materiales no ferrosos como el bronce fosforado, el latón para resortes ,cobre al berilio y varias aleaciones de níquel. A continuación la Tabla 8 muestra los materiales más usados en la fabricación de resortes.

Tabla 8. Materiales utilizados en la fabricación de resortes

Nombre del materia	Especificaciones similares	Descripción
Alambre de piano 0.800.95C	UNS G108050 AISI 1085 ASTM A228-51	Es el mejor, el más tenaz y el más empleado para resortes pequeños, no se usa a temperaturas mayores a 120 grados centígrados.
Alambre templado en aceite 0.60-0.70C	UNS G10650 AISI 1065 ASTM 29-41	Es la opción más económica al alambre de piano que se usa para espirales de mayores dimensiones. No es adecuada para cargas de choque e impacto.
Alambre estirado duro 0.60-0.70C	UNS G10660 AISI 1066 ASTM A227-47	Este material se usa de una forma más general donde la precisión y la durabilidad no son un factor clave.
Cromo vanadio	UNS G61500 AISI 6150 ASTM 231-41	Para cargas de choque y de impacto, es uno de los más utilizados en situaciones donde se requiere grandes prestaciones.
Cromo silicio	UNS GM G92540 AISI 9254	Para esfuerzos elevados y cargas de impacto que requieran larga vida.

Fuente: (Budynas, y otros, 2008)

Ley de Hooke

Si tenemos un muelle cuya longitud inicial es “ L_0 ” y bajo una fuerza en su extremo “ F ” alcanza una longitud final “ L ”. La deformación que produce la fuerza es igual a la variación de la longitud que experimenta el muelle. A esta variación de la longitud del muelle se la conoce como elongación.

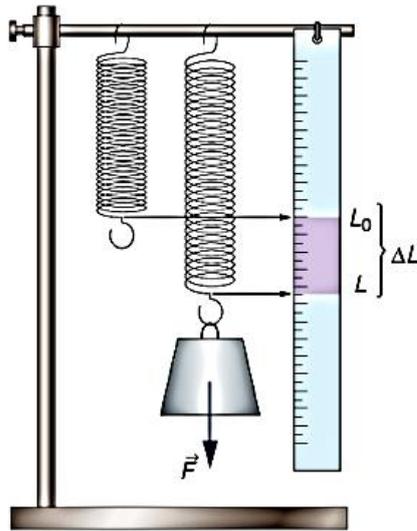


Figura 30. Deformación producida por una fuerza en el muelle

Fuente: (Andrés Cabrerizo, y otros, 2008)

$$\Delta L = L - L_0 \quad (10)$$

Donde:

- ΔL = Variación de la longitud
- L = Longitud final
- L_0 = Longitud inicial

Entonces experimentalmente se concluye que el módulo de la fuerza es directamente proporcional al alargamiento producido.

$$F = K \cdot \Delta L \quad (11)$$

2.7.1.4 Otros componentes de la suspensión

En (Cultural, 2000) se citan algunos de los componentes más importantes de la suspensión como son los siguientes.

- **La barra estabilizadora lateral.**-Su misión es procurar que los movimientos del vehículo sean admisibles, esta se encuentra uniendo ambas ruedas de un mismo tren y está anclado a la carrocería.
- **Estabilizadores longitudinales.**- Restringen los desplazamientos longitudinales relativos entre ruedas y la carrocería y van anclados entre ambos mediante uniones elásticas.
- **Elementos de soporte.**- Su misión es soportar los elementos elásticos y amortiguadores que están anclados a la carrocería.
- **Neumáticos.**- Por su configuración de cámaras de aire, proporcionan una amortiguación extra absorbiendo las irregularidades del camino.

2.7.2 Tipos de sistemas de suspensión

Se utilizan de dos tipos. Sistema de suspensión de eje rígido y sistema de suspensión independiente. (Cultural, 2000)

2.7.2.1 El sistema de eje rígido

Se compone de un solo eje en cuyos extremos están fijadas las 2 ruedas, por consiguiente las vibraciones so transmitidas de rueda a rueda, es decir que si una rueda es afectada por una irregularidad en rodaje, las vibraciones o movimiento se transmitirán a la siguiente rueda.

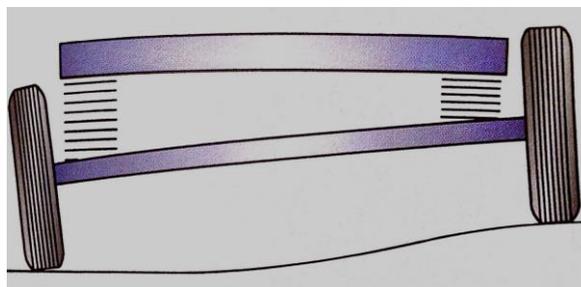


Figura 32. Bamboleo y resbalamiento lateral de las ruedas con eje rígido.

Fuente: (Cultural, 2000)

Esta configuración es resistente y genera mayor altura en caminos irregulares, pero es incómoda para los ocupantes.

2.7.2.2 *El sistema de ruedas independientes*

Como su nombre lo dice usa un montaje elástico independiente para cada rueda, evitando así que se transmita el movimiento de rueda a rueda, este tipo de configuración brinda confort a los ocupantes y es comúnmente usado en la suspensión delantera de la mayoría de vehículos, más en la trasera puede variar.

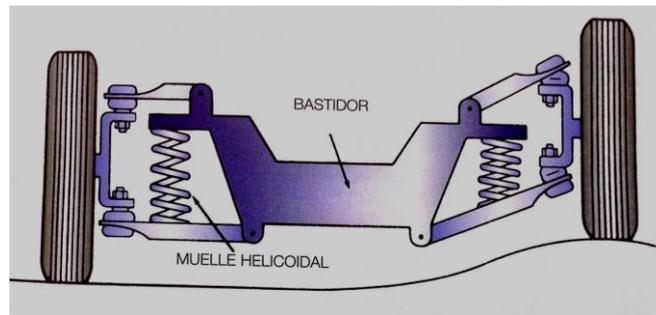


Figura 33. Acción del sistema de suspensión delantera independiente.

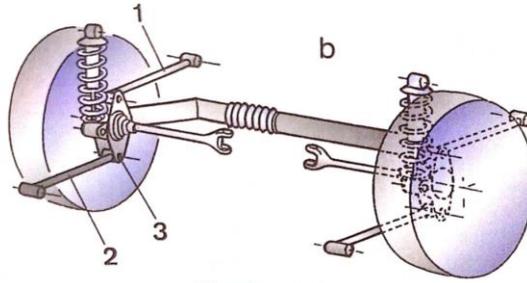
Fuente: (Cultural, 2000)

2.7.3 *Sistemas de suspensión que utilizan el conjunto espiral- amortiguador*

Existen algunos sistemas de suspensión que funcionan con un conjunto espiral amortiguador, de entre ellos el más común es el sistema Mac-Pherson. Se usan tanto en suspensiones delanteras como en traseras ya que otorgan un viaje más suave y mejora el confort para los pasajeros, este tipo de suspensiones tienen como ventaja su simplicidad y su bajo costo de producción, pero tienen inconvenientes ya que debido a su configuración el movimiento de la rueda no es vertical, produciendo vibraciones en el chasis.

2.7.3.1 *Sistema de eje rígido guiado longitudinalmente con paralelogramo de watt*

Se usa el paralelogramo de Watt para el guiado longitudinal y/o transversal cuando se sustituyen las ballestas por muelles helicoidales, puesto que estos no tienen rigidez suficiente en el sentido perpendicular al eje del muelle.



Dispositivo de Watt.
 a. Utilización para asegurar el guiado transversal - b. Utilización para asegurar el guiado longitudinal.
 1. Barra superior - 2. Barra inferior - 3. Pieza de unión.

Figura 34. Dispositivo de Watt

Fuente: (Cultural, 2000)

2.7.3.2 Sistema Mac Pherson

Es uno de los más usados para la suspensión delantera y para vehículos de tracción posterior con motor delantero, el muelle hace un conjunto concéntrico con el amortiguador, en este sistema el pivote de la dirección soporta una biela en su parte superior sobre la cual va situado el amortiguador.

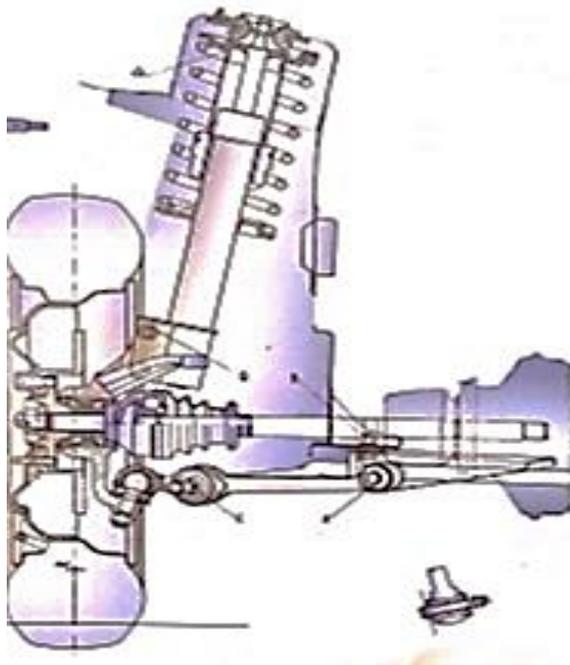
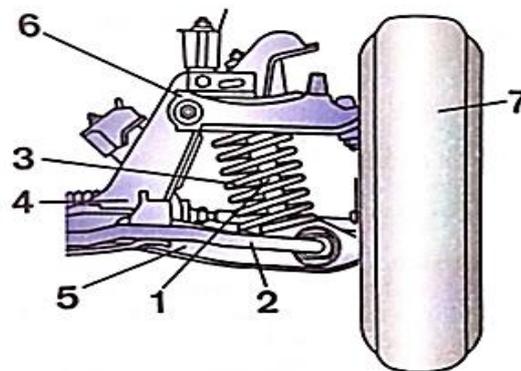


Figura 35. Suspensión Mac Pherson

Fuente: (Cultural, 2000)

2.7.3.3 Sistema a triángulos superpuestos.

El sistema de triángulos superpuestos también conocido como sistema de triángulos dobles se ha considerado tradicionalmente como el sistema ideal, se popularizó en los años 30 con la aparición de los primeros modelos Ford. El sistema consiste en brazos transversales, ambos con forma de una “A” mayúscula y superpuestos el uno con el otro, mientras que el resorte y el amortiguador son comprimidos entre ambos. Se usa en automóviles de altas prestaciones tanto en montajes delanteros como traseros, pero se los encuentra principalmente en modelos de los grupos PS y Fiat y en el tren trasero de muchos Honda.



1. Amortiguador - 2. Barra estabilizadora - 3. Muelle de suspensión - 4. Traviesa delantera - 5. Brazo inferior - 6. Brazo superior - 7. Rueda.

Figura 36. Sistema de triángulos superpuestos

Fuente: (Cultural, 2000)

2.7.3.4 Sistema de brazo oscilante inclinado.

Este sistema fue el primer sistema independiente usado en los años 30 en Mercedes-Benz. Originalmente constaba de un eje rígido motriz, el cual fue modificado por la introducción de articulaciones entre el diferencial y los ejes que van a las ruedas. El sistema proporciona buenos resultados en caminos con muchos baches y gracias a este había la posibilidad de usar motores traseros, pero esto solo en vehículos grandes, pues en vehículos pequeños podía causar incluso volcamientos. Se usa en suspensiones traseras con vehículos de tracción delantera.

2.8 Procedimientos y herramientas para comprimir espirales.

Existen algunos procedimientos para comprimir espirales y con esto realizar el recambio de amortiguadores, dichos procedimientos dependen de la maquinaria o herramienta que se use, las más usadas se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9. Tipos de herramientas usadas para comprimir espirales

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO
	<p>Este tipo de herramienta no tiene barras guía, es un mecanismo directo que comprime la espira mediante un cilindro hidráulico, como se puede apreciar, la manipulación de la herramienta es muy sencilla. Se coloca el amortiguador en la posición indicada, se asegura tanto en la base con un perno y en la parte superior con un mecanismo retén, una vez fija, se procede a bombear el cilindro produciéndose la compresión y posteriormente el desmontaje. El inconveniente en esta herramienta es que una vez comprimido se debe desmontar todo para volver a armar, es decir que se realiza la operación 2 veces para terminar el trabajo.</p>
	<p>Esta herramienta usa bases helicoidales, la una fija y la otra móvil por medio de un tornillo sin fin, que se ajustan perfectamente a cualquier tipo de espiral, se coloca la espira entre ambas bases y se procede a comprimir mediante una pistola neumática o una llave en la base de esta. El inconveniente con esta herramienta, es que no presta las medidas de seguridad necesarias en caso de soltarse la espira.</p>
	<p>Estas son las herramientas más utilizadas, se trata de 2 ejes roscados con una especie de garras en los extremos, los cuales se colocan entre las espiras, una vez colocados y bien centrados se procede a ajustar paulatina e igualmente cada uno de los ejes para producir la compresión. Una vez realizado el recambio del amortiguador se pueden soltar los artefactos. La gran desventaja de este método es el prolongado tiempo que requiere centrar y ubicar bien las garras, pues al estar mal ubicadas pueden soltarse fácilmente y causar accidentes.</p>

Tabla 9. (Continuación) Tipos de herramientas usadas para comprimir espirales

	<p>Con esta herramienta podemos comprimir los espirales de una manera relativamente segura y cómoda, pues usa un sistema de ejes guía, base helicoidal y garras para la parte superior. Se usa colocando la espira entre la base helicoidal y las garras, una vez hecho esto se procede a girar el tornillo sin fin produciéndose la compresión y pudiéndose realizar el recambio en la misma posición sin desmontar nuevamente. La desventaja es el esfuerzo físico y el tiempo que requiere ajustar el tornillo sin fin, también la poca protección que ofrece al usuario.</p>
---	--

Fuente: Autores

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA NEUMÁTICA

3.1 Diseño conceptual y Funcional

En este apartado se establece la necesidad de diseñar adecuadamente los elementos que componen la herramienta neumática orientada al cambio de amortiguadores con espirales para el taller de ingeniería automotriz de la ESPOCH. A continuación se realizó un QFD (Quality Function Deployment/ Despliegue de la función de calidad) para evaluar la competitividad de la herramienta neumática en el mercado frente a 2 tipos de vendedores, los cuales proveen las herramientas para el cambio de espirales más usadas.

En el QFD se puede apreciar la relación existente entre lo que quiere el cliente a la izquierda y las medidas para satisfacer esa necesidad en la parte superior. Se compararan el Qué y el Cómo para verificar si están relacionados, si existe dicha relación se califica con “5”, si la relación es media se califica con “3”, si la relación es muy poca se califica con “1” y si no existe relación se califica con “0”. Para encontrar la “Importancia”, se multiplica la “Prioridad” por el cómo y se realiza una sumatoria, dando como primera prioridad el “Buen diseño” con un puntaje de 107 y así sucesivamente en orden de puntaje, por otro lado la Importancia relativa se refiere a la misma Importancia pero en porcentaje. En el lado derecho tanto como en la parte inferior se realiza una valoración de los parámetros del Qué y del Cómo, pero respecto a la competencia, otorgando puntajes desde 1 a 5, siendo 5 el valor más alto y que define una mejor cualidad, tomando en cuenta este tipo de calificación y realizando una sumatoria final, se puede apreciar que la herramienta neumática es la mejor frente a la competencia y esto se puede evidenciar tanto numéricamente como gráficamente.

Tabla 10. QFD de la herramienta neumática

IMPORTANCIA PARA EL CLIENTE Requerimientos del cliente		Prioridad	buen diseño	sujeciones rápidas	Accionamiento manual	Con jaula de seguridad	Relación costo beneficio	Compacta/universal/eficiente	EVALUACION COMPETITIVA					El competidor "A" vende herramientas hidráulicas		
									+ Existe relación - No existe relación					El competidor "B" vende herramientas manuales		El competidor "X" vende herramientas neumáticas
									A G C O R (X)	C O M P (A)	C O M P (B)					
									1	2	3	4	5	Vendedores	Total	
Rapidez en los recambios		5	5	5	3	0	0	1	B		A		X	X	35	
Fácil montaje y desmontaje		5	5	5	0	1	0	1	B			A	X	A	26	
Fácil accionamiento		3	3	1	5	0	0	0		B		A	X	B	16	
Seguro para el operario		5	3	1	3	5	0	0	B		A		X			
Seguro en caso de fallas		3	1	1	0	5	0	0	B			X,A				
Rentable		5	3	0	0	0	5	5				X,A	B			
Comercial		3	5	1	1	3	5	5				X,A	B			
IMPORTANCIA			107	64	48	54	40	50								
IMPORTANCIA RELATIVA			10	6	4	5	4	5								
Evaluación de ingeniería			1	2	6	3	5	4								
Evaluación técnica		5	X	X	X	X	B	X	Vendedor		Total					
		4	A	A			X	A	X		29					
		3			A		A		A		19					
		2						B	B		11					
		1	B	B	B		A, B									

Fuente: Autores

En este apartado, el objetivo es conocer las especificaciones de diseño requeridas y deseadas por los usuarios y por los diseñadores. Entonces se entiende por especificación requerida, aquella necesaria para el funcionamiento de la máquina y especificación deseada, a toda aquella que no es imprescindible pero mejora las cualidades de la máquina. Para determinar estas características

se realizó un listado como se aprecia en la Tabla 11.

U: Usuario; **Di:** Diseñador; **R:** Requerido; **D:** Deseado.

Tabla 11. Tabla de especificaciones

ESPOCH	Fecha de inicio: 03/11/2016	Producto: HERRAMIENTA NEUMÁTICA PARA EL CAMBIO DE AMORTIGUADORES CON ESPIRALES	
Escuela de ingeniería automotriz	Última Revisión		
ESPECIFICACIONES INICIALES			
CONCEPTO	U/Di	R/D	DESCRIPCIÓN
FUNCIÓN	U	R	Comprimir espirales de suspensión Mc Pherson para el cambio de amortiguadores.
	Di	R	Trabajar con aire es decir, neumáticamente.
OPERACIONES NECESARIAS	U	R	Generar la fuerza necesaria para comprimir todo tipo de espirales Mc Pherson.
	Di	R	Detener y bloquear la operación de compresión una vez liberado el accionamiento.
PRECISIÓN	Di	D	Obtener un avance estable, con una velocidad óptima en la carrera de compresión como en la carrera de liberación del espiral.
SEGURIDAD	Di	R	Mantener fijo el conjunto espiral amortiguador una vez comprimido.
	Di	R	En caso de fallos en el circuito neumático disponer de elementos de seguridad para evitar que se suelte el muelle
VENTAJAS	Di	D	Ergonomía, velocidad y seguridad en el cambio de amortiguadores en suspensiones con espirales.

Fuente: Autores

A continuación se realizó la caja negra de la herramienta como se puede apreciar en la Figura 39, en esta caja negra se especificaron los elementos de entrada, como el aire, el espiral con el amortiguador defectuoso y los elementos de salida como el espiral con amortiguador cambiado.

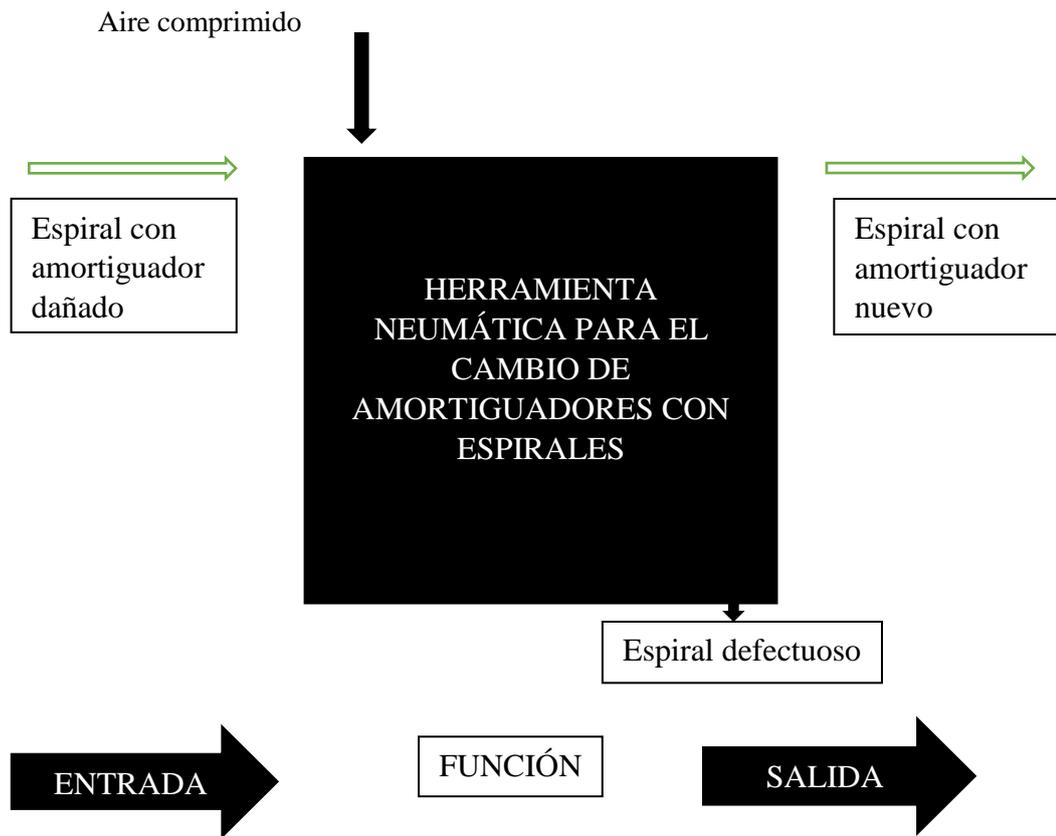


Figura 39. Caja negra de la herramienta

Fuente: Autores

En la figura 40 se realizó el análisis de funciones y subsunciones que es una extensión de la caja negra de la herramienta pero más detallada, en la cual se puede apreciar los elementos de los que estaría conformada dicha herramienta. Se establece la secuencia de funciones.

