



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA NEUMÁTICA PARA COMPRESIÓN DE MUELLES DE VÁLVULAS ADAPTABLE A DIFERENTES TIPOS DE FIJADORES.

Trabajo de Titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR:

ANGEL ARNALDO USCA CAILLAGUA

Riobamba - Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA NEUMÁTICA PARA COMPRESIÓN DE MUELLES DE VÁLVULAS ADAPTABLE A DIFERENTES TIPOS DE FIJADORES.

Trabajo de Titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: ANGEL ARNALDO USCA CAILLAGUA

DIRECTOR: ING. ELVIS ENRIQUE ARGUELLO

Riobamba - Ecuador

2021

©2021, Angel Arnaldo Usca Caillagua

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **Angel Arnaldo Usca Caillagua**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

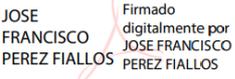
Riobamba, 4 de Junio de 2021.

Angel Arnaldo Usca Caillagua

060421986-5

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Titulación; Tipo: Propuesta Tecnológica, **CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA NEUMÁTICA PARA COMPRESIÓN DE MUELLES DE VÁLVULAS ADAPTABLE A DIFERENTES TIPOS DE FIJADORES**, realizado por el señor: **ANGEL ARNALDO USCA CAILLAGUA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 JOSE FRANCISCO PEREZ FIALLOS	2021-06-04
Ing. Elvis Enrique Arguello DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 ELVIS ENRIQUE ARGUELLO	2021-06-04
Ing. Wilson Javier Villagrán Cáceres MIEMBRO DE TRIBUNAL	 WILSON JAVIER VILLAGRA N CACERES	2021-06-04

DEDICATORIA

A Dios por darme la salud, vida y la oportunidad de tener a mis padres quienes con su esfuerzo sacrificado me han dado su apoyo en todo momento con sus consejos, sus valores por la motivación constante, a mis hermanas por todo su apoyo incondicional, a profesores que me guiaron con sus conocimientos, y las personas más allegadas que de una u otra forma me alentaron en cumplir esta meta.

Angel Arnaldo Usca Caillagua

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su gran sacrificio ya que sin ellos y sin la bendición de Dios hubiese sido imposible culminar mi carrera universitaria, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz que junto a sus docentes me impartieron sus conocimientos para ser un miembro productivo de la sociedad, a todos mis amigos, compañeros y a todas aquellas personas valiosas que estuvieron presentes en esta etapa de mi vida. A mi director y asesor por guiarme durante todo el trayecto de mi trabajo de titulación y se pueda desarrollar de la mejor manera. Para todos ellos mis más sinceros agradecimientos.

Angel Arnaldo Usca Caillagua

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Metodología.....	4
1.3.1 <i>Diseño metodológico</i>	4
1.3.2 <i>Procedimiento para la construcción del prototipo de herramienta neumática</i>	5
1.3.3 <i>Determinar los parámetros que debe cumplir el prototipo</i>	5
1.3.4 <i>Diseño del prototipo</i>	5
1.3.5 <i>Determinar los elementos de construcción</i>	6
1.3.6 <i>Pruebas y comprobaciones</i>	6
1.4 Justificación del proyecto.....	6
1.5 Objetivo General.....	6
1.5.1 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.6 Alcance.....	7

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Neumática.....	8
2.2 Ventajas de la neumática	8
2.3 Desventajas de la neumática	9

2.4	Tendencias actuales de la neumática	9
2.5	Aire comprimido en herramientas neumáticas para el mantenimiento automotriz ...	9
2.6	Generación y abastecimiento de aire comprimido.....	10
2.6.1	<i>Ventajas del aire comprimido.....</i>	11
2.7	Inconvenientes del aire comprimido	11
2.7.1	<i>Tipos de compresores.....</i>	11
2.7.1.1	<i>Compresores de émbolo</i>	12
2.7.1.2	<i>Compresores rotativos.....</i>	12
2.7.1.3	<i>Compresores centrífugos.....</i>	13
2.7.1.4	<i>Conducción del aire comprimido</i>	14
2.8	Acumuladores de aire comprimido.....	15
2.9	Actuadores neumáticos	15
2.9.1	<i>Cilindros neumáticos</i>	16
2.9.1.1	<i>Cilindros de simple efecto</i>	16
2.9.1.2	<i>Cilindros de doble efecto.....</i>	17
2.10	Elementos de regulación y control	18
2.10.1	<i>Representación esquemática de las válvulas</i>	19
2.10.2	<i>Válvulas de control direccional.....</i>	19
2.11	Accesorios de Conexión.....	20
2.11.1	<i>Racor Reductor caudal tipo banjo.....</i>	20
2.11.2	<i>Racor Recto.....</i>	21
2.11.3	<i>Silenciadores</i>	21
2.11.4	<i>Tubo flexible</i>	22
2.12	Estructura del sistema neumático	22
2.13	Herramientas neumáticas	24
2.13.1	<i>Características de las herramientas neumáticas</i>	25
2.13.2	<i>Parámetros de las herramientas neumáticas</i>	26
2.13.2.1	<i>Presión máxima de trabajo.....</i>	26
2.13.2.2	<i>Caudal o consumo de aire</i>	26
2.13.2.3	<i>Potencia.....</i>	26
2.13.2.4	<i>Torque.....</i>	26
2.13.3	<i>Parámetros de selección de un cilindro neumático</i>	26
2.13.3.1	<i>Calculo de la fuerza.....</i>	27
2.13.3.2	<i>Consumo de aire</i>	29

2.13.3.3	<i>Cálculo de caudal</i>	30
2.13.3.4	<i>Pandeo</i>	30

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA	33
3.1	Diseño de la herramienta neumática	33
3.1.1	<i>Consideraciones técnicas para el diseño conceptual</i>	33
3.2	Diseño de la herramienta neumática	35
3.2.1	<i>Diseño del circuito neumático y selección de los componentes</i>	35
3.2.1.1	<i>Modelado del circuito neumático</i>	36
3.2.1.2	<i>Selección del actuador neumático</i>	36
3.2.2	Modelado de la herramienta Neumática	38
3.2.2.1	<i>Modelado CAD</i>	39
3.2.2.2	<i>Simulación del diseño por resistencia mediante software CAE</i>	42
3.3	Construcción de la Herramienta Neumática	49
3.3.1	<i>Selección de materiales</i>	49
3.3.2	<i>Construcción del marco principal</i>	50
3.3.3	<i>Construcción del Brazo móvil</i>	51
3.3.4	<i>Construcción de los elementos de sujeción</i>	52
3.3.5	<i>Construcción del pie de presión</i>	52
3.3.6	<i>Preparación de las superficies para el proceso de soldadura</i>	53
3.3.7	<i>Ensamblaje de los componentes</i>	53
3.3.8	<i>Pruebas de funcionamiento</i>	54

CAPÍTULO IV

4.	GESTIÓN DEL PROYECTO	55
4.1.1	<i>Cronograma del Proyecto</i>	55
4.1.2	<i>Recursos en la adquisición de materiales</i>	55
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	58
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Metodología de Investigación empleada	5
Tabla 1-2: Ventajas del aire comprimido.....	11
Tabla 2-2: Representación de válvulas de distribución.....	18
Tabla 3-2: Accionamientos existentes para el pilotaje de válvulas.....	19
Tabla 4-2: Identificación de los elementos de válvula.....	19
Tabla 1-3: Especificaciones generales de la Herramienta Neumática	33
Tabla 2-3: Descripción de los componentes de la Herramienta Neumática	40
Tabla 3-3: Disponibilidad de materiales en el mercado Nacional	49
Tabla 1-4: Cronograma General del Proyecto	55
Tabla 2-4: Costos de adquisición de los materiales e insumos	56
Tabla 3-4: Gasto total del proyecto.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Procedimiento para la construcción del prototipo de herramienta neumática	5
Figura 2-2: Compresor de émbolo	12
Figura 3-2: Compresor de Paletas	13
Figura 4-2: Compresor de tornillo	13
Figura 5-2: Compresor Centrifugo	14
Figura 6-2: Elementos previos a la distribución de aire comprimido	14
Figura 7-2: Clasificación de Actuadores Neumáticos	15
Figura 8-2: Partes de un Actuador Neumático.....	16
Figura 9-2: Cilindro Neumático de Simple Efecto	16
Figura 10-2: Cilindro Neumático de Doble Efecto.....	17
Figura 11-2: Identificación del número de posiciones y vías de una válvula	20
Figura 12-2: Identificación de una válvula de control	20
Figura 13-2: Racor reductor caudal tipo Banjo.....	21
Figura 14-2: Racor recto	21
Figura 15-2: Silenciador	22
Figura 16-2: Mangueras de poliuretano.....	22
Figura 17-2: Flujo de señales.....	23
Figura 18-2: Características del mando neumático.....	23
Figura 19-2: Esquema de distribución neumático	24
Figura 20-2: Esquema de funcionamiento de un circuito neumático.....	25
Figura 21-2: Pandeo producido en el vástago en distintos tipos de sujeción.....	30
Figura 22-2: Sujeciones existentes para émbolos	31
Figura 1-3: Variable de entrada.....	34
Figura 2-3: Diagrama de funcionamiento de la herramienta neumática	35
Figura 3-3: Circuito Neumático del Compresor de muelles.....	36
Figura 4-3: Fuerza necesaria para la compresión del muelle de válvula.....	37
Figura 5-3: Propuesta de diseño de herramienta neumática.....	39
Figura 6-3: Ensamblaje de componentes de la herramienta neumática, modelo CAD.....	42
Figura 7-3: Ventana inicial de ANSYS WORKBENCH 2020 R2.....	42
Figura 8-3: Importación de la geometría del modelado.....	43
Figura 9-3: Geometría del modelo de herramienta neumática.....	43

Figura 10-3: Implementación de Fixed support en el modelado.....	44
Figura 11-3: Mallado del modelado de la herramienta neumática.....	44
Figura 12-3: Calidad de mallado obtenido en el modelado.....	45
Figura 13-3: Detalle del mallado empelado en la herramienta neumática.....	45
Figura 14-3: Cargas empleadas en la herramienta neumática.....	46
Figura 15-3: Deformación total de la herramienta bajo las condiciones de carga.....	47
Figura 16-3: Deformación elástica equivalente obtenida en la herramienta neumática.....	47
Figura 17-3: Factor de Von Misses ontebido en la herramienta neumatica.....	48
Figura 18-3: Factor de seguridad obtenido en la herramienta neumática.....	48
Figura 19-3: Proceso de construcción de la herramienta neumática.....	49
Figura 20-3: Operación de mecanizado del marco principal.....	50
Figura 21-3: Dimensiones del perfil del marco principal.....	50
Figura 22-3: Doblado del eje mecanizado del marco principal.....	51
Figura 23-3: Brazo móvil de la herramienta neumática.....	51
Figura 24-3: Construcción de elementos de sujeción para elementos desmontables.....	52
Figura 25-3: Mecanizado de los compresores de válvulas.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Rendimiento Interno del Cilindro.....	27
Gráfico 2-2: Fuerza teórica de los cilindros.....	29
Gráfico 3-2: verificación de pandeo.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Planos de construcción de la herramienta neumática

ANEXO B: Guía de Operación de la herramienta neumática

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue construir una herramienta neumática para la compresión de muelles de válvula adaptable a diferentes tipos de fijadores, se analizó las características geométricas de cabezotes de motores gasolina y diésel, propiedades mecánicas de materiales a emplearse, presión necesaria para la compresión de muelles lo cual se obtuvo mediante un ensayo de compresión. Mediante una revisión bibliográfica se analizó las características técnicas, la presión de trabajo requerida fue de 6 a 10 bar, el diseño de máquinas herramientas permitió analizar y elegir los materiales adecuados para la construcción de la herramienta, previamente considerando el diseño del circuito neumático mediante el software FESTO, el modelado mediante el software SOLIDWORKS y su análisis estructural mediante el software ANSYS WORKBECH, estas consideraciones permiten la adaptabilidad a las diferentes geometrías de los fijadores de muelle de válvula, desplazamiento de válvulas y geometría de cabezotes en motores gasolina y diésel cumpliendo con la Directiva 2006/42/CE, reglamento que establece que las maquinas deben cumplir con requisitos esenciales de seguridad y salud. Para el diseño de la herramienta se considera parámetros necesarios por parte del operario, usuario, diseñador, permitiendo que cumpla con un desempeño eficiente y eficaz al momento de cumplir su función, siendo una herramienta útil en talleres y empresas automotrices dedicadas al mantenimiento y reparación de motores. Se concluye que la herramienta neumática debido a su simplicidad reduce el tiempo de operación de 60 a 70% durante el montaje y desmontaje de válvulas, cumple con la adaptabilidad a distintos fijadores existentes. Se recomienda tomar en cuenta la simplicidad de la herramienta para su uso rápido y correcto, debe cumplir parámetros mínimos de seguridad, operación, salud y seguridad, así como aspectos mecánicos que puede sufrir y para los cuales debe anticiparse en la simulación y análisis de resultados obtenidos.

Palabras clave: <VÁLVULA SELECTORA><ACTUADOR NEUMÁTICO><COMPRESOR DE MUELLES><VALVULAS DE ESCAPE><CABEZOTE DEL MOTOR>.

ABSTRACT

This work aimed to build a pneumatic tool for the valve spring compression adaptable to different types of fasteners. There were analyzed the geometric characteristics of gasoline and diesel engines heads, the mechanical properties of materials to be used, the necessary pressure for spring compression. It was obtained by a compression test. The technical characteristics were analyzed through a bibliographic review. The required working pressure was 6 to 10 bar. The design of machine tools allowed it to analyze and choose the appropriate materials for the construction of the tool. Previously considering the design of the pneumatic circuit using the FESTO software, the modeling using SOLIDWORKS software, and its structural analysis using ANSYS software WORKBECH. These considerations allow adaptability to the different geometries of the valve spring fasteners, valve travel, and head geometry in engines gasoline and diesel complying with Directive 2006/42/CE, the regulation that establishes that machines must meet essential health and safety requirements. It is considered required parameters by the operator, user, designer to design the tool, allowing it to fulfill an efficient and effective performance at the time of fulfilling its function, being a useful tool in workshops and automotive companies dedicated to the maintenance and motor repair. It is concluded that the pneumatic tool dueto

its simplicity reduces operating time of 60 to 70% during valve assembly and disassembly, complies with the adaptability to different existing fixators. It is recommended to consider the simplicity of the tool for its quick and correct use must meet minimum safety parameters, operation, health, and safety as well as mechanical aspects that it may suffer and for which it must anticipate in the simulation and analysis of the results obtained.

Keywords: <SELECTOR VALVE> <PNEUMATIC ACTUATOR> <COMPRESSOR OF SPRINGS> <EXHAUST VALVES> <ENGINE HEAD>.



Firmado electrónicamente por:
**PATRICIA PILAR
MOYOTA AMAGUAYA**

INTRODUCCIÓN

Durante el mantenimiento y reparación de los motores de combustión interna y en especial de los cabezotes de motor se utiliza herramientas para comprimir los muelles de las válvulas.

En la actualidad en el campo automotriz el uso de herramientas manuales está disminuyendo y se está optando por herramientas neumáticas que facilitan y reducen el tiempo de extracción de las válvulas, en el mercado Nacional no existe un instrumento de esas características que aprovecha gases comprimidos para realizar lo antes mencionado, es por esto la necesidad de construir una herramienta controlada con aire comprimido universal que tendrá varios acoples y pueda ser utilizado en diferentes fijadores de muelles de válvulas que se encuentran en el campo automotriz.

Hemos optado por la construcción un compresor de válvulas neumático para los talleres automotrices y el mercado ecuatoriano, que facilite la extracción de dichas piezas en los cabezotes de motor en el menor tiempo posible y sin requerimientos de un técnico adicional, es por ello que nace la necesidad de construir dicha herramienta que sea de carácter funcional y de bajo presupuesto, empleando materiales existentes en el mercado nacional y que cumplan con las exigencias mecánicas que requiere la herramienta al momento de la extracción de las válvulas de los cabezotes de motor.

En la actualidad las herramientas manuales reducen el tiempo productivo de los talleres técnicos automotrices, ya que se requiere de una o varias de estas herramientas para cumplir con esta operación, siendo las herramientas neumáticas y eléctricas una alternativa muy eficiente en el proceso de los mantenimientos y reparación de vehículos, a tal punto de reducir los tiempos muertos en los talleres y por consecuencia los costos de operación.

Realizando un análisis del modelado del compresor de muelles permite comprobar la funcionalidad de la herramienta previo a su aplicación en diferentes cabezotes de motor y fijadores de muelles. El modelado se realiza en un programa CAD permitiendo comprobar sus medidas específicas en función de sus características, adaptabilidad y uso.

La construcción de la herramienta se realiza con materiales ya existentes en el mercado ecuatoriano para su fácil accesibilidad y adquisición, la comprobación del prototipo se lo realizará en los talleres tanto institucionales como particulares, comprobando así la funcionalidad de la herramienta

neumática en el puesto de trabajo, obteniendo un desempeño eficiente y eficaz al momento de cumplir su función. Dicha herramienta será construida bajo parámetros, normas de calidad y seguridad al utilizarla el operador.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

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 Planteamiento del problema

Debido a la inexistencia de herramientas neumáticas en el campo automotriz se ha optado por construir una herramienta que permita comprimir válvulas, neumático para los talleres automotrices y el mercado ecuatoriano, que facilite la extracción de dichas piezas en los cabezotes de motor en menor tiempo posible y sin requerimientos de un técnico adicional, es por ello que nace la necesidad de construir dicha herramienta que sea de carácter funcional y de bajo presupuesto, empelado materiales existentes en el mercado nacional y que cumplan con las exigencias mecánicas que requiere la herramienta al momento de la extracción de las válvulas de los cabezotes de motor.

En la actualidad las herramientas manuales reducen el tiempo productivo de los talleres técnicos automotrices, ya que se requiere de una o varias de estas herramientas para cumplir con el encomendado, siendo las herramientas neumáticas y electrónicas una alternativa muy eficiente en el proceso de los mantenimientos y reparaciones de los vehículos, a tal punto de reducir los tiempos muertos en los talleres y por consecuencia los costos de operación.

Las herramientas de extracción manuales de válvulas crean mucha dificultad al momento del trabajo encomendado incrementando el tiempo de trabajo, en algunos de estos casos se han requerido de más de un personal y diferentes herramientas para poder realizar la extracción de los seguros de válvulas, con la nueva herramienta se pretende disminuir los tiempos y mano de obra presentes en dicho trabajo a realizar.

1.3 Metodología

1.3.1 Diseño metodológico

El presente proyecto es una propuesta tecnológica que tiene como finalidad presentar una alternativa de herramienta neumática para el montaje y desmontaje de muelles y retenedores de muelles en motores a gasolina y diésel.

Por medio de una revisión bibliográfica exhaustiva de: características de herramientas neumáticas, prototipos, herramientas manuales, nos permite combinar diferentes características para diseñar una herramienta optima que cumpla con su función principal. El diseño y análisis de la estructura que conformara la herramienta se realiza mediante software CAD y CAE para verificar el comportamiento de la estructura y la selección del material adecuado para su construcción.

Mediante cálculos como la presión, diseño del circuito, selección de válvulas y actuadores permitirán cumplir con los objetivos esperados por el prototipo, realizando pruebas finales para observar su funcionamiento y obtener datos reales que permitan apreciar el alcance del prototipo.

La investigación empleada se detalla a continuación.

