

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL**



**PROYECTO DE GRADO**  
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE ENTRENAMIENTO**  
**DIDÁCTICO EN SISTEMAS ELECTRONEUMÁTICOS PARA LA**  
**CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL**

Proyecto de Grado presentado para la obtención del grado de Licenciatura

**Por: Oscar Enrique Anti Javier**  
**Tutor: Lic. Diego Nerhy Mendoza Ancalla**

LA PAZ – BOLIVIA  
Agosto, 2021

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL**

Proyecto de grado:

**Propuesta de Programa**

Presentada por: Univ. Oscar Enrique Anti Javier

Para optar el grado académico de Licenciado en Mecánica Industrial

Nota numeral: .....

Nota literal: .....

Ha sido: .....

Director Carrera de Mecánica Industrial: Lic. Gonzalo A. Gerl Pardo

Tutor: Lic. Diego Nerhy Mendoza Ancalla

Tribunal: Lic. Richard Villalba Caro

Tribunal: Lic. Orlando Hilari Capcha

Tribunal: Ing. Humberto Cojinto Alba

## **DEDICATORIA**

A mis padres Dámaso Anti Alejo y Elena Javier Tarqui, por haberme apoyado con mucho cariño y paciencia para culminar mi carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios a mi tutor: Lic. Diego Nerhy Mendoza Ancalla por haberme guiado con sus sugerencias y su experiencia brindada durante el desarrollo del presente proyecto.

Agradezco a mis tribunales designados para desarrollar el proyecto, por sus observaciones, consejos y sobre todo guiarme para desarrollar y culminar el siguiente proyecto Lic. Richard Villalba Caro, Lic. Orlando Hilari Capcha, Ing. Humberto Cojinto Alba.

Muchas gracias por su conocimiento y su paciencia.

# Índice de contenido

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Índice de contenido	III
Índice de figuras	X
Índice de tablas	XII
Índice de imagen	XIV
Resumen	XVII
Abstract	XVIII
Capítulo 1 .....	1
Introducción .....	1
1.1    Marco Institucional.....	1
1.1.1    Antecedentes históricos.....	1
1.1.2    Estructura orgánica.....	2
1.1.3    Misión .....	3
1.1.4    Visión .....	3
1.2    Planteamiento del problema .....	3
1.3    Objetivos del Proyecto .....	4
1.3.1    Objetivo General .....	4
1.3.2    Objetivos Específicos.....	4
1.4    Justificación del Proyecto.....	5
1.4.1    Justificación Técnica.....	5
1.4.2    Justificación Social.....	5
1.4.3    Justificación económica .....	5
1.5    Delimitación .....	6
Capítulo 2.....	7
Marco Teórico Referencial .....	7
2.1    Automatización.....	7
2.1.1    Definición de Automatización .....	7
2.1.2    Sistema de Automatización.....	8

2.1.3	Clasificación tecnológica .....	8
2.1.3.1	Lógica Cableada .....	8
2.1.3.2	Lógica Programada .....	9
2.1.4	Niveles de Automatización .....	9
2.1.5	Ventajas de Automatismo .....	11
2.2	Características generales de la neumática industrial .....	11
2.2.1	Fundamentos físicos en la neumática.....	11
2.2.2	Orígenes de la Neumática y Generalidades de la Neumática .....	12
2.2.3	Aire Comprimido .....	13
2.2.4	Propiedades del Aire Comprimido.....	13
2.2.5	Magnitud y unidades relacionadas con la neumática .....	13
2.2.5.1	Presión .....	13
2.2.5.2	Tipos de presiones .....	14
2.2.5.3	Presión atmosférica.....	14
2.2.5.4	Presión manométrica.....	14
2.2.5.5	Presión Absoluta .....	14
2.2.5.6	Presión de Vacío .....	15
2.2.5.7	Ley de Gay-Lussac .....	16
2.2.5.8	Ley de los gases perfectos .....	17
2.2.5.9	Ecuación General de Gases.....	17
2.2.6	Ventajas de trabajar con aire comprimido .....	17
2.2.7	Desventajas del Aire en la Neumática. ....	18
2.2.8	Circuito Neumático .....	18
2.2.8.1	Componentes de un Circuito Neumático .....	19
2.2.8.2	Compresor.....	19
2.2.8.3	Unidad de Mantenimiento .....	19
2.2.8.3.1	Filtro de Aire Comprimido .....	19
2.2.8.3.2	Regulador de Presión.....	20
2.2.8.4	Válvulas de distribución .....	20
2.2.8.5	Válvulas de Cierre .....	21
2.2.8.6	Válvulas de Mando .....	21

2.2.8.7	Válvulas de Trabajo.....	21
2.2.8.8	Conectores de Aire Comprimido.....	22
2.2.8.9	Cilindros.....	23
2.2.8.10	Cilindro de Simple Efecto.....	23
2.2.8.11	Cilindro de Doble Efecto.....	23
2.2.9	Denominación y Símbolos de Válvulas Neumáticas.....	25
2.2.10	Tipos de Accionamiento de Válvulas Neumáticas.....	25
2.2.11	Aplicaciones de la Neumática.....	26
2.3	Electroneumática.....	27
2.3.1	Control en Electroneumática.....	27
2.3.2	Control por Relés.....	27
2.3.2.1	Componentes Eléctricos y Electroneumáticos.....	28
2.3.2.2	Unidad de Alimentación de Energía.....	28
2.3.2.3	Elementos Eléctricos de Entrada.....	29
2.3.2.4	Pulsadores.....	30
2.3.2.5	Sensores.....	31
2.3.2.5.1	Finales de Carrera Mecánicos (Limit Switch).....	31
2.3.2.5.2	Contacto hermético tipo reed (magneto sensible).....	32
2.3.2.5.3	Sensores de Proximidad Inductivos.....	33
2.3.2.5.4	Sensores de Proximidad Capacitivos.....	35
2.3.2.5.5	Sensores Fotoelectrónico.....	36
2.3.2.6	Relé y Contactor.....	38
2.3.2.7	Solenoides.....	40
2.3.3	Generalidades de un PLC.....	40
2.3.3.1	Control por PLC.....	40
2.3.3.2	Control Lógico Programable PLC.....	41
2.3.3.3	Funciones de los PLC.....	42
2.3.3.4	Ventajas de un PLC.....	42
2.3.3.5	Lenguajes de programación de PLC.....	43
2.3.3.6	Lenguajes de alto nivel.....	43
2.3.3.6.1	Diagrama escalera o ladder.....	43