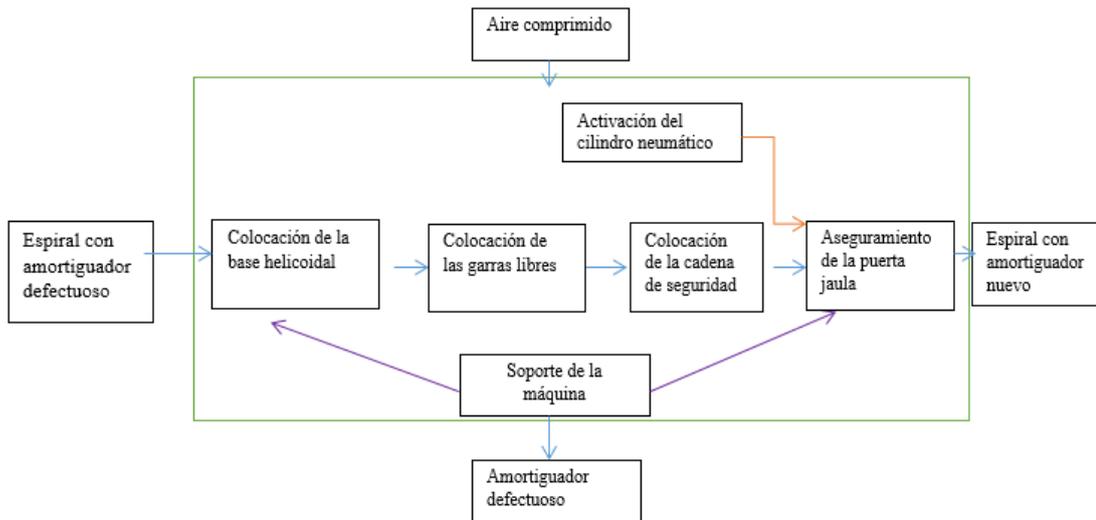


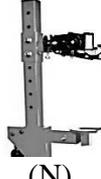
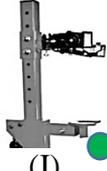
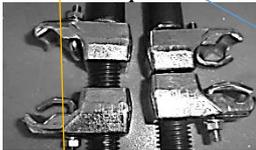
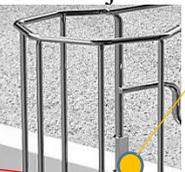
Figura 40. Análisis de funciones y subfunciones

Fuente: Autores

- Flujo de energía. →
- Flujo de materia. →
- Elemento soporte. →
- Límites del sistema —

Tanto en la Figura 39 como en la Figura 40 se pudieron apreciar los elementos de entrada y los elementos de salida que se crearon en esta herramienta, sin embargo en la Figura 40 se detalla de mejor manera los elementos de entrada de la herramienta como fueron, el aire comprimido y el espiral con el amortiguador defectuoso, así como los elementos de salida que fueron, el amortiguador defectuoso y el espiral con amortiguador nuevo. El resto de elementos en el interior de los límites del sistema, son todos los procedimientos o acciones que se hacen ya en la herramienta. Una vez establecido el funcionamiento de la máquina se creó una matriz morfológica en la cual se muestran las diferentes alternativas para cumplir cada función.

Tabla 12. Matriz morfológica

Función	Alternativa			
	1	2	3	4
Compresión del espiral  (A)	Cilindro hidráulico  (G)	Tornillo sin fin manual.  (M)	Pistola de impacto  (Q)	
Soporte de la máquina  (B)	Con 2 tubos  (H)	De un solo tubo  (N)		
Mecanismo de guía  (C)	Mecanismo directo  (I)			
Mecanismo de sujeción en la base  (D)	Prensas  (J)	Garras  (O)		
Mecanismo de sujeción superior  (E)	Garras con mecanismo de bloqueo  (K)	Base helicoidal  (P)		
Sistema de seguridad  (F)	Cadena de seguridad (L)			

Fuente: Norma ASTM G-65

- **Alternativa 1:** A,B,C,D,E,F,L —————
- **Alternativa 2:** G,H,C,J,K,F —————
- **Alternativa 3:** M,N,I,O,P —————
- **Alternativa 4:** Q,N,I,D,P —————

En la matriz morfológica Tabla 11, se trazaron cinco diferentes caminos, cada uno de estos caminos nos mostró una configuración diferente de la herramienta. Existe una alternativa 1 que se fue por el camino de la herramienta neumática estacionaria, la alternativa 2 que era prácticamente parecida a la primera pero con un accionamiento hidráulico, la alternativa 3 que era de accionamiento manual por medio de un tornillo de potencia y también de tipo estacionaria y por último la alternativa 4 que era una herramienta de uso portátil a la cual se la podía accionar con una pistola de impacto. A continuación se realizó una evaluación de 4 criterios cuya máxima calificación es 5 como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Criterio para evaluación cualitativa

#	CRITERIO O ATRIBUTOS	CONCEPTO					
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Total	Valor Criterio
1	Montaje	Alto	Alto	Medio	Medio	16	0,32
2	Desempeño	Alto	Medio	Medio	Bajo	12	0,24
3	Mantenimiento	Medio	Medio	Bajo	Bajo	8	0,16
4	Accesibilidad de repuesto y costos	Alto	Bajo	Medio	Alto	14	0,28
Alto= 5; Medio=3; Bajo=1 Valor criterio=Total/Suma Total					Suma Total	50	

Fuente: Autores

La selección de alternativas se da en la siguiente tabla.

Tabla 14. Selección de alternativas

Valor del criterio	Alternativa Criterio	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
		C	A	C	A	C	A	C	A
0,32	C1	5	0,016	5	0,016	3	0,0096	3	0,0096
0,24	C2	5	0,012	3	0,0072	3	0,0072	1	0,0024
0,16	C3	3	0,0048	3	0,0048	1	0,0016	1	0,0016
0,28	C4	5	0,014	1	0,0028	3	0,0084	5	0,014
Calificación total		0,0468		0,0308		0,0268		0,0276	
		C: Calificación		A: Alternativa=(valor del criterio*C)/100					

Fuente: Autores

Según los cálculos obtenidos se optó por la alternativa de diseño 1, pues es la que alcanzó la máxima puntuación y a partir de este punto se inició con el diseño de detalle.

3.2 Diseño de detalle

A continuación se procedió al diseño de la herramienta neumática la cual se hará elemento por elemento, mediante el uso de software especializado para cada procedimiento y de esta manera se obtuvieron los resultados más cercanos a la realidad.

3.2.1 Diseño del circuito neumático y selección de componentes

En este apartado se diseñó el circuito neumático tomando en cuenta la configuración de la herramienta, para lo cual se dimensionó el cilindro basados en los datos de entrada y requerimientos de fuerza, además de la selección de todos los componentes necesarios para el óptimo funcionamiento del sistema.

Los siguientes datos conformaron el punto de partida tanto para el diseño neumático, como para el diseño estructural de la herramienta neumática.

3.2.1.1 Datos de entrada del compresor de aire.

La Escuela de Ingeniería Automotriz en su área de talleres, cuenta con un compresor de marca CAMPBELL, con las especificaciones que se detallan en la Tabla 15.

Tabla 15. Parámetros del compresor de aire del taller de ingeniería automotriz.

COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD	
Capacidad del compresor	120 Gl
Presión máxima del compresor	175 Psi max /12.07 Bar
Presión regulada del compresor	150 Psi / 10,2 bar
RPM	1760
Caudal que aporta el compresor	1m ³ /min
Potencia	10 HP /7.5 KW
Voltaje de trabajo	380V

Fuente: Autores

3.2.1.2 Mediciones de la fuerza necesaria para comprimir una muestra de espirales automotrices.

En el anexo A se muestra los resultados del ensayo de compresión realizados en la máquina universal, existente en el laboratorio de Resistencia de Materiales.

3.2.1.3 Modelado del circuito neumático

Una vez se obtuvieron los datos previos del compresor y de la fuerza necesaria para comprimir los espirales, se procedió a realizar una simulación en el software FESTO FLUIDSIM 3.6, el cual permitió visualizar de una mejor manera el comportamiento del circuito neumático.

Como se puede observar en la Figura 41 se utilizaron los siguientes componentes:

1. Cilindro neumático.
2. Reguladores de caudal.
3. Válvula neumática 5/3 NC.
4. Silenciadores.
5. Unidad de mantenimiento.
6. Línea de alimentación.

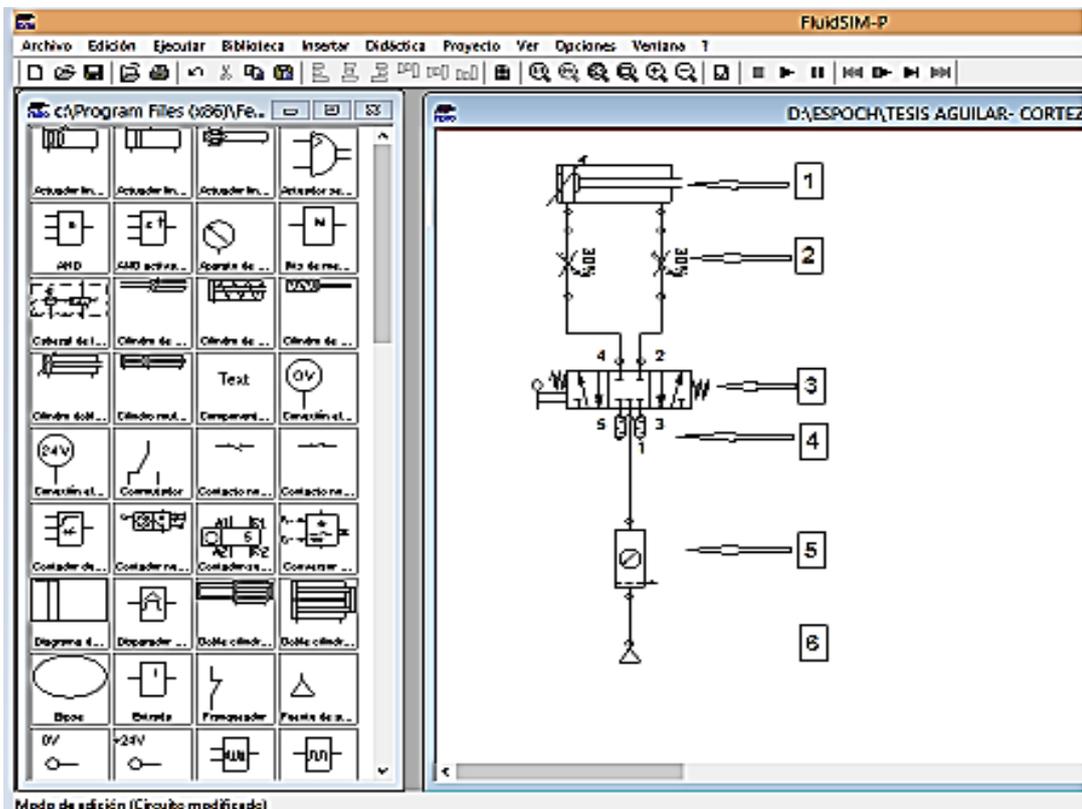


Figura 41 .Simulación del circuito neumático en el software FESTO.

Fuente: Autores

3.2.1.4 Selección del cilindro neumático apropiado.

Para obtener un mayor factor de seguridad, a la fuerza necesaria obtenida para comprimir los espirales automotrices, se le asignó un rango del 5 al 20 % de la misma, según el criterio como diseñadores, ya que se tiene en cuenta las pérdidas que se dan en todo sistema.

Debido a que se requirió diseñar una máquina lo más compacta posible el cilindro neumático trabajó empleando su carrera de retroceso. Tomando en cuenta como datos iniciales los valores de fuerza necesaria para comprimir el espiral y la presión a la que trabajara el cilindro neumático.

Cálculo de la fuerza del cilindro

Fuerza necesaria para comprimir el espiral= 582 Kgf.

Presión de trabajo= 10 Bar= 10.2 Kgf/cm².

Se trabajó a esta presión ya que el compresor disponible está regulado a 10,2 bares y los elementos neumáticos pueden trabajar tranquilamente con este parámetro.

Tabla 16. Fuerza necesaria para comprimir los espirales más un porcentaje de seguridad.

$F_{\max}+5\%$	611,1 Kgf
$F_{\max}+10\%$	640,2 Kgf
$F_{\max}+15\%$	669,3 Kgf
$F_{\max}+20\%$	698,4 Kgf

Fuente: Autores

- **Calculo del diámetro de los cilindros con los porcentajes de seguridad.**

De la fórmula (1) se despejó el diámetro y se aplicaron las fuerzas anteriores con los porcentajes de seguridad, para obtener los diámetros con dichas fuerzas.

Tabla 17. Diámetro de los cilindros más un porcentaje de seguridad

$F_{\max}+5\%$	9,76 cm
$F_{\max}+10\%$	9,994 cm
$F_{\max}+15\%$	10,21 cm
$F_{\max}+20\%$	10,43 cm

Fuente: Autores

De acuerdo a los datos obtenidos se seleccionó el cilindro con un diámetro de 100 mm el cual

según la Tabla 17, cuenta con un sobre dimensionamiento del 10% para asegurar el buen funcionamiento del equipo; el cilindro es normalizado y se encuentra en el mercado.

- **Cálculo de la fuerza real en retroceso.**

Haciendo uso de la figura 23, se encontró un rendimiento interno “ μ ” de 0.97 aproximadamente.

Aplicando la Ecuación (3) se obtiene:

$$F_{Rr}(+10\%) = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} * P * \mu$$

$$F_{Rr}(+10\%) = \frac{\pi(10^2 - 2.5^2)}{4} * 10.2 * 0.97$$

$$F_{Rr} = 7146,59 N$$

Donde:

Los diámetros se encuentran en cm.

Nota: El cilindro de diámetro 100 mm es el óptimo ya que da la fuerza necesaria para comprimir el espiral y lidiar con pérdidas de presión y rozamiento de elementos mecánicos.

Entre los cilindros normalizados la medida siguiente es la de 125 mm de diámetro el cual otorga una fuerza mayor la cual será desperdiciada y a su vez un costo mayor el cual es innecesario.

- **Consumo de aire comprimido.**

De la ecuación (5).

$$V = \frac{\pi}{4} (2 * 10^2 - 2.5^2) * 30$$

$$V = 4565.13 \text{ cm}^3$$

$$V = 4.56 \text{ L por un ciclo de trabajo}$$

- **Caudal para cilindro de doble efecto**

De la ecuación (6)

$$Q = \frac{\pi * 30 * 10.2 * 1(2 * 10^2 - 2.5^2)}{4000}$$

$$Q = 46.56 \text{ L/min}$$

Debido al consumo de tuberías y resto de elementos neumáticos al caudal obtenido le podemos sumar de un 20% a 30% el consumo del cilindro entonces.

$$Q = 46.56 * 30\%$$

$$Q = 60.52 \text{ L/min}$$

3.2.2 *Diseño estructural de la herramienta neumática.*

En este apartado se establecieron todos los materiales y cotas necesarias para una posterior construcción del modelo, tomando en cuenta la disposición de los elementos neumáticos, de las fuerzas a soportar y además de la ergonomía y seguridad del operario.

Para el diseño de la herramienta se seguirán algunos pasos que son necesarios para poder obtener los resultados lo más cercanos a la realidad con el posterior uso del software CAE. A continuación se explican estos procedimientos a emplearse:

Pre-proceso: En el pre-proceso se hace la preparación del problema, es decir una vez que se tiene el diseño geométrico a analizar se define las propiedades del material para cada elemento así como también las uniones entre estos, las restricciones físicas del problema o condiciones de contorno y las cargas a aplicarse al modelo, un punto de gran interés en el pre-proceso es la calidad de la malla que se emplea por tanto ésta debe ser mejorada empleando los distintos métodos que presenta el software CAE como también los conocidos sizing que permiten cambiar el tamaño de los elementos empleados para discretizar, el valor de malla recomendado esta con un mínimo de 0,2 y un promedio de 0,8. Cabe recalcar que para mejorar la malla se debe disponer de un computador que tenga buenas características como su procesador, memoria de video entre otras ya que el tiempo en que se obtengan los resultados está directamente relacionado con estas características.

Proceso: La solución del problema ocurre en el proceso, para esto se tiene que seleccionar los distintos resultados que se quiere mostrar en la solución como ejemplo esfuerzos totales y por elementos así como también factores de seguridad y deformaciones, para luego poder interpretarlos. Como se hizo notar en el punto anterior la calidad de los resultados están relacionados con la calidad de malla y ésta a su vez de los recursos computacionales que se disponga.

Post-proceso: En el post-proceso es donde se muestran los resultados del análisis para esto se emplea barra de colores donde se identifican los concentradores de esfuerzos, gráficos u otras formas de representación, éstos resultados deben ser vistos desde una posición crítica apoyada en el buen juicio del analista o ingeniero. A continuación se muestra el proceso para el diseño estructural de la herramienta.

3.2.2.1 Modelado CAD

Mediante la utilización de software CAD, en este caso SOLIWORKS 2015, se procedió al modelado de los elementos que soportan carga y la estructura base con perfiles provisionales, que posteriormente se validaron con el uso de software CAE (ANSYS WORKBENCH R16.1).

A continuación en la Figura 42 se muestra la estructura base con los perfiles tentativos que posteriormente fueron validados por medio de software CAE, los cuales brindaron un factor de seguridad confiable y que además se encuentran en el mercado.

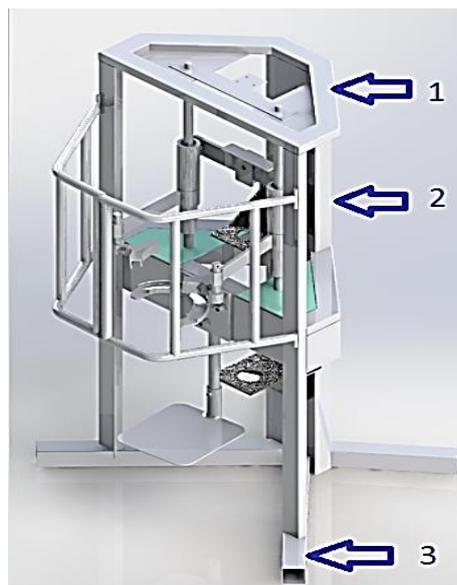


Figura 42. Estructura de la herramienta neumática.

Fuente: Autores

Los perfiles y elementos utilizados en la Figura 42 se detallan en la Tabla 18:

Tabla 18. Perfiles de la estructura base

	Material	Características
1	Tubo rectangular	50X25X1.5 mm
2	Tubo rectangular	150X25X2.5 mm
3	Tubo cuadrado	50X50X1.5 mm

Fuente: Autores

Tabla 19. Elementos mecánicos de la herramienta.