Tabla 1-1: Metodología de Investigación empleada

Tipo de Investigación	Técnicas de Investigación	Instrumentos de investigación
Bibliográfica Documental	Revisión, análisis documental	Fichas técnicas Documentos Libros
Tecnológico	Implementación de los conceptos, conocimientos teóricos y prácticos para diseñar un prototipo funcional	Diseño y construcción del prototipo
Experimental	Mediante pruebas en distintos cabezotes de motores gasolina y diésel se puede comprobar el funcionamiento del prototipo	Comprobación del funcionamiento

Fuente: (PEÑA, 2006)

1.3.2 Procedimiento para la construcción del prototipo de herramienta neumática

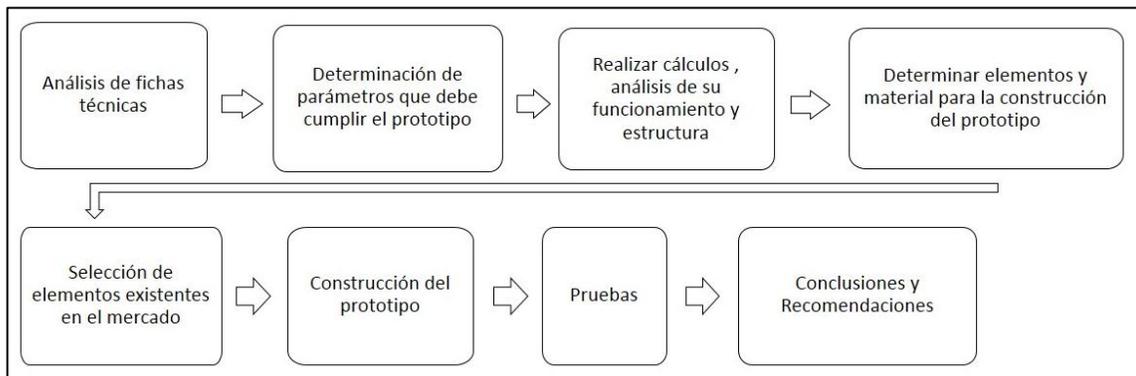


Figura 1-1: Procedimiento para la construcción del prototipo de herramienta neumática

Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

1.3.3 Determinar los parámetros que debe cumplir el prototipo

El prototipo debe cumplir con lo establecido en la Directiva 2006/42/CE, este reglamento establece que las máquinas deben cumplir con requisitos esenciales de seguridad y salud.

También debe cumplir con especificaciones técnicas de presión y carrera del actuador.

1.3.4 Diseño del prototipo

Por medio de un análisis estático mediante software CAE se podrá verificar si el diseño es óptimo para cumplir las condiciones de trabajo y seguridad para el operario; posterior a aquel análisis se desarrollará el prototipo a escala real.

1.3.5 Determinar los elementos de construcción

Por medio de cálculos matemáticos y análisis computacional podemos seleccionar el material para construir la estructura principal del prototipo y la selección de los demás elementos necesarios existentes en el mercado.

1.3.6 Pruebas y comprobaciones

Las pruebas que se realizarán con el prototipo serán en motores tanto a gasolina como diésel ya que las características geométricas de los muelles y retenedores son distintas, permitiendo comprobar la efectividad del prototipo.

1.4 Justificación del proyecto

Durante el mantenimiento y reparación de los motores de combustión interna y en especial de los cabezotes de motor se utiliza herramientas para comprimir los muelles de las válvulas.

En la actualidad en el campo automotriz el uso de herramientas manuales está disminuyendo y se está optando por elementos neumáticos que facilitan y reducen el tiempo de extracción de las válvulas, en Ecuador no existe un instrumento de esas características que aprovecha gases comprimidos para realizar lo antes mencionado, es por esto la necesidad de construir una herramienta controlada con aire comprimido universal que tendrá varios acoples y pueda ser utilizado en diferentes fijadores de muelles de válvulas que se encuentran en el campo automotriz.

La elección de una herramienta neumática es debido a su adecuación para largas horas de trabajo, la simplicidad del empleo permite reducir el tiempo de trabajo durante el montaje y desmontaje de las válvulas de un 60 a 70%, no existe peligro de descarga eléctrica, reducción del esfuerzo físico y la adaptabilidad a las diferentes características de muelles existentes en vehículos a gasolina y diésel de diferentes marcas que se comercializan a nivel Nacional

1.5 Objetivo General

- Construir una herramienta neumática con elementos mecánicos para compresión de muelles de válvulas adaptable a diferentes tipos de fijadores.

1.5.1 Objetivos específicos

- Modelar el prototipo empleando herramientas CAD, que permitan modificar y manipular el diseño en función de los requerimientos geométricos.
- Simular el prototipo en diferentes condiciones de trabajo para comprobar su funcionabilidad.
- Construir el prototipo de extracción de muelles de válvulas.
- Validar el prototipo mediante ensayos de campo.

1.6 Alcance

La creación de la herramienta neumática que cumpla con un desempeño eficiente y eficaz al momento de cumplir su función, y también introducirla en el campo automotriz en el Ecuador, y beneficiar a muchos talleres y empresas en los tiempos que se requieren para realizar los mantenimientos y reparaciones del cabezote de motor.

Dicha herramienta será construida bajo parámetros y normas de calidad y seguridad con el operador.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se detalla los conceptos básicos para el diseño, estudio y construcción de una herramienta neumática en la que se demuestra disminución de tiempo de trabajo con relación a una herramienta manual optimizando la eficiencia y eficacia en el mantenimiento de las válvulas de la variedad de motores en el mercado.

2.1 Neumática

La neumática es la rama de la física que comprende el estudio del aire comprimido permitiendo transmitir la energía suficiente para accionar mecanismos y componentes. Siendo de gran utilidad para esfuerzos que tengan características como precisión y velocidad.

Un proceso neumático tiene como fundamento incrementar la presión del aire y mediante la energía acumulada en los actuadores neumáticos efectuar el trabajo útil, el gas comúnmente utilizado es el aire comprimido. (Creus, 2007).

2.2 Ventajas de la neumática

- **Economía:** Disponibilidad del aire en el medio ambiente.
- **Seguridad:** El aire no tiene características explosivas
- **No contaminante:** El aire se comprime y después de su utilización retorna al medio ambiente sin contaminar.
- **Velocidad:** Los actuadores, herramientas, dispositivos neumáticos pueden trabajar con diferentes velocidades debido a la versatilidad del aire.
- **Montaje y mantenimiento:** Para su instalación no se requiere de herramientas complejas.
- **Transporte:** Mediante la facilidad de tuberías se puede transportar, una vez empleado, se puede expulsar al medio ambiente (Berrio, 2007)

2.3 Desventajas de la neumática

- La humedad presente en el aire genera la condensación formando gotas de agua dentro de la tubería debido al cambio de temperatura que sufre el aire después salir del compresor, pasando de caliente a frío.
- Ruido producido por el compresor y herramientas, el compresor produce un ruido elevado entre 80 y 90 decibeles siendo dañino para la salud si se está expuesto a largos periodos.
- La velocidad de los actuadores depende directamente de la compresión del aire existente.
- Fuerza reducida, el trabajar con aire comprimido tiene la desventaja cuando se trata de aprovechar la fuerza al máximo, limite 30.000 N, por ello es necesario utilizar sistemas hidráulicos complementarios para trabajos que requieren mayor esfuerzo. (Berrio, 2007)

2.4 Tendencias actuales de la neumática

Las tendencias actuales de la neumática son esencialmente en robots de automatización o industriales, se utilizan conjuntamente con sistemas neumáticos, eléctricos y por otro lado en aplicaciones en mecanismos de trabajo en máquinas herramientas se emplea la fuerza de la neumática para aprovechar en desplazamientos rectilíneos o giratorios de piezas a mecanizar o herramientas de trabajo, su aplicación es total en el ámbito industrial como grúas neumáticas, componentes de seguridad en la industria automotriz (sistema de frenado, suspensión)

En la actualidad la neumática conlleva el uso de aire a presión o en depresión como fuente de energía, para transformarla en energía mecánica visible en movimientos. (Gonzales, 2020)

2.5 Aire comprimido en herramientas neumáticas para el mantenimiento automotriz

El aire comprimido es una fuente de energía que en gran parte a sustituido la fuerza de trabajo manual, la producción, acumulación de aire comprimido, así como la distribución a las respectivas maquinas o actuadores suponen gastos elevados siendo esto no del todo cierto, el cálculo para obtener la rentabilidad de un servicio es necesario tener en cuenta, so solo el costo de energía, sino también del costo total del proceso. El costo energético es despreciable junto a salarios, adquisición y mantenimiento de los sistemas neumáticos.

Dependiendo del trabajo existe un listado extenso de herramientas neumáticas para su uso en el área determinada de trabajo. En el área automotriz se puede deducir un listado básico de herramientas, tomando en cuenta que una misma herramienta puede variar de tamaño y forma para solucionar diferentes problemas presentes. Ejemplos de herramientas tenemos; pistola de impacto, taladro, inflador de neumáticos, pulidora, extractor de muelles, etc.

Las herramientas neumáticas trabajan gracias a la presión de aire generada por el compresor, el cual tiene características de funcionamiento acorde a las necesidades de la industria. (UIDE)

2.6 Generación y abastecimiento de aire comprimido

El aire comprimido es el aire atmosférico que se somete a un proceso de compresión, tiene energía de presión acumulada debido a la compresión, transformándose en trabajo mecánico al realizar un avance o controlar procesos de regulación, mando o medición. (Berlín, 2002)

El sistema de abastecimiento de aire comprimido debe tener las dimensiones necesarias, así como el aire comprimido debe ser de calidad, el aire se comprime y es guiado hacia el sistema de distribución de aire para contar con la seguridad que le aire cumple con la calidad requerida se recurre a la unidad de mantenimiento.

Se debe tomar en cuenta aspectos relacionados con el acondicionamiento del aire para evitar que existan problemas en el sistema. (Neumática, 2012)

- Consumo de aire
- Tipo de compresor
- Presión requerida por el sistema
- Grado de pureza del aire
- Mínima humedad ambiental
- Tamaño de tuberías y válvulas
- Puntos de escape y purga
- Disposición del sistema de distribución

2.6.1 Ventajas del aire comprimido

El aire comprimido presenta algunas ventajas, las cuales se detallan en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: 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)

2.7 Inconvenientes del aire comprimido

El aire comprimido presenta inconvenientes como:

- **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/cm².
- **Coste:** Es una tecnología cara, pero se compensa por su buen rendimiento y fácil instalación.

(Cultural, 2002)

2.7.1 Tipos de compresores

U compresor es una máquina de fluido su función principal es aumentar la presión desplazar cierto tipo de fluidos llamados comprensibles, como los gases y vapores. A través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por el convirtiéndose en energía de flujo aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir. (Diez, 2020)

A continuación, tenemos la clasificación de compresores según el tipo de ejecución:

2.7.1.1 Compresores de émbolo

El compresor frecuentemente utilizado es el de émbolos, empleándose como unidad fija o móvil, la compresión se obtiene en uno o más cilindros en los cuales los émbolos comprimen el aire.

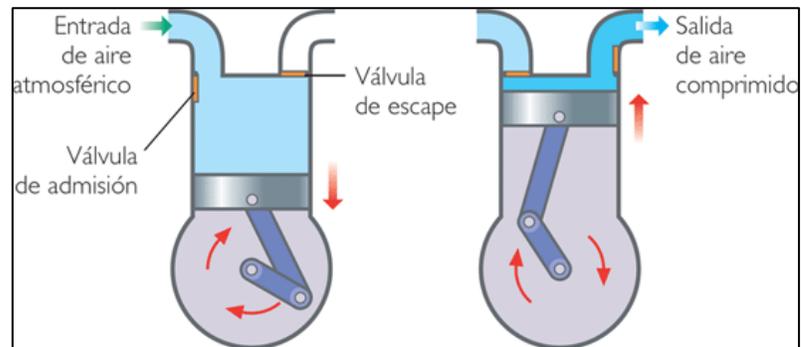


Figura 2-2: Compresor de émbolo
Fuente: (GYSON MACHINERY CO., 2020)

En compresores de una sola etapa la presión final que se obtiene es en un solo cilindro, el aire es comprimido hasta la presión final de 6 a 8 bares. Si se requiere una relación de compresión más alta se realiza en dos etapas o más cilindros debido a la excesiva elevación de temperatura. (Salvador, 1993)

2.7.1.2 Compresores rotativos

Ocupan un lugar intermedio entre los compresores centrífugos y de embolo, los compresores rotativos suministran presiones más bajas que los de embolo, pero las presiones de servicio son más altas que de un compresor centrífugo, de igual manera el volumen de aire suministrado por unidad de tiempo es más grande que de un compresor de embolo, pero más pequeño que de un compresor centrífugo.

Pueden ser de paletas o tornillos. Un compresor de paletas está constituido por un rotor en el cual están las paletas de eje excéntrico con el estator. Al rotar, las cámaras entre la paleta y el cuerpo del rotor modifican su volumen, produce la aspiración mientras reduce el volumen, se produce el suministro de presión. (Neumática, 2012)

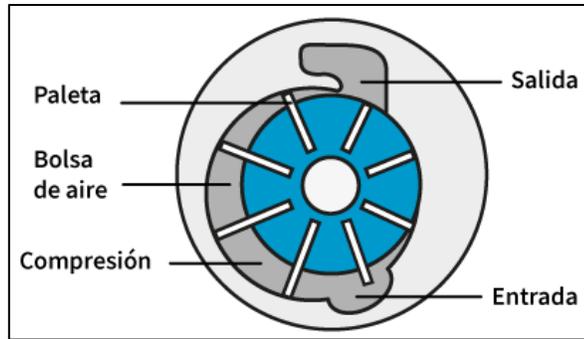


Figura 3-2: Compresor de paletas
Fuente: (Colombia, 2018)

En compresores de tornillo se tiene dos rotores paralelos, macho y hembra, de forma helicoidal, giran en un cuerpo y comprimen el aire en sus lóbulos de manera continua.

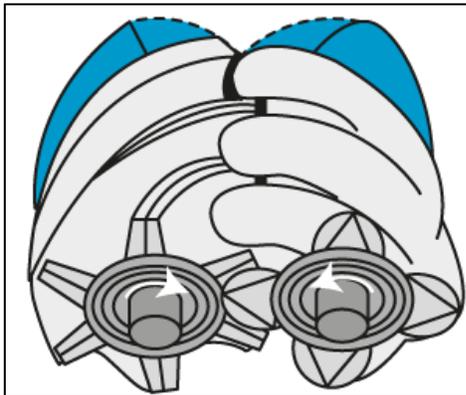


Figura 4-2: Compresor de tornillo
Fuente: (Colombia, 2018)

Ventajas notables de este tipo de compresores son su marcha silenciosa, suministro de aire continuo, al tener dos etapas se puede alcanzar de 4 a 8 bares, los caudales suministrados pueden llegar hasta 100 Nm³/min; pudiendo ser accionados directamente por un motor eléctrico o motor de combustión interna.

2.7.1.3 Compresores centrífugos

La presión del aire se genera al girar rápidamente un rodete, la presión que es ejercida al forzar a las partículas de aire existentes en el rodete a alejarse del centro como resultado de la acción centrífuga

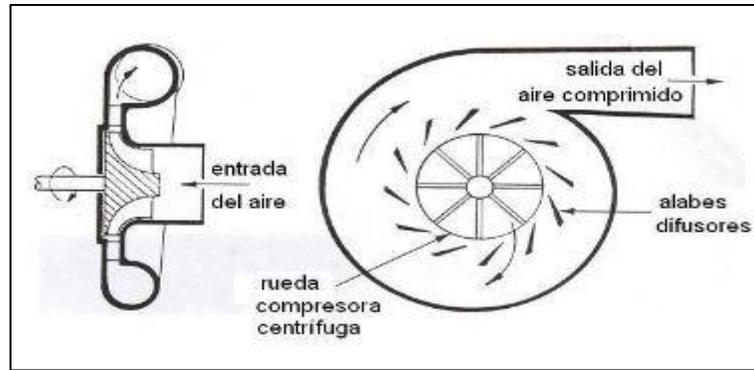


Figura 5-2: Compresor centrífugo

Fuente: (Juan, 2019)

La presión generada en este tipo de compresores no es muy alta; se requiere de varios rodetes para obtener una presión de 6 bares, suelen suministrar grandes volúmenes de aire, otra ventaja sobre los compresores de embolo es que los compresores centrífugos se accionan directamente por una maquina rápida como motor eléctrico o turbina de gas. (Salvador, 1993)

2.7.1.4 Conducción del aire comprimido

La conducción del aire comprimido se realiza a través de una red de aire comprimido, siendo este el conjunto de todas las tuberías que parten del depósito, quedando unida fijamente entre sí y conducen el aire comprimido a los puntos de conexión para los consumidores individuales. Deberá tener:

- Mínima pérdida de presión
- Mínima pérdida de aire por fugas
- Mínima cantidad de agua en la red y puntos de utilización

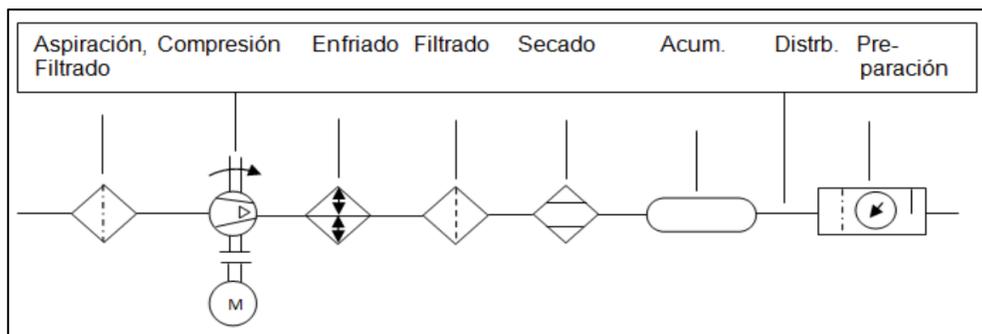


Figura 6-2: Elementos previos a la distribución de aire comprimido

Fuente: (Neumática, 2012)

2.8 Acumuladores de aire comprimido

El acumulador de aire debe cumplir varios requisitos además de ser un depósito.

- Entregar el caudal suficiente para las necesidades de la red.
- Conservar el aire comprimido, reserva energía y adapta la presión de servicio requerida
- Estabilizar el aire, reduce los pulsos disperejos de presión que produce el compresor.
- Igualar las variaciones de demanda de consumo de aire, debido al número de tomas existente
- Al producirse un corte eléctrico, el acumulador debe regresar a todos los elementos del sistema neumático a una posición de reposo. (Berrio, 2007)

2.9 Actuadores neumáticos

En un sistema neumático los receptores son los llamados actuadores neumáticos o elementos de trabajo, su función es transformar la energía neumática del aire comprimido en trabajo mecánico.

Los actuadores neumáticos se clasifican en dos grupos:

- Cilindros
- Motores.

En neumática se habla de motor si es generado un movimiento de rotación, aunque es también frecuente llamar a los cilindros motores lineales. (Salvador, 1993)

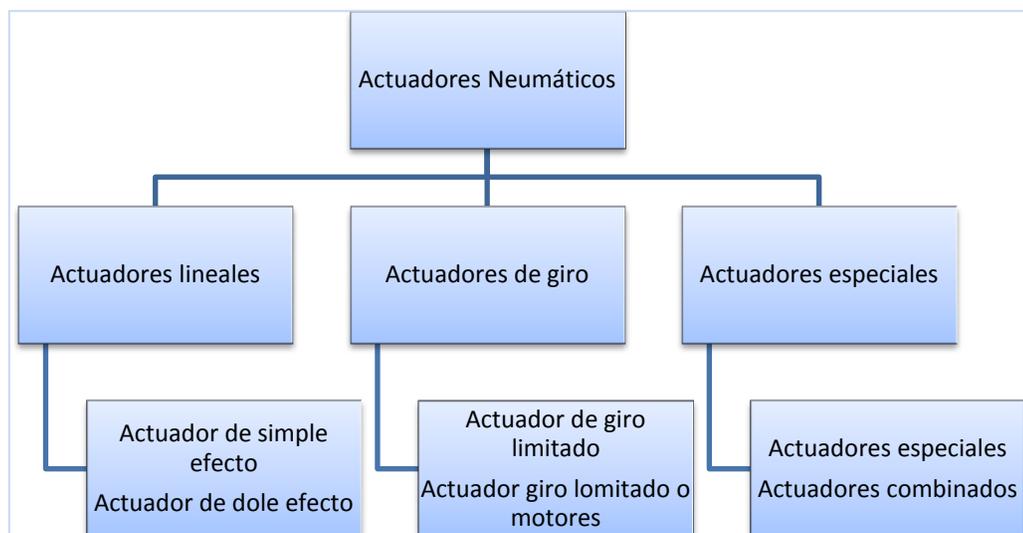


Figura 7-2: Clasificación de Actuadores Neumáticos

Fuente: Henao, F. 2016

2.9.1 Cilindros neumáticos

Son los elementos que realizan el trabajo, tiene como función transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, el cual tiene una carrera de avance y retroceso.