2.3.3.6.2	Diagrama de bloques (FBD).....	44
2.3.3.7	Lenguajes de bajo nivel .....	45
2.3.3.8	Lista de instrucciones.....	45
2.3.3.8.1	Texto estructurado .....	45
2.4	Fabricación Adictiva .....	46
2.4.1	Impresora 3D.....	46
2.4.2	Ventajas y Desventajas de una impresora en 3D .....	47
2.4.2.1	Ventajas .....	47
2.4.2.2	Desventajas .....	48
2.4.3	Partes de una Impresora en 3D.....	49
2.4.4	Filamentos para la impresora de 3D.....	50
2.4.4.1	El PLA (ácido poliláctico) .....	50
2.4.4.2	El ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) .....	51
2.4.4.3	PET (PETG, PETT) Tereftalato de polietileno.....	52
2.4.5	Software para la impresión 3D.....	52
2.4.5.1	TinkerCAD .....	52
2.4.5.2	123D Design .....	53
2.4.5.3	Blender.....	54
2.4.5.4	Solid Works .....	55
2.4.6	Procesamiento de la impresión 3D.....	57
2.5	Soldadura SMAW .....	57
2.5.1	Clasificación de los electrodos.....	58
2.5.2	Uniones básicas con arco protegido (SMAW).....	60
2.6	Resistencia de materiales.....	60
2.6.1	Prueba de tensión .....	61
2.6.2	Diagrama esfuerzo-deformación.....	63
2.6.3	Los esfuerzos normales máximo y mínimo .....	64
2.6.4	Introducción al Análisis de Elemento Finito (FEA) .....	65
2.7	Características de los Entrenadores .....	67
Capítulo 3	.....	69
Desarrollo del Proyecto	.....	69

3.1	Determinación de los Componentes del entrenador.....	69
3.1.1	Selección de componentes neumático y electroneumáticos para el entrenador.....	70
3.1.2	Selección de elementos de control del entrenador.....	71
3.2	Diseño de la estructura del entrenador.....	71
3.2.1	La Antropometría.....	72
3.2.2	Altura de trabajo.....	74
3.2.3	Área de trabajo.....	75
3.2.4	Altura máxima de trabajo.....	75
3.2.5	Elementos a construir de la estructura.....	76
3.2.6	Dimensionamiento del entrenador.....	78
3.2.7	Análisis estructural estático.....	79
3.2.8	Determinación de la carga en la estructura.....	79
3.3	Diseño de bases y elementos de sujeción.....	82
3.3.1	Modelado de bases de sujeción en 3D.....	83
3.3.2	Análisis de resistencia del sistema de sujeción de las bases.....	83
3.3.2.1	El peso total de elemento.....	84
3.3.3	Modelado de las bases de los actuadores en 3D.....	85
3.3.4	Análisis del sistema de sujeción de las bases del actuador.....	86
3.3.5	Modelado de las bases de finales de carrera.....	87
3.3.6	Análisis del sistema de sujeción de la base de final de carrera.....	88
3.4	Cálculo y selección de los componentes de control eléctrico.....	89
3.4.1	Análisis del consumo de corriente de elementos eléctricos.....	89
3.4.2	Selección de la fuente de alimentación de energía eléctrica.....	90
3.4.3	Selección de relés.....	91
3.4.4	Selección de relés temporizador.....	92
3.4.5	Selección del PLC logo.....	93
3.4.6	Dimensionamiento y Selección de conductores eléctricos.....	93
3.5	Cálculo del caudal máximo del entrenador.....	94
3.6	Selección de los componentes neumáticos.....	98
3.6.1	Selección de la unidad de mantenimiento.....	98

3.6.2	Selección de elementos de conectores de aire.....	99
3.6.3	Selección de los conductos flexibles de aire .....	99
3.6.4	Selección de elementos de conexión de aire .....	100
3.6.5	Selección del regulador de caudal.....	100
3.6.6	Selección de la electroválvula.....	101
3.6.7	Selección de actuadores .....	102
Capítulo 4.....		104
4.1	Proceso de Manufactura y Montaje .....	104
4.1.1	Construcción de la estructura .....	104
4.1.1.1	Caja de fuente de alimentación de energía eléctrica.....	105
4.1.1.2	Caja Pulsadores.....	106
4.1.1.4	Caja Temporizador .....	107
4.1.1.5	Caja Relés .....	109
4.1.1.6	Caja de PLC .....	110
4.1.1.7	Conductores de energía eléctrica.....	111
4.2	Montaje del sistema de electroneumático.....	112
4.2.1	Implementación y montaje del sistema electro neumático .....	112
4.2.1.1	Base de cilindros de simple efecto y doble efecto.....	112
4.2.1.2	Montaje de electro válvulas .....	113
4.2.1.3	Unidad de mantenimiento.....	114
4.2.1.4	Distribuidor.....	115
4.2.1.5	Montaje del final de carrera.....	115
4.2.2	Modulo básico PLC.....	116
4.3	Entrenador electroneumático didáctico terminada .....	117
Capítulo 5.....		118
Análisis Financiero.....		118
5.1	Costo y Presupuesto .....	118
5.2	Costo financiero.....	118
5.3	Costo total del equipo.....	123
5.4	Costo del entrenador en el mercado .....	123
5.5	Evaluación .....	124

Capítulo 6.....	125
Conclusiones y Recomendaciones .....	125
6.1    Conclusiones.....	125
6.2    Recomendaciones .....	125
6.3    Referencias bibliográficas .....	126
ANEXOS.....	127
ÍNDICE DE ANEXO .....	145