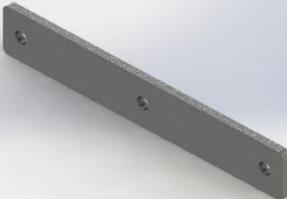
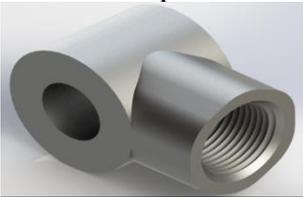
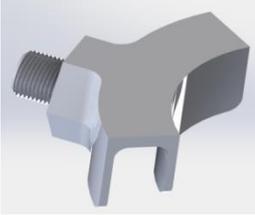
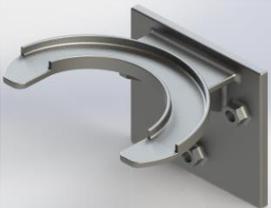
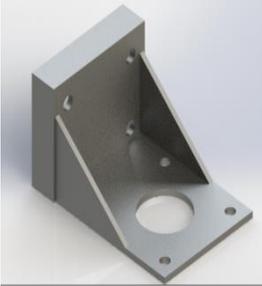
Elemento	Descripción
<p>Barra guía</p> 	<p>Al ser necesario reducir el rozamiento entre las barras guía y collarines y evitar la corrosión, este elemento necesariamente debe ser de acero inoxidable. Su función es servir de guía para los collarines, como su nombre lo dice.</p>
<p>Collarín</p> 	<p>Es el elemento que se desliza en la barra guía y conduce el movimiento de la barra de fuerza hacia los brazos.</p>
<p>Bocín de nylon</p> 	<p>Se encuentra dentro del collarín, su función es reducir en lo posible el rozamiento con la barra guía.</p>
<p>Brazo</p> 	<p>Está sujeto al collarín mediante un seguro externo, su función es comunicar el movimiento del collarín hacia las garras de sujeción superior del espiral.</p>
<p>Barra de fuerza</p> 	<p>Es la que transmite el movimiento del émbolo del cilindro neumático hacia los collarines, debe soportar toda la fuerza generada por este.</p>

Tabla 19. (Continuación) Elementos mecánicos de la herramienta.

<p>Tornillo regulador</p> 	<p>Está situado entre el brazo y la garra de sujeción superior, su función es regular la altura de dicha garra.</p>
<p>Acople</p> 	<p>Se encuentra entre el tornillo regulador y la garra de sujeción, su función es permitir el movimiento de la garra, para que se ajuste a cualquier espiral</p>
<p>Garra de sujecion superior</p> 	<p>Este elemento se encuentra unido al acople y es el encargado de sujetar el espiral en su parte superior, adaptándose a cualquier diámetro y proporcionando seguridad al momento de comprimir.</p>
<p>Base helicoidal</p> 	<p>Es intercambiable, pues existen de 3 diferentes mediadas, se colocan en la placa frontal de la estructura base. Su función es servir de base inferior para el muelle.</p>
<p>Base del cilindro neumático</p> 	<p>Permite sujetar el cilindro neumático a la estructura base.</p>
<p>Soporte de barra</p> 	<p>Su misión es conectar el vástago del cilindro neumático con la barra de fuerza.</p>

Fuente: Autores

3.2.2.2 Diseño por resistencia mediante software CAE

El diseño CAE es de vital importancia para el desarrollo de la herramienta neumática ya que gracias al empleo del software ANSYS WORKBENCH R16.1 se puede dimensionar de manera correcta la estructura y obtener un factor de seguridad apto para la posterior construcción. Anteriormente se explicaron los puntos a tomar en cuenta en el pre- proceso en este apartado se hace referencia a éstos para que se interprete y se entienda de mejor manera.

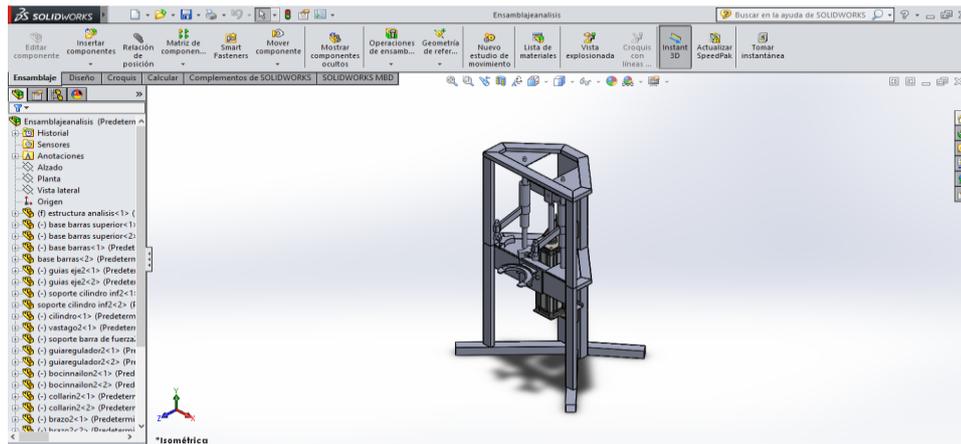


Figura 43. Modelado de la estructura

Fuente: Autores

En la Figura 44 se muestra la ventana inicial del software ANSYS WORKBENCH R16.1 y el uso de la herramienta para hacer análisis estáticos el cual se usará en el modelo generado, como se puede apreciar en la figura, se observa la opción Engineering Data en la cual agregaran los materiales a usar en la estructura estos hay que tener en cuenta que estos existan el mercado.

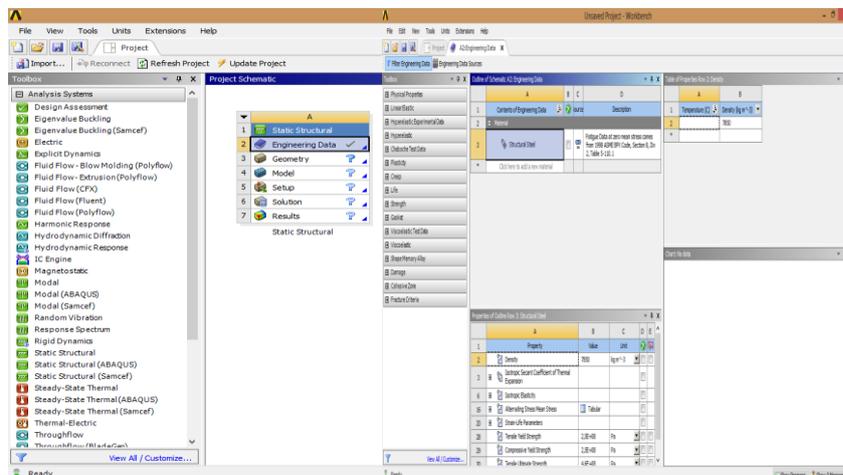


Figura 44. Ventana inicial de Ansys y Engineering Data

Fuente: Autores

Terminado el modelado de la estructura se recomienda guardar como archivo .STEP el cual permite que la geometría se exporte sin problemas para el posterior análisis en el software ANSYS, es recomendable que la estructura se presente de la forma más simple posible para con esto evitar problemas en el mallado y acotar el tiempo en el cálculo. En la Figura 45, se muestra la forma de exportar el modelo generado.

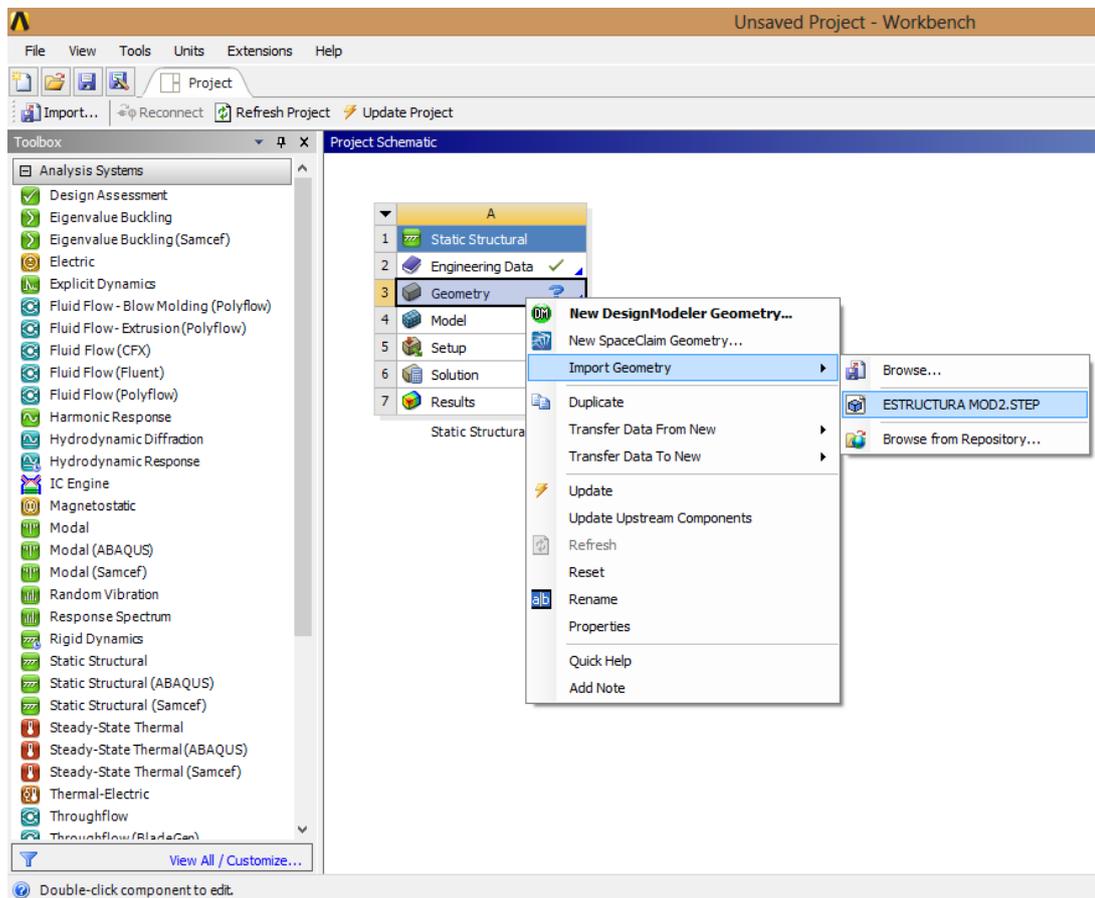


Figura 45. Exportación de la geometría

Fuente: Autores

Una vez de exportar modelo obtendremos la geometría como se muestra en la figura 46, el siguiente paso será cumplir con los puntos que se nombraron en el pre-proceso, pero antes se harán las correcciones a la geometría agregando virtual topology a los elementos necesarios con esto se asegura que los resultados sean cercanos a la realidad, esto se muestra en la Figura 46.

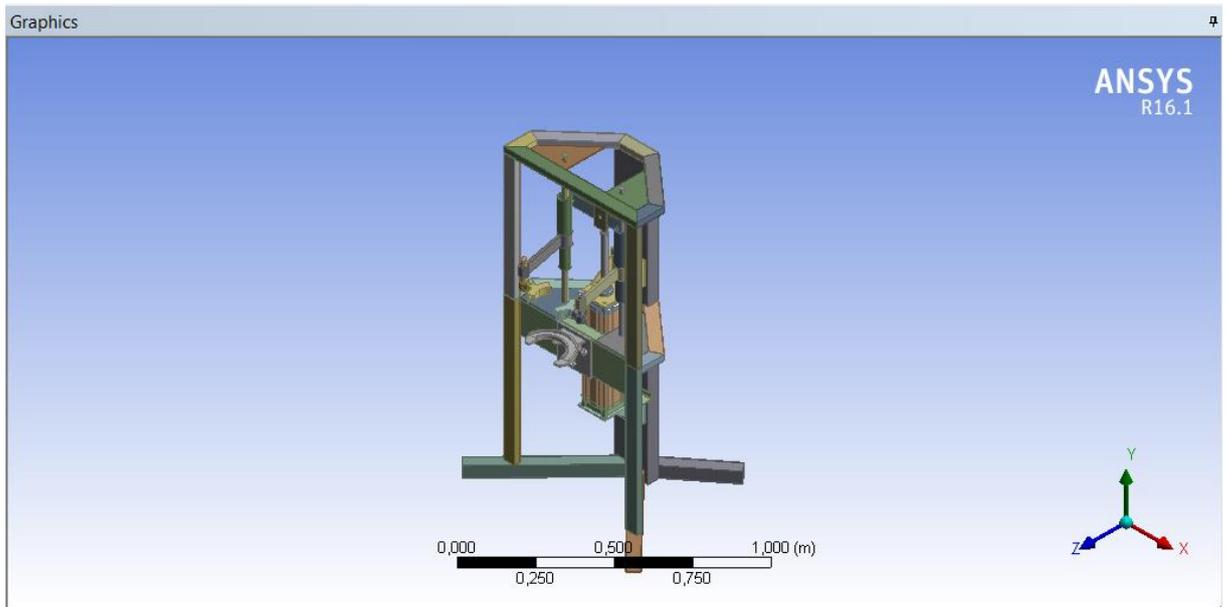


Figura 46. Geometría exportada

Fuente: Autores

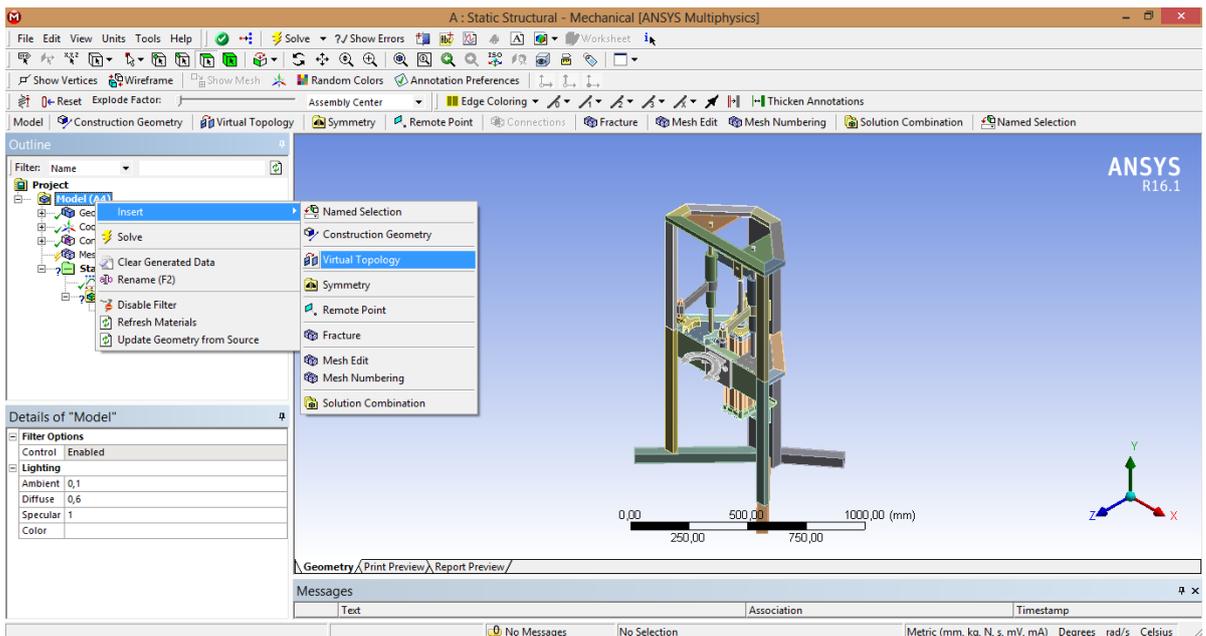


Figura 47. Corrección de geometría

Fuente: Autores

Cabe recalcar que la corrección de geometría se hace debido a que el modelo es exportado de otro software, el pre-proceso inicia con definir el material a los elementos estructurales, se tiene en cuenta que por defecto todos los materiales son de acero estructural, este procedimiento se aprecia en la Figura 47.

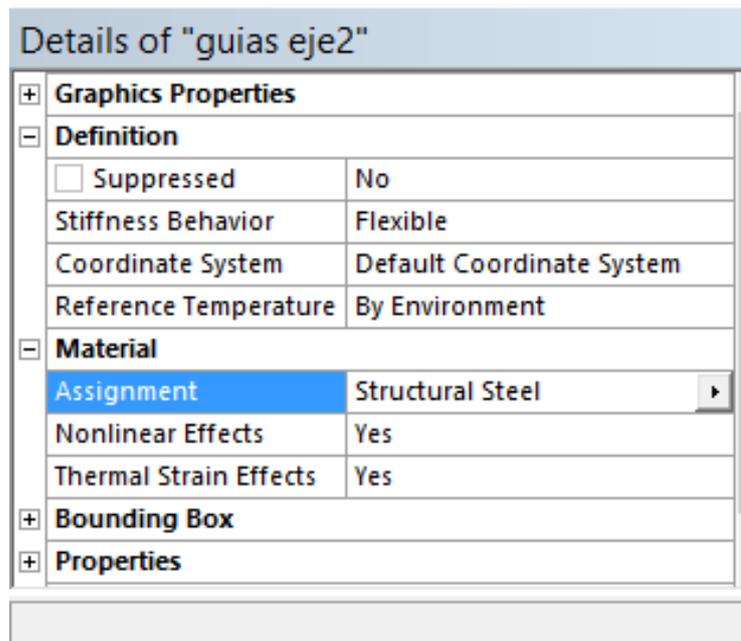


Figura 48. Definición de materiales a elementos estructurales

Fuente: Autores

Un punto importante del pre-proceso es definir correctamente los contactos que existen entre los elementos que componen la máquina, estos contactos se generan automáticamente pero tienen que ser revisados para evitar errores en el análisis. Un ejemplo de contacto se muestra en la figura 49. Es importante recalcar que todos los contactos mostrados utilizar la opción de BONDED (pegados).

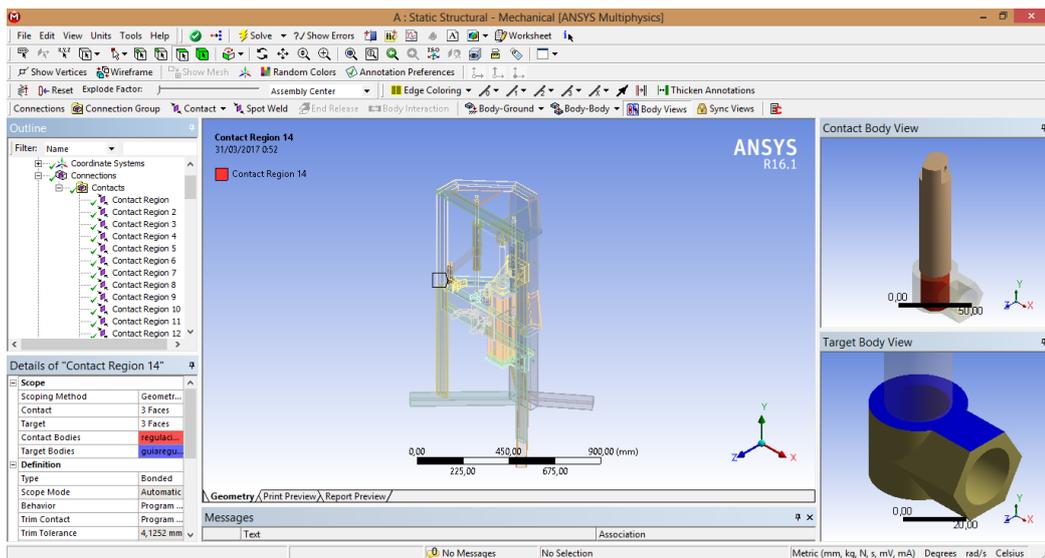


Figura 49. Contacto entre tornillo regulador y acople

Fuente: Autores

La figura 50, muestra la configuración del mallado de la estructura los métodos y los sizing usado permiten que se obtenga valores adecuados de calidad de malla que permite conseguir resultados muy cercanos a la realidad, el promedio de calidad de malla es 0,8, valor que es adecuado para el análisis.

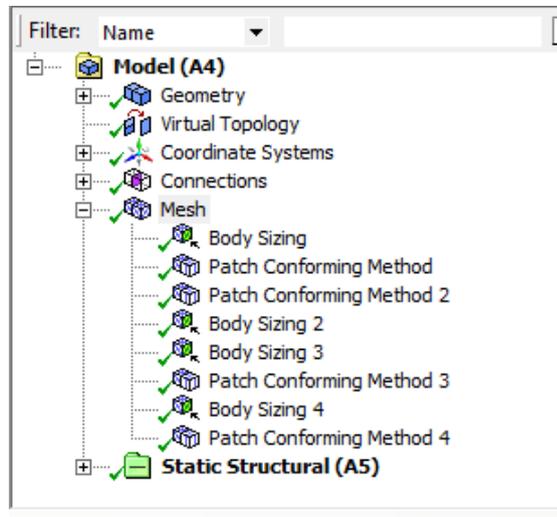


Figura 50. Correcciones de mallado de la estructura

Fuente: Autores

Tabla 20. Métodos de corrección de mallados empleados

Elemento	Tipo de malla	Observación
Base barras	Body Sizing	Element size 4 mm
Base barras	Patch Conforming Method	Tetrahedrons
Estructura base	Patch Conforming Method	Tetrahedrons
Estructura base	Body Sizing	Element size 5 mm
Regulación brazo	Body Sizing	Element size 5 mm
Regulación brazo	Patch Conforming Method	Tetrahedrons
Brazo	Body Sizing	Element size 5 mm
Brazo	Patch Conforming Method	Tetrahedrons

Fuente: Autores

En la Figura 51, se muestra las restricciones físicas de los problemas o condiciones de contorno esto quiere decir los puntos de fijación de la herramienta, además se observa la colocación de las fuerzas que actúan en la máquina, estos valores fueron previamente obtenidos mediante cálculos.