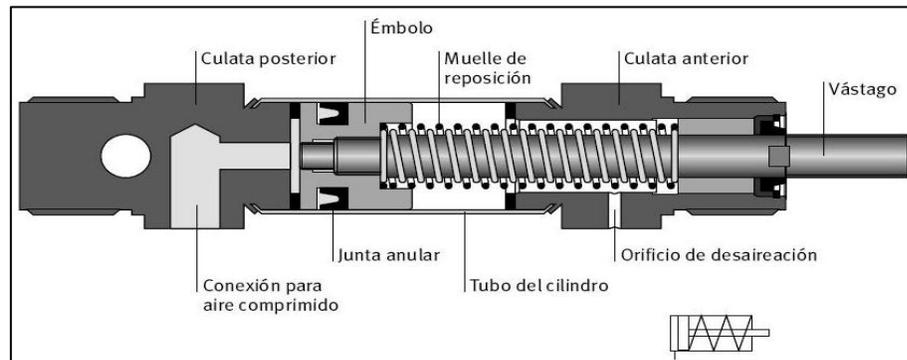


Figura 8-2: Partes de un Actuador Neumático
Fuente: Wikifab, 2011

Existen dos tipos de cilindros neumáticos y es según la forma en que realizan el retroceso del vástago, dividiéndose en:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindro de doble efecto

2.9.1.1 Cilindros de simple efecto

Este tipo de cilindro puede realizar trabajo y un solo sentido, es decir, el desplazamiento del embolo es en un solo sentido debido a la presión del aire comprimido, para que retome su posición inicial se realiza por medio del accionamiento del muelle recuperador que lleva el cilindro incorporado o debido a la acción de fuerzas externas.

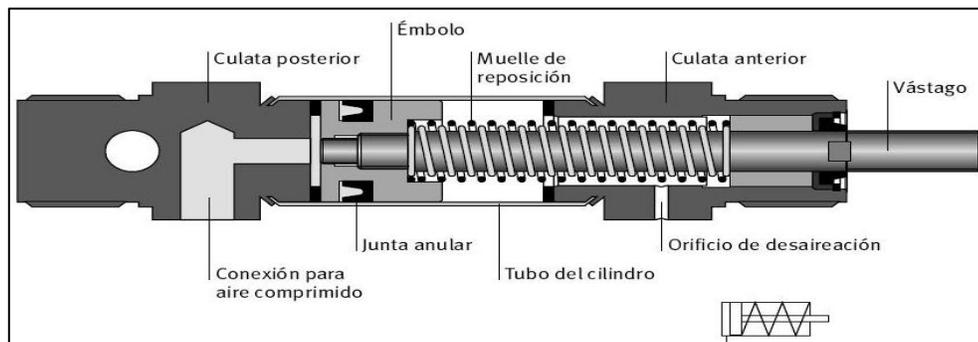


Figura 9-2: Cilindro neumático de simple efecto
Fuente: Wikifab, 2011

Estos cilindros se utilizan cuando el trabajo debe realizarse en una sola dirección, según la disposición del muelle, los cilindros de simple efecto pueden trabajar a compresión (vástago recogido en reposo y muelle en la cámara anterior) o trabajar en tracción (vástago desplazado en reposo y muelle en cámara posterior). Debido al resorte la carrera del cilindro es limitada, por regla general la carrera no supera los 100mm, son de diámetro pequeño y reducido consumo de aire. (Salvador, 1993)

2.9.1.2 Cilindros de doble efecto

En cilindros de doble efecto tanto el movimiento de salida como el de entrada son ejercidos debido al aire comprimido, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, siendo de esta forma que puede realizar trabajo en los dos sentidos de movimiento

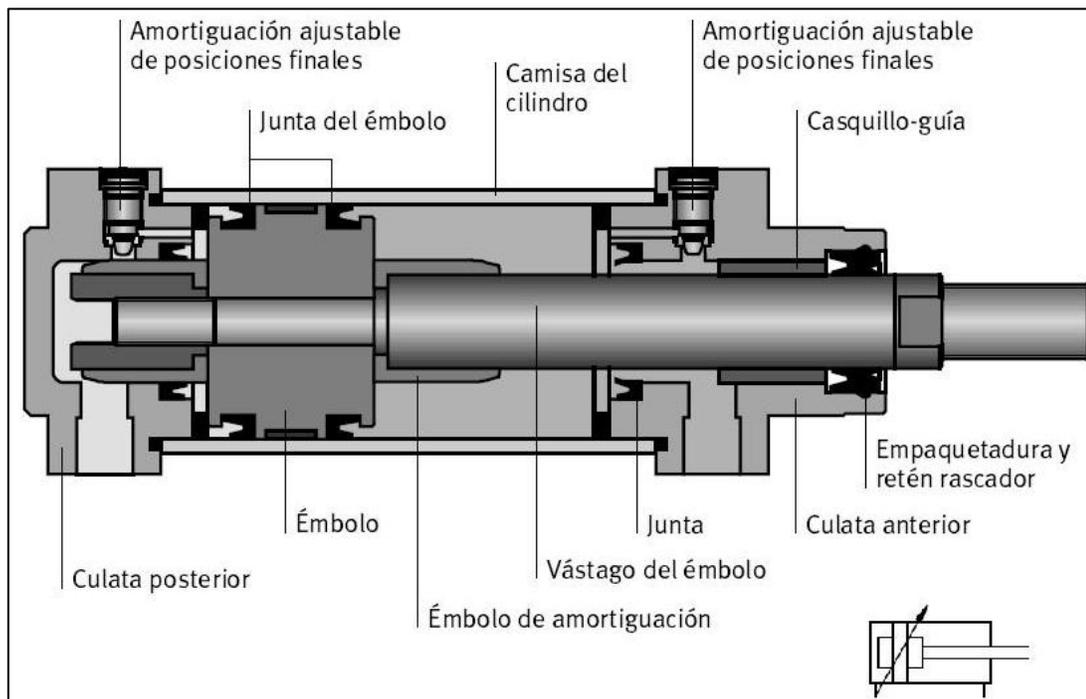


Figura 10-2: Cilindro neumático de doble efecto

Fuente: Automatización Industrial, 2010

El cilindro de doble efecto se construye en forma de cilindro de embolo, posee dos tomas para el aire comprimido en ambos lados del embolo.

Al aplicar aire a presión en la cámara posterior y comunicar la cámara anterior con la atmosfera mediante una válvula, el cilindro realiza el avance, para realizar el retroceso el aire ingresa en la cámara anterior y comunica la cámara posterior con la atmosfera. (Salvador, 1993)

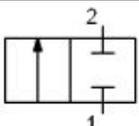
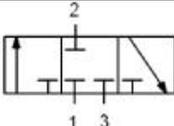
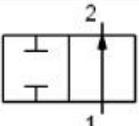
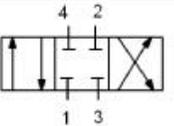
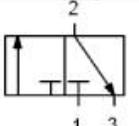
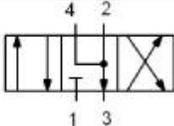
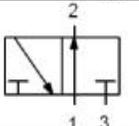
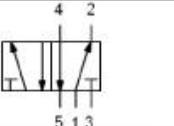
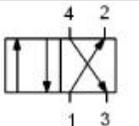
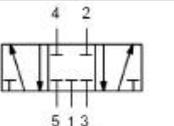
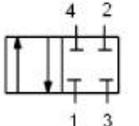
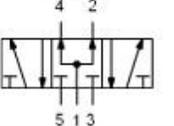
Los cilindros de doble efecto presentan diferentes características a cilindros de simple efecto como:

- Posibilidad de realizar trabajo en los dos sentidos de avance y retroceso
- NO existe pérdida de fuerza al comprimir el muelle
- No se aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro como carrera útil

2.10 Elementos de regulación y control

Son los elementos que permiten regular el paso del fluido desde el acumulador hasta los actuadores, denominadas como válvulas las cuales se activan de distintas maneras.

Tabla 2-2: Representación de válvulas de distribución

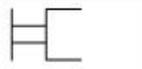
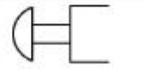
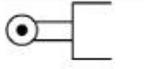
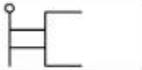
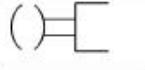
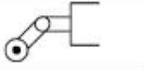
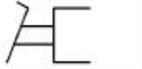
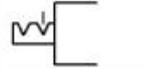
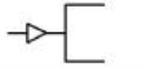
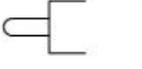
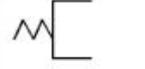
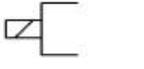
	Válvula 2/2 normalmente cerrada		Válvula 3/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 2/2 normalmente abierta		Válvula 4/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 3/2 normalmente cerrada		Válvula 4/3 con posición neutra a escape
	Válvula 3/2 normalmente abierta		Válvula 5/2
	Válvula 4/2		Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada
	Válvula 4/2 normalmente cerrada		Válvula 5/3 en posición normalmente abierta

Fuente: (Educativa, 2012)

Acorde al accionamiento o pilotaje, las válvulas se accionan mediante distintos medios:

- Manual: Palanca, pedal, pulsador
- Eléctrico: Electroimán
- Neumático: Pilotaje neumático por presión o depresión
- Mecánico: Leva, rodillo o fin de carrera, rodillo escamoteable

Tabla 3-2: Accionamientos existentes para el pilotaje de válvulas

	Por mando manual		Por pulsador		Por final de carrera
	Por palanca		Por llave		Por rodillo escamoteable
	Por pedal		Por enclavamiento		Pilotaje por presión
	Por leva		Por resorte		Pilotaje eléctrico.

Fuente: Símbolos Neumáticos

2.10.1 Representación esquemática de las válvulas

Se necesita una representación gráfica de cada elemento para comprender su funcionamiento y características de manera significativa. La representación de estos elementos se los realiza en base a la norma ISO 1219, la cual es de similares características a la norma de la Comisión Europea de las Transmisiones Neumáticas y Oleo hidráulicas (CETOP).

Tabla 4-2: Identificación de los elementos de válvula

ISO 1219 Alfabética	CETOP Numérica	Función
P	1	Conexión al aire comprimido
A, B, C	2, 4, 6	Vías de trabajo con letras mayúsculas
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de escape
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, accionamiento
L	9	Fuga

Fuente: (Henao, 2011)

2.10.2 Válvulas de control direccional

Las válvulas de control direccional permiten detener y controlar el sentido del flujo de un circuito, las cuales se clasifican de acuerdo al número de posiciones, vías, orificios. El número de vías corresponde al número de orificios para el flujo del fluido en una posición de la válvula. El número de posiciones permite comprender la cantidad de configuraciones posibles de las trayectorias del fluido. (Volt, 2003)

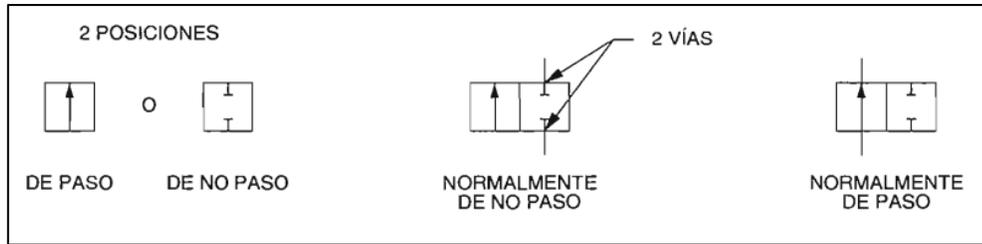


Figura 11-2: Identificación del número de posiciones y vías de una válvula
Fuente: Lab –Volt. 2003

En la figura 12-2, podemos apreciar una válvula de control direccional de 2 vías y 2 posiciones.

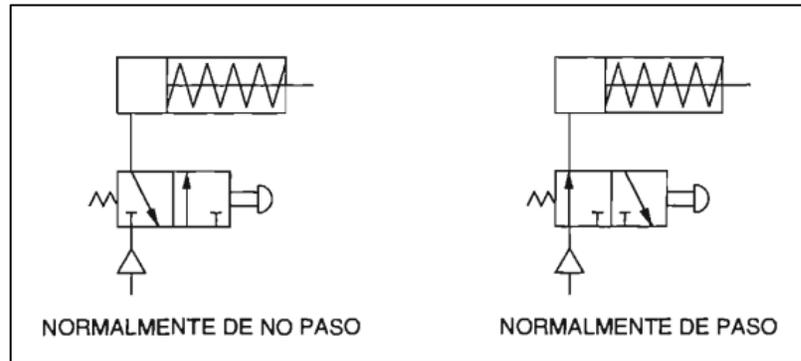


Figura 12-2: Identificación de una válvula de control
Fuente: Lab –Volt. 2003

En la figura 12-2, se puede apreciar una válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones, esto quiere decir que tiene 3 orificios y dos posibles configuraciones de las trayectorias de flujo.

2.11 Accesorios de Conexión.

Una conexión neumática “racor neumático” son componentes que sirven para realizar interconexiones rápidas de sus elementos, como cilindros, válvulas, unidad de mantenimiento, entre otros. El uso principal es para el aire comprimido pero en ciertas circunstancias se puede emplear otros fluidos. (Rome, 2018)

2.11.1 Racor Reductor caudal tipo banjo

Son elementos que permiten regular el flujo del aire comprimido unidireccionalmente y bidireccionalmente, este racor va montado directamente sobre el cilindro permitiendo reducir al máximo las dimensiones. La regulación se lo realiza mediante un destornillador lo cual incide en la velocidad de salida y retorno del vástago, la contratuerca de bloqueo permite la estabilidad de la regulación. (Camozzi, 2008)



Figura 13-2: Racor reductor caudal tipo Banjo
Fuente: (Imopac, 2007)

2.11.2 Racor Recto

El racor se usa en aplicaciones neumáticas. Entre sus características tenemos que el aire es completamente bloqueado al retirar la manguera, tiene una excelente sujeción de las mangueras, excelente para puntos donde se requiere conexión y desconexión frecuentes, cumple características de anti contaminación. (A.r.t, 2020)



Figura 14-2: Racor recto
Fuente: (Pneuflex, 2020)

El racor es construido de latón niquelado, rango de presión de trabajo: min: 0 psi y máxima: 150 psi

2.11.3 Silenciadores

Los silenciadores neumáticos son fabricados de bronce sintetizado, se utilizan en las salidas de escape de las válvulas lo que permite reducir el ruido y evitar que las virutas de metal, polvo,

abrasivos y otros contaminantes entren en los escapes abiertos lo cual puede causar una falla prematura de la válvula. (Pneuflex, 2020)



Figura 15-2: Silenciador
Fuente: (Pneuflex, 2020)

2.11.4 Tubo flexible

Son los elementos que permiten el flujo del aire comprimido entre los diferentes componentes que conforman el circuito neumático, el material de poliuretano del cual están construidas permite una estabilización ligera, dureza y fácil adaptabilidad con los elementos de conexión.



Figura 16-2: Mangueras de poliuretano
Fuente: (Pneuflex, 2020)

La tubería de polietileno es una solución de tubería flexible, liviana y excepcionalmente duradera que es ideal para usar en una amplia gama de aplicaciones que involucran la transferencia de fluidos.

2.12 Estructura del sistema neumático

Los sistemas neumáticos están constituidos por una secuencia de diversos grupos de elementos. Estos diversos grupos de elementos conforman una secuencia para la transmisión de señales de mando desde el lado de la emisión de señales (entrada) hasta el lado de la ejecución del trabajo (salida).

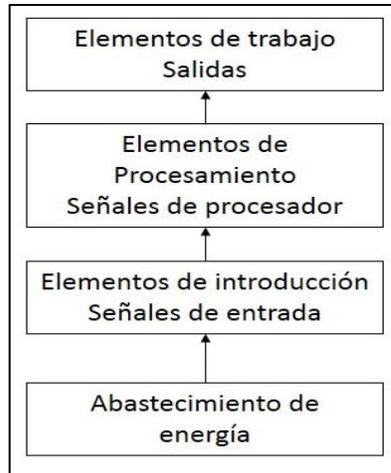


Figura 17-2: Flujo de señales
Fuente: (Mendoza, 2012)

Los grupos de elementos que está constituido un sistema de control neumático son:

- Abastecimiento de energía
- Elementos de entrada (sensores)
- Elementos de procesamiento (procesadores)
- Elementos de maniobra y accionamiento (actuadores)

Los elementos que conforman el sistema son representados mediante símbolos, los cuales por su diseño explican la función que tienen el elemento en el esquema de distribución.

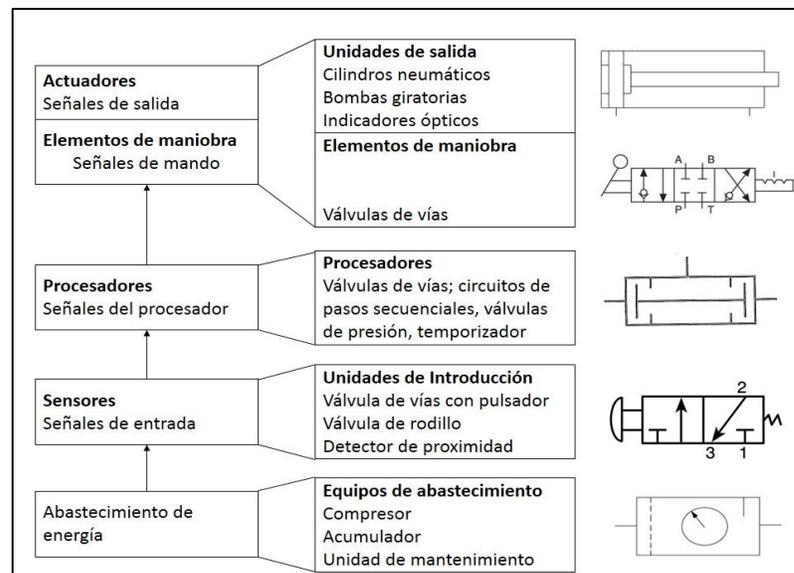


Figura 18-2: Características del mando neumático
Fuente: (Mendoza, 2012)

Se puede considerar también a las válvulas de vías como elementos de emisión de señales, como elemento procesador o actuador. El criterio que se aplica para tribuir un elemento a un grupo es el lugar de su inclusión en el sistema neumático.

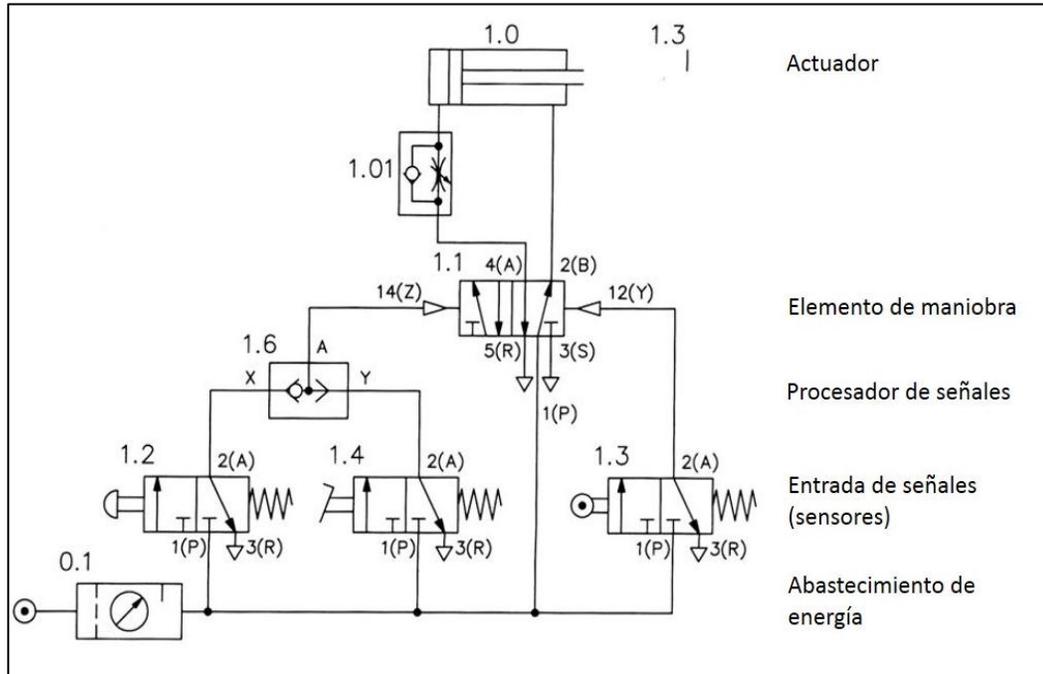


Figura 19-2: Esquema de distribución neumático
Fuente: Mendoza, G. 2012

2.13 Herramientas neumáticas

Las herramientas neumáticas utilizan el aire comprimido suministrado por un compresor para activar los elementos neumáticos que conforman la herramienta internamiento. Puede ser utilizado en diversos entornos ambientales, ampliamente empleado en diferentes industrias como líneas de ensamblaje de automóviles, reparaciones, mantenimiento; estas herramientas no contaminan el medio ambiente, vida útil larga, fácil mantenimiento. (Gyson, 2020)

Las herramientas neumáticas se clasifican en:

- Herramientas de percusión: Son aquellas herramientas en la que un pistón o embolo libre se desplaza alternativamente en el interior de u cilindro.
- Herramientas rotativas: Son aquellas herramientas que actúan

2.13.1 Características de las herramientas neumáticas

- En términos de capacidad de trabajo son más adecuadas para largas horas de trabajo sin la posibilidad que exista sobrecalentamiento.
- Las herramientas neumáticas no utilizan electricidad, no hay peligro de descarga eléctrica, su uso no se ve afectado en diferentes circunstancias ambientales.
- Los costos de mantenimiento de las herramientas neumáticas son más bajos en comparación con herramientas eléctricas.
- Requiere de manera obligatoria prerequisites para funcionar como almacenamiento, generación y distribución del aire comprimido para accionar las herramientas neumáticas.