## Índice de figuras

Figura 1 Organigrama de la carrera de Mecánica Industrial.....	2
Figura 2 Niveles de Automatización.....	10
Figura 3 Ley de Boyle-Mariott .....	16
Figura 4 Componente y grupos esenciales de un sistema de control neumático .....	24
Figura 5 Fuente de alimentación eléctrica .....	28
Figura 6 Pulsador luminoso Siemens.....	29
Figura 7 Funcionamiento interno de un pulsador .....	30
Figura 8 Sensor magnético.....	32
Figura 9 Conexión de un sensor magnético en un cilindro.....	33
Figura 10 Parte de sensor inductivo y su representación simbólica.....	33
Figura 11 Sensor de capacitivo y representación simbólica .....	35
Figura 12 Conexión de un sensor de proximidad capacitivo en un cilindro.....	35
Figura 13 Sensor fotoelectrónico reflexión.....	36
Figura 14 Conexión de sensor de reflexión su simbología .....	37
Figura 15 Partes de un relé y su representación simbólica .....	38
Figura 16 Diagrama de conexión de los temporizadores .....	39
Figura 17 Funcionamiento de válvulas de tres vías .....	40
Figura 18 Programador lógico Programable logo siemens .....	41
Figura 19 PLC simatic s7-1200 siemens.....	42
Figura 20 Programación ladder.....	44
Figura 21 Programación por bloques .....	44
Figura 22 Lista de instrucciones .....	45
Figura 23 Lista de instrucciones estructurado.....	46
Figura 24 Partes de una impresora 3D .....	50
Figura 25 Diagrama de flujo para imprimir una pieza en 3D .....	57
Figura 26 Equipo de soldadura SMAW .....	58
Figura 27 Tipo de uniones para SMAW .....	60
Figura 28 Probeta para prueba de tensión .....	61
Figura 29 Diagrama esfuerzo-deformación .....	63
Figura 30 Resultado estudio relación estatura vs edad, mujeres.....	72

Figura 31 Resultado estudio: relación estatura vs. edad hombres .....	73
Figura 32 Estructura del entrenador propuesta .....	75
Figura 33 Brazo extendido y altura máxima .....	76
Figura 34 Momento de inercia .....	81
Figura 35 Base de la electroválvula en Solid Works .....	83
Figura 36 Sistema de traba de la base de las electroválvulas .....	84
Figura 37 Base del actuador y sus piezas para el acople.....	86
Figura 38 Base de final de carrera Propuesta.....	88
Figura 39 Selección del regulador.....	101
Figura 40 Código de pedido de la electroválvula.....	101

## Índice de tablas

Tabla 1 Denominación y símbolos de válvulas neumáticas.....	25
Tabla 2 Tipos de accionamientos de válvulas neumáticas.....	26
Tabla 3 Especificaciones AWS A5.1-69 y A5.5-69 .....	59
Tabla 4 Componentes principales del entrenador .....	69
Tabla 5 Componentes neumáticos y electroneumáticos .....	70
Tabla 6 Elementos de control del entrenador.....	71
Tabla 7 Medidas antropométricas parámetros antropométricos de la población.....	73
Tabla 8 Elementos de la estructura del entrenador .....	78
Tabla 9 Dimensionamiento de la estructura del entrenador.....	78
Tabla 10 Datos de los accesorios del entrenador .....	79
Tabla 11 Propiedades mecánicas ASTM A500 de grado A y B.....	82
Tabla 12 Datos técnicos de fabricantes del resorte .....	85
Tabla 13 Módulos eléctricos a emplearse .....	89
Tabla 14 Elementos eléctricos .....	90
Tabla 15 Selección del tipo de alambre de cobre.....	94
Tabla 16 Datos de cilindro de simple efecto.....	95
Tabla 17 Datos de cilindro de doble efecto.....	96
Tabla 18 Resumen de consumo de aire.....	97
Tabla 19 Datos técnicos del compresor sugerido.....	98
Tabla 20 Hoja de especificaciones estándar tubo nylon PA .....	100
Tabla 21 Referencias técnicas de la electroválvula.....	102
Tabla 22 datos técnicos del cilindro de doble efecto .....	103
Tabla 23 Proceso de construcción del entrenador.....	104
Tabla 24 Proceso de construcción de los módulos de alimentación .....	105
Tabla 25 Proceso de construcción del módulo de pulsadores.....	106
Tabla 26 Proceso de construcción del módulo del temporizador .....	108
Tabla 27 Proceso construcción del módulo de relé.....	109
Tabla 28 Proceso de construcción del módulo del PLC .....	110
Tabla 29 Materiales para la estructura .....	118
Tabla 30 Elaboración de cajas metálicas .....	119

Tabla 31 Componentes eléctricos .....	119
Tabla 32 Componentes neumáticos y electroneumáticos .....	120
Tabla 33 Piezas Impresas en 3D .....	121
Tabla 34 Costos de la mano de obra .....	122
Tabla 35 Costos indirectos .....	122
Tabla 36 Costo total para la construcción del entrenador .....	123
Tabla 37 Costo del entrenador en el mercado .....	123
Tabla 38 Detalle de costos .....	124

## Índice de imágenes

Imagen 1 Carrera de Mecánica Industrial de la calle Potosí.....	1
Imagen 2 Compresor de émbolo de una etapa .....	19
Imagen 3 Filtro de Aire Comprimido y regulador de presión.....	20
Imagen 4 Válvula de distribución .....	20
Imagen 5 Válvula de cierre .....	21
Imagen 6 Válvula de anti retorno y reguladora de caudal .....	21
Imagen 7 Electroválvulas neumática Festo .....	22
Imagen 8 Conexiones Racores neumáticos.....	23
Imagen 9 Cilindros y actuadores neumáticos.....	24
Imagen 10 Símbolos de contactos comunes.....	29
Imagen 11 Final de carrera mecánico .....	31
Imagen 12 Impresora 3D.....	46
Imagen 13 Pantalla de aplicación de tinkerCAD .....	53
Imagen 14 Pantalla de aplicación de 123D Design.....	54
Imagen 15 Pantalla de aplicación de Blender .....	55
Imagen 16 Pantalla de aplicación de Solid Works.....	56
Imagen 17 Análisis finito de una pieza .....	66
Imagen 18 Entrenador electroneumático de SMC .....	67
Imagen 19 Entrenador electroneumático LJ create .....	68
Imagen 20 Entrenador avanzado DOLANG.....	68
Imagen 21 Fuente de alimentación de 24 DC .....	91
Imagen 22 Relé de 24 DC siemens .....	92
Imagen 23 Relé temporizador Analógico .....	92
Imagen 24 PLC logo siemens .....	93
Imagen 25 compresor de pistón sugerido.....	97
Imagen 26 Módulo de la fuente de alimentación .....	106
Imagen 27 Placa de aluminio compuesto con conectores para los pulsadores .....	107
Imagen 28 Placa de aluminio compuesto para los temporizadores analógicos .....	108
Imagen 29 Placa de aluminio compuesto con los conectores para los relés .....	110
Imagen 30 Placa de aluminio compuesto con conectores bananas para el PLC .....	111