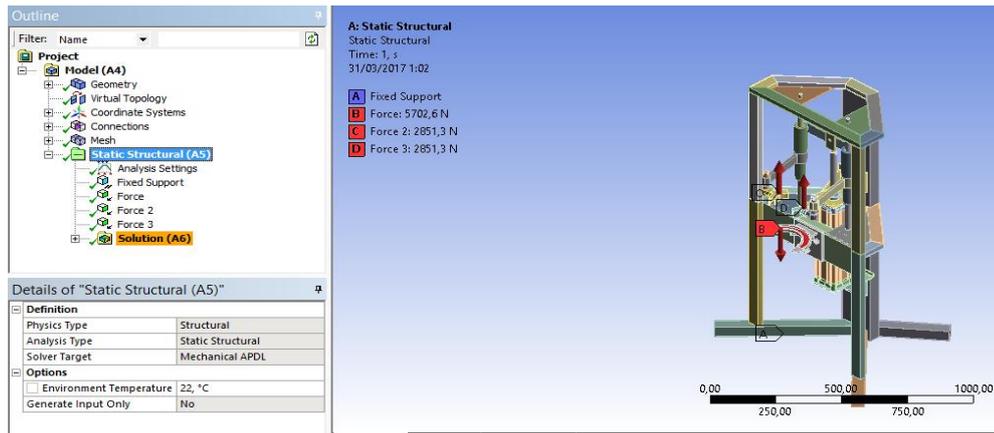


Figura 51. Colocación de fuerzas y restricciones en la estructura

Fuente: Autores

Tabla 21. Fuerzas en la estructura

Fuerza (N)	Elemento
5702.6	Matriz
2851.3	Ajuste espiral
2851.3	Ajuste espiral
Restricción	Base de la estructura

Fuente: Autores

En la siguiente Figura 52, se muestra las operaciones que se realizó es decir los valores que se deseaba obtener una vez que empiece a simularse. Las operaciones que se requieren para este tipo de análisis son: el esfuerzo de Von- Mises, la obtención de un factor de seguridad y por ultimo una deformación de los elementos.

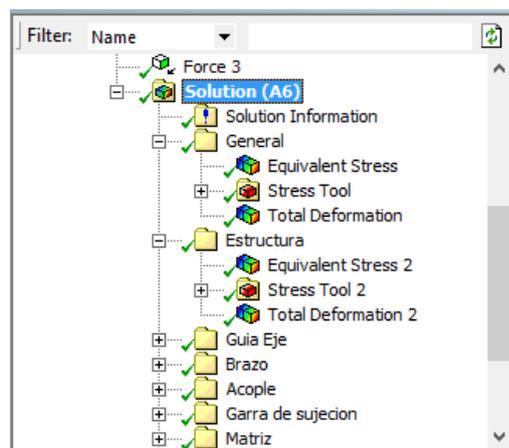


Figura 52. Operaciones en el proceso

Fuente: Autores

Para el diseño con herramienta CAE se tomó en cuenta como punto de partida la fuerza máxima que ejerce un espiral automotriz, por lo tanto a partir de este valor se dimensionó tanto la estructura como los elementos que presentan esfuerzos elevados. Todas las imágenes mostradas a continuación son parte del post-proceso y tienen su respectiva interpretación.

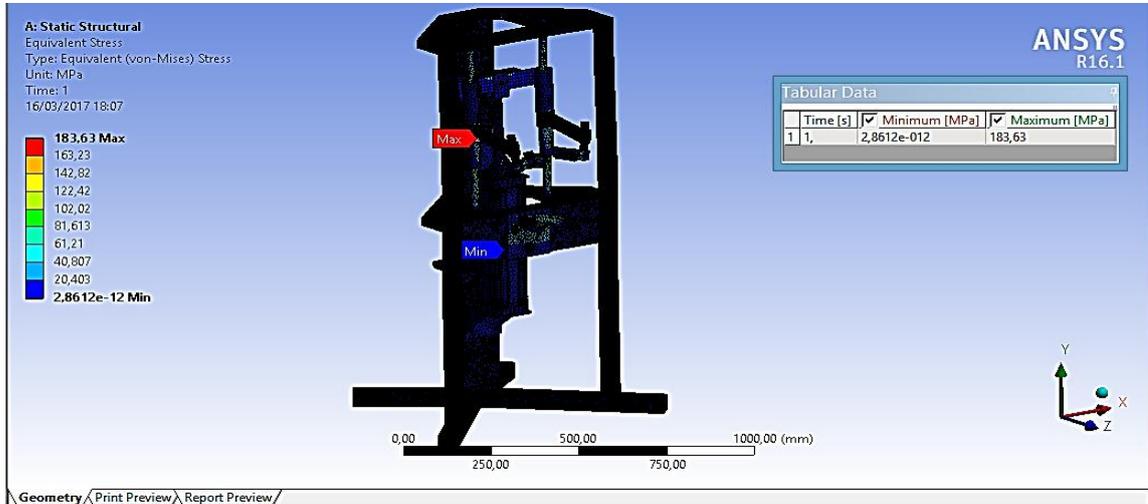


Figura 53. Esfuerzos generales en la herramienta neumática

Fuente: Autores

En la Figura 53 se muestra de forma general los esfuerzos existentes en la máquina, las zonas marcadas con colores son donde se concentraron esfuerzos llegando a un máximo de 183,63 Mpa. Para comprobar si este valor produce un fallo estructural obtenemos un factor de seguridad general, el cual lo podemos observar en la Figura 54 y cuyo valor fué de 1.4 aproximadamente, así mismo dicho esfuerzo produce una deformación en la estructura de 2.4 mm en la zona de mayor concentración de esfuerzo como se puede observar en la Figura 45.

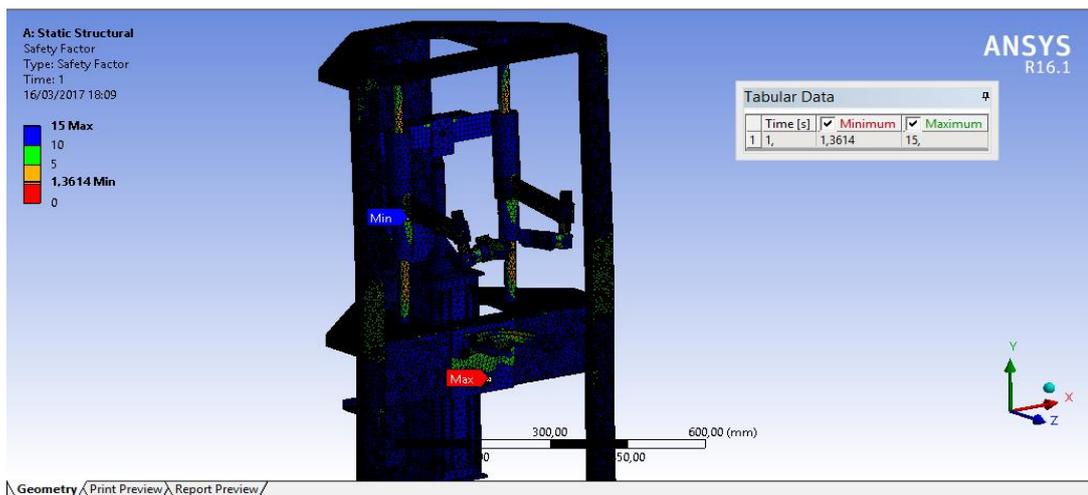


Figura 54. Factor de seguridad general

Fuente: Autores

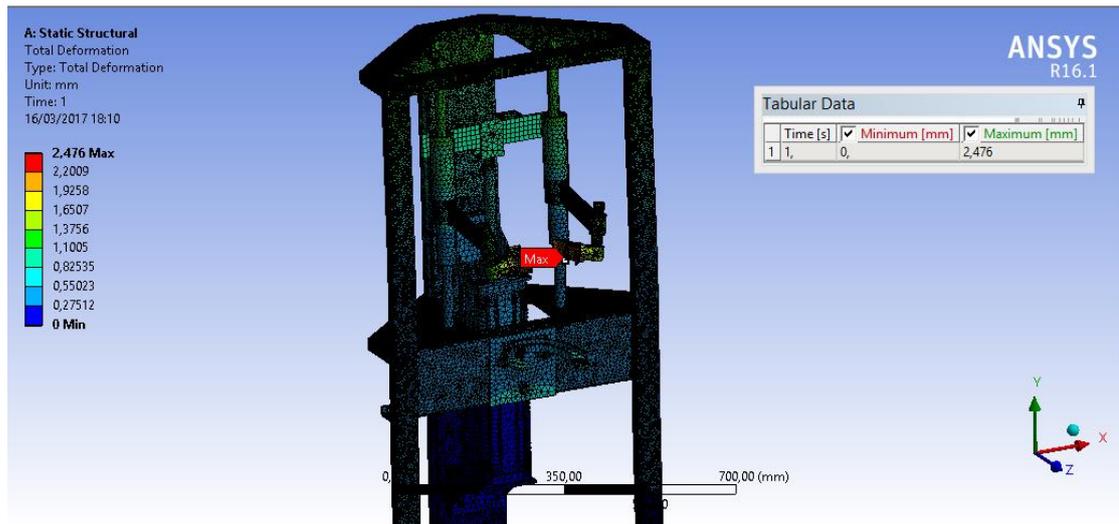


Figura 55. Deformación general.

Fuente: Autores

A continuación se detalló cada uno de los elementos en los cuales existieron concentradores de esfuerzos tal como se mostró en la Figura 53.

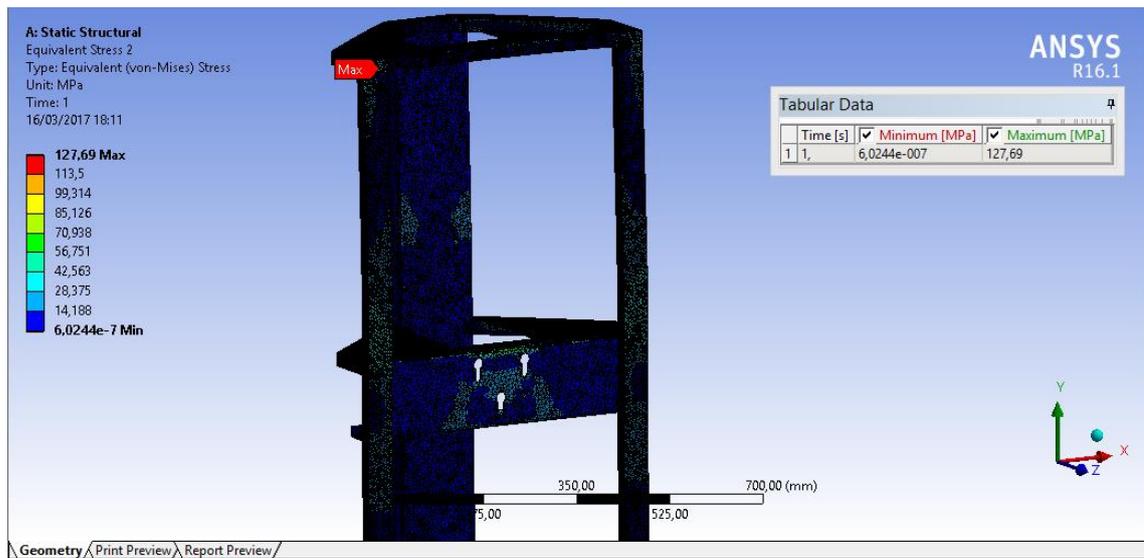


Figura 56. Esfuerzos existentes en la estructura

Fuente: Autores

En la Figura 53 se mostraron los esfuerzos transmitidos a la estructura cuando el espiral ejerce la máxima fuerza de 582 Kgf, como se pudo observar el esfuerzo máximo se encuentra en la parte superior de la estructura donde existe la soldadura con un valor de 127,69 Mpa.

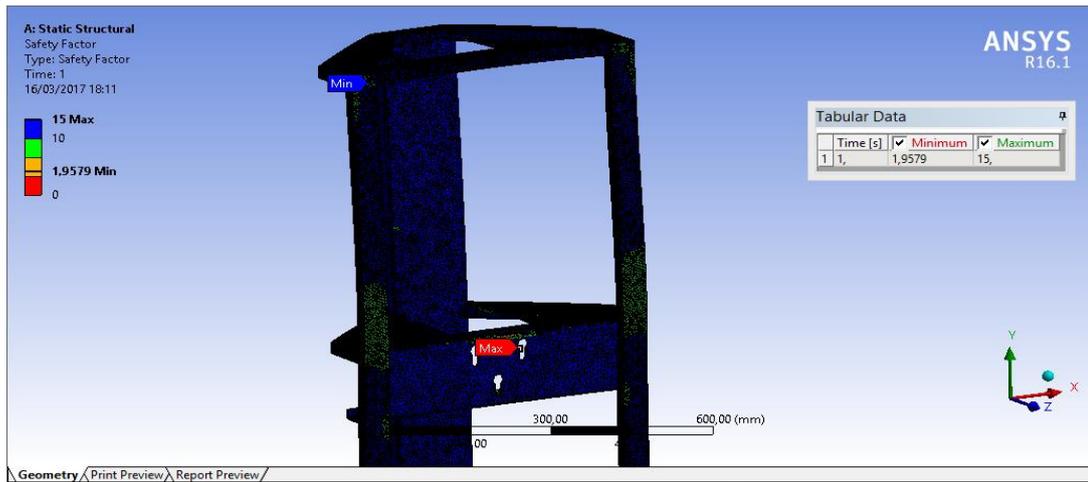


Figura 57. Factor de seguridad de la estructura

Fuente: Autores

Haciendo una comparación entre el valor del esfuerzo existe en la estructura con el esfuerzo permitido por el material se obtuvo un factor de seguridad 1,96 aproximadamente en el punto de mayor esfuerzo, tal como se observa en la Figura 57.

Así mismo en la Figura 58 se pudo observar que la estructura sufría una deformación total de 1,26 mm el cual es un valor muy pequeño dadas las dimensiones de esta. La estructura que se muestra se diseñó para construirse con acero ASTM A-36.

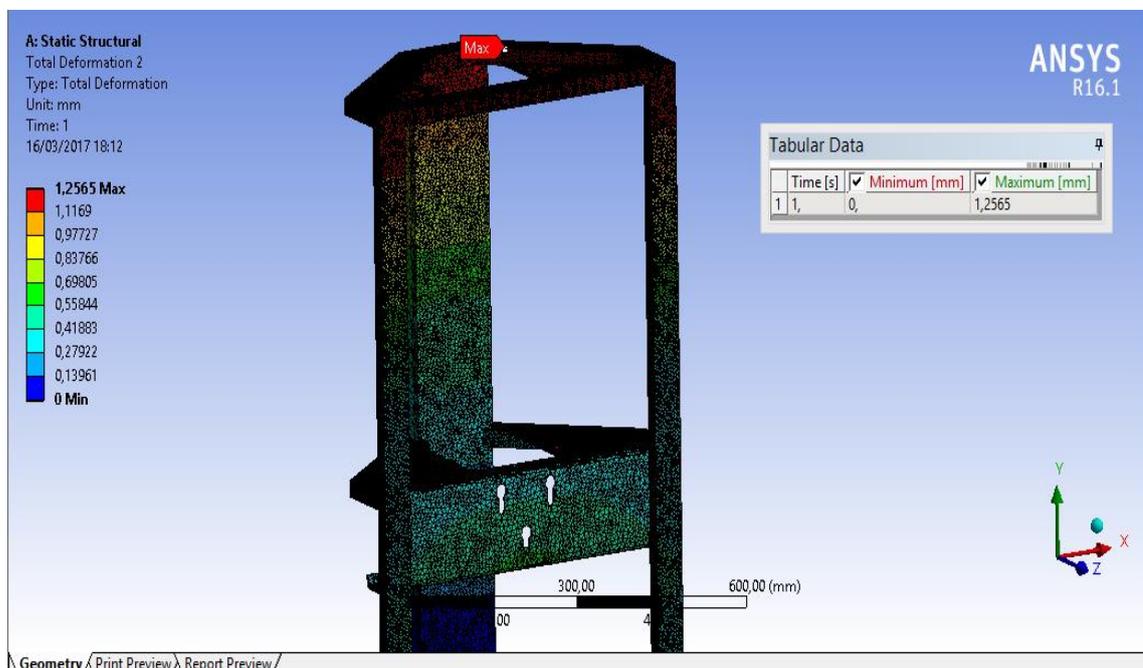


Figura 58. Deformación general de la estructura.

Fuente: Autores

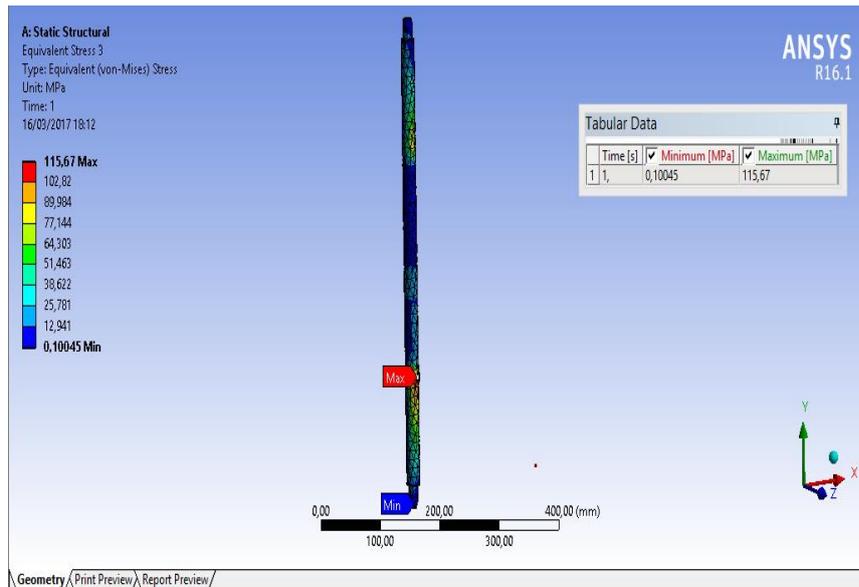


Figura 59. Esfuerzos del eje guía

Fuente: Autores

La Figura 59 muestra los esfuerzos existentes en el eje guía, el cual tiene como requisito ser de acero inoxidable para evitar la oxidación y permitir el fácil deslizamiento de los collarines. El eje guía tiene un diámetro de 7/8 in y en este se produce un esfuerzo máximo de 115,67 Mpa en su punto más crítico.

En la Figura 60, se muestra el factor de seguridad del eje guía el cual es de 1.8 aproximadamente, este elemento es de vital importancia para el buen funcionamiento de la máquina, ya que por este se dirige la fuerza que produce el cilindro.

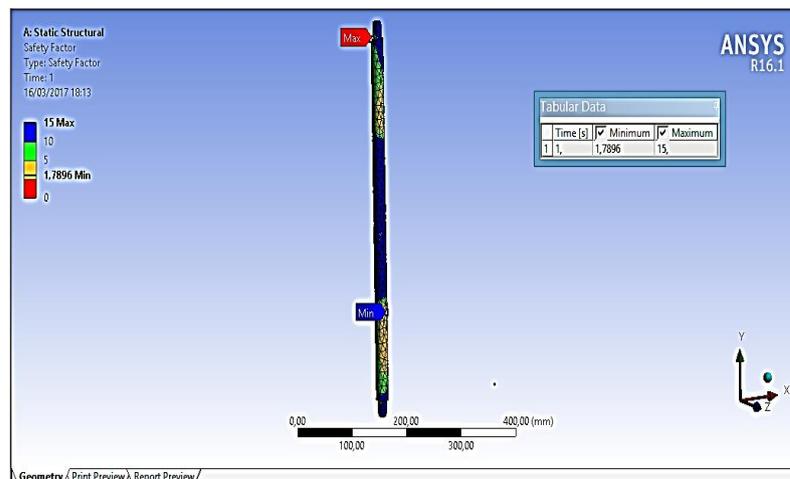


Figura 60. Factor de seguridad eje guía

Fuente: Autores

La Figura 61 es el elemento donde existió la mayor concentración de esfuerzo ya que en este se producen dos momentos flectores el uno ocasionado por la distancia existente entre el eje guía y el tornillo regulador (Figura 61) y la distancia entre este último y la garra de sujeción (Figura 66), el esfuerzo máximo en este elemento fue de 183,63 Mpa.