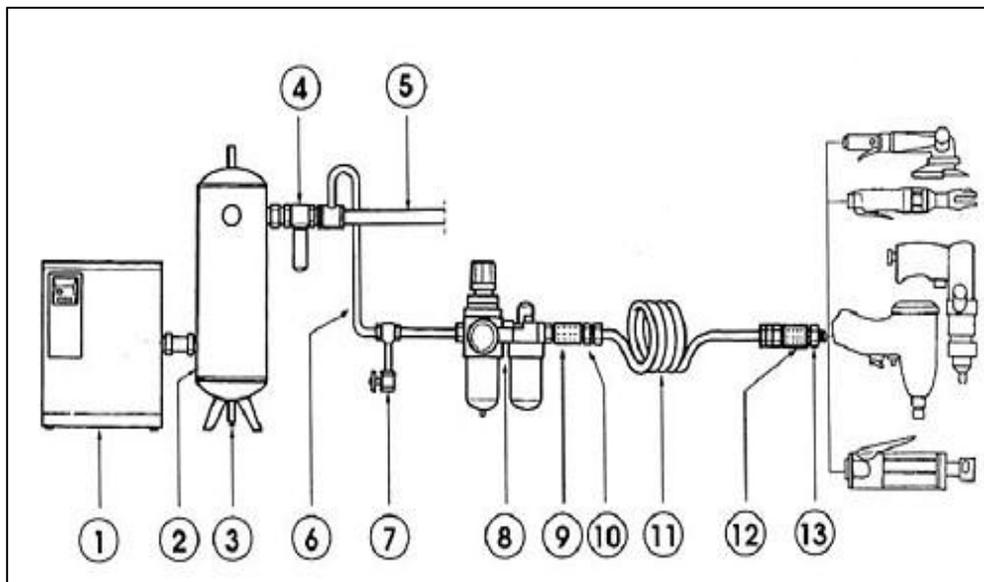


Figura 20-2: Esquema de funcionamiento de un circuito neumático
Fuente: Herramientas. 2018

Para comprender el funcionamiento de un circuito neumático podemos apreciar en la figura 20-2, los distintos componentes que se necesita para activar una herramienta neumática. El compresor de aire (1) suministra aire a alta presión para que se acumule en el tanque de almacenamiento de aire (2), posterior el aire se desplaza por mangueras (5) que conforman la línea de suministro (6) a los distintos elementos como filtros (4), filtro regulador lubricador (8) llegando a los acoples rápidos de conexión (9), (10) permitiendo acoplarla la herramienta neumática para su uso. (HERRAMIENTAS, 2018)

2.13.2 Parámetros de las herramientas neumáticas

Existe una serie de parámetros importantes que permiten el diseño y, por lo tanto, la aplicación según la necesidad de la herramienta neumática.

2.13.2.1 Presión máxima de trabajo

Es la presión que requiere la herramienta para su funcionamiento, su unidad de medición es atmósferas, bares o psi. Por lo general la mayoría de herramientas neumáticas funcionan con una presión de 90 psi (6,2 bares). Se debe considerar también que presiones mayores no mejoran el rendimiento.

2.13.2.2 Caudal o consumo de aire

Es la cantidad de aire que necesita la herramienta, su unidad de medida son metros cúbicos /minuto, en el caso de herramientas rotativas tienden a utilizar más volumen de aire, seguidas por las herramientas oscilantes.

2.13.2.3 Potencia

Es el factor determinante para mantener estable el nivel de revoluciones bajo carga. La carga resulta del material a trabajar, la agresividad de la herramienta y la presión de trabajo.

2.13.2.4 Torque

Mide la fuerza de apriete, su unidad de medida es libras pie, Nm. Las herramientas neumáticas tienen la capacidad de generar el torque máximo aún bajo sobrecarga. Su consumo de aire comprimido es mayor en condiciones de carga de torque bajo (velocidad libre) y menos consumo en condiciones de carga de torque alto (HERRAMIENTAS, 2018)

2.13.3 Parámetros de selección de un cilindro neumático

Es de gran importancia calcular la fuerza que ejercer el cilindro neumático mediante la selección idónea de características como el diámetro del cilindro, la presión de aire comprimido disponible, las pérdidas debido al rozamiento, pérdidas mecánicas, fugas de aire.

2.13.3.1 Cálculo de la fuerza.

Para calcular la fuerza generada por un cilindro de doble efecto debemos considerar parámetros como: la presión del aire, sección del embolo, rendimiento y perdidas existentes en el circuito neumático. El cálculo de la fuerza teórica del cilindro se realiza mediante la siguiente expresión.

$$F = P * A \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

F = Fuerza teórica requerida

P = Presión

A = Área del embolo

Para calcular la fuerza real debemos considerar el rendimiento interno del cilindro. Mediante la gráfica 1-2, podemos calcular el rendimiento interno del cilindro de la siguiente manera: Identificamos la presión de trabajo en el eje horizontal y las diferentes curvas características según el diámetro del cilindro. Para comprender el valor de la fricción pondremos como ejemplo una presión de trabajo de 5 bares y un diámetro de 50 mm, entonces trazaremos una línea vertical desde el eje horizontal ubicada en 5 bares hasta que se entrecruce con la curva característica para un diámetro de 50 mm, posterior trazaremos una línea horizontal desde esa intersección hacia la izquierda dándonos el valor del rendimiento interno, como resultado tendremos el valor aproximado de 0,92.

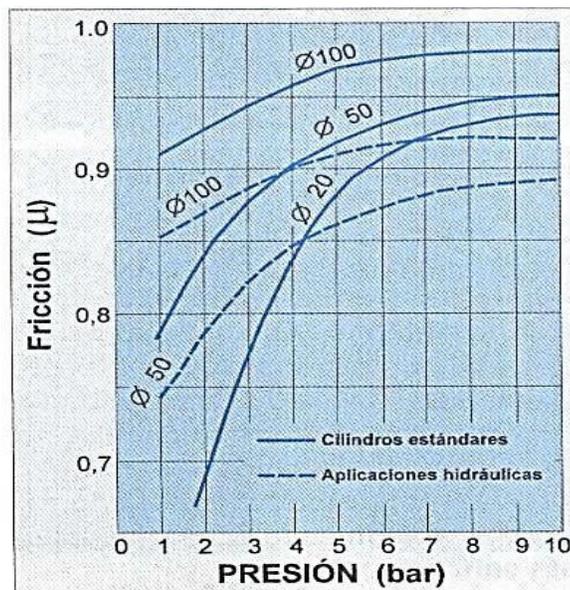


Gráfico 1-2: Rendimiento Interno del Cilindro

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

(Ec. 2)

$$F_{Rr} = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * P * \mu \text{ (kgf)} \quad \text{(Ec. 3)}$$

3)

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

4)

Teniendo que:

F_{Ra} = Fuerza necesaria de avance

F_{Rr} = Fuerza necesaria de retroceso

D = Diámetro del émbolo

d = Diámetro del vástago

μ = Rendimiento interno del cilindro

Para seleccionar el tamaño de un cilindro podemos basarnos también en la gráfica de la fuerza teórica de los cilindros para 5, 7, 10 bares cuyas líneas características se muestran en la gráfica 2-2, en el eje horizontal superior se tiene las medidas de diámetros de 4 mm a 30 mm, en el eje horizontal inferior diámetros desde 32 mm a 300 mm, en el eje vertical izquierdo se tiene los valores de fuerza generada por los cilindros de menor diámetro y en el eje vertical derecho los valores de fuerza generada por los cilindros de mayor diámetro.

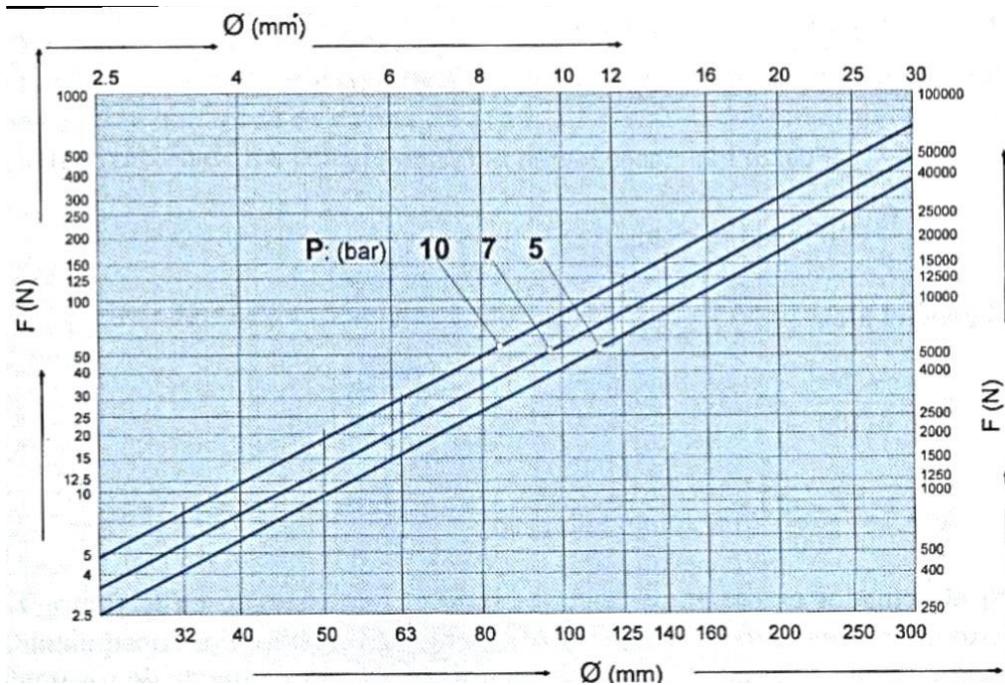


Gráfico 2-2: Fuerza teórica de los cilindros

Fuente: Daniel Aguilar

Para comprender supondremos que se tiene una presión de 5 bares con un diámetro del cilindro de 12 mm, entonces localizamos el punto donde se interseca la vertical desde los 12 mm hasta la línea transversal perteneciente a los 5 bares, trazamos una horizontal desde ese punto hacia la izquierda donde nos da un valor aproximado de 55 N aproximadamente.

2.13.3.2 Consumo de aire

El consumo de aire nos permite determinar las dimensiones del compresor que se deberá utilizar como también el depósito del aire y el gasto energético de los elementos que conforman el circuito. Para determinar este consumo se lo realiza mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{\pi * (2D^2 - d)}{4} * C \text{ (cm}^3\text{)} \quad (\text{Ec.})$$

5)

Donde:

V = Volumen del aire

D = Diámetro del émbolo

d = Diámetro del vástago

C = Carrera del cilindro

2.13.3.3 Cálculo de caudal

El caudal es el volumen de aire por unidad de tiempo que circula por una tubería, por ende para calcular el caudal necesario para el accionamiento del cilindro, se realiza mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{\pi * C * P * n (2D^2 - d^2)}{4000} \quad (l/min) \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

Q = Caudal

n= ciclos / min

Debemos considerar también el consumo generado por las tuberías y los demás elementos neumáticos al caudal calculado, debiendo incrementar de un 20% a 30 %.

2.13.3.4 Pandeo

Pandeo es la deformación que sobrevive una barra esbelta cuando se le somete a un esfuerzo de compresión, se da cuando la sección transversal de del vástago del cilindro es menor en comparación a la longitud del mismo. Previamente debemos verificar si existe este fenómeno de manera visual ya que puede causar fallas al estar en operación. Al existir pandeo en el vástago puede reducir la carrera útil, producir deformaciones irreversibles en el vástago o cilindro, por ende, no podría realizar la operación para la cual es empleado debido a la falta de fiabilidad y riesgo que implica su utilización.

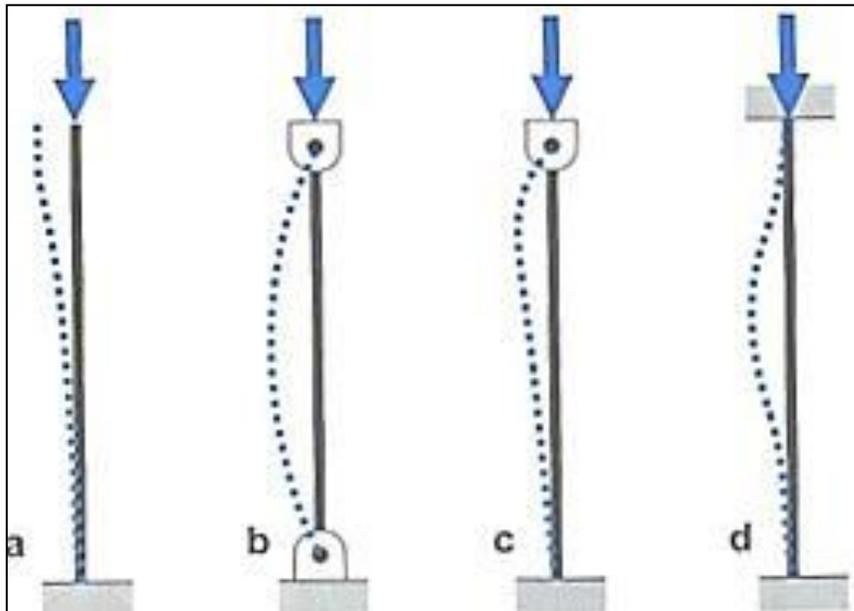


Figura 21-2: Pandeo producido en el vástago en distintos tipos de sujeción
Fuente: Garrigós, J. 2016

El cálculo de la carga máxima de pandeo se da por medio de la siguiente expresión:

$$F_{K_2} = \frac{\pi^2 * E * J}{4 * L^2} \quad (\text{Ec.})$$

7)

Donde:

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

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

$L =$ Longitud libre de pandeo

La fuerza de compresión se determina mediante la expresión:

$$F_k = P * \left(\frac{\pi * D^2}{400} \right) * 9.81 \text{ (N)} \quad (\text{Ec.})$$

8)

Donde:

$P =$ Presión (bares)

$D =$ Diámetro (mm)

El coeficiente de seguridad se determina mediante la expresión:

$$S = \frac{F_{K_2}}{F_K} \text{ (no debe ser inferior a 5)} \quad (\text{Ec.})$$

9)

En la figura 22-2, podemos apreciar las diferentes formas de sujeción para un cilindro neumático

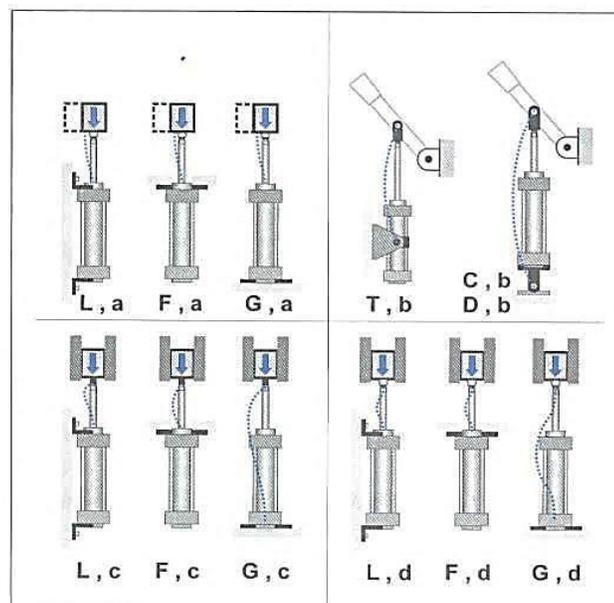


Figura 22-2: Sujeciones existentes para émbolos
Fuente: Garrigós, J. 2016

Al momento de analizar si la carrera del cilindro está comprometida con el pandeo debemos como primer paso definir el montaje del cilindro, posterior a aquello debemos basarnos en la gráfica de la verificación de pandeo, la cual muestra si la carrera es óptima en función de la fuerza ejercida y el diámetro del vástago

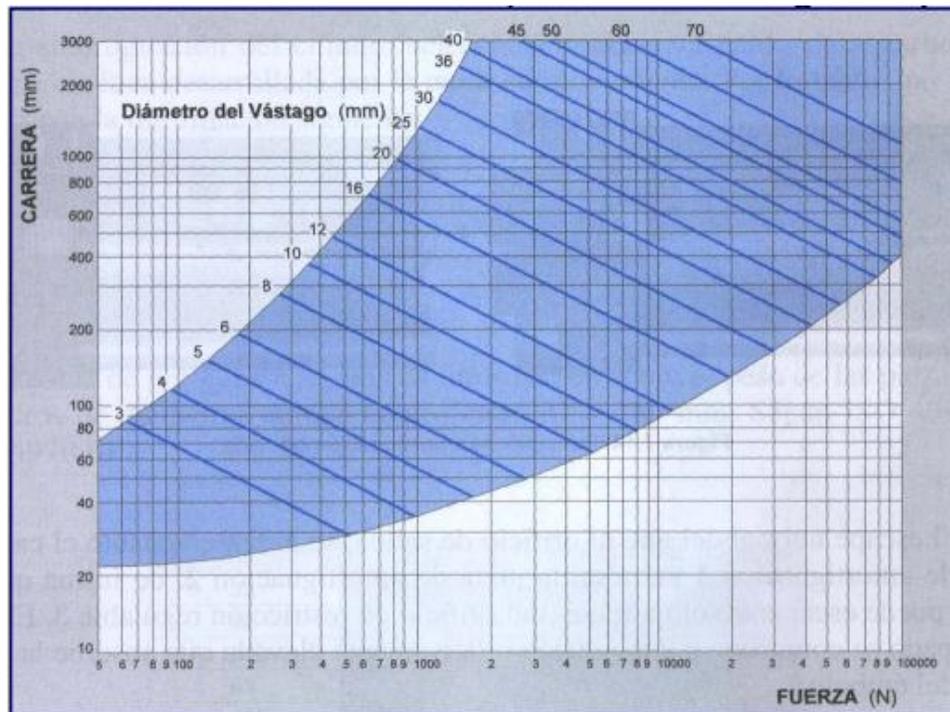


Gráfico 3-2: Verificación de pandeo

Fuente: Training. 2003

Para comprender la gráfica supongamos que la fuerza es de 1000 N, el diámetro del vástago de 10 mm, trazamos una línea perpendicular desde los 1000 N, hasta que interseque con la línea transversal correspondiente a los 100 mm de diámetro del vástago. A partir de esa intersección trazamos una línea horizontal hacia el lado izquierdo donde podremos obtener el valor de la carrera máxima que va a recorrer el vástago, en este ejemplo obtenemos un valor aproximado de 220 mm

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño de la herramienta neumática

3.1.1 Consideraciones técnicas para el diseño conceptual

En este apartado tomaremos en cuenta varios aspectos importantes al diseñar los componentes de la herramienta neumática. La directiva 2007/42/CE; contempla aspectos que se deben tomar en cuenta para incrementar la seguridad en la fase del diseño de la herramienta, aspectos técnicos como presión de trabajo, potencia generada por el actuador neumático, entorno de trabajo, eficiencia, adaptabilidad con diferentes marcas de vehículos y optimización del tiempo al implementar la herramienta.