Imagen 31 Conectores bananas macho de 4mm .....	112
Imagen 32 Cilindro montado con su base en el tablero .....	113
Imagen 33 Electroválvula sin conexiones ni base.....	113
Imagen 34 Electroválvula con base y conexiones eléctricas y neumáticas .....	114
Imagen 35 Soporte de la unidad de mantenimiento .....	114
Imagen 36 Válvula de distribución .....	115
Imagen 37 Final de carrera con su base .....	116
Imagen 38 Módulo del logo PLC.....	116
Imagen 39 Entrenador electroneumático didáctico terminada.....	117

## Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar y construir un equipo de entrenamiento didáctico en sistemas electroneumáticos para el laboratorio de automatización industrial de la Carrera de Mecánica Industrial, tomando en cuenta la necesidad de entrenadores didácticos en la materia y el alto costo económico para la adquisición del mismo.

Considerando para esto los siguientes parámetros de diseño en su estructura, módulos eléctricos, electroválvulas, y otros: para la construcción de estructura se toma en cuenta la antropometría y ergonomía del estudiante, las electroválvulas, actuadores, finales de carrera, válvulas de distribución, tienen una base acoplada con un sistema de sujeción diseñada y modelada e imprimida con impresores en 3D, Los módulos eléctricos son un conjunto de componentes eléctricos como ser: relés, temporizadores, pulsadores, fuente de alimentación, PLC, están construidas para que puedan interactuar entre sí con una conexión mediante chicotillo y conectores de acople (banana) y son accionado con una fuente de 24 voltios en corriente continua.

Este entrenador electroneumático didáctico permite la simulación desde el más simple circuito electroneumático hasta las más complejas secuencias de tipo cascada y paso a paso además posibilita una gama de ejercicios con los componentes eléctricos normalmente utilizados en conjunto con la neumática. Al concluir la parte de diseño y construcción, también se toma en cuenta en consideración el costo del entrenador didáctico, realizando una comparación de costos, con un entrenador importado de otros fabricantes, con el cual llegamos a cumplir con un diseño adecuado a los requerimientos del laboratorio de automatización industrial para ser implementado inmediatamente en sus instalaciones.

Así mismo se generó en el presente proyecto un manual de ejercicios para el entrenador didáctico y correcto manejo de los componentes del equipo.

## **Abstract**

The objective of this project is to design and build a didactic training equipment in electropneumatic systems for the industrial automation laboratory of the Industrial Mechanics Career, taking into account the need for didactic trainers in the matter and the high economic cost for the acquisition of the same.

Considering for this the following design parameters in its structure, electrical modules, solenoid valves, and others: for the construction of the structure, the anthropometry and ergonomics of the student are taken into account, the solenoid valves, actuators, limit switches, distribution valves, have A base coupled with a fastening system designed and modeled and printed with 3D printers, The electrical modules are a set of electrical components such as: relays, timers, pushbuttons, power supply, PLC, they are built so that they can interact with each other with a connection by means of a whip and coupling connectors (banana) and are powered by a 24 volt DC source.

This didactic electropneumatic trainer allows the simulation from the simplest electropneumatic circuit to the most complex cascade type sequences and step by step, it also enables a range of exercises with the electrical components normally used in conjunction with pneumatics. When concluding the design and construction part, the cost of the didactic trainer is also taken into consideration, making a cost comparison with a trainer imported from other manufacturers, with which we come to comply with a suitable design to the requirements of the industrial automation laboratory to be implemented immediately in your facilities.

Likewise, an exercise manual for the didactic trainer and correct handling of the team components was generated in this project.