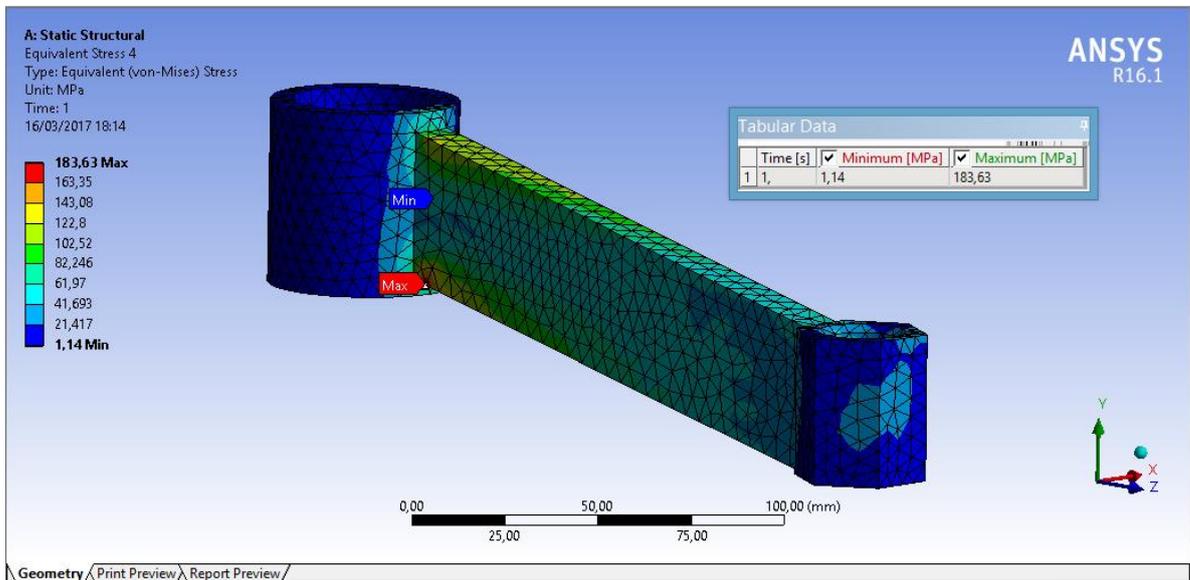


Figura 61. Esfuerzos en el brazo.

Fuente: Autores

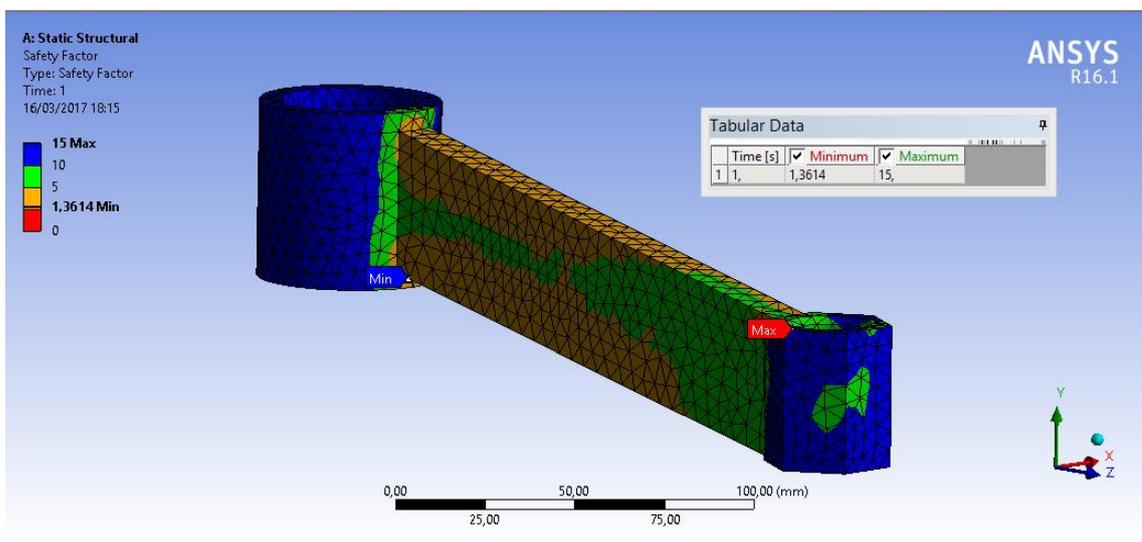


Figura 62. Factor de seguridad del brazo

Fuente: Autores

La Figura 62 muestra un factor de seguridad de 1,36 del elemento en su punto más crítico por lo que se procedió a la fabricación del mismo utilizando un acero ASTM A-36 el cual se usó en la simulación y se encuentra disponible en el mercado, así mismo en la Figura 63, muestra la

deformación máxima existente en el elemento que fue de 1,3 mm.

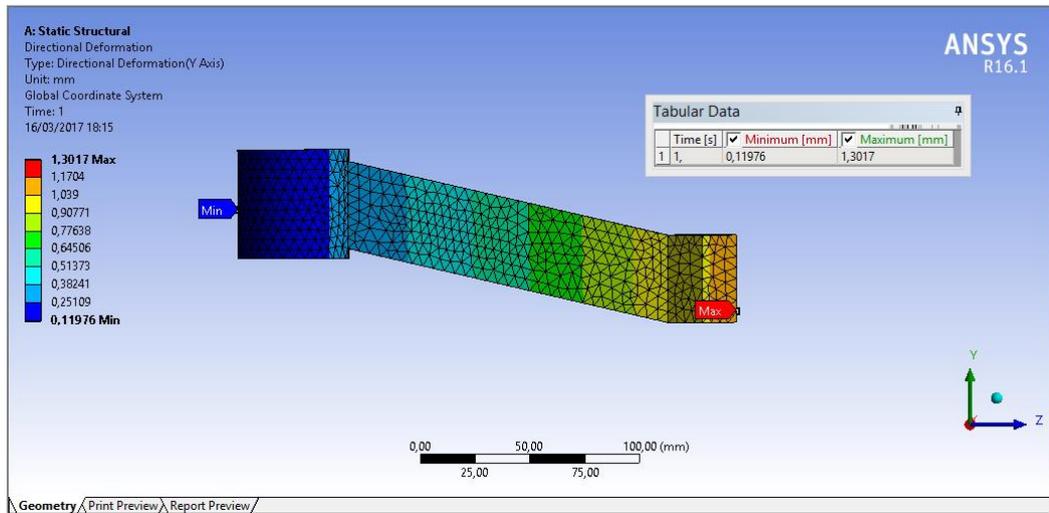


Figura 63. Deformación máxima del brazo

Fuente: Autores

El elemento mostrado en la Figura 64 tiene la función de acoplar el tornillo regulador con la garra de sujeción, por lo que en él se produce un gran esfuerzo cuyo valor fue de 142,71 Mpa, comparando dicho esfuerzo con el usado como material de construcción (ASTM A-36),se obtuvo un factor de seguridad de 1,8 aproximadamente como se muestra en la Figura 65.

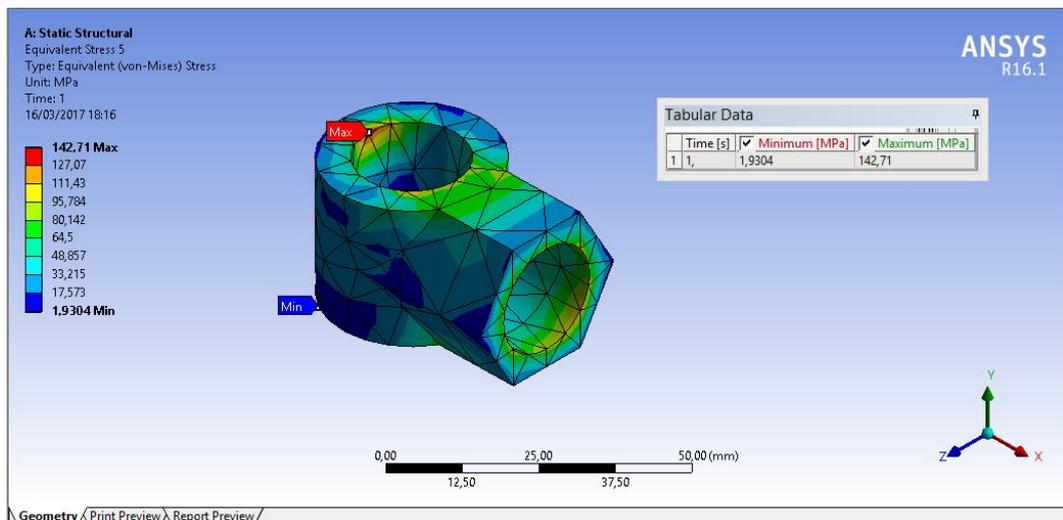


Figura 64. Esfuerzos en el acople

Fuente: Autores

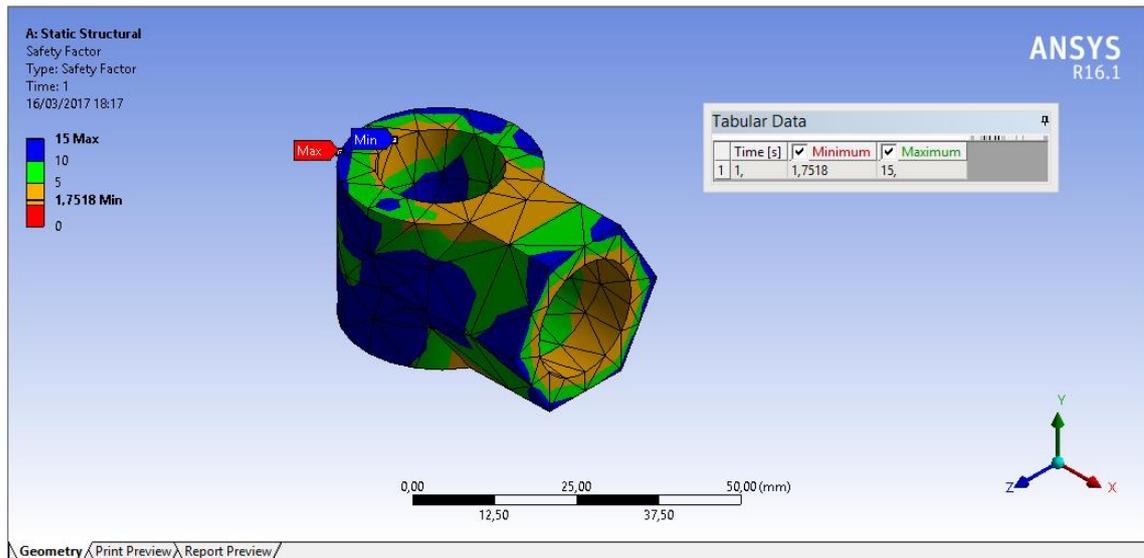


Figura 65. Factor de seguridad en el acople

Fuente: Autores

La Figura 66, muestra la concentración de esfuerzos existentes en la garra de sujeción de los espirales el cual dio en su zona más crítica un valor de 84,29 Mpa, dicho esfuerzo comparado con el del acero ASTM A-36 empleado en elementos anteriores, se obtuvo un factor de seguridad de 2,96 como se pudo apreciar en la Figura 67, por lo que su diseño es apto para la construcción.

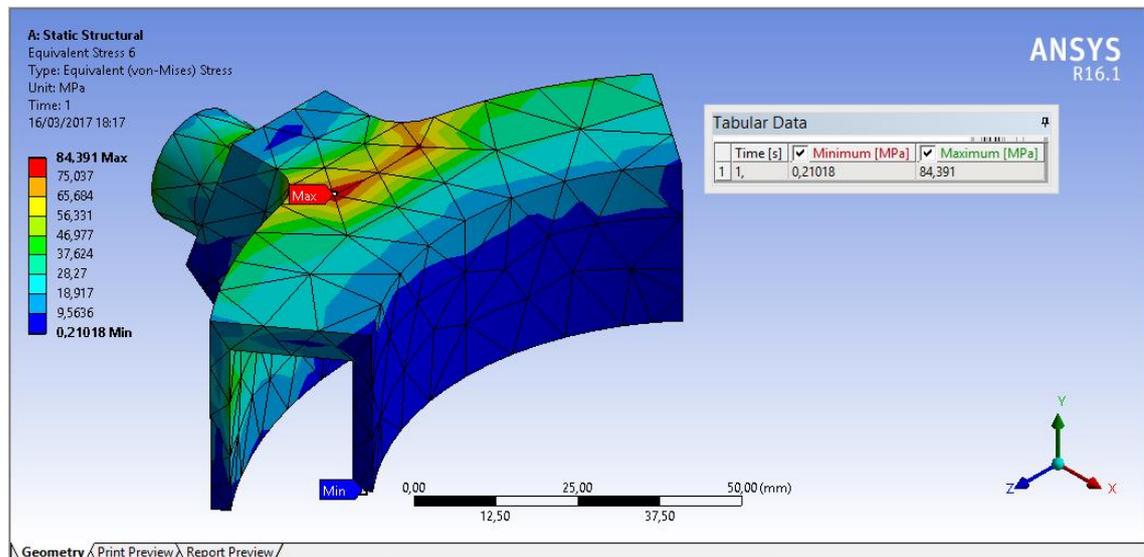


Figura 66. Esfuerzos en la garra de sujeción

Fuente: Autores

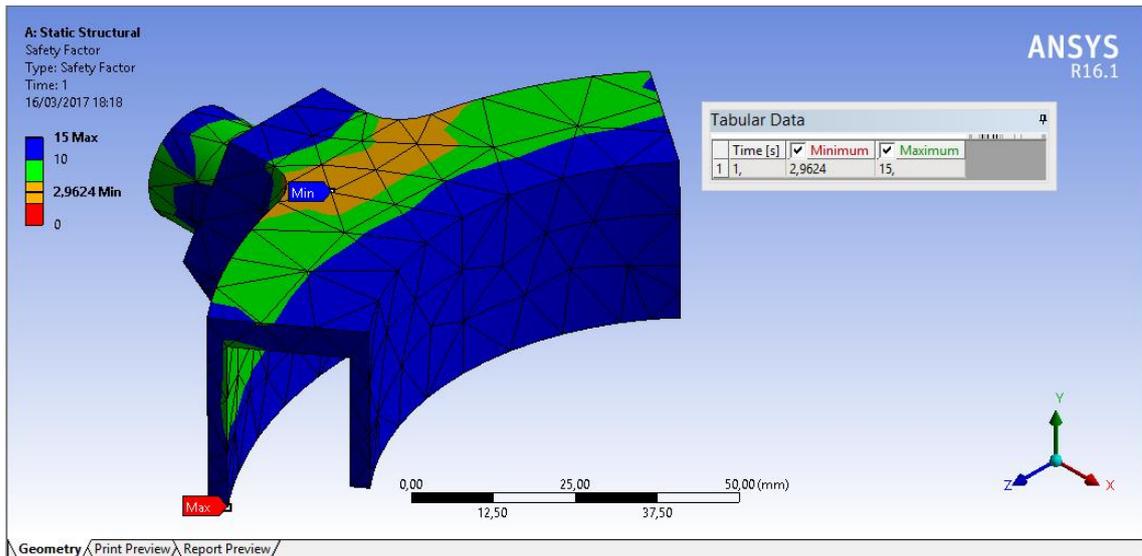


Figura 67. Factor de seguridad de la garra de sujeción

Fuente: Autores

Los esfuerzos existentes en la matriz son de los más altos de la herramienta ya que en esta se aplica directamente la fuerza aplicada por el espiral por lo que su diseño es de vital importancia, como se pudo observar en la Figura 68, el esfuerzo existente en el elemento fue de 148,24 Mpa con este valor se obtuvo un factor de seguridad de 1,7 aproximadamente como se muestra en la figura 69, usando el acero estructural ASTM A-36 empleado en la mayoría de elementos de la herramienta neumática, además se observó una deformación de 0,8 mm en el eje Y tal como se muestra en la Figura 70.

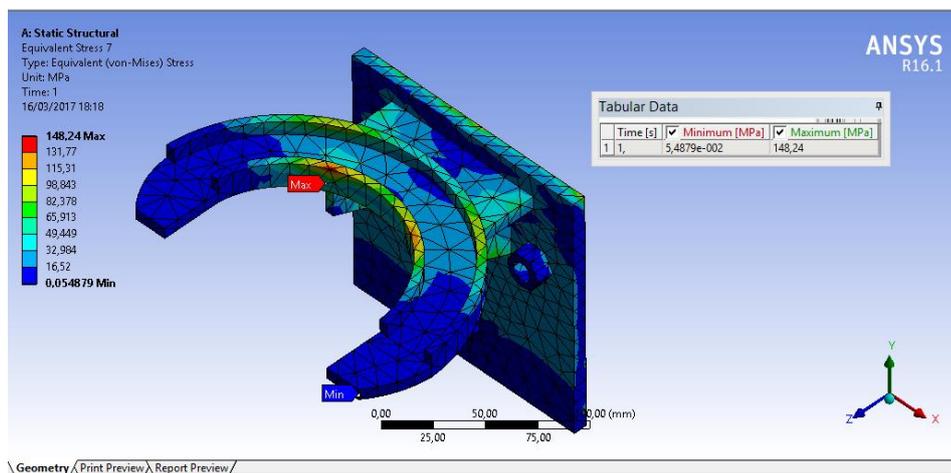


Figura 68. Concentración de esfuerzos en la base helicoidal

Fuente: Autores

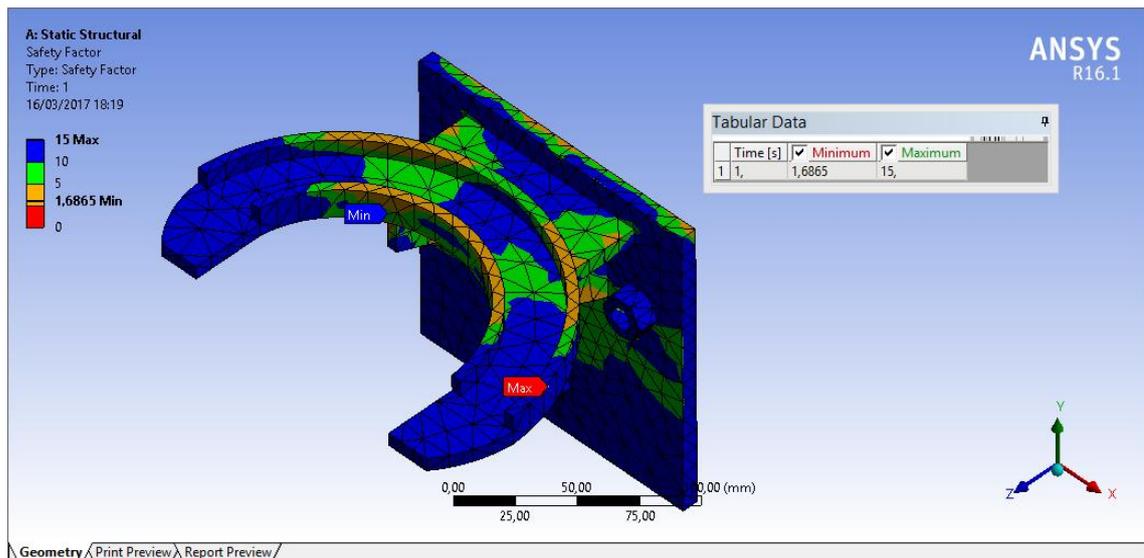


Figura 69. Factor de seguridad en la base helicoidal.

Fuente: Autores

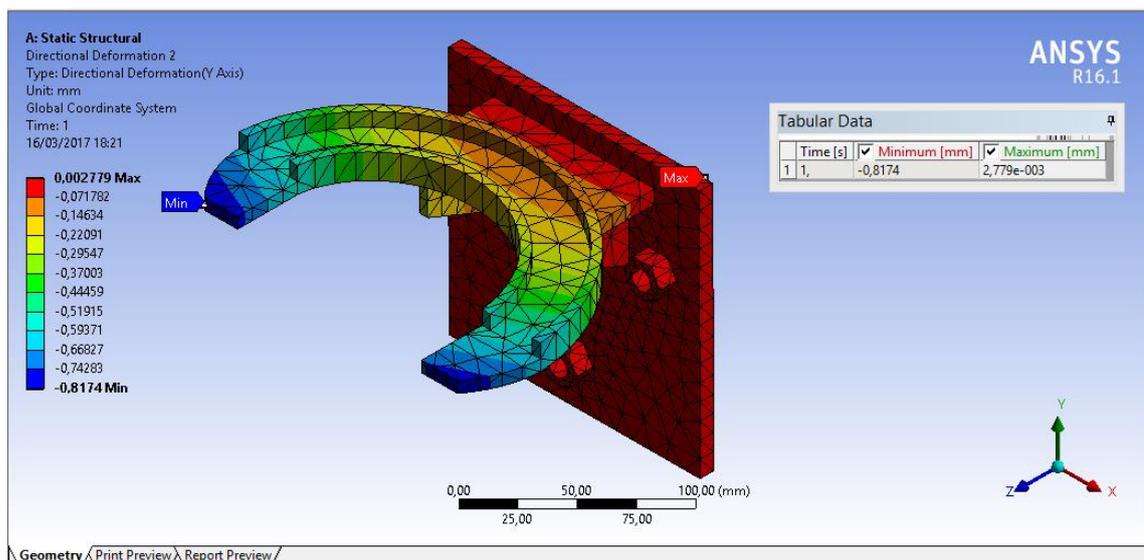


Figura 70. Deformación en Y de la base helicoidal.