Las especificaciones al diseñar la herramienta deben cumplirse acorde con lo requerido por el operario y diseñador para el óptimo funcionamiento de la herramienta neumática. Para determinar estas características a cumplir se detalla la siguiente tabla, a continuación.

U: Usuario, **Di:** Diseñador, **R:** Requerido, **D:** Deseado

Tabla 1-3: Especificaciones generales de la Herramienta Neumática

COMPRESOR NEUMÁTICO DE RESORTE DE VALVULAS			
ESPECIFICACIONES			
CONCEPTO	U / Di	R/D	DESCRIPCIÓN
FUNCIÓN	U	R	Comprimir los resortes de válvulas para realizar el cambio de las cuñas de seguridad
	Di	R	Trabajar con aire comprimido
OPERACIONES NECESARIAS	U	R	Generarla fuerza necesaria para comprimir los resortes de válvula en vehículos multimarca
	Di	R	Detener y bloquearla operación de compresión al dejar de manipular el accionamiento
	Di	R	Tener la suficiente carrera de avance para comprimir los resortes de válvula en vehículos multimarca

PRECISIÓN	Di	D	Obtener un avance estable, regulable, con una velocidad ideal en la carrera de compresión y descompresión del resorte de válvula.
SEGURIDAD	Di	R	Mantener fijo y estable el conjunto válvula, resorte para realizar la operación de extracción de cuñas o desmontaje
	Di	D	En caso de falla, el circuito neumático debe cumplir con elementos de seguridad o bloqueo que no permitan la descompresión instantánea del resorte
VENTAJAS	Di	R	Ergonomía, seguridad, optimización de tiempo al realizar la operación de mantenimiento o reparación en los componentes del cabezote del motor.

Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

En el siguiente diagrama de procesos se puede ver las variantes de entrada (aire comprimido, muelles del cabezote), variantes de salida (cambio de resortes, seguros, empaques), que están inmersas y deben cumplirse en el funcionamiento de la herramienta neumática.

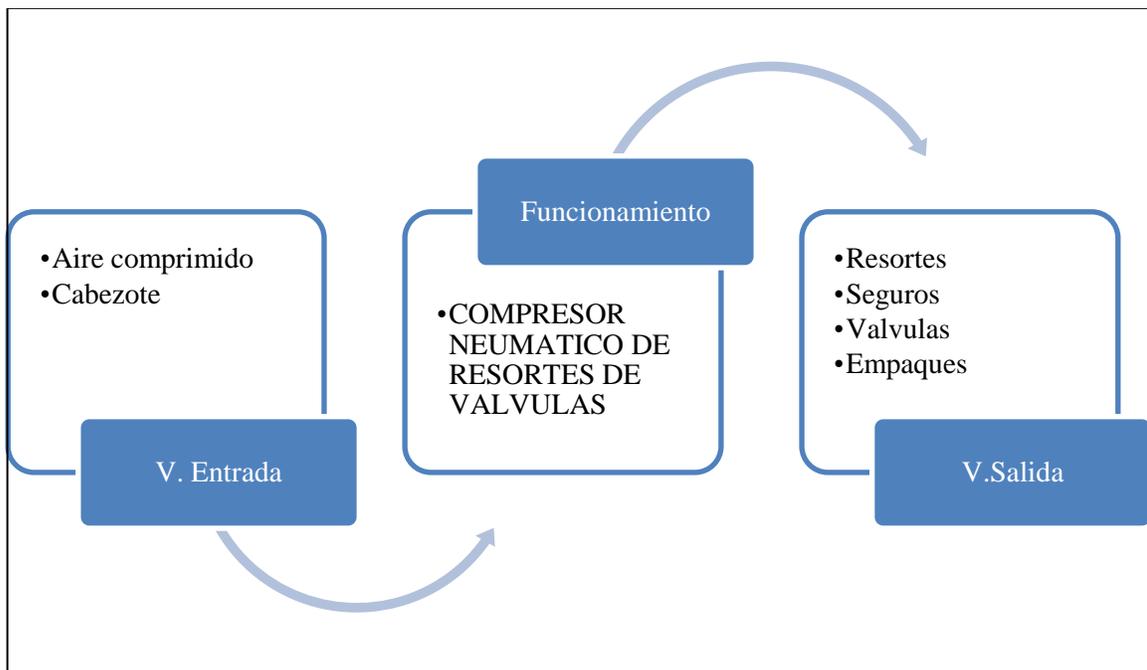


Figura 1-3: Variable de entrada

Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

En la figura 1.3, podemos apreciar el diagrama de funcionamiento de la herramienta neumática, permitiendo entender su procedimiento, evitando posibles acciones que se pasen por alto al manipular la herramienta por parte del operador.

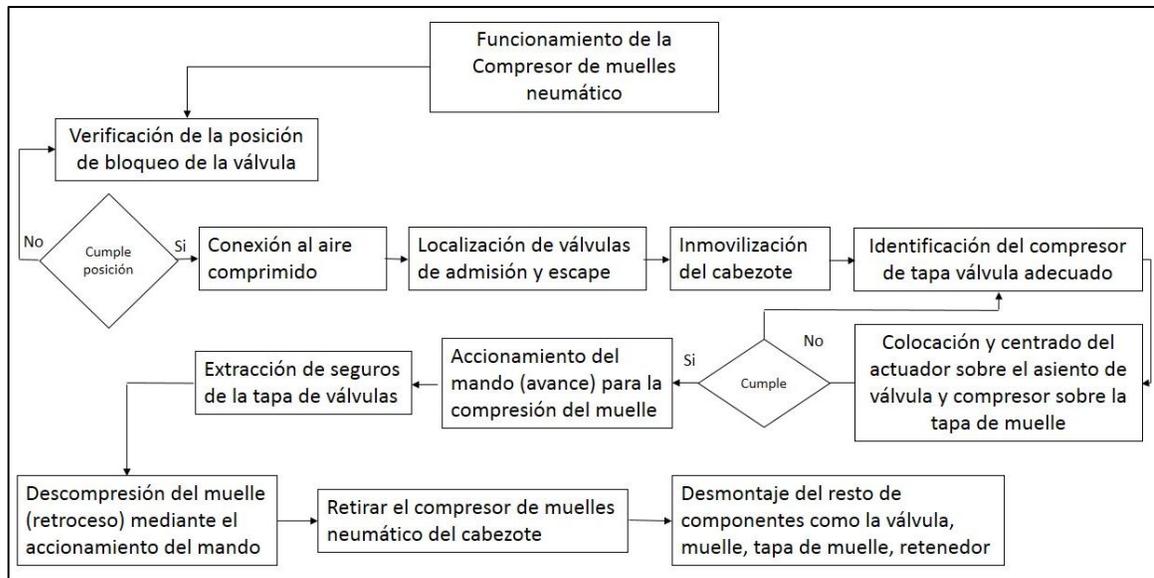


Figura 2-3: Diagrama de funcionamiento de la herramienta neumática

Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.2 Diseño de la herramienta neumática

Para realizar el diseño de la herramienta neumática, se utilizará un software de modelado CAD como lo es SOLIDWORKS, que permitirá visualizar el diseño que se pretende realizar, el cual debe cumplir con los parámetros citados en la tabla 1-3 del inciso 3.1. También utilizaremos el software CAE, ANSYS que nos permitirá hacer un análisis estructural y comprobar si existe deformaciones en la estructura, factor de seguridad y pandeo. Y finalmente utilizaremos el software FESTO FLUIDSIM 3.6, que nos permitirá realizar el circuito neumático de la herramienta con todos los componentes para verificar su funcionamiento.

3.2.1 Diseño del circuito neumático y selección de los componentes

Tomamos en cuenta aspectos como la fuerza necesaria para comprimir el muelle de la válvula lo cual permitirá dimensionar el cilindro (actuador) que necesitaremos, la forma de accionamiento para el avance, bloqueo y retroceso del actuador lo realizaremos mediante una válvula de tres posiciones accionada manualmente, así como los reguladores, racores, acoples que requiera el circuito y demás componentes que se detallará a continuación.

3.2.1.1 Modelado del circuito neumático

Datos como la fuerza que se requiere para comprimir los muelles de válvula son de vital importancia para la selección del actuador más adecuado, elementos de control que permitirán el avance, retroceso, bloqueo, velocidad del actuador y elementos de conexión que permitirán el flujo del aire comprimido. Para comprender la funcionalidad del circuito utilizaremos FESTO FLUIDSIM 3.6, software que permite construir circuitos neumáticos.

1. Actuador Neumático
2. Válvula Estranguladora
3. Válvula Neumática 5/3
4. Silenciadores
5. Unidad de Mantenimiento
6. Fuente de Aire

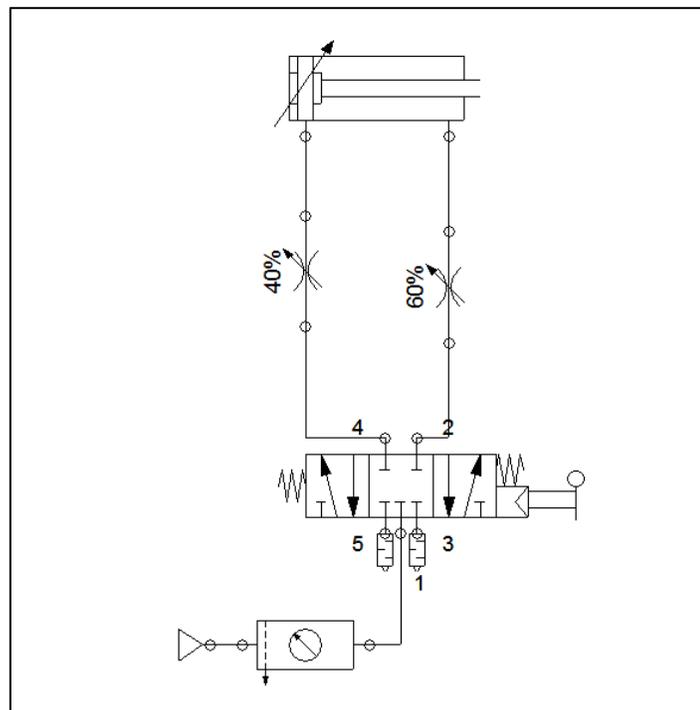


Figura 3-3: Circuito Neumático del Compresor de muelles
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.2.1.2 Selección del actuador neumático

Fuerza necesaria para comprimir el muelle: 110 Kgf

Presión de Trabajo: $6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

Diámetro embolo = 36 mm

Diámetro vástago = 12 mm

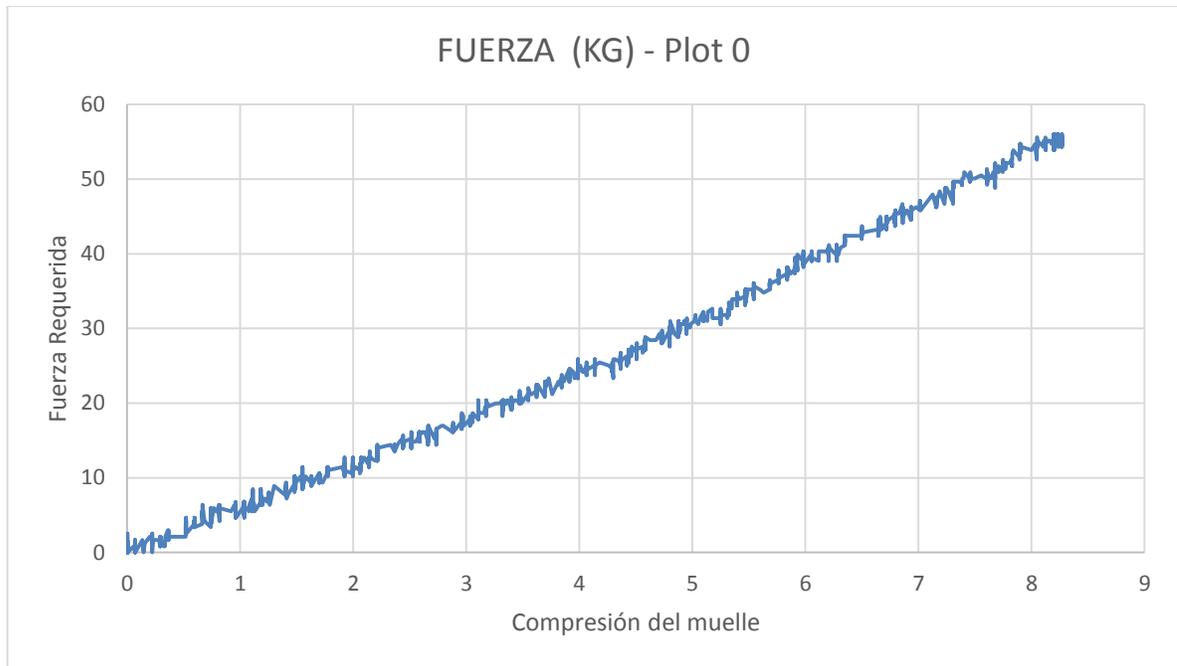


Figura 4-3: Fuerza necesaria para la compresión del muelle de válvula
 Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Fuerza teórica real

Sección del embolo.

$$Se = 0,785 (\text{diametro del embolo})^2$$

$$Se = 0,785 (0,036)^2$$

$$Se = 0,001017 \text{ m}^2$$

Sección del vástago

$$Sv = 0,785 (\text{diametro del vástago})^2$$

$$Sv = 0,785 (0,012)^2$$

$$Sv = 0,000113 \text{ m}^2$$

Sección útil para retroceso

$$Sc = Se - Sv$$

$$Sc = 0,001017 - 0,000113$$

$$Sc = 0,000904 \text{ m}^2$$

Avance CDE

$$Fea = Ft - Fr$$

$$Ft = P * Se$$

$$Ft = 6 \times 10^5 \frac{N}{m^2} * 0,001017 \text{ m}^2$$

$$Ft = 610,2 N$$

$$Fr = Ft * n$$

$$Fea = 610,2 * 0,9$$

$$Fea = 549,18 N$$

Retroceso CDE

$$Fer = Ft - Fr$$

$$Ft = P * Se$$

$$Ft = 6 * 10^5 \frac{N}{m^2} * 0,000904 m^2$$

$$Ft = 542,4 N$$

$$Fer = 0,9 * Ft$$

$$Fer = 0,9 * 542,4$$

$$Fer = 488,16 N$$

$$F avance > F retroceso$$

Consumo de aire

$$v = (Se + Sc) * L * Rc * n$$

$$Rc = \frac{P atm + P trabajo}{P atm}$$

$$Rc = \frac{1,013 bar + 6 bar}{1,013 bar}$$

$$Rc = 6,92$$

$$v = (0,001017 + 0,000904) * (0,1)(6,92)(10)$$

$$v = 0,013 lt$$

3.2.2 Modelado de la herramienta Neumática

En este apartado estableceremos los elementos necesarios para la construcción de la herramienta neumática como materiales, geometría de diseño, selección de elementos, condiciones de trabajo, ergonomía y seguridad al momento de utilizar la herramienta neumática.

El software CAD que utilizaremos es SOLIDWORKS 2019, que permitirá obtener una visualización de la herramienta

Para comprender el comportamiento de la herramienta al simular con las condiciones de trabajo debemos implementar el uso de software CAE (ANSYS) el cual cuenta con fases previas que detallaremos a continuación:

- Pre- procesamiento: Después de realizar el diseño del componente debemos definir propiedades de cada elemento que está inmerso en el conjunto de piezas que conforma la herramienta, restricciones físicas, fuerzas que se genera en los elementos, condiciones de contorno, como punto clave también se tiene la calidad de malla páralo cual el programa tiene distintos métodos que permiten mejorar esta calidad como los “sizing” permite cambiar el valor de discretización. Como también tener en cuenta las características de procesamiento del computador para una mejor calidad de mallado.
- Proceso: Se realiza la resolución del problema, la selección de los distintos resultaos son de acuerdo a lo que el diseñador requiere como factor de seguridad, esfuerzo, deformaciones permitiendo interpretar estos resultados en el post procesamiento.
- Post Procesamiento: Mediante la representación de gráficos, se muestran los distintos resultados que se puede obtener lo cual permitirá analizar e interpretar desde un punto de vista crítico por parte del diseñador.

3.2.2.1 Modelado CAD

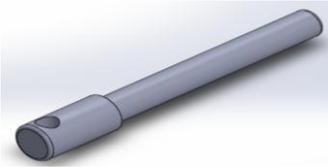
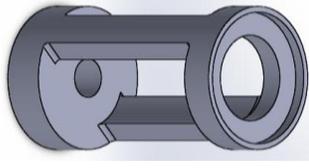
Se ha modelado la herramienta neumática mediante solidworks, como se muestra en la figura 5-3, lo cual permite visualizar su estructura y tener una idea clara de su funcionamiento y elementos que la conforman, lo cual permitirá validar los resultados al momento de simular con sus condiciones de trabajo en ANSYS WORKBENCH R20.2

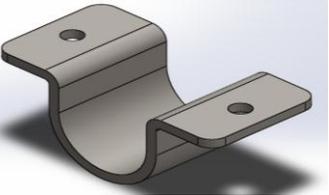
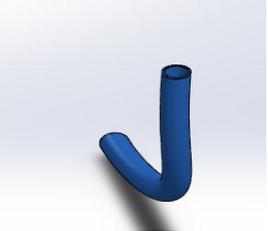
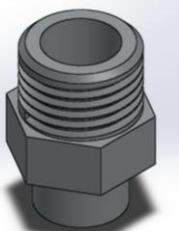
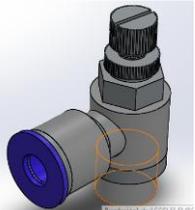


Figura 5-3: Propuesta de diseño de herramienta neumática
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Los materiales empleados para la construcción se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2-3: Descripción de los componentes de la Herramienta Neumática

Elemento	Descripción
<p data-bbox="272 369 431 394">Marco Principal</p> 	<p data-bbox="641 407 1408 516">Es el elemento principal de la herramienta, ya que sobre ella se realizará el montaje y sujeción de los demás componentes como el brazo móvil actuador, acoples, válvula, racores</p>
<p data-bbox="272 617 399 642">Brazo Móvil</p> 	<p data-bbox="641 695 1408 804">Permite variar el área para la compresión de muelles, siendo de gran utilidad su ajuste debido a las condiciones geométricas diferentes existentes entre los cabezotes de vehículos multimarca.</p>
<p data-bbox="272 919 480 945">Pasador de seguridad</p> 	<p data-bbox="641 961 1408 1029">Permite la sujeción entre el marco principal y el marco móvil permitiendo evitar desplazamientos imprevistos.</p>
<p data-bbox="272 1150 500 1176">Eje Corredizo Roscado</p> 	<p data-bbox="641 1188 1408 1339">Este eje roscado va acoplado en la parte inferior del brazo móvil, permite ampliar o reducir la longitud entre el conjunto válvula, muelle, tapa del muelle y el compresor de tapa válvulas. Evitando avances largos por parte del actuador neumático.</p>
<p data-bbox="272 1396 415 1421">Pie de presión</p> 	<p data-bbox="641 1440 1408 1549">Elemento acoplado al eje corredizo extractor, permite la compresión de la tapa así como el muelle de la válvula habilitando la extracción de las cuñas de seguridad existentes en la cola de la válvula.</p>
<p data-bbox="272 1688 383 1713">Válvula 5/3</p> 	<p data-bbox="641 1730 1408 1797">Su función es enviar y distribuir el aire comprimido dentro del circuito neumático, permitiendo el avance o retroceso del actuador que controle.</p>

<p>Actuador Neumático</p> 	<p>El actuador neumático elegido permite comprimir los muelles de válvulas tanto de admisión como de escape en cabezotes de motores a gasolina y diésel.</p>
<p>Sujetador del actuador</p> 	<p>Este acople permite la sujeción del actuador con el marco principal de la herramienta neumática, permitiendo mantener una posición fija del actuador al efectuar el avance y retroceso del mismo</p>
<p>Mangueras</p> 	<p>Las mangueras de poliuretano permiten el flujo de aire comprimido a través de todos los elementos que conforma el circuito neumático, el diámetro de las mangueras y la longitud de las mismas es de gran importancia</p>
<p>Racor Recto</p> 	<p>Son elementos de acople y sujeción de mangueras que entre sus características tenemos que el aire es completamente bloqueado al retirar la manguera, de gran utilidad donde se requiere conexión y desconexión frecuentes</p>
<p>Racor reductor caudal banjo</p> 	<p>Son elementos que permiten regular el flujo del aire comprimido unidireccionalmente y bidireccionalmente, este racor va montado directamente sobre el cilindro</p>
<p>Silenciadores</p> 	<p>Elemento diseñado para instalarse en la salida o escape del circuito neumático, para reducir los niveles de ruido del equipo durante su funcionamiento permitiendo la comodidad del usuario mientras utiliza este equipo</p>

Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.2.2.2 Simulación del diseño por resistencia mediante software CAE

Mediante la simulación visualizaremos el comportamiento de la herramienta bajo condiciones de trabajo, en este caso aplicaremos la fuerza necesaria para comprimir el muelle así como la fuerza generada por el muelle, lo cual repercute en toda la estructura de la herramienta, permitiendo obtener resultados fiables de comportamiento, factor de seguridad, diseño estructural.