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Marco Institucional

Imagen 1 Carrera de Mecánica Industrial de la calle Potosí



Fuente: Elaboración propia

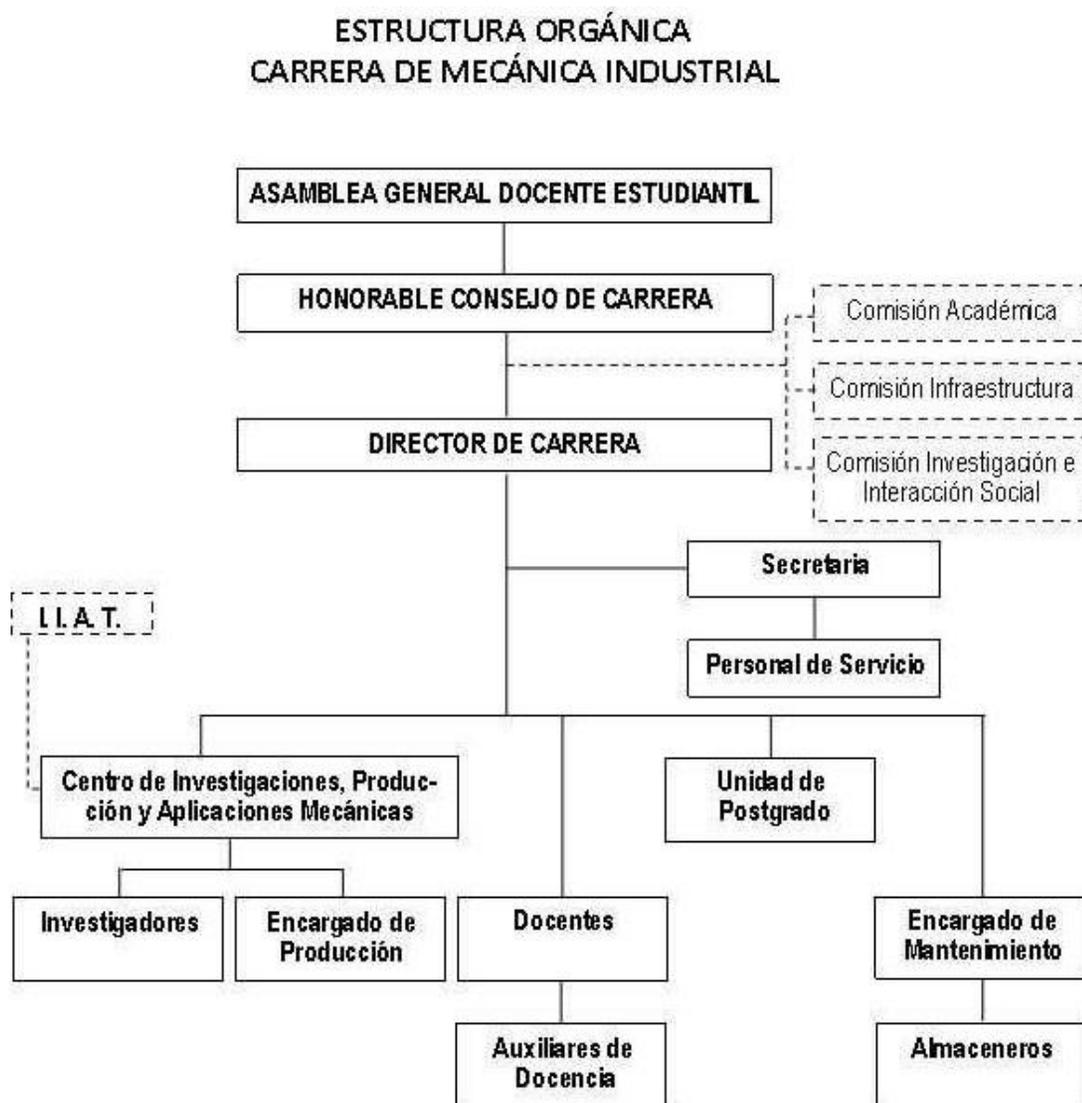
#### 1.1.1 Antecedentes históricos

Hacia el año 1940 se crea la Carrera de Máquinas Herramientas con el objeto de brindar una opción de profesionalización a todas aquellas personas que así lo deseen sobre todo dentro el ámbito obrero laboral, en el año 1994 mediante Resolución Universitaria se cambia el nombre de Máquinas Herramientas por el de Mecánica Industrial situación que se logra mediante un cambio de planes de estudio, perfil profesional, resultado de un estudio de mercado, situación dirigida en gran porcentaje a resolver los problemas de educación superior en la ciudad de El Alto, por lo que la carrera se traslada en su totalidad a esa ciudad, permaneciendo desde el año 1994 hasta el año 2000, posteriormente se tienen que abandonar los predios en los cuales funcionaba debido a problemas político – regionales dejando un gran vacío que hasta la fecha no ha sido posible llenar con la creación de la UPEA.

Actualmente los predios de la calle Potosí y avenida Arce pertenecientes a la Facultad de Tecnología albergan a los aproximadamente 160 estudiantes que reciben enseñanza dentro de la carrera Mecánica Industrial.

### 1.1.2 Estructura orgánica

Figura 1 Organigrama de la carrera de Mecánica Industrial



Fuente: <https://ft.umsa.bo/mecanica-industrial>

### 1.1.3 **Misión**

Formar profesionales en Mecánica Industrial de alto nivel académico que contribuyan al desarrollo tecnológico del país; que muestren capacidades para aplicar la ciencia y tecnología mecánica en áreas de diseño, producción y mantenimiento de máquinas industriales; así como sensibilidad en su interlocución con los sectores sociales y perseverantes en la defensa de los recursos naturales y del medio ambiente.

### 1.1.4 **Visión**

La Carrera Mecánica Industrial, formadora de Recursos Humanos capaces de satisfacer los requerimientos del Mercado Laboral sus egresados son muy bien reconocidos por el sector empresarial, lo que les facilita insertarse al mercado productivo.

## 1.2 **Planteamiento del problema**

Cada vez la tecnología va avanzando con máquinas provistas de sistemas más sofisticados y por lo tanto con tecnologías muy avanzadas, con funcionamientos automatizados. Estas implementaciones exigen la incorporación de personal con capacidades o competencias laborales actualizadas.

En la carrera de Mecánica de Industrial de la Facultad de Tecnología de la UMSA se, identificaron varios problemas como ser: no se cuenta con un ambiente (laboratorio) propio para la materia, se carece de equipos de enseñanza en el área de electroneumática, tampoco se cuenta con un equipo de entrenamiento electroneumático para procesos de automatización, que son de complemento especial y muy necesario en el contexto laboral, no solo para la práctica de estudiantes sino también para la diversificación de aplicaciones en conocimientos para la práctica real de los estudiantes que egresaran de la Facultad de Tecnología.

Si bien existen softwares de simulación en el área de electroneumática y procesos automatizados estos no llegan a igualarse con un equipo físico, ya que la inter actividad que se desarrolla con el entrenador es vivencial y práctico para el estudiante.

Con la implementación y construcción del equipo de entrenamiento didáctico electroneumático se podrá mejorar la formación profesional de estudiantes en aplicaciones especiales, así como en procesos de automatización dentro del laboratorio de Mecánica Industrial de la Facultad de Tecnología.