Fuente: Autores

La Figura 71. Muestra la concentración de esfuerzos en uno de los elementos críticos donde actúa directamente la fuerza producida por el espiral y donde dicho valor alcanzó 154,25 Mpa, al hacer la comparación con el material a construirse se obtuvo un factor de seguridad de 1,62 como se muestra en la Figura 72, por lo que se procedió a su adquisición.

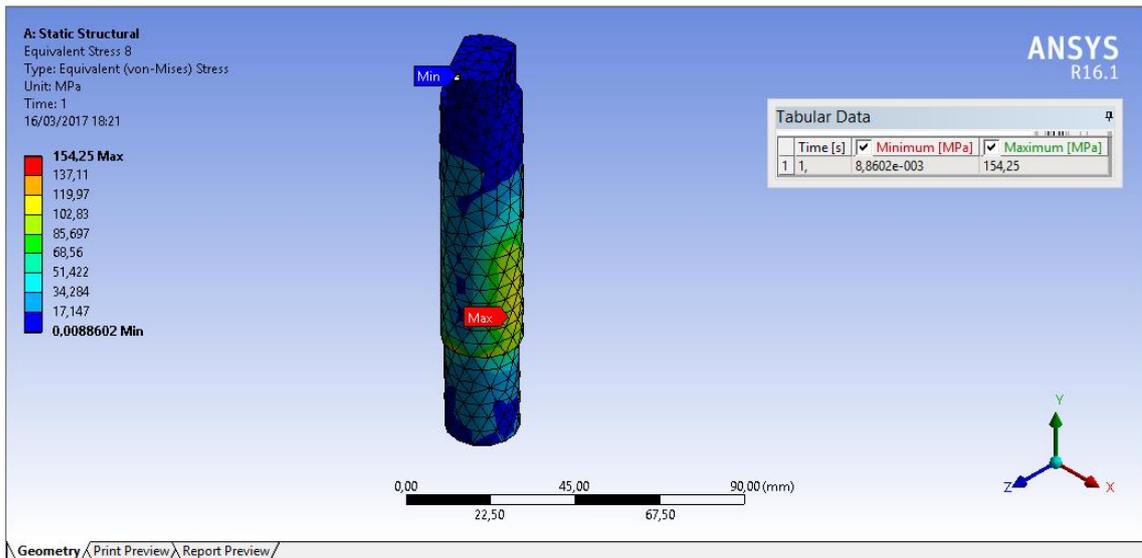


Figura 71. Esfuerzos en el tornillo regulador

Fuente: Autores

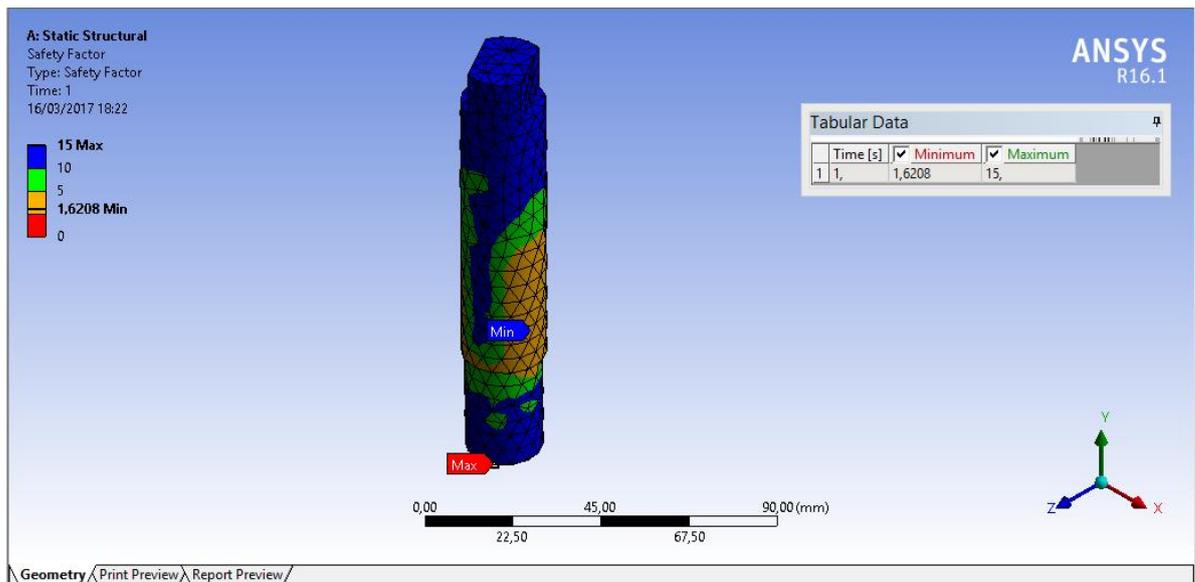


Figura 72. Factor de seguridad del tornillo regulador

Fuente: Autores

La Figura 73. Muestra el elemento encargado de unir el vástago del cilindro con la barra, cuya misión es transmitir la fuerza hacia los collarines, el diseño que se muestra en la figura tiene la capacidad de dirigir la fuerza de la mejor manera hacia la barra permitiendo que no se desnivele. Los esfuerzos en este elemento fueron relativamente bajos llegando a un valor de 28,19 Mpa, por lo que su factor de seguridad fué de 8,8 como se muestra en la Figura 74.

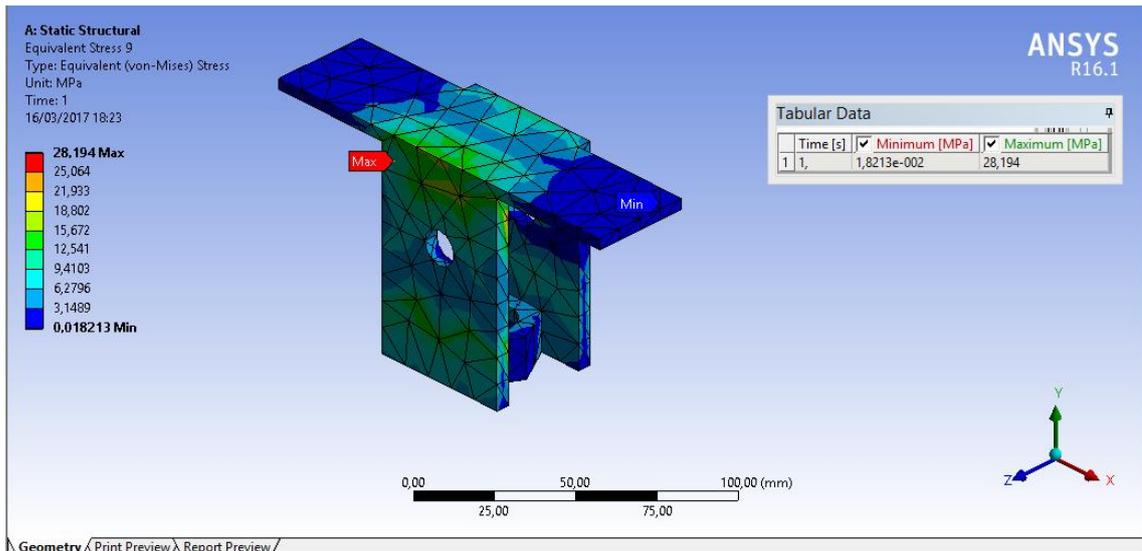


Figura 73. Esfuerzos en el soporte de la barra de fuerza

Fuente: Autores

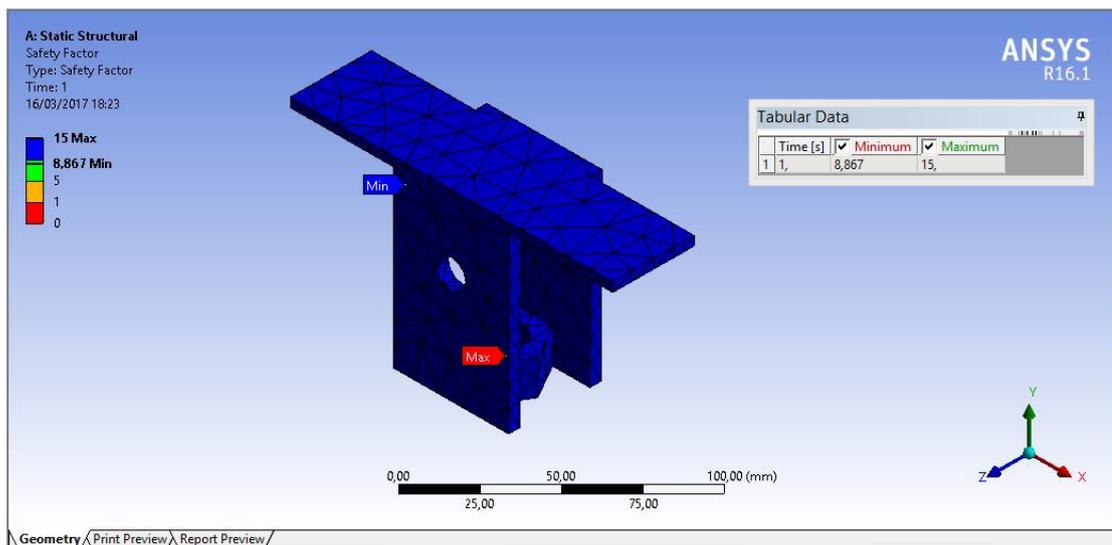


Figura 74. Factor de seguridad del soporte de barra de fuerza

Fuente: Autores

La Figura 75, muestra la concentración de esfuerzos en el soporte del cilindro dicho valor tuvo que ser parecido o igual al esfuerzo existente en el elemento matriz debido a la reacción que produce la fuerza del espiral sobre el elemento de soporte del cilindro, este valor fue de 146,91 Mpa, con dicho valor se obtiene un factor de seguridad de 1,7 como se muestra en la Figura 76, además de una deformación de 0,15 mm en su punto más crítico tal como se muestra en la Figura 67.

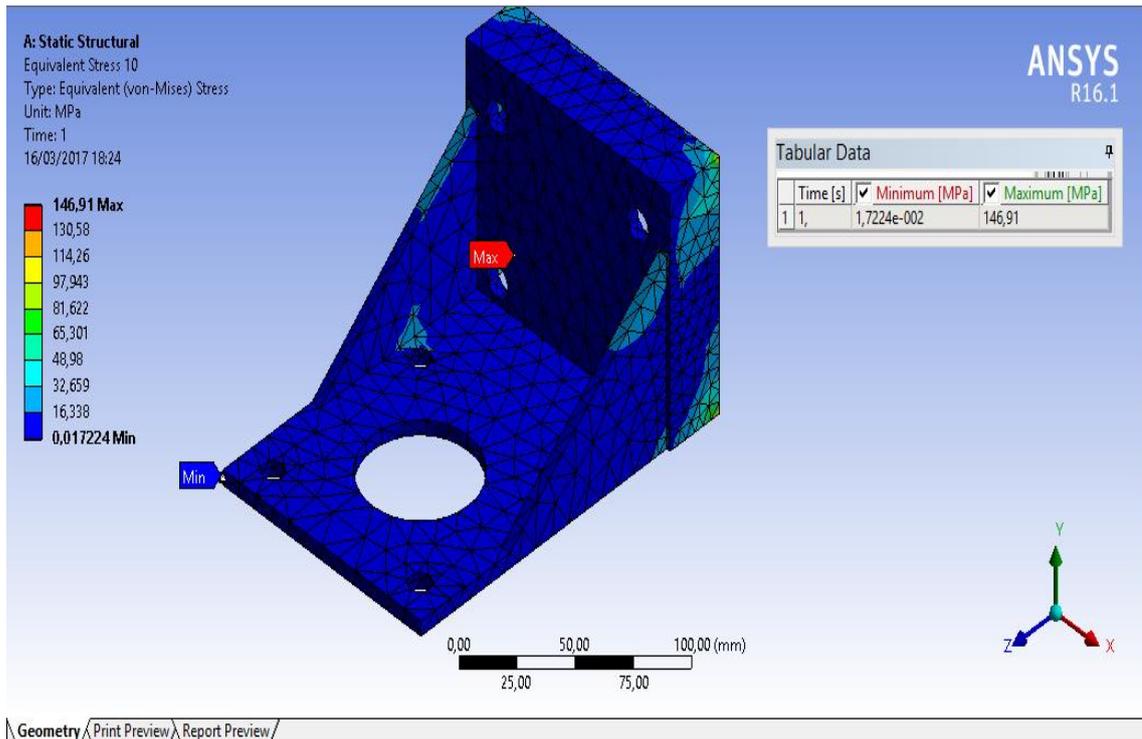


Figura 75. Esfuerzos en soporte del cilindro

Fuente: Autores

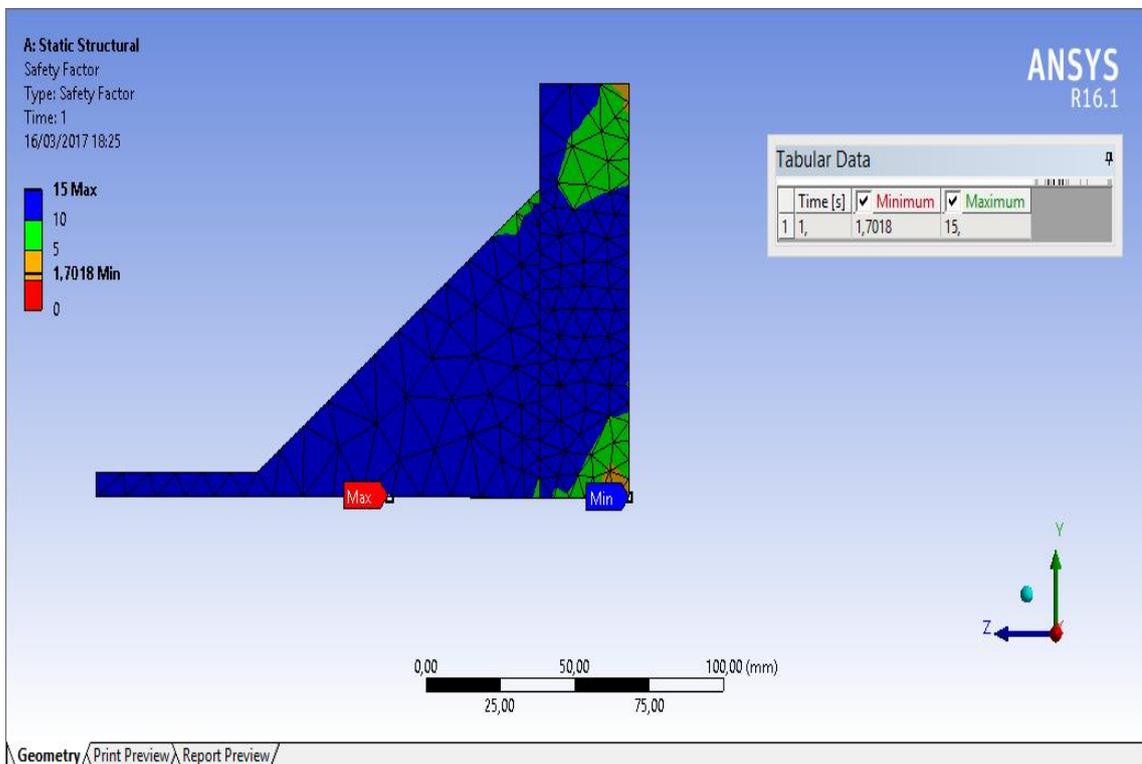


Figura 76. Factor de seguridad en soporte de cilindro

Fuente: Autores

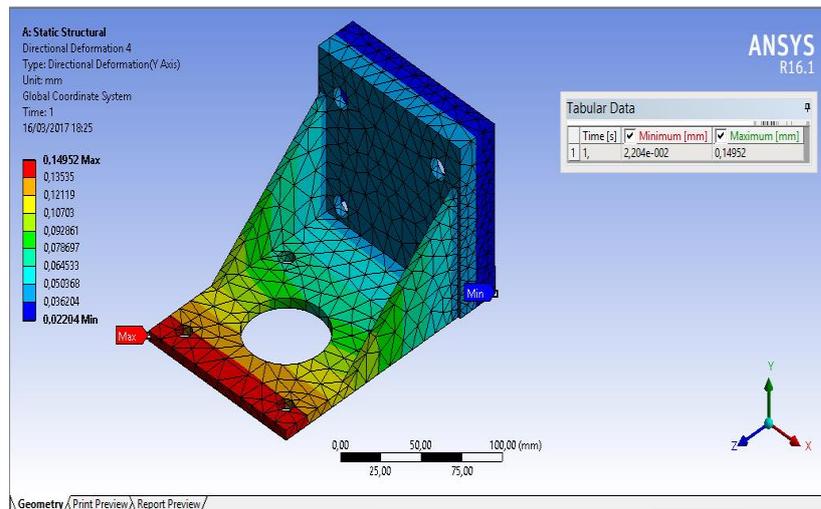


Figura 77. Deformación en Y de soporte de cilindro

Fuente: Autores

La Figura 78. aunque no es un elemento diseñado para este trabajo de titulación es de vital importancia saber su comportamiento bajo los esfuerzos producidos, por tal motivo en su análisis de esfuerzos se obtuvo un valor de 31,55 Mpa que es relativamente bajo, cabe recalcar que en este elemento el mayor de su esfuerzo es a tracción en la carrera de trabajo de la herramienta, el factor de seguridad que existe en este elemento es de 7,97 tal como se muestra en la Figura 79, por otro lado se puede observar un pandeo del vástago en el eje x de 1,15 mm como se observa en la Figura 80, debido a la carrera larga del cilindro.