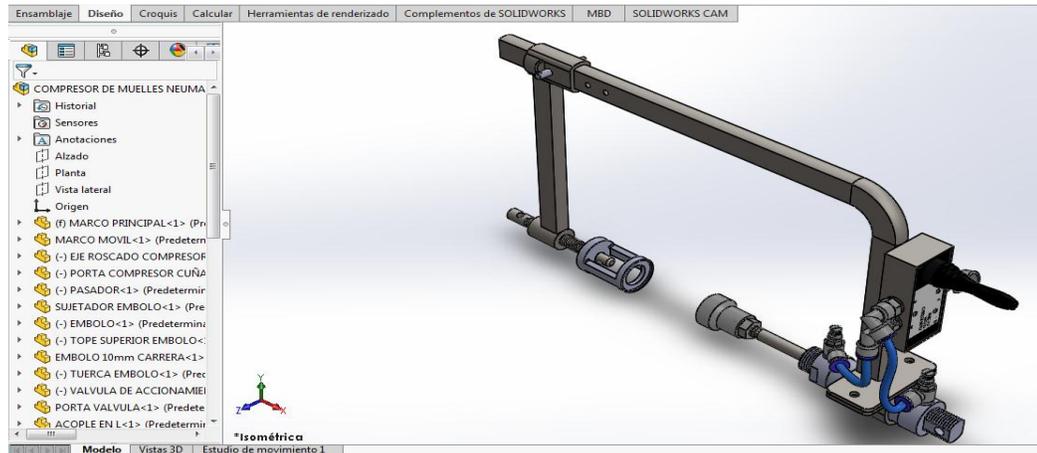


Figura 6-3: Ensamblaje de componentes de la herramienta neumática, modelo CAD
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

En la figura 7-3, se visualiza la ventana inicial de ANSYS WORKBENCH R2, en la cual se aprecia la opción “análisis estático” el cual se utilizara para el modelo CAD desarrollado en SOLIDWORK 2019, “Engineering Data” permitirá asignar los materiales y propiedades de cada parte que conforma el modelado.

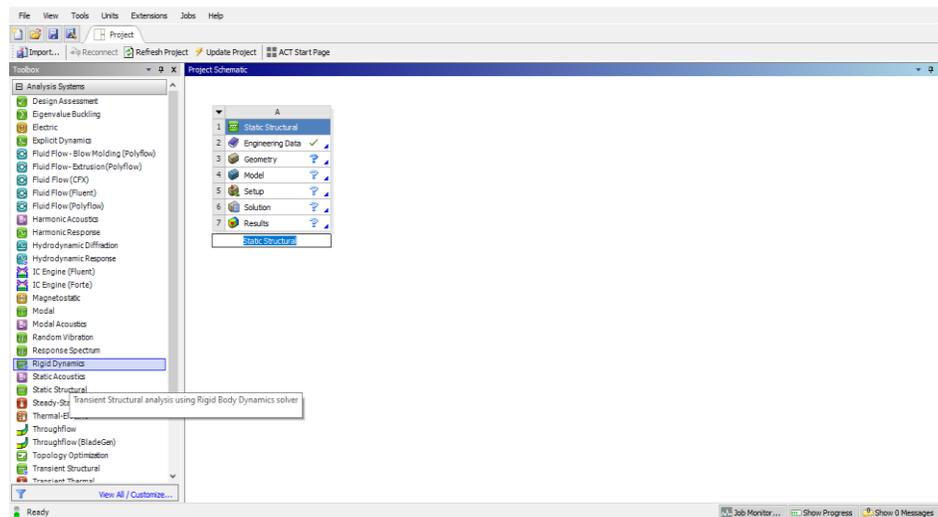


Figura 7-3: Ventana inicial de ANSYS WORKBENCH 2020 R2
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Al culminar el modelado del compresor de muelles, es recomendable guardar el archivo en STEP o IGES, lo cual permitirá la importación de la geometría en ANSYS sin problema. En la figura 8-3, se muestra el proceso para la importación del modelado desarrollado en SOLIDWORKS

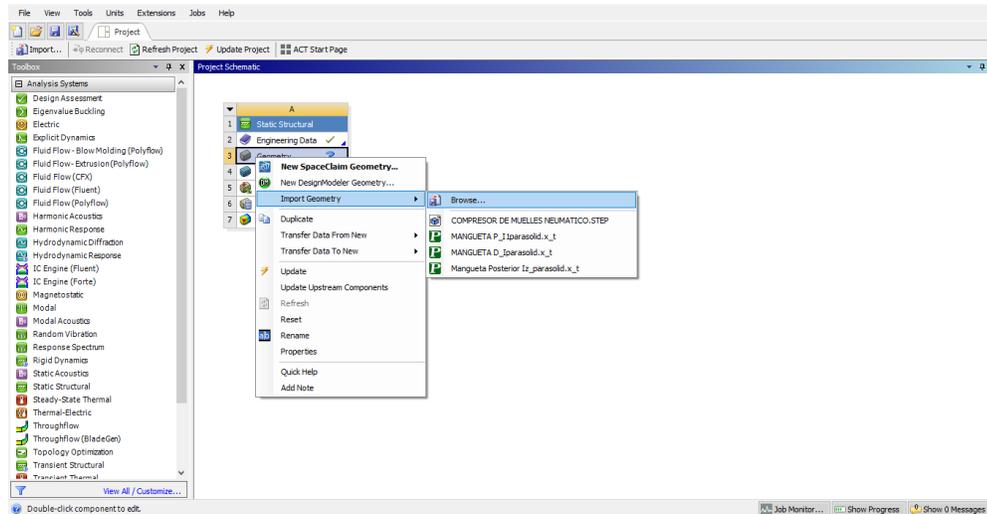


Figura 8-3: Importación de la geometría del modelado.
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Después de importar el modelado se puede apreciar la geometría en la figura 9-3, si es necesario se debe realizar las correcciones de la geometría mediante virtual topology a los elementos que se necesite hacer las correcciones permitiendo corregir errores de contacto o elementos intersecados.

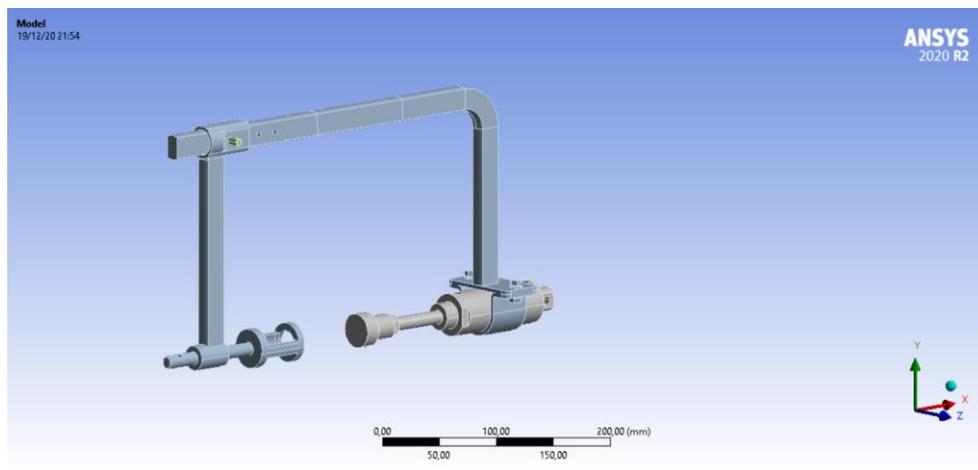


Figura 9-3: Geometría del modelo de herramienta neumática
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Debemos definir correctamente los soportes ya que son de vital importancia al momento de la simulación, en este caso (fixed support), permite establecer que el movimiento está restringido en los ejes x, y, z debido a que consideramos que el modelado se encuentra fijo

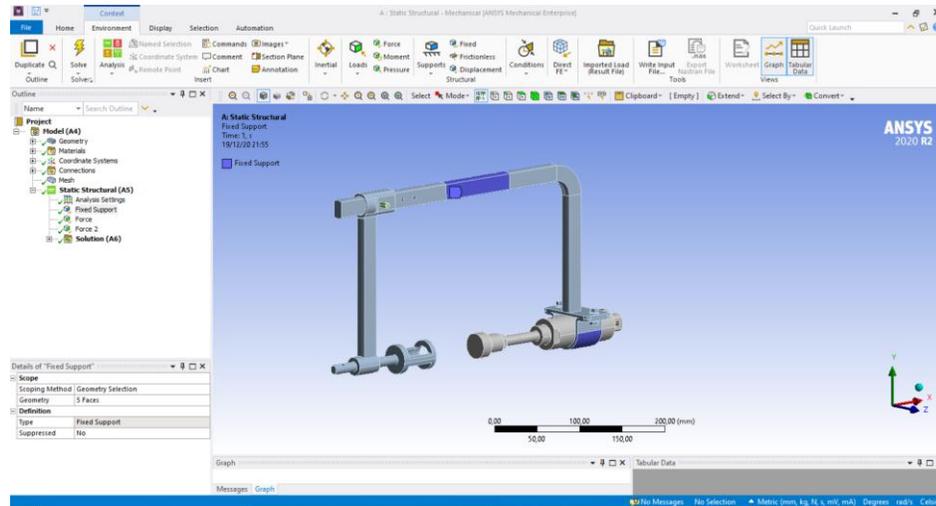


Figura 10-3: Implementación de Fixed support en el modelado
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

En la figura 11-3 se puede apreciar el mallado de la geometría del modelado de la herramienta neumática la cual permite la precisión, velocidad de la simulación y convergencia de los elementos. Se debe considerar que la malla consume la gran parte del tiempo al desarrollar la simulación para obtener los resultados.

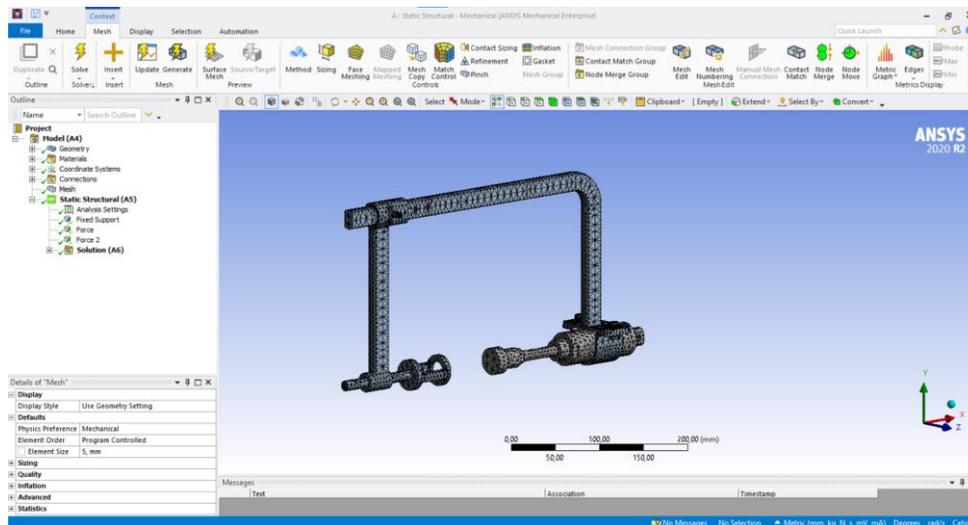


Figura 11-3: Mallado del modelado de la herramienta neumática
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Contemplamos las condiciones previas que son necesarias para llevar a cabo el análisis estructural. La figura 12-3, permite comprender la calidad de malla que se ha logrado obtener en la herramienta para que sea un mallado eficiente acorde al análisis que esperamos realizar y por ende los resultados más cercanos a la realidad, obteniendo un valor de 0.99, lo cual es un valor excelente.

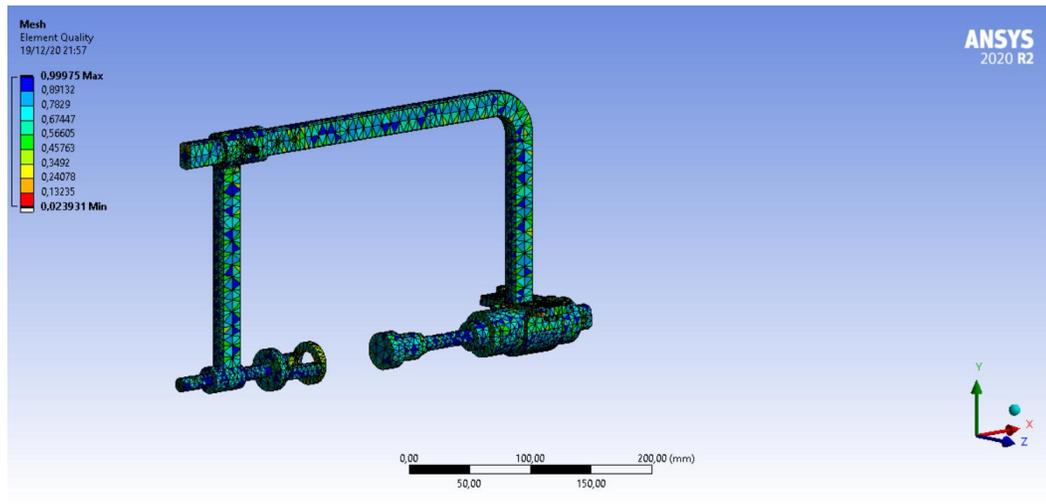


Figura 12-3: Calidad de mallado obtenido en el modelado
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

La malla que hemos realizado es de elemento triangulares, lo cual permite un mallado uniforme debido a la uniformidad de las áreas que compone la herramienta neumática, la malla es factible debido también a su creación por computadora y resultados que se pretende obtener por ende el comportamiento del mallado uniforme es más comprensible de interpretar.

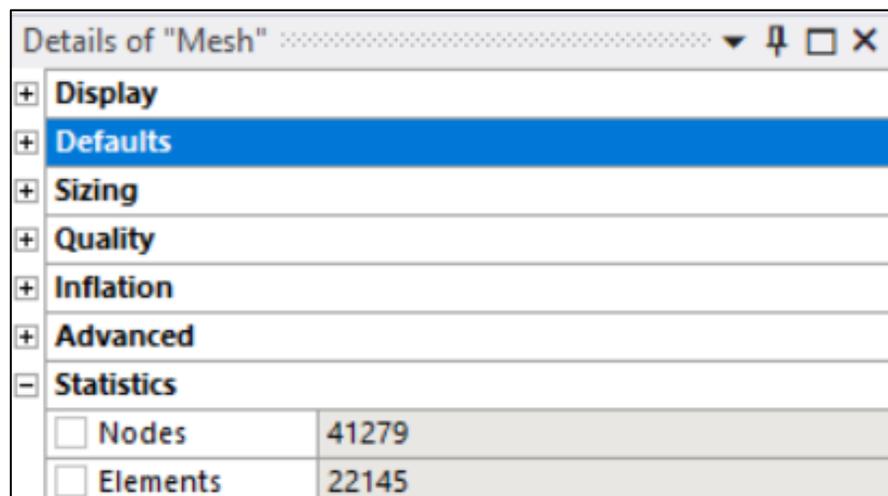


Figura 13-3: Detalle del mallado empelado en la herramienta neumática
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

En la figura 14-3, se muestra las condiciones o restricciones que serán necesarias considerar, aspectos como la fijación, restricción de movimiento, las cargas y dirección de las mismas. Siendo estos valores considerados de cálculos previos para comprender con valores reales a los que estará sometido la herramienta.

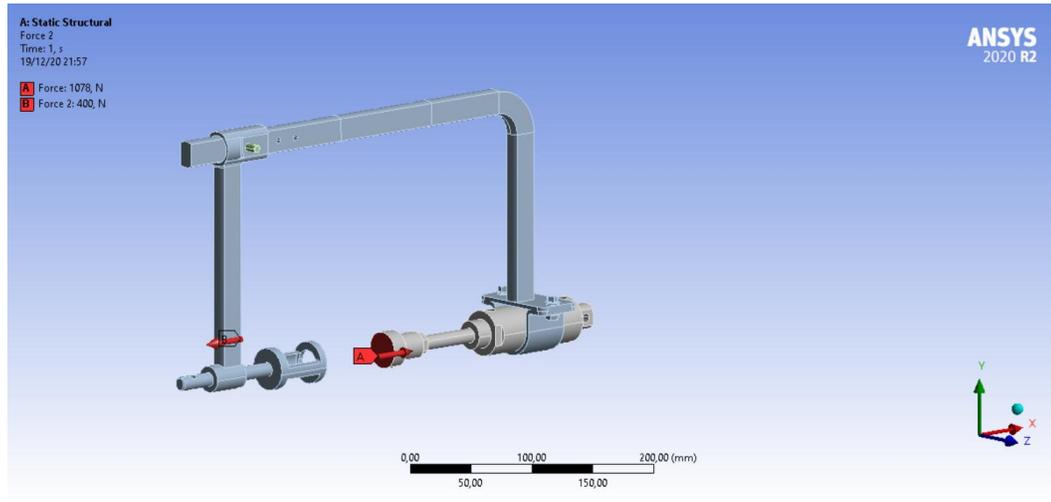


Figura 14-3: Cargas empleadas en la herramienta neumática
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Fuerza	Elemento
1078 N	Embolo del Actuator
400 N	Brazo Móvil

La deformación que se ha obtenido en ANSYS WorkBench, permite comprender tanto la deformación direccional en los planos X, Y, Z o la deformación total que ha sufrido la herramienta al aplicar las anteriores condiciones de carga tanto en el embolo como en el brazo móvil. En la figura 15-3, se puede apreciar el valor de 0,61 mm de deformación que no afectaría al momento de utilizar el extractor de muelles. La deformación se encuentra en la parte inferior del brazo móvil el eje corredizo y el compresor de tapa válvulas. Permite comprender que debido a que estos elementos son ensamblados, regulables y de características geométricas diferentes tienden a deformarse como podemos apreciar en las zonas de color rojo, notando también que esta deformación máxima será en esas zonas específicas como una deformación mínima que se producirá en la parte superior del brazo móvil.