### **1.3 Objetivos del Proyecto**

Los objetivos que se persiguen con el presente proyecto son:

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Diseñar y Construir un equipo de entrenamiento didáctico en sistemas electroneumáticos para el laboratorio de automatización de la Carrera de Mecánica Industrial de la Facultad de Tecnología de la UMSA.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar las características técnicas del equipo didáctico de entrenamiento en electroneumática
- Diseñar e imprimir bases y soportes de los componentes electroneumáticos en 3D en función a las tecnologías y objetivos que persigue la materia de automatización.
- Armar, soldar y ensamblar las diferentes piezas del entrenador electroneumático para un trabajo de prueba.
- Verificar el perfecto funcionamiento de los accesorios realizando el montaje de prueba en el entrenador didáctico.
- Probar el funcionamiento y puesta a punto del entrenador.

## **1.4 Justificación del Proyecto**

### **1.4.1 Justificación Técnica**

Los conocimientos técnico-científicos nos dan la posibilidad de crear soluciones a los problemas que aquejan a la sociedad industrial, realizando trabajos de calidad orientados a la producción de bienes o prestación de servicio en el campo industrial. En este proyecto se emplea conocimientos de neumática, electroneumática, automatización industrial, áreas propias de la mecánica industrial.

Las empresas pequeñas, medianas y grandes dedicadas a la producción cuentan con sistemas automáticos y semiautomáticos, este proceso se logra en muchos casos con la electroneumática, requieren personal con formación de estas áreas. Con la implementación y construcción del entrenador didáctico en electroneumática, se pretende formar y preparar a los estudiantes en el área de automatización en la industria.

### **1.4.2 Justificación Social**

El proyecto tiene como fin motivar el aprendizaje y práctica de la técnica Electroneumática en los y las jóvenes estudiantes de la carrera Mecánica Industrial, aplicando y desarrollando conocimientos técnico-científicos, destrezas y habilidades los cuales serán de vital importancia para el desenvolvimiento profesional del mecánico dentro de un mercado laboral cada vez más exigente.

### **1.4.3 Justificación económica**

El costo de construcción del equipo hasta su puesta en marcha será económico, para la implementación de un entrenador con las características descritas en el proyecto, con relación a uno importado desde Alemania (FESTO), Japón (SMC) y Taiwán (FESTECH) supera los 18000. \$us. (Dieciocho mil 00/100 dólares americanos), con el precio proyectado se pretende ahorrar en gran manera la implementación del equipo de entrenamiento.

## **1.5 Delimitación**

El proyecto se desarrollará en la carrera de Mecánica Industrial con una duración de 4 meses en su implementación.

Este equipo de entrenamiento electroneumático estará provisto del sistema neumático que trabajará a 6 bares de presión con un sistema de control eléctrico – electrónico y sensores, contando además con un tablero donde será posible diseñar y conectar los diferentes sistemas de control.

El equipo didáctico será de uso exclusivo en la enseñanza de diseño, montaje, identificación y descripción de componentes en circuitos electroneumáticos, eléctricos. Además, dará la posibilidad de aplicar programación, desarrollando conocimientos en automatización industrial.

## Capítulo 2

### Marco Teórico Referencial

#### 2.1 Automatización

##### 2.1.1 Definición de Automatización

Se denomina automatización al acto y la consecuencia de automatizar. Este verbo, por su parte, alude a hacer que determinadas acciones se vuelvan automáticas (es decir, que se desarrollen por sí solas y sin la participación directa de un individuo).

El concepto suele utilizarse en el ámbito de la industria con referencia al sistema que permite que una máquina desarrolle ciertos procesos o realice tareas sin intervención del ser humano. La automatización permite ahorrar tiempo y, muchas veces, dinero.

Los orígenes de la automatización se encuentran en la Prehistoria, con el desarrollo de las máquinas simples que minimizaban la fuerza que debían hacer las personas. La energía animal o humana, con el tiempo, comenzó a reemplazarse por energías renovables (como la energía eólica o la energía hidráulica).

La siguiente etapa en el desarrollo de la automatización consistió en el uso de mecanismos de relojería para la repetición de acciones. Así se desarrollaron los autómatas, por ejemplo.

En la actualidad, la robótica y la informática han permitido incrementar el alcance de la automatización. En innumerables sectores industriales se utilizan máquinas que permiten la automatización de procesos

La automatización de los procesos productivos es uno de los aspectos que más ha evolucionado en la industria desde sus comienzos. La integración de tecnologías clásicas como la mecánica y la electricidad con otras más modernas (electrónica, informática, telecomunicaciones, etc.) está haciendo posible esta evolución.

### 2.1.2 Sistema de Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de control o Mando
- Parte Operativa

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

### 2.1.3 Clasificación tecnológica

El desarrollo de los controladores, su complejidad y eficacia, ha ido asociado al desarrollo tecnológico experimentado a lo largo de los tiempos. Básicamente se puede establecer la clasificación mostrada en el cuadro siguiente, partiendo de dos conceptos principales: lógica cableada y lógica programada.

#### 2.1.3.1 Lógica Cableada

Su denominación viene dada por el tipo de elementos que intervienen en su implementación. En el caso de la tecnología eléctrica, las uniones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, pulsadores, etc. En lo que respecta a la tecnología

electrónica, las puertas lógicas son los elementos fundamentales mediante los cuales se realizan los controladores.

En el caso de la tecnología fluídica, su implementación viene siendo efectuada por tuberías de acero, cobre, pvc, etc. Junto con elementos tales como válvulas, distribuidores, presostatos, manoreductores, etc.

### **2.1.3.2 Lógica Programada**

Se trata de una tecnología desarrollada a partir de la Aparición del microprocesador; y de los sistemas programables basados en éste, computador, controladores lógicos y autómatas programables constantemente, debido a los altos niveles de integración alcanzados en la microelectrónica, el umbral de rentabilidad de esta tecnología decrece y frente a la lógica cableada presenta:

- Gran flexibilidad
- Posibilidad de cálculo científico e implementación de algoritmos complejos de proceso
- Arquitectura de control distribuido
- Comunicaciones y gestión.

### **2.1.4 Niveles de Automatización**

Esta integración de tecnologías queda representada en la llamada "pirámide de automatización", que recoge los cinco niveles tecnológicos que se pueden encontrar en un entorno industrial. Las tecnologías se relacionan entre sí, tanto dentro de cada nivel como entre los distintos niveles a través de los diferentes estándares de comunicaciones industriales.