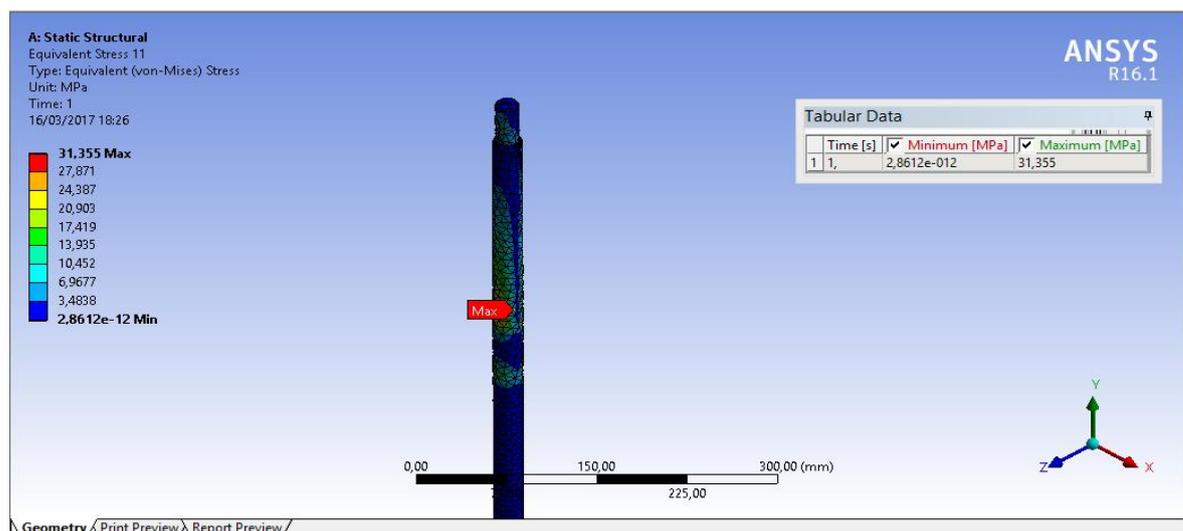


Figura 78. Concentración de esfuerzo en el vástago

Fuente: Autores

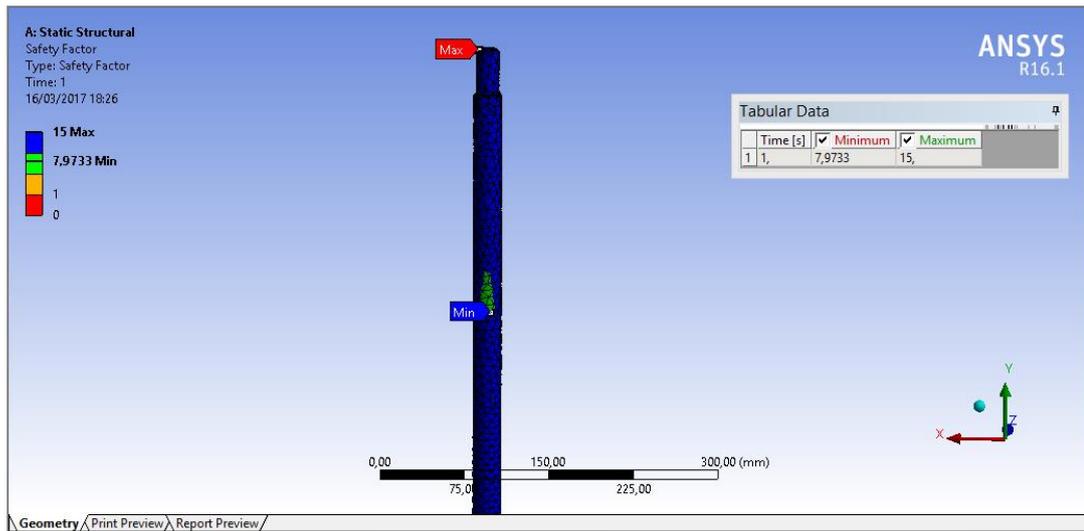


Figura 79. Factor de seguridad del vástago

Fuente: Autores

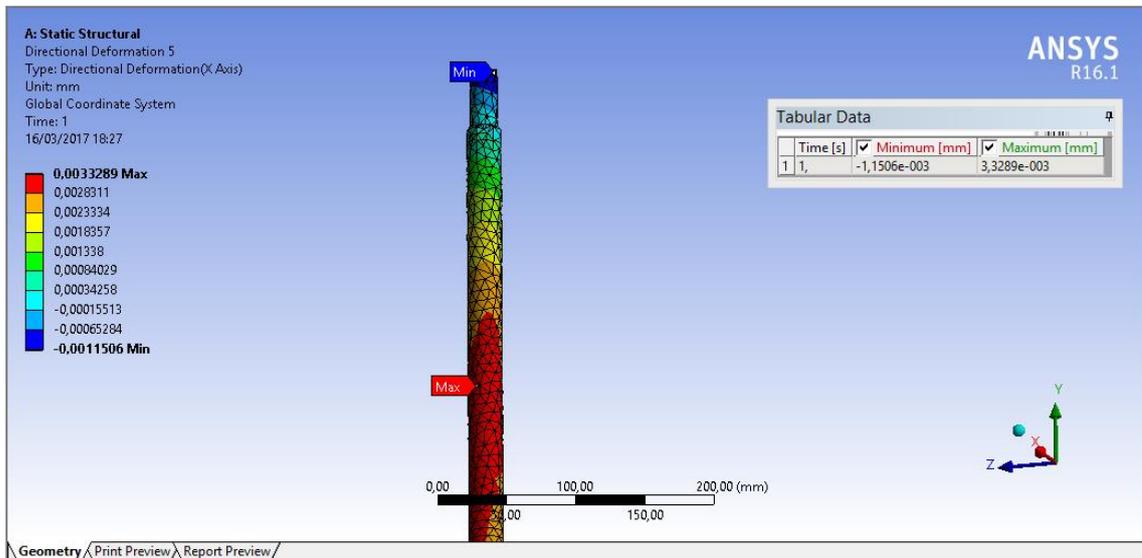


Figura 80. Deformación en X del vástago

Fuente: Autores

La Figura 81. Muestra los esfuerzos que se generan en la barra, la cual es la encargada de la transmisión de fuerza desde el vástago del cilindro hasta los collarines, el valor del esfuerzo en su punto más crítico fue de 37,17 Mpa, comparando dicho valor con el acero ASTM A-36 dio un factor de seguridad de 6,72 como se muestra en la Figura 82.

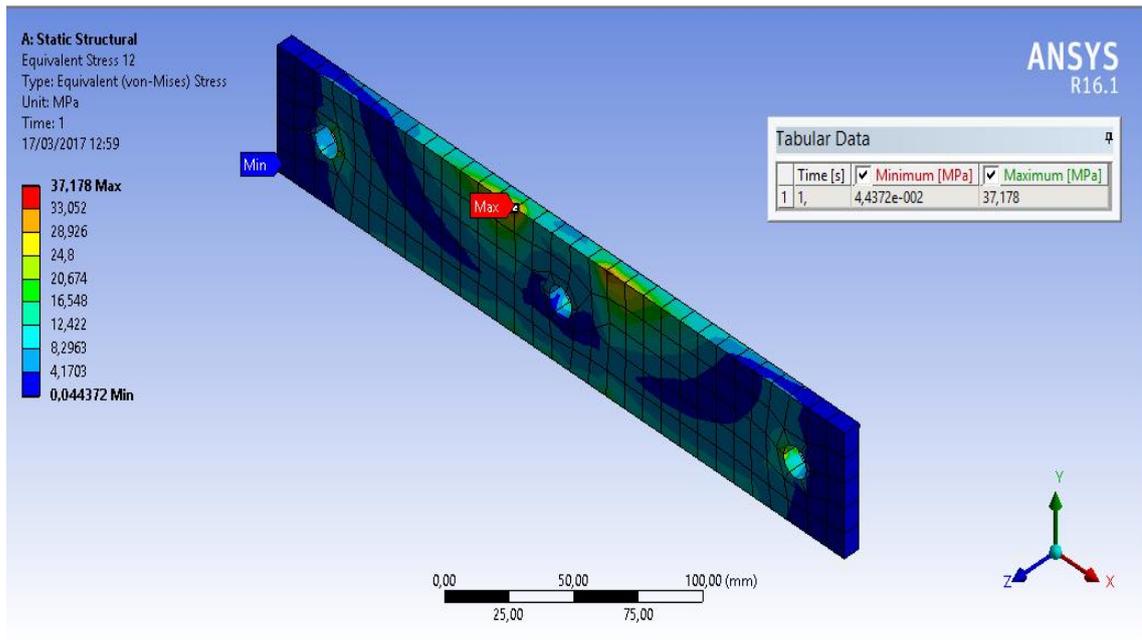


Figura 81. Esfuerzos en la barra de fuerza

Fuente: Autores

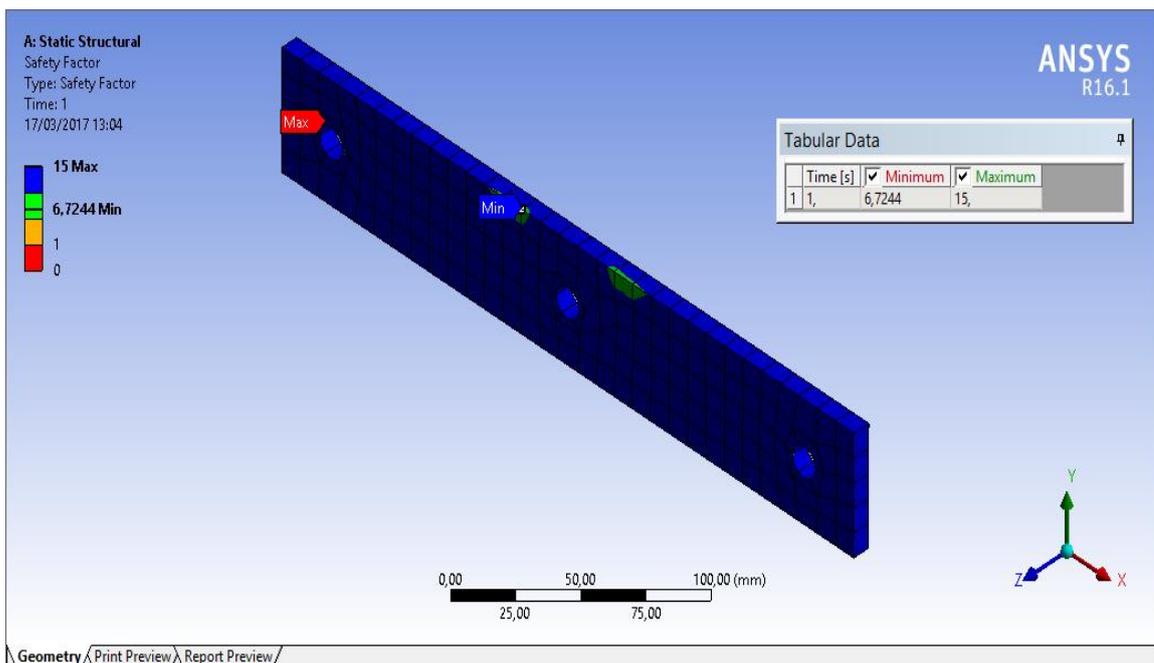


Figura 82. Factor de seguridad en la barra de fuerza

Fuente: Autores

Tabla 22. Resultados finales del análisis CAE

Elemento	Factor de seguridad (Min/ Max)	Esfuerzo máximo(Mpa)	Deformación máxima (mm)	Concentración de esfuerzos	Punto Crítico
Estructura	1.96/15	127.7	1.26	Si	No
Guía eje	1.79/15	115.67	1.24	Si	No
Brazo	1.37/15	183.63	1.30	Si	Si
Acople	1.75/15	142.71	1.60	Si	No
Garra de sujeción	2.96/15	84.39	2.40	Si	No
Matriz	1.69/15	148.24	0.8	Si	No
Regulador	1.62/15	154.25	1.4	Si	Si
Soporte barra de Fuerza	8.86/15	28.19	Casi nula	No	No
Soporte Cilindro	1.7/15	146.91	0.15	Si	No
Vástago	7.97/15	31.35	Casi Nula	No	No
Barra de fuerza	6.72/15	37.18	Casi Nula	No	No

Fuente: Autores

En la tabla 22, se muestra los resultados finales obtenidos del análisis obtenidos con la herramienta CAE Ansys, como se observa todos los factores de seguridad obtenidos se encuentran por encima de 1 por lo que se garantiza el buen dimensionamiento de los perfiles utilizados para la construcción de la herramienta neumática.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA NEUMÁTICA

En el apartado siguiente se muestra el proceso a seguir para la construcción de la herramienta neumática, basado en la alternativa de diseño seleccionada. A continuación se muestra un diagrama del proceso a seguir para la construcción de la herramienta.

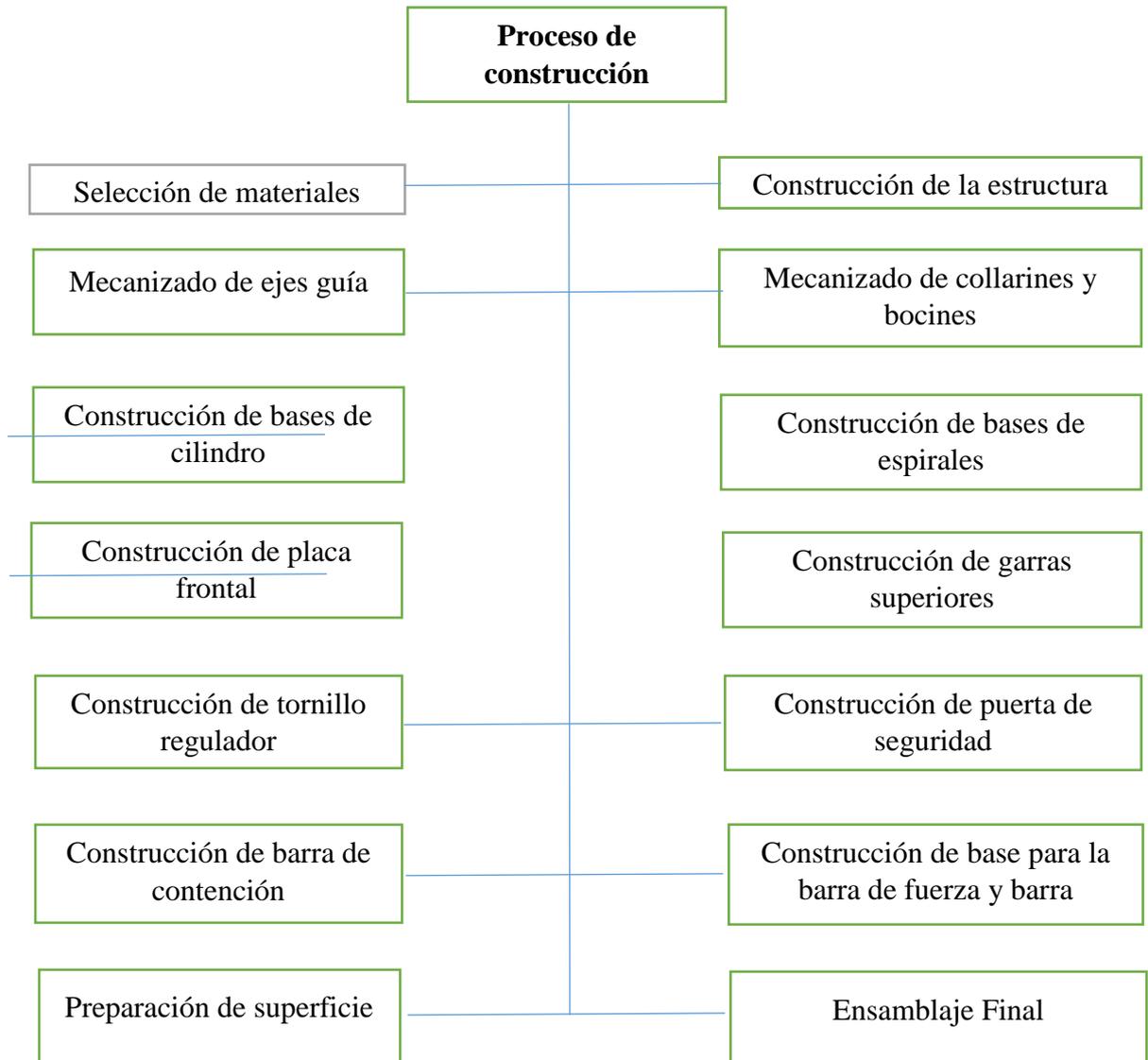


Figura 83. Proceso de construcción de la herramienta

Fuente: Autores.

4.1 Selección de materiales

Existen en el mercado muchos materiales que pueden servir para la construcción del elemento estructural y algunos otros elementos de la herramienta, ya que tienen las características mecánicas para soportar las cargas existentes, por esta razón se realizó una comparación (Tabla 23), para saber cuál es el material que brinda las mejores características.

Tabla 23. Comparación de materiales existentes en el mercado

MATERIAL	Disponibilidad de mercado	Soldabilidad	Bajo costo	Alta ductilidad	Diversidad de geometrías	Calificación
ASTM A36	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	20
Aluminio	Excelente	Buena	Media	Excelente	Buena	16
Acero inoxidable	Buena	Buena	Baja	Buena	Baja	11
Fibra de carbono	Media	Baja	Baja	Excelente	Buena	11
Acero galvanizado	Excelente	Baja	Media	Buena	Media	13
Excelente=4; Buena= 3; Media=2; Baja=1						

Fuente: Autores

Tomando en cuenta todas las consideraciones, el material idóneo para la construcción de la estructura metálica fue el ACERO ASTM A-36 cuyas propiedades mecánicas son más que suficientes para soportar los esfuerzos que se producen en la herramienta, además por motivos de costos es el material recomendable. Con este acero se mecanizaron los collarines, también se construyeron los brazos principales, la barra de fuerza, las garras para el espiral, las bases de apoyo para el espiral, la chapa metálica de los costados, la jaula de seguridad y el soporte inferior para el amortiguador.

Por motivos de resistencia, durabilidad y reducido índice de fricción al trabajar con otros elementos, se eligió el acero inoxidable como material idóneo para las barras guía, puesto que al estar al contacto con el ambiente, la superficie de estas no debe oxidarse bajo ningún concepto. Por otro lado con acero de transmisión se mecanizaron los collarines principales, los collarines de los brazos y los bocines de las garras, además del eje roscado para regular estas y la forma de unirlos será mediante el uso de soldadura eléctrica con electrodo 6011 para la estructura metálica y 7810 para los pernos de los collarines.

4.2 Construcción de la estructura metálica

Este es uno de los procesos más rigurosos debido que debe soportar las cargas y ser precisa para colocar las barras guía que deben estar bien posicionadas.

4.2.1 Selección del material

La estructura metálica es la que sirve de soporte para todos los elementos neumáticos y en la que se realiza el cambio de amortiguadores, por lo cual debe ser lo suficientemente robusta para soportar la fuerza que imprime el cilindro neumático a su estructura, el material utilizado para esta será el Acero ASTM A-36. Para la construcción de esta estructura se usaron perfiles de la Tabla 17.

La selección de los perfiles se dio mediante el cálculo y simulación en software, sin embargo el perfil trasero fue elegido por estética ya que su superficie amplia podía albergar al cilindro neumático en su totalidad.

Las cotas de los perfiles y estructura se pueden apreciar en el ANEXO de planos.

4.2.1.1 Proceso

Una vez obtenidas las cotas del diseño en software, se hizo la medición de los perfiles, su recorte y el ensamblaje con soldadura eléctrica y electrodos 6011.



Figura 84. Corte y montaje de los perfiles estructurales

Fuente: Autores

4.3 Roscado de las puntas de los ejes de acero inoxidable

Se roscaron las puntas de los ejes para poder montarlas en la estructura metálica mediante tuercas, pues la finalidad de esto es que la herramienta sea completamente desmontable en caso de requerir un recambio.

4.3.1 Proceso

En el torno después de refrentar a una longitud de 600 mm se realizó una rosca gruesa de 5/8” con una longitud de 50mm en las puntas de los ejes de acero inoxidable.



Figura 85. Roscado de la punta de eje guía.

Fuente: Autores

4.4 Maquinado de los collarines y bocines

Existen dos bocines y un collarín en esta herramienta:

- El principal, cuya función es conducir el movimiento del cilindro a través de las barras guía.
- Los bocines de brazo, que sirven para dar movilidad a este.
- Los bocines de las garras, que sirven para dar movimiento de 360 grados a estas.

4.4.1 Materiales

Para la construcción de los bocines y collarin se optará por acero de transmisión, principalmente porque este se adquiere fácilmente como ejes de acero y tiene la capacidad de soportar muy bien la flexión a la que estará sometido y con una deformación prácticamente nula.

4.4.2 Proceso

Se inició con la adquisición del acero de transmisión para el collarín principal, el bocín del brazo y el bocín de la garra además de un eje de nylon para el bocín interno que va en contacto con la barra guía de acero inoxidable. Una vez en el torno se procedió al maquinado con una tolerancia de 0,05 mm.



Figura 86. Corte del eje de acero de transmisión

Fuente: Autores

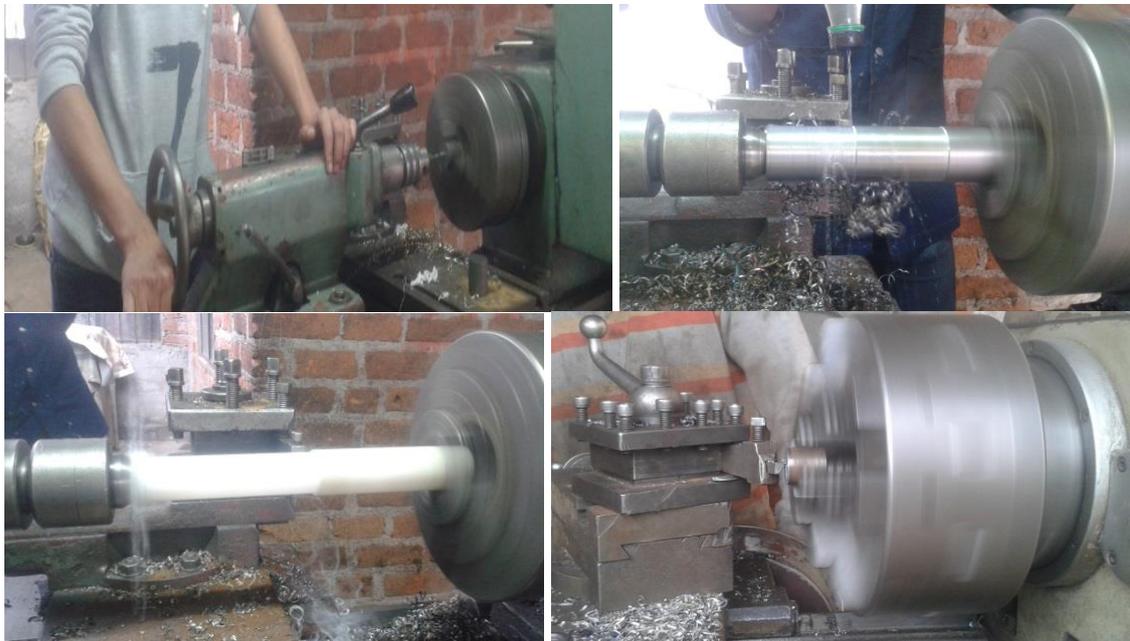


Figura 87. Maquinado de los collarines y bocines

Fuente: Autores

4.5 Construcción de las bases del cilindro neumático.

Las bases del cilindro neumático son un par de elementos que conectan el cilindro con la estructura de la herramienta, haciéndola desmontable para procedimientos de mantenimiento.