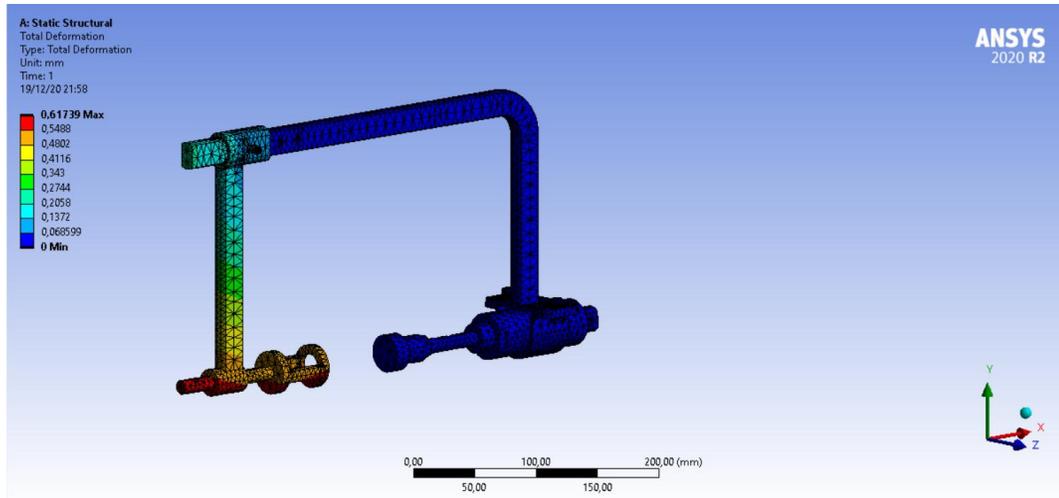


Figura 15-3: Deformación total de la herramienta bajo las condiciones de carga
 Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

La figura 16-3, muestra la deformación elástica equivalente con un valor de 0,0012; se toma en cuenta esta deformación ya que permite conocer el valor que se producirá en la herramienta la misma que rebotará y volverá a su forma original después de haber retirado las cargas que se ha ejercido sobre estos componentes de la herramienta neumática.

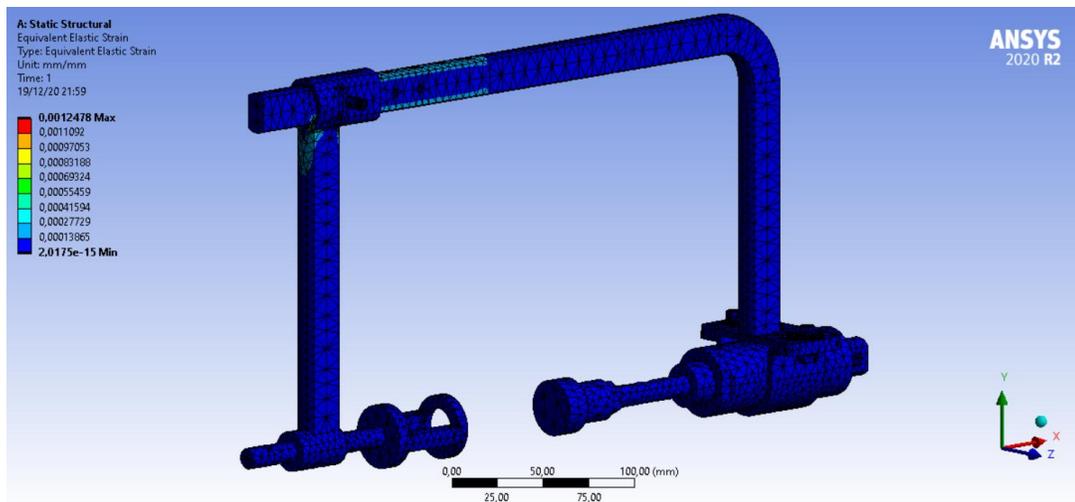


Figura 16-3: Deformación elástica equivalente obtenida en la herramienta neumática
 Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Mediante el factor de Von misses visualizado en la figura 17-3, permite determinar si el material del cual está constituido la herramienta se fracturará o cederá debido a las condiciones de trabajo que se aplica en la simulación. Analizamos este valor ya que aplica para materiales dúctiles (metales). El valor de Von Misses obtenido en la simulación fue de 174,8 MPa, aplicando cargas de 1078 N Y

400 N, respectivamente, teniendo en cuenta que el límite de fluencia del acero A36 es de 250 MPa, podemos comprender que la herramienta neumática al estar bajo las condiciones de trabajo antes mencionadas no presentará deformación permanente, por ende no cederá. Permite entender también que el material de la herramienta neumática se encuentra en la zona elástica de la curva esfuerzo deformación.

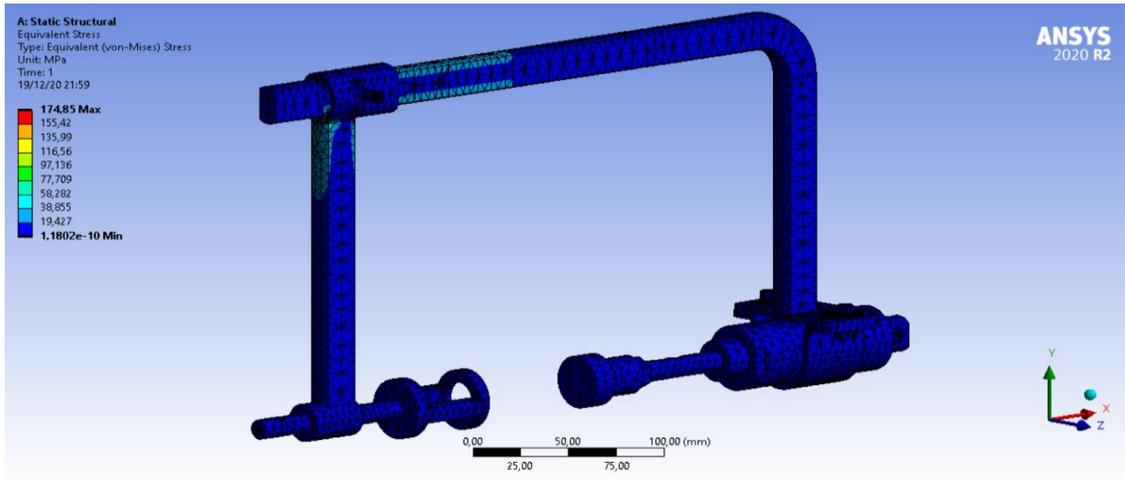


Figura 17-3: Factor de Von Misses ontebido en la herramienta neumatica
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Para saber si la herramienta cumple con el factor de seguridad adecuado debemos comprender que este factor indica la relación entre la tensión a la que se genera la falla y la tensión que realmente ocurre en la herramienta. El factor de seguridad obtenido fue de 1.44, el cual es mayor a 1 contemplando que se ha considerado el tipo de cargas, su lugar y forma de aplicación, como también las propiedades del material empleado.

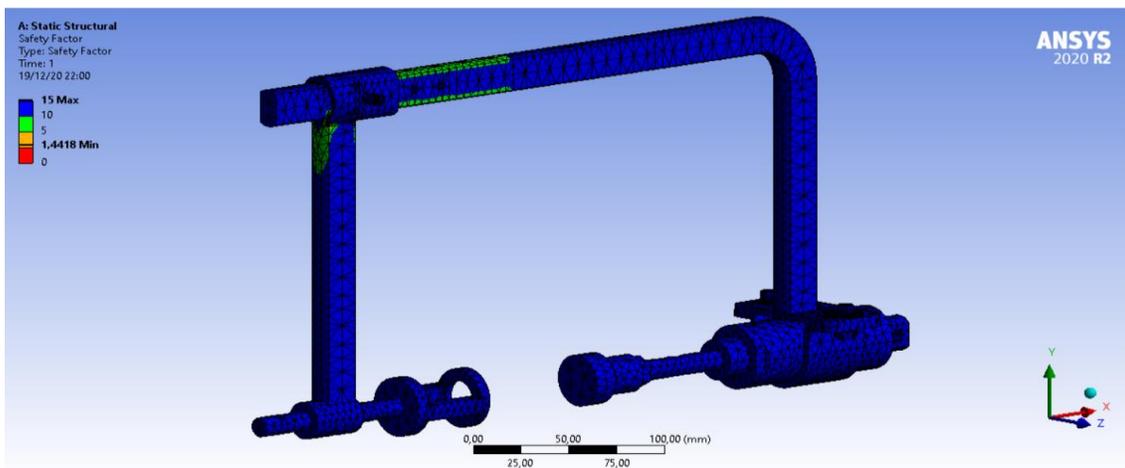


Figura 18-3: Factor de seguridad obtenido en la herramienta neumática
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.3 Construcción de la Herramienta Neumática

En este apartado vamos a seguir el procedimiento necesario para la construcción de la herramienta neumática diseñada. En el siguiente diagrama de procesos se muestra los pasos a seguir.

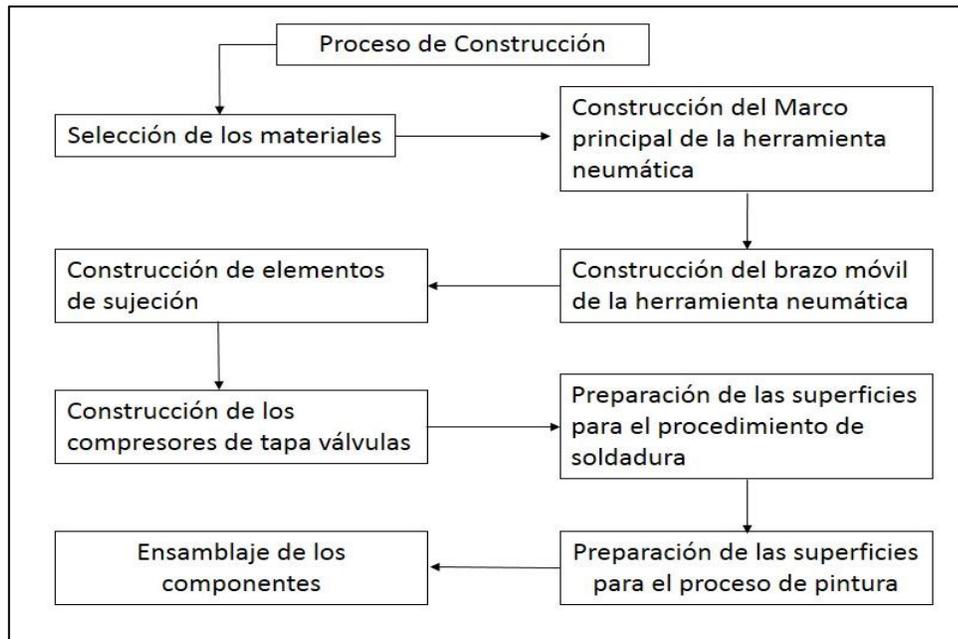


Figura 19-3: Proceso de construcción de la herramienta neumática
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.3.1 Selección de materiales

En el mercado Nacional existen diversos materiales que nos permiten la construcción de la estructura que conformará la herramienta neumática, materiales para la construcción de herramientas que tienen características mecánicas que le permiten soportar cargas a las que podrían estar sometidas.

Tabla 3-3: Disponibilidad de materiales en el mercado Nacional

Material	Mercado	Factor Soldadura	Bajo costo	Geometría variable
ASTM A 36	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Aluminio	Excelente	Buena	Media	Buena
Acero Bonificado	Excelente	Excelente	Bajo	Bajo

Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

El material idóneo para la construcción de la herramienta fue el ACERO ASTM A 36, las propiedades físicas y mecánicas de material son las necesarias para soportar las condiciones de trabajo a las que va a estar sometida la herramienta, también se procedió a la construcción con ese mismo tipo de material al brazo móvil, las sujeciones de los elementos externos. Utilizamos acero bonificado para la construcción del eje corredizo extractor, y aluminio para la construcción de los compresores de tapa válvulas. El proceso de soldadura que implementamos para la unión de los distintos elementos fue SOLDADURA MIC

3.3.2 Construcción del marco principal

Procedemos al devastado del eje circular macizo que será el marco principal de la herramienta mediante la utilización de una FRESADORA, la cual reducirá el perfil circular del eje hasta obtener las dimensiones impuestas por el diseñador.

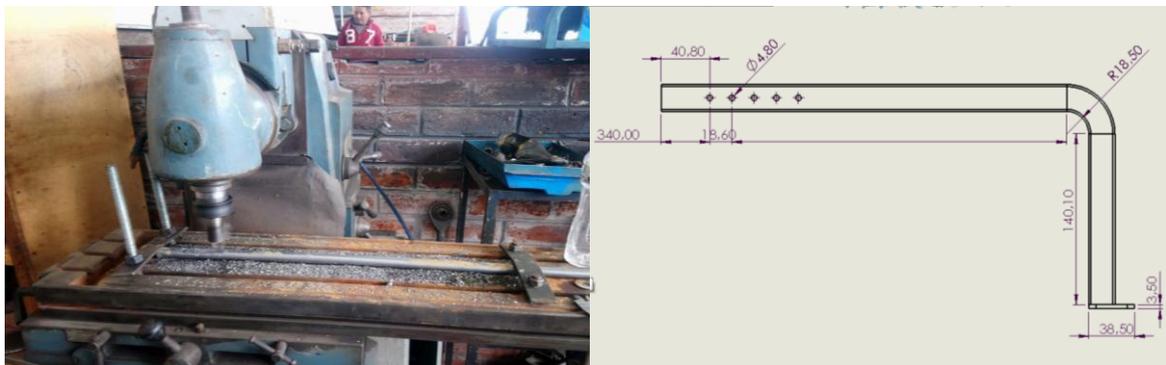


Figura 20-3: Operación de mecanizado del marco principal
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

El perfil propuesto para el marco principal como eje móvil de la herramienta neumática se detalla en la figura 9-3, por lo cual la fresadora reducirá de forma paralela en los dos lados del eje circular.

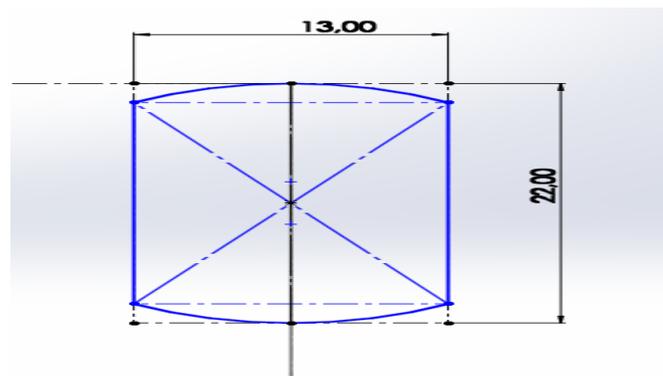


Figura 21-3: Dimensiones del perfil del marco principal
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Como se aprecia en la figura 8-3, el eje circular es recto, motivo por el cual para obtener la forma de arco se procede a doblar el eje acorde a las medidas necesarias



Figura 22-3: Doblado del eje mecanizado del marco principal
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

Consecuentemente soldamos en la parte inferior del marco principal el bocín donde se enroscará el eje corredizo extractor.

3.3.3 Construcción del Brazo móvil

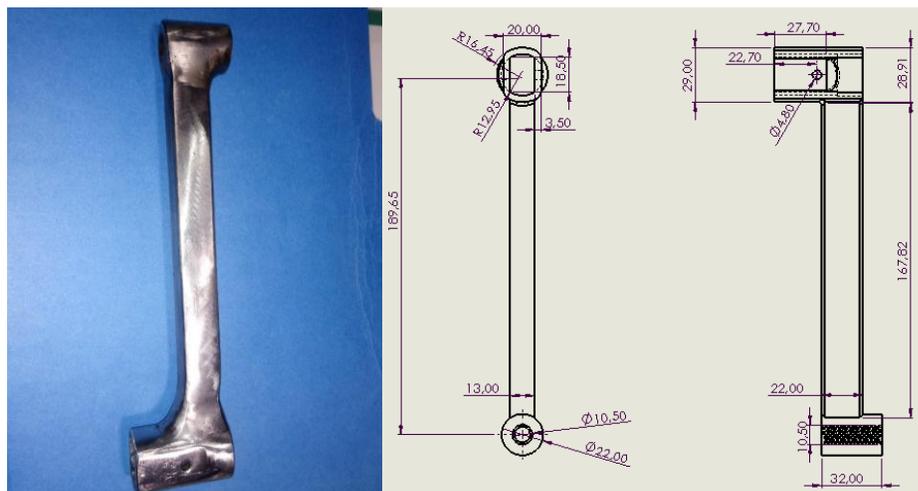


Figura 23-3: Brazo móvil de la herramienta neumática
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.3.4 Construcción de los elementos de sujeción

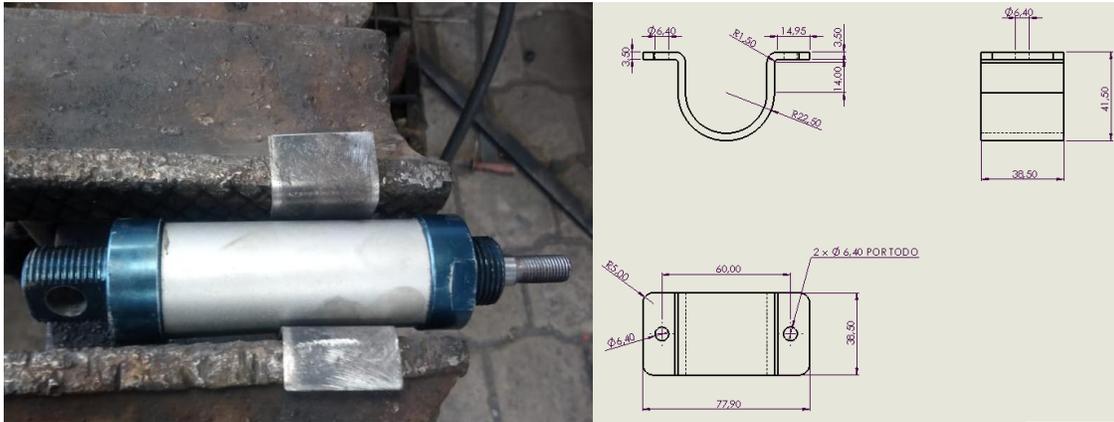


Figura 24-3: Construcción de elementos de sujeción para elementos desmontables
 Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.3.5 Construcción del pie de presión

Construimos también el compresor de tapa válvulas, en este caso al ser una herramienta de carácter universal, construimos 4 elemento de distintas medidas que permitan el acople a las distintas características geométricas de los cabezotes en motores gasolina y diésel

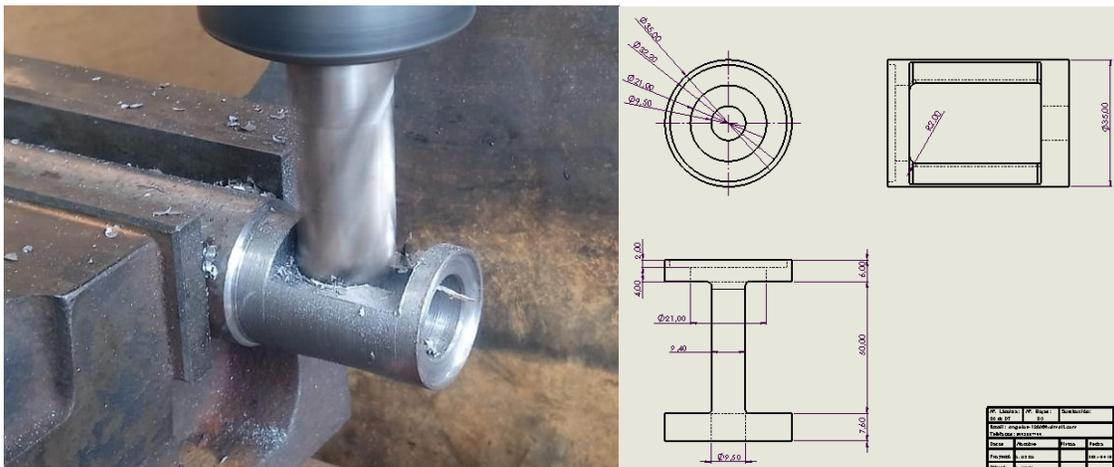


Figura 25-3: Mecanizado de los pie de presión
 Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.3.6 Preparación de las superficies para el proceso de soldadura



Figura 26-3: Superficies para el proceso de soldadura y posterior aplicación de pintura
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.3.7 Ensamblaje de los componentes



Figura 27-3: Elementos que componen el compresor de muelles neumático
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

3.3.8 Pruebas de funcionamiento



Figura 28-3: Utilización de la herramienta neumática en el desmontaje de válvulas
Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

CAPÍTULO IV

4. GESTIÓN DEL PROYECTO

4.1.1 Cronograma del Proyecto

A continuación, se procede a describir cada una de las actividades que se realizaron para cumplir con todo lo antes mencionado del trabajo de titulación denominado: **“Construcción de una herramienta Neumática para compresión de muelles de válvula adaptable a diferentes tipos de fijadores “**

Tabla 1-4: Cronograma General del Proyecto

ACTIVIDADES	TIEMPO ESTIMADO
Identificar especificaciones técnicas, campo de aplicación y operación que debe cumplir la herramienta neumática	3 semanas
Realizar una revisión bibliográfica	4 semanas
Cálculos y diagramas de funcionamiento de la herramienta neumática	2 semanas
Modelado de la herramienta neumática mediante software CAD	3 semanas
Realizar la simulación del modelado mediante software CAE	1 semana
Análisis de resultados del análisis estático implementado	2 semanas
Construcción de la herramienta con materiales existentes en el mercado Nacional	6 semanas
Pruebas de funcionamiento	1 semana
Verificación de la reducción de tiempo al implementar la herramienta neumática en la operación de mantenimiento	1 semana
Manual de funcionamiento para el operario	2 semanas
Análisis de los resultados obtenidos al implementar la herramienta neumática	3 semanas

Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

4.1.2 Recursos en la adquisición de materiales

Después de haber ya especificado el funcionamiento, disponibilidad de materiales, diseño de la misma procedemos a la compra de materiales y prestación de servicios para llevar a cabo la

construcción de la herramienta neumática. En la tabla 2-4 detallamos los materiales e insumos adquiridos

Tabla 2-4: Costos de adquisición de los materiales e insumos.