Figura 2 Niveles de Automatización



Fuente: SMC, international training

- El primer nivel o "nivel de campo" incluye los dispositivos físicos presentes en la industria, como los actuadores y sensores.
- El segundo nivel o "nivel de control" incluye los dispositivos controladores como ordenadores, PLCs, PIDs, etc.
- El "nivel de supervisión" (tercer nivel) corresponde a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA).
- En un nivel superior o "nivel de planificación" se encuentran los sistemas de ejecución de la producción (MES).
- La cúspide de la pirámide ("nivel de gestión") la componen los sistemas de gestión integral de la empresa (ERP).

### 2.1.5 **Ventajas de Automatismo**

La automatización ofrece varias ventajas: además del ahorro de tiempo, suele favorecer la precisión en el desarrollo de tareas. Como aspecto negativo, al menos en el plano social, las máquinas que realizan estos trabajos pueden reemplazar a personas que, de este modo, pierden el empleo.

Otras de las ventajas que se considera que tiene la automatización son las siguientes:

- Sirve para que los trabajos más complicados o peligrosos no sean realizados por los trabajadores sino por las máquinas.
- Mejora y aumenta notablemente la producción.
- Permite que tareas que, por su minuciosidad o complejidad, no puedan ser desarrolladas por personas sean acometidas por máquinas.
- Se considera que, al mismo tiempo, la automatización contribuye a mejorar lo que es la seguridad de los empleados.
- Minimiza lo que es el esfuerzo del ser humano.

Es importante destacar, de todas maneras, que la automatización siempre requiere algún tipo de control o supervisión por parte del ser humano. Además de la observación directa y del contacto físico con las máquinas, es habitual que se usen programas informáticos para esta labor.

## 2.2 **Características generales de la neumática industrial**

### 2.2.1 **Fundamentos físicos en la neumática**

La neumática en su estado fundamental es utilizada para producir fuerza a través de actuadores neumáticos, sean estos de tipo lineales o de rotación, pero además para el control de los mismos éstos y la introducción de señales, finales de carrera y sensores, se emplean válvulas netamente neumáticas, es decir el mando, la regulación y la automatización se realiza de manera totalmente neumática, aun no presentan intervención electrónica o

informática de ningún tipo en el sistema. Entonces se puede definir la neumática como la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, mantiene esta compresión y devuelve la energía acumulada cuando se le permite expandirse.

### **2.2.2 Orígenes de la Neumática y Generalidades de la Neumática**

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas utilizadas por la humanidad, para reforzar sus recursos físicos. Se ha documentado que el primero que se ocupó de la neumática, es decir, utilizar el aire comprimido como elemento de trabajo, fue el griego KTESIBIOS. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido. Uno de los primeros libros acerca del empleo de este tipo de energía, procede del siglo I D.C., y describe mecanismos accionados por medio de aire caliente. Del griego antiguo se origina procede la expresión Pneuma, que designa lo etéreo, lo puro, el alma de los cuatro elementos fundamentales: aire, agua, tierra y fuego. Como derivación de la palabra Pneuma surge, entre otras cosas, el concepto neumático trata los movimientos y procesos del aire comprimido. Aunque los rasgos básicos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo XX cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. A partir de 1950 se puede hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación. Es cierto que con anterioridad ya existían algunas aplicaciones y ramas de explotación, como por ejemplo en la minería, en la industria de la construcción y en los ferrocarriles (frenos de aire comprimido). La irrupción verdadera y generalizada de la neumática en la industria no se inició, sin embargo, hasta que llegó a hacer más evidente la exigencia de automatizar y racionalizar los procesos de trabajo, para reducir los costos de producción. En la actualidad, todo desarrollo industrial está concebido alrededor de los sistemas neumático, y en consecuencia se utilizan que emplean esta tecnología.

### 2.2.3 Aire Comprimido

Es la técnica por la cual aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor. En la mayoría de aplicaciones, el aire no sólo se comprime, sino que también se deshumidifica y se filtra. El uso del aire comprimido es muy común en la industria, su uso tiene la ventaja sobre los sistemas hidráulicos de ser más rápido, aunque es más preciso y no permite fuerzas grandes.

### 2.2.4 Propiedades del Aire Comprimido

El aire es una mezcla de los gases de Nitrógeno y Oxígeno con una composición de N=78% y O=21%. Además, el aire contiene 1% de rastros de vapor, dióxido de carbono, argón, hidrógeno, neón, helio, criptón y xenón.

### 2.2.5 Magnitud y unidades relacionadas con la neumática

#### 2.2.5.1 Presión

La presión es la magnitud física que mide la proyección de la fuerza aplicada por unidad de superficie, para el caso de los gases y hablando en términos del Sistema Internacional (SI) la unidad fundamental es el Pascal (Pa).

$$presión = \frac{fuerza}{área} [N/m^2] \dots \dots \dots \text{Ecuación 1}$$

Un Pascal equivale a la presión que aplica la fuerza vertical de 1N (newton) sobre una superficie de 1m<sup>2</sup>.

Unidades que utilizamos para medir la presión:

- 1 atm = 14.7 psi
- 1 atm = 760mm Hg
- 1 atm = 10.33 de agua

- 1 atm = 33.9 pies de agua
- 1 atm = 1.0339kg/cm<sup>2</sup>
- 1 atm = 10339kg/m<sup>2</sup>
- 1 atm = 1.013 bar
- 1 atm = 1,013 x 10<sup>5</sup> Pa
- 1 atm = 101.325 kPa
- 1 atm = 0.101325MPa

### **2.2.5.2 Tipos de presiones**

### **2.2.5.3 Presión atmosférica**

Es la presión del ambiente y depende de la altura respecto al nivel del mar, donde esta es medida; a mayor altura existe una menor presión atmosférica y a menor altura una mayor presión atmosférica. A 0 msnm la presión es de una atmosfera ó 14.75 psi.

La relación de variación de presión es que, por cada 100 metros de altura, la presión a nivel del mar disminuye en un 1%, es decir, que a nivel de 3600 msnm, habría un decrecimiento del 28%, es decir que en La Paz, la presión atmosférica es de 0.64 atm.