4.5.1 Materiales

Se eligió una placa metálica de acero ASTM A36 con un espesor de 5mm.

4.5.2 Proceso

El material comprado fue previamente cortado según las medidas necesarias con oxicorte, posteriormente las partes fueron pulidas, se realizaron las mediciones para los agujeros correspondientes los cuales fueron hechos en el taladro de banco, una vez obtenidos los parámetros deseados se procedió a realizar la soldadura con electrodos 6011 y 6013.



Figura 88. Perforación y soldadura de las bases del cilindro neumático

Fuente: Autores

4.6 Construcción de las bases para los espirales

Las bases helicoidales para los espirales son unos de los elementos más importantes de la herramienta, ya que al ser intercambiables, dan la posibilidad de adaptar cualquier tipo de espira a la herramienta, dándole a esta, su característica universal.

4.6.1 Materiales

Se elige una placa metálica de acero ASTM A36 con un espesor de 5mm, platina de media pulgada y 3 mm de espesor para los bordes.

4.6.2 Proceso

Se cortó con plasma la forma de semi luna de la base, mediante forja se le dio la gradiente del espiral, se soldó en los bordes la platina con electrodo 6011. La semi luna se soldó en una placa cuadrada mediante un aumento. En esta placa cuadrada se hicieron 3 agujeros de 12 mm sobre los cuales se soldaron tuercas que serían los soportes de los 3 pernos traseros mediante los cuales el conjunto puede sujetarse a la placa frontal.



Figura 89. Bases desmontables del espiral

Fuente: Autores.

4.7 Construcción de la placa frontal.

La placa frontal tiene la misión de albergar a las bases helicoidales y asegurar estas correctamente, gracias a sus ranuras frontales es que se pueden intercambiar dichas bases.

4.7.1 Materiales

Se usó un perfil en G de 150x50x3 mm de acero ASTM A36

4.7.2 Proceso

Después de cortar la placa frontal de acuerdo a la longitud necesaria se procede a medir y a realizar las perforaciones para que las bases de los espirales encajen correctamente y de esta manera puedan ser intercambiables.



Figura 90. Placa frontal

Fuente: Autores

4.8 Construcción de las garras superiores

Estos elementos parecidos a garras son los encargados de anclarse a la espira por la parte superior y asegurarla completamente a la herramienta neumática a la hora de comprimir los espirales.

4.8.1 Proceso

Una vez medido y cortado el material se procedió a hacer unos dobleces para los costados con platina de 1", una vez que calzaron se procedió a soldar.



Figura 91. Garra soporte superior de espiral

Fuente: Autores

4.9 Construcción del eje roscado regulador de las garras

Este eje roscado se encuentra conectando a los brazos principales con las garras su misión es poder regular la altura de las garras de forma independiente para que se puedan amoldar a la forma de la espira.

4.9.1 Proceso

El eje fue comprado con la rosca, fue necesario hacerle un agujero en uno de sus extremos para que atravesase una barrilla que facilitará su manipulación. Por el otro extremo se realizó un cilindrado y un canal para que pueda entrar el bocín de la garra y ser asegurado, facilitando con esto la rotación de la garra 360 grados.



Figura 92. Perforación del eje roscado

Fuente: Autores

4.10 Colocación del brazo en los collarines

Este proceso requirió de gran precisión en la soldadura, pues de este depende que se realice correctamente la compresión de los espirales, si la soldadura tuviera alguna imperfección podría causar el desprendimiento del brazo y por ende el desprendimiento del espiral.

4.10.1 Proceso

Una vez cortada la platina de acero según las dimensiones requeridas, se procedió a soldar el brazo tanto al conjunto del collarín como al conjunto de la garra.

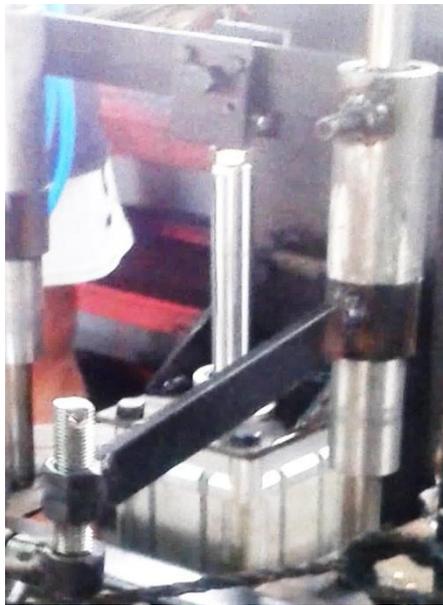


Figura 93. Brazo.

Fuente: Autores

4.11 Construcción de la puerta de seguridad

La puerta de seguridad es un elemento indispensable, fue necesaria su construcción, puesto que la acción de comprimir espirales es muy peligrosa y en caso de soltarse este, la puerta sería uno de los elementos de seguridad más importantes.

4.11.1 Materiales

Se utilizó tubería de acero ASTM A36 de 7/8X1,5 que para efecto de seguridad es más que suficiente.

4.11.2 *Proceso*

Después de doblar los tubos se procedió a cortar y a soldar, con bisagras de 3/8x3 y bisagras de 3/8x2 torneadas, se colocaron las puertas a la estructura principal.



Figura 94. Puerta de seguridad

Fuente: Autores

4.12 **Construcción de la barra de contención superior**

Esta barra no necesita un diseño elaborado, pues su única misión es impedir el movimiento de las barras guía.

4.12.1 *Proceso*

Con platina de 1,5" se construyó este mecanismo de bloqueo de las barras guía, cortando y haciendo un par de agujeros que garanticen la estabilidad de las barras.



Figura 95. Barra de posicionamiento de ejes guía

Fuente: Autores

4.12.2 ***Construcción del conjunto barra conductora de movimiento y base roscable del vástago del cilindro neumático.***

La misión de este elemento es conectar el movimiento del vástago del cilindro neumático con la barra de fuerza.

4.12.3 Proceso

Al igual que las demás piezas de placa metálica, se procedió a medir, a cortar y a realizar los agujeros necesarios en el caso de la barra conductora. Para la base roscable, se compró una tuerca a medida y alrededor de esta se diseñó el soporte necesario con un agujero en el centro para conectar la barra a esta y una placa superior para evitar el movimiento de dicha barra conductora.



Figura 96. Barra de fuerza.

Fuente: Autores

4.13 Colocación de chapa metálica

La chapa metálica otorgó a la herramienta un acabado profesional y atractivo, además que esconder los mecanismos internos de esta.

4.14 Proceso

Una vez comprada la chapa metálica perforada, se procedió a realizar las medidas necesarias, mediante plantillas para realizar los cortes y los dobleces de esta. Ya con la chapa lista se procedió a atornillar la placa frontal y superior y a soldar las placas laterales



Figura 97. Colocación de la chapa metálica

Fuente: Autores

4.14.1 Preparación y fundado de la estructura metálica y demás elementos.

El fondo mantendrá la integridad de los elementos propensos a corrosión y extenderá la vida útil de la herramienta, además que proporciona una base óptima para la pintura final.

Proceso

Una vez lijado y pulido asperezas de los diferentes elementos se procedió a limpiar con diluyente, con el fin de eliminar la capa de aceite que protege a los perfiles y demás componentes de la corrosión. Ya limpias las superficies se dio dos capas de fondo, para que sea una base sólida para la pintura.



Figura 98. Fondeado de los elementos

Fuente: Autores

4.14.2 Pintura definitiva.

La pintura final le dio a la herramienta un acabado más llamativo, que consta de dos tonalidades de colores que representan confianza desde el punto de vista de Marketing.

4.14.2.1 *Proceso.*

Con todos los elementos fondeados se procedió a la preparación de la pintura con diluyente acrílico para una mayor adherencia de esta, se pintó cada elemento de manera que resaltará el diseño de la herramienta y se dejó secar por aproximadamente dos días ya que este tipo de pintura requiere de un prolongado tiempo de espera.



Figura 99. Elementos pintados en proceso de secado

Fuente. Autores



Figura 100. Elemento estructural pintado.

Fuente. Autores

4.14.3 *Ensamblaje final.*

El ensamblaje final constituye el último paso de la construcción de la herramienta neumática logrando un acabado y presentación satisfactoria. Se procedió a ubicar todos los elementos en su

lugar por medio de perno, vinchas, etc. No se experimentó ningún contratiempo en este proceso, ya que todos los elementos calzaron correctamente después del proceso de pintura.

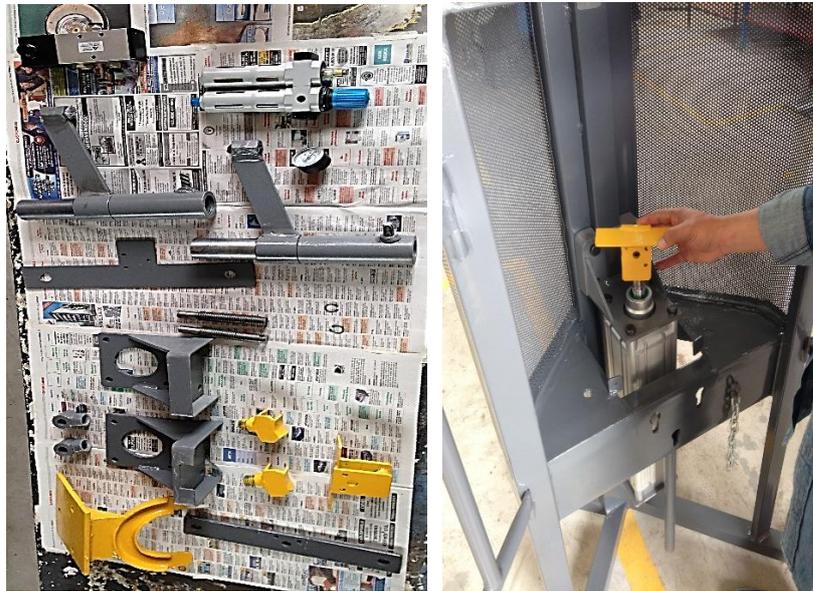


Figura 101. Ensamblaje de la herramienta.

Fuente. Autores.



Figura 102. Resultado final.

Fuente. Autores.

4.15 Pruebas de funcionamiento

Una vez ensamblada la herramienta neumática previo a su proceso de pintura se realizaron las pruebas correspondientes de funcionamiento con todos los elementos que la conforman, obteniendo los resultados esperados. Una vez pintada se realizaron las mismas pruebas de funcionamiento esta vez con la ayuda de un operario calificado de la escuela de Ingeniería Automotriz, el cual manifestó que la herramienta cumplía con los parámetros de seguridad, ergonomía y fiabilidad.



Figura 103. Prueba de funcionamiento

Fuente: Autores

En las pruebas realizadas se evidenció que el tiempo de recambio de un amortiguador defectuoso era 3 veces más eficiente respecto a los métodos convencionales, se eliminó casi de forma completa cualquier riesgo a la integridad del operario, así mismo se mejoró significativamente la ergonomía al momento de realizar este tipo de trabajo.

Durante el proceso de pruebas de funcionamiento se pudo observar que debido a la fácil manipulación de la herramienta cualquier individuo estaría en la capacidad de realizar el cambio de un amortiguador tenga o no experiencia previa para lo cual se puede hacer uso del manual de operación y mantenimiento los mismos que se pueden observar en el anexo B.

CAPITULO V

5. COSTOS

Los costos son todos los gastos que generan una persona, entidad, empresa, etc. y estos pueden ser directos e indirectos.

5.1 Costos directos

Como su nombre lo dice, estos costos se generan directamente por la adquisición de un bien o servicio, en el caso del presente trabajo, los costos directos son los ocasionados por la adquisición de materiales de construcción.

5.1.1 Costos de materiales

Los materiales de construcción del presente trabajo de titulación representan la mayor parte de costos directos y se detallan en las Tablas 21, 22,23 y 24.

Tabla 24. Costo de materiales.

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR POR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	Perfiles cuadrados y rectangulares		50,16
1	Perfil G frontal	15,25	15,25
1	Tubo de 7/8x1.5	6,32	6,32
2	Ejes de acero inoxidable	15,25	30,5
2	Ejes de acero de transmisión de 2"x50cm	15,12	30,24
1	Eje de nylon de 1"x60cm	15,16	15,16
1	Placa metálica de 50x50x0.3cm	6	6
1	Placa metálica de 50x50x0.5cm	12	12
3	Bases de espirales	10	30
1	Plancha de tol perforado	36,84	36,84
1	Eje 1/2" acero de transmisión	4,13	4,13
1	Eje roscado 7/8	8,34	8,34
8	Seguros internos y externos		7,65

Tabla 24. (Continuación) Costo de materiales.

4	Libra de electrodo 6011	2	8
	Pernos + tuerca varias medidas		30,21
4	Bisagras de 3/8 torneadas	0,6	2,4
1	Disco de desbaste/amoladora	4,30	4,30
1	Disco de corte/amoladora	2,50	2,50
1	Litro de masilla automotriz	6,70	6,70
2	Litro de fondo	5,50	11
2	Litros de esmalte	4,70	9,40
	Lijas		3,49
1	Cilindro neumático 100x300	328,55	328,55
1	Válvula 5/3	97,30	97,30
1	Unidad mantenimiento ¼	73,90	73,90
2	Reguladores de velocidad	8,87	17,74
4	Tubo de poliuretano	2,72	10,88
3	Conector recto 10mmx1/2	2,98	8,94
2	Conector recto ¼	2,48	4,96
1	Conector T bronce ¼ hembra	4,26	4,26
1	EMC neplo bronce	2,23	2,23
2	Silenciador plástico	5,10	10,20
TOTAL			889,55

Fuente: Autores

5.1.2 Costo por hora utilización de equipos

Al no disponer la ESPOCH de todas las herramientas necesarias para la realización de ciertos trabajos, fue necesario contratar los servicios, maquinaria y mano de obra privada, lo que incurrió en un gasto por utilización de equipos. El costo de utilización de equipos se detalla en la Tabla 25.

Tabla 25. Costos por hora en utilización de equipos

Descripción	Costo por hora	Tiempo de utilización	Valor total
Torno	10	10	100
Soldaduras especiales	20	1	20
TOTAL			120

Fuente: Autores

5.1.3 Costo mano de obra

Fue necesaria la ayuda y colaboración de profesionales a la hora de realizar ciertos trabajos como soldaduras especiales y mecanizados precisos. El precio de la mano de obra se detalla en la Tabla 23.

Tabla 26. Costo de mano de Obra

Descripción	Salario Real Hora	Hora-Hombre	Valor total
Tornero	5	10	50
Soldador	5	1	5
TOTAL			55

Fuente: Autores

5.1.4 Transporte De Materiales

Exista o no un medio propio de transporte, el coste de traslado de personal y materiales es un costo directo ya sea por motivos de combustible o por alquiler de vehículos. Estos costos se detallan en la Tabla 27.

Tabla 27. Costos de transporte de materiales

DESCRIPCION	VALOR TOTAL
Acero	6
Ejes	3
Placa metálica	3
Tubería	3
Materiales varios	20
TOTAL	35

Fuente: Autores

5.1.5 Costos indirectos

Los costos indirectos ya sea por cualquier motivo representan un 20% de los costos directos y este valor se especifica en la Tabla 28.

Tabla 28. Costos Indirectos

DESCRIPCION	VALOR TOTAL
20% costos directos	219.9
Documentación	120
TOTAL	339.9

Fuente: Autores

5.1.6 Costos totales

Los costos totales representan la suma o unión de los costos directos e indirectos. Este valor se especifica en la Tabla 26.

Tabla 29. Costos totales.

COSTOS DIRECTOS	
MATERIALES	889,55
EQUIPOS	120
MANO DE OBRA	55
TRANSPORTE	35
TOTAL	1099.55
COSTOS INDIRECTOS	
20% COSTOS DIRECTOS	219.9
DOCUMENTACION	120
TOTAL	339.9
TOTAL COSTOS	\$1439.45

Fuente: Autores

Conclusiones

Se obtuvo la alternativa de diseño apropiada con componentes neumáticos, gracias a la aplicación de software CAD (SOLIDWORKS 2015) y CAE (WORKBENCH ANSYS 16) y de aplicaciones neumáticas (FESTO FLUIDSIM 3.6), los cuales permitieron el diseño y por ende la construcción óptima de la herramienta neumática empleada en el cambio de amortiguadores con espirales.

Mediante cálculos se obtuvo el diámetro adecuado del cilindro neumático logrando obtener la fuerza necesaria para la compresión del espiral. Con simulaciones se obtuvieron las dimensiones adecuadas tanto de los perfiles estructurales como de los elementos y con recomendaciones de fabricantes se pudieron determinar las características apropiadas de los diferentes accesorios que conforman el circuito neumático, por ejemplo el diámetro de la tubería y la medida de la unidad de mantenimiento.

Se construyó satisfactoriamente la herramienta neumática empleada en el cambio de amortiguadores con espirales, utilizando la alternativa óptima de diseño que para este caso fue la Alternativa 1, la cual fue escogida minuciosamente de entre otras 4 alternativas mediante el uso de las Figuras 39 y 40 y de las Tablas 11,12,13 y 14, satisfaciendo así la necesidad del taller de la carrera de ingeniería automotriz.

El tiempo de cambio empleado con la herramienta neumática es de aproximadamente la tercera parte en comparación a las herramientas comúnmente utilizadas y ofreciendo todas las seguridades para el operario gracias a la cadena y puerta de seguridad. Desde un punto de vista comercial la reducción en el tiempo para el cambio de amortiguadores representa dinero ya que el trabajo es más eficiente y sobre todo seguro.

En la fase de construcción se consideró que la longitud del collarín sería de 30 cm para absorber los momentos flectores producidos por la distancia entre el eje guía y el tornillo regulador y la de éste último y la garra de sujeción, además internamente se vio la necesidad de colocar un bocín de nylon para evitar el contacto metal- metal con la guía.

Se consideró un análisis estático para toda la herramienta debido a que las fuerzas aplicadas a la estructura no varían en el tiempo, además se tomó el valor de 1.3 como factor mínimo de seguridad para todos los elementos. Los puntos críticos de la herramienta son el elemento brazo y el elemento regulador los cuales cumple con el factor de seguridad antes mencionado.

Recomendaciones

Mantener la puerta de seguridad cerrada y la cadena sujeta al espiral antes de realizar la compresión de éste, para que en caso de accidentes, el espiral no se mueva más allá de la jaula de seguridad y el operario se mantenga a salvo en todo momento.

Mantener lubricados los ejes guía durante el funcionamiento de la herramienta neumática y verificar que el nivel de aceite sea correcto en la unidad de mantenimiento.

Antes de usar la herramienta neumática leer detenidamente el manual de usuario para evitar daños al operario como a la herramienta.

Si la herramienta va a ser conectada por primera vez a la alimentación de aire, tener en cuenta que el cilindro saldrá rápidamente debido a que este se está llenando, luego de un ciclo de trabajo quedará listo para su uso.

Bibliografía

CABRERIZO, Andrés; et al. *Física y Química*. Madrid: Editex S.A, 2008, pp. 43.

BUDYNAS, Richard G & NISBETT, J Keith. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México D.F.: Mc Graw Hill Interamericana, 2008, pp. 508.

CALVO MARTÍN, Jesús & MIRAVETE DE MARCO, Antonio. *Mecánica del automovil* . Zaragoza: INO reproducciones S.A., 1997, pp. 44 - 46.

CREUS SOLÉ, Antonio. *Neumática e Hidráulica*. Barcelona: Marcombo S.A., 2011, pp. 1 -58.

CULTURAL. *Enciclopedia Práctica del Automovil*. Madrid: Aneto- ETAI, 2000, pp. 909 - 922.

CULTURAL. *Manual de Mecánica Industrial*. Madrid: Cultural, S.A, 2002, pp. 1 - 49.

A. SERRANO, Nicolás. *Neumática Práctica*. Madrid: Paraninfo S.A, 2009, pp. 47 - 96.

ROLDAN VILORIA, José. *Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada*. Madrid: Thomson , 2003, pp. 59 - 65.

TRAINNING, International. *Neumática*. España: Thomson, 2003, pp. 1 - 111.

ROLDAN VILORIA, José. *Tecnología y circuitos de aplicación de Neumática, Hidráulica y Electricidad*. Madrid: Paraninfo, 2012, pp. 22 - 23.