#	Cantidad	Detalles	Precio Unitario	Precio final
1	1	Actuador lineal neumático	120	120
2	1	Válvula de 5 vías / 3 posiciones	85	85
3	2	Metros de manguera	1	1
4	4	Racor recto	1.5	1.5
5	2	Racor reductor caudal banjo	3	3
6	1	Silenciador	1	1
7	1	Juego de Compresor de muelles	15	15
8	1	Eje corredizo de regulación	4	4
9	0,3	Eje macizo de 1/4"	10	10
10	3	Eje macizo de 1 1/2"	10	10
TOTAL				318.50

Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

En la tabla 3-4, se presenta un resumen de los recursos directos e indirectos que se utilizaron en este presente proyecto

Tabla 3-4: Gasto total del proyecto

Descripción	Total
Gastos Directos	318.5
Gastos Indirectos	350
TOTAL	668.5

Realizado por: Usca Caillagua, Angel, 2021

CONCLUSIONES

- Se analizó las diferentes geometrías de cabezotes en motores gasolina y diésel, como los requerimientos mecánicos necesarios y materiales existentes en el mercado Nacional que permitió obtener un diseño adaptable y funcional para diferentes tipos de fijadores.
- Para su funcionamiento se basó en la adaptabilidad y fácil operación de la herramienta neumática por parte del operario, diseñamos y colocamos los elementos de accionamiento en lugares que no reduzcan la visibilidad durante la operación, sean de fácil y rápida operación.
- Para verificar la reducción del tiempo de operación en el desmontaje y montaje de muelles por cámara en un motor de 8 válvulas y 4 cilindros, se realizó pruebas con la herramienta neumática y herramienta manual, con un tiempo de operación de 55 segundos por cilindro con el uso de la herramienta neumática, lo cual representa una reducción del 50% del tiempo de operación
- Se comprobó la adaptabilidad del compresor de muelles con cabezotes de características geométricas distintas, con alturas comprendidas entre 15 cm y 35 cm de alto, su funcionamiento no presentó ningún inconveniente en los modelos, sin que la herramienta neumática presente averías, accionamientos incorrectos o difícil implementación.
- La simulación permitió un análisis estático en la cual simulamos una condición de trabajo al cual estaría sometida la herramienta neumática, obteniendo valores como la deformación, que en este estudio tenemos el valor de 0,6 mm que es un valor de deformación extremadamente mínimo, los esfuerzos producidos con un valor de 174,8 MPa, no compromete la estructura ya que la herramienta se encuentra trabajando en la zona elástica de la curva esfuerzo – deformación.

RECOMENDACIONES

- Considere que el diseño debe cumplir con características físicas y mecánicas que soporten las deformaciones que pueden llegar a suceder al estar funcionando la herramienta neumática
- Tome en cuenta los valores de los diferentes resultados obtenidos en la simulación, ya que son de gran importancia al momento del análisis de los resultados obtenidos
- La simplicidad del funcionamiento de la herramienta neumática debe ser considerada en la etapa del diseño ya que el operario debe comprender su uso y funcionamiento de manera rápida y segura
- Basarse en reglamentos o normas es importante ya que permite comprender si la herramienta o prototipo que se está construyendo puede y cumple con requisitos mínimos de seguridad, operación, salud y seguridad

GLOSARIO

Antideflagante: Que elimina o reduce el riesgo de explosión. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, s.f.)

CAE: Ingeniería Asistida por Computadora (Sistemas, s.f.)

Discretización: Intercambio del dominio continuo por un dominio discreto, donde un conjunto de volúmenes de control es utilizado para representar el dominio original. (ESSS, s.f.)

Neumática: Conjunto de tecnologías que usan un gas como medio para transmitir energía, habitualmente este gas suele ser aire comprimido o nitrógeno. (Mundo compresor, 2020)

Pandeo: Fenómeno llamado inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, como en un vástago de un cilindro neumático, produciendo deformaciones y disminuyendo el tiempo de vida útil del equipo. (Coz, 2019)

BIBLIOGRAFÍA

ART. *Racores-30* [en línea]. 2019, (España). [Consulta: 16 de septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.neumaic.com/files/Mangueras-y-Racores/05%20Racor%20con%20Detencion.pdf>

BERLIN, I. *Curso de Neumática*. 2002. pp. 10 - 19.

BERRIO, L. *Neumática Básica*. 2007 (Medellin). Fondo Editorial ITM.

CAMOZZI. *Camozzi*. [en línea]. 2016, (Argentina). [Consulta: 07 de agosto 2020]. Disponible en: <http://catalogue.camozzi.com/CATALOGUES/CCC-GENCAT/00106/PDF/SPA.2.7.5.pdf>

COLOMBIA, A. C. *Atlas Copcp*. [blog]. Colombia [Consulta: 18 de septiembre 2020]. Disponible en: <https://laenergiaestaenlaire.com/cuales-son-los-compresores-de-desplazamiento/>

CREUS, A. *Neumática e Hidráulica*. España: Marcombo S.A. 2007

CULTURAL. *Manual de Mecánica Industrial*. Madrid: Cultural S.A. 2002

DIEZ, P. *Redsauce*. [en línea]. [Consulta: 18 de octubre 2020]. Disponible en: <http://es.libros.redsauce.net/index.php?folderID=8>

EDUCATIVA, C. *e-educativa.catedu.es*. [en línea] (2012).. [Consulta: 13 de agosto 2020]. Disponible en: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4917/html/1_elementos_de_control_mando_y_regulacin.html

GONZALES, A. [blog]. [Consulta: Octubre de 2020]. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos10/robap.shtml>

GYSON, L. *GISON Pneumatic Tools*. [en línea]. [Consulta: 01 de enero 2020]. Disponible en: <https://www.gison.com.tw/es/faq/Por-qu-utilizamos-herramientas-neumaticas/faq-1.html#:~:text=Las%20herramientas%20neum%C3%A1ticas%20son%20m%C3%A1s,que%20no>

%20pueda%20funcionar%20como.&text=En%20comparaci%C3%B3n%20con%20las%20herramientas,de%20aire%2C%20etc

HENAO, F. J. *Diseño De Redes De Aire Comprimido Y Selección De Componentes Neumáticos.* [en línea]. Lima, Perú. [Consulta: 10 de septiembre 2020]. Disponible en: [Obtenido de http://media.utp.edu.co/tecnologia-mecanica/archivos/M%C3%93DULO%201.pdf](http://media.utp.edu.co/tecnologia-mecanica/archivos/M%C3%93DULO%201.pdf)

HERRAMIENTAS, D. *De Maquinas Y Herramientas.* [en línea]. [Consulta: 13 de septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/herramientas-neumaticas-introduccion>

IMOPAC. *Imopac, S.A.U.* [en línea]. Atacama, Chile. [Consulta: 15 de octubre 2020]. Disponible en: http://www.imopac.es/catalogo?view=bydiscipline&idcatd=37&id_prod=131

JUAN, J. *herramientasdeingenieros.com.* [blog]. [Consulta: 18 de septiembre 2020]. Disponible en: <https://herramientasdeingenieros.com/tag/centrifugo/>

MENDOZA. *eudim.uta.cl.* [en línea]. Arica, Chile. [Consulta: 19 de noviembre 2020]. Disponible en: http://www.eudim.uta.cl/rmendozag/courses/2012/sistemas_de_sensores_y_actuadores/sistemas_de_sensores_y_actuadores_05.pdf

NEUMÁTICA. *Elementos de sistemas neumáticos.* [en línea]. [Consulta: 24 de noviembre 2020]. Disponible en: http://www.eudim.uta.cl/rmendozag/courses/2012/sistemas_de_sensores_y_actuadores/sistemas_de_sensores_y_actuadores_05.pdf

PEÑA, A. Q. *Psicología: Tópicos de actualidad.* [en línea]. Gaudalajara, Mexico. [Consulta: 05 de diciembre 2020]. Disponible en: <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2724/1/Metodolog%c3%ada%20de%20investigaci%c3%b3n%20cient%c3%adfica%20cualitativa.pdf>

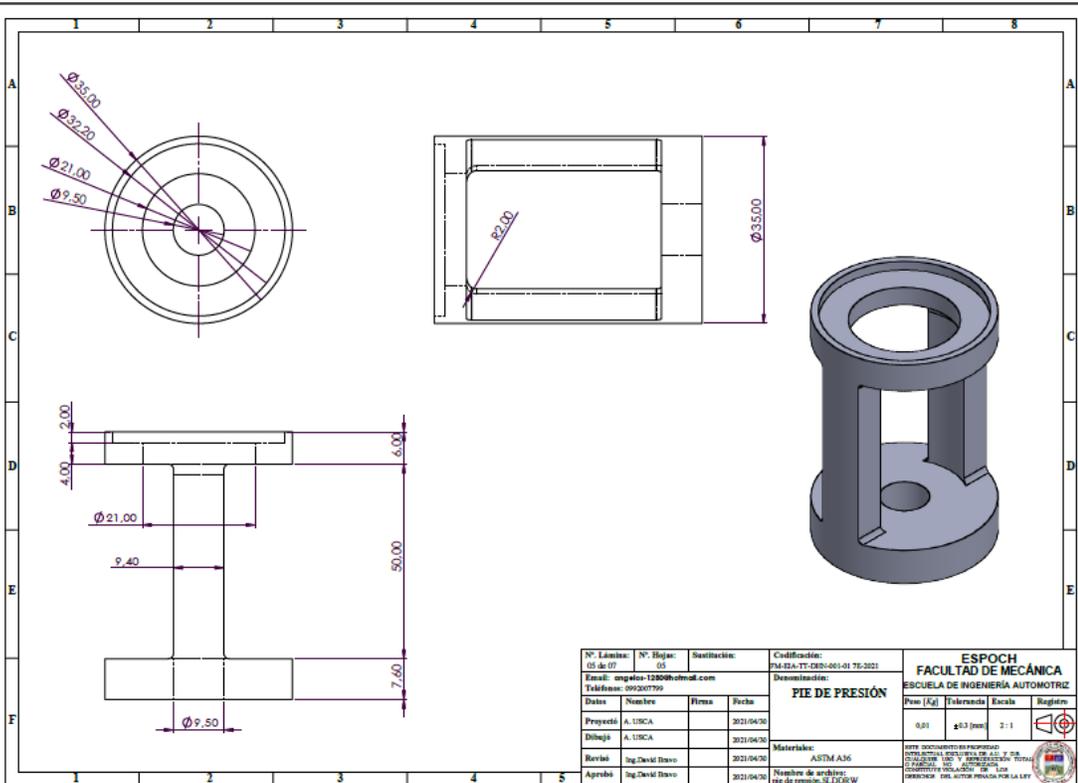
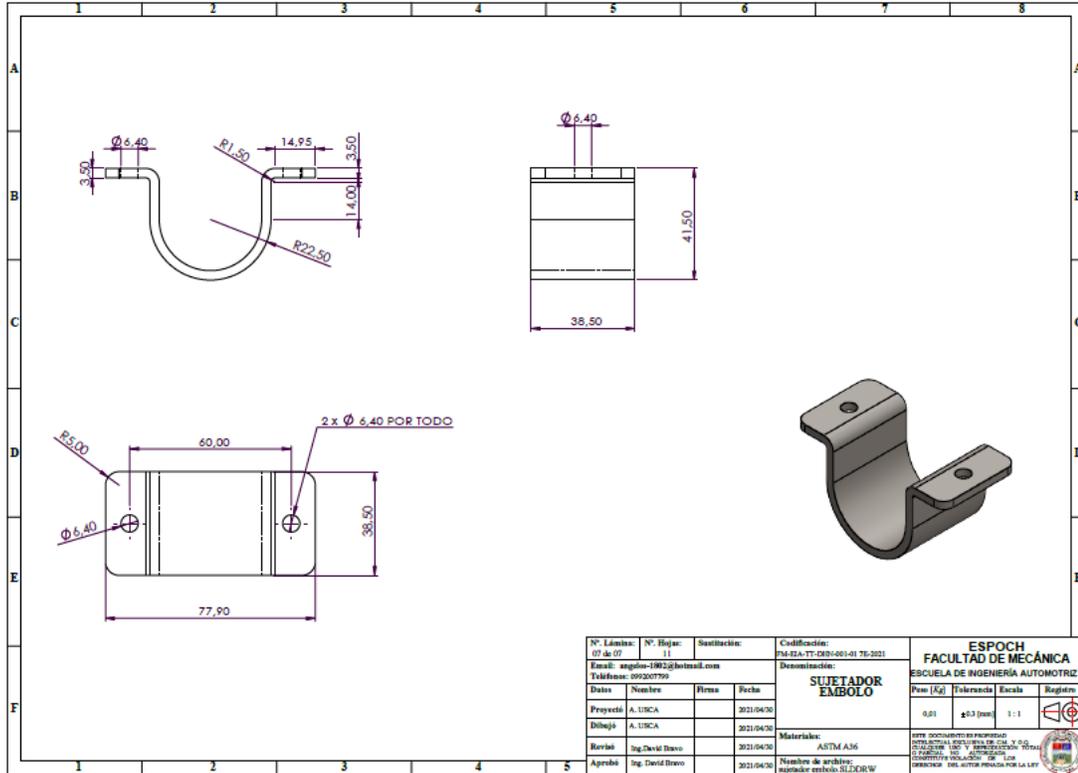
PNEUFLEX. *Pneuflex Pneumatic Co.,Ltd.* [en línea]. Ningbo, China. [Consulta: 30 de diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.conexiones-neumaticas.com/racores-instantaneos-pt-r-bspt-rosca.html>

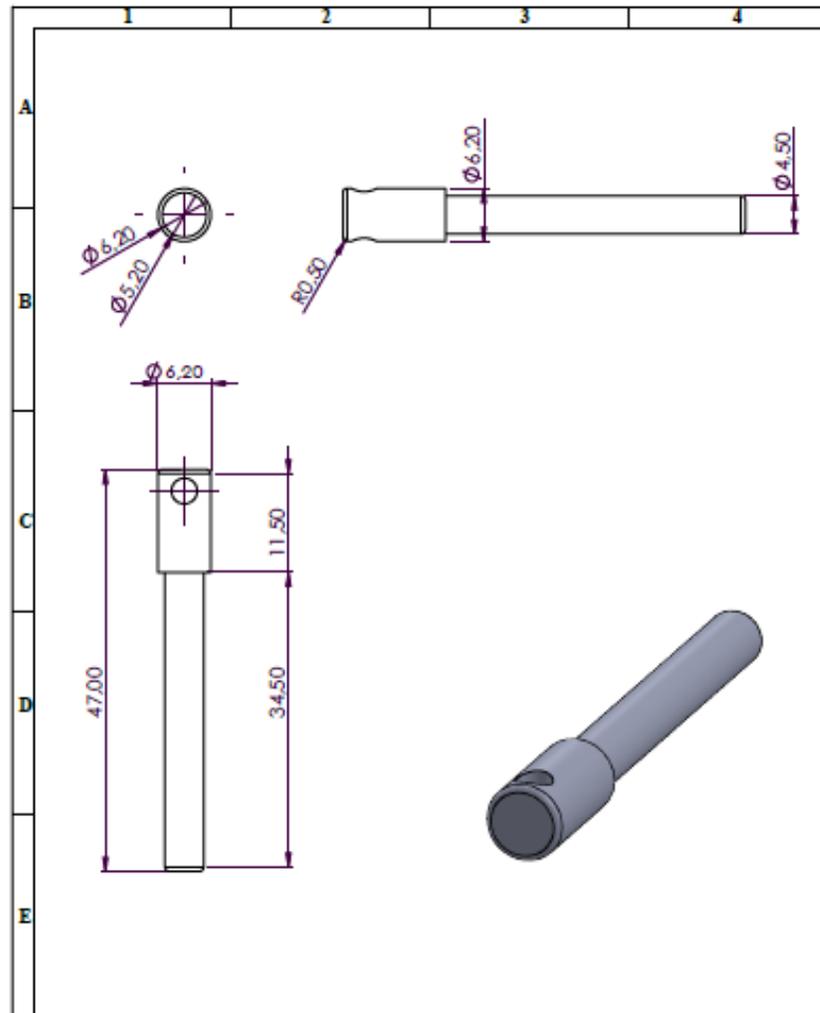
ROME. *Rome Co Industrial Sa.* [en línea]. Monterrey, Mexico. [Consulta: 01 de enero 2021]. Disponible en: <https://www.romecoindustrial.com/2018/04/24/conexion-neumatica-racor-neumatico/>

SALVADOR, A. G. *Introducción a la Neumática.* Barcelona: MARCOMBO, S.A. 1993

UIDE. [en línea]. Quito, Ecuador. [Consulta: 19 de enero 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/798/1/T-UIDE-715.pdf>

VOLT, L. *Fundamentos de Neumática - Manual del Estudiante.* [en línea]. [Consulta: 29 de enero 2021]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/ManualesIng/FundaNeumatica-O.pdf>





Nº. Lámina: 04 de 07	Nº. Hojas: 04	Sustitución:	Codificación: PM-EIA-TT-DID-001-01 TE-2021	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ			
Email: angelos-1200@hotmail.com Teléfono: 0992007799			Denominación: PASADOR	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha	0,02	± 0.3 [mm]	2:1	
Proyectó	A. USCA		2021/04/30	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE LA ESCUELA DE ING. Y DE CALIDADES USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó	A. USCA		2021/04/30				
Revisó	Ing. David Bravo		2021/04/30				
Aprobó	Ing. David Bravo		2021/04/30	Nombre de archivo: PASADOR.SLDREW			

ANEXO B: Guía de Operación de la herramienta neumática



GUIA DE OPERACIÓN DEL COMPRESOR DE MUELLES NEUMÁTICO



- Herramienta neumática para el montaje y desmontaje de válvulas del motor, tanto en motores gasolina y diésel.
- Su fácil operación permite la reducción del tiempo de operación de un 50 - 60%, en la operación específica de desmontaje y montaje de válvulas.
- Se recomienda su utilización en cualquier tipo de motores de diferentes números de cilindros.
- Dimensiones: 500, 300, 100 mm
- Peso: 4 kg
- Presión de trabajo: min, 6 bar y máx., 10 bar.
- Potencia: min 75 kg, máx. 125 kg
- Cuenta con pie de presión de \varnothing 25, 30, 35, 40 mm

Pasos	Ubicación	Observación
Verificación de la posición de la válvula de bloqueo		
Conecte la toma del aire comprimido al acople de la válvula de control		
Localizar las válvulas de admisión y escape del cabezote		
Identificar el pie de presión adecuado para las válvulas del cabezote		
Colocación del actuador sobre el asiento de la válvula y el pie de presión sobre la cabeza de la válvula		
Regulamos la velocidad de salida y retroceso del vástago		



GUIA DE OPERACIÓN DEL COMPRESOR DE MUELLES NEUMÁTICO



Accionamos la posición de la válvula para el avance del vástago		
Extraemos los seguros de la tapa de válvula		
Descomprimos el muelle (retroceso del vástago) mediante la válvula de posición		
Extraemos el compresor de muelles neumático		
Realizamos el desmontaje de los componentes que conforman este conjunto y proseguimos con la siguiente válvula		