### **2.2.5.4 Presión manométrica**

Conocida también como la presión relativa, o presión de trabajo. Es una presión mayor a la atmosférica. Los elementos de medición para la presión manométrica logran medir la diferencia entre una presión desconocida y la atmosférica.

### **2.2.5.5 Presión Absoluta**

Es la suma de la presión manométrica más la presión atmosférica.

La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm} \dots \dots \dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$P_{abs}$ : Presión Absoluta

$P_{man}$ : Presión Manométrica

$P_{atm}$ : Presión Atmosférica.

### 2.2.5.6 Presión de Vacío

Presión existente entre el cero absoluto y la atmosférica, es decir, presiones menores a la atmosférica. Se mide de la misma forma que la presión manométrica, mediante un manómetro, en milímetros de mercurio (mm Hg).

El aire puede comprimirse y tiene tendencia a expandirse. La ley de Boyle-Mariott describe estas propiedades del aire: El volumen de una cantidad determinada de gas contenido en un depósito cerrado es inversamente proporcional a la presión absoluta suponiendo una temperatura constante en otras palabras: el producto de volumen y presión absoluta es constante suponiendo una cantidad determinada de gas, acorde a la siguiente igualdad algebraica.

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3 = Cte \dots \dots \dots \text{Ecuación 3}$$

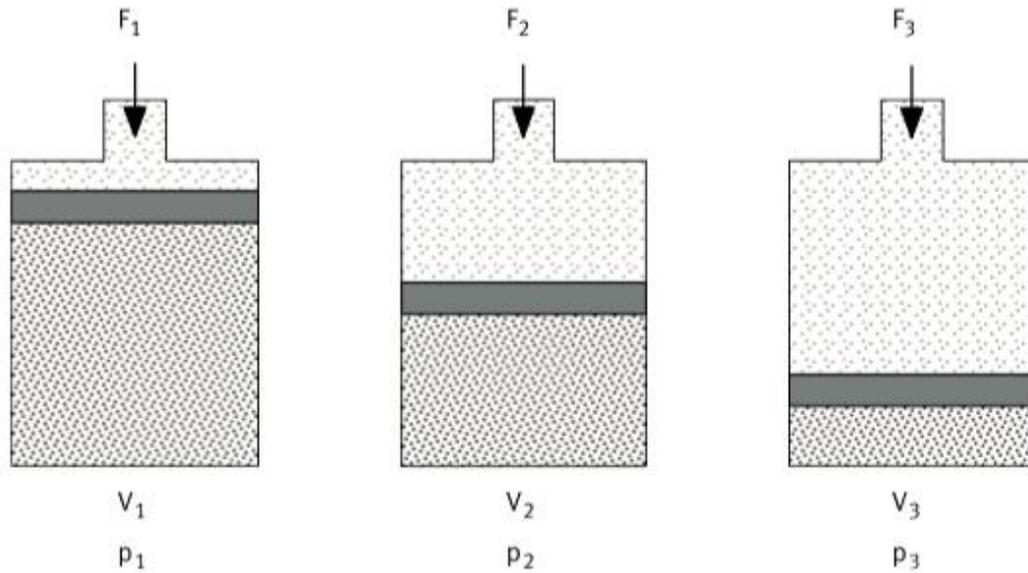
Donde:

$P_1$ : presión absoluta

$V_1$ : volumen

$Cte$ : constante

Figura 3 Ley de Boyle-Mariott



Fuente: Fundamentos de las técnicas de Automatización. Festo

### 2.2.5.7 Ley de Gay-Lussac

La Ley de Gay-Lussac asume que el aire expande su volumen en 1/273 si la presión es constante y la temperatura aumenta 1 K partiendo de 273 K. entonces mientras no cambie la presión, y el volumen en un gas que este contenido en un depósito cerrado este se mantiene proporcional a la temperatura absoluta. Esto responde al principio algebraico denotado en la siguiente ecuación:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{t_1}{t_2} \text{ o de igual manera: } \frac{v}{t} \dots \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

Donde:

v1: volumen

t1: temperatura absoluta

### 2.2.5.8 Ley de los gases perfectos

Son gases perfectos aquellos que cumplan las leyes de boyle-Marriotte y Gay-Lussac.

$$P * V = P_0 * V_0 * (1 + \alpha * t) \dots\dots\dots\text{Ecuación 5}$$

donde:

- Po - presión inicial del gas
- P – Presión final del gas
- Vo- Volumen inicial del gas
- V – Volumen final del gas
- T – Temperatura final del gas
- $\alpha$  - coeficiente de dilatación

### 2.2.5.9 Ecuación General de Gases

Esta ecuación general considera todas las propiedades básicas de los gases (temperatura, volumen y presión) de acuerdo a la ecuación 6, para gases contenidos en un sistema cerrado. De acuerdo con la siguiente igualdad donde todos se mantiene constante sin cambios en sus propiedades, evitando los fenómenos tanto, isobáricos, isocóricos e isotérmicos.

$$\frac{p_1 * v_1}{t_1} = \frac{p_2 * v_2}{t_2} \dots\dots\dots\text{Ecuación 6}$$

Donde:

- $p_1$ : presión
- $v_1$ : volumen
- $t_1$ : temperatura

### 2.2.6 Ventajas de trabajar con aire comprimido

- Se dispone de grandes cantidades de aire en nuestro entorno.

- Puede ser transportado con mucha facilidad.
- Capacidad de ser almacenado en tanques adecuados.
- Buen funcionamiento del aire, a pesar de condiciones extremas de temperaturas.
- No es explosivo.
- Es una energía limpia, no contamina el ambiente si el aire no está lubricado.
- Trabaja a altas velocidades y esta puede ser regulada.
- No daña los componentes, por golpe de ariete.
- Las sobrecargas no son peligrosas, no van a dañar del todo a un equipo.
- Cambios instantáneos de sentido.

### 2.2.7 **Desventajas del Aire en la Neumática.**

- Es muy ruidoso, sobre todo en descargas, escapes y la producción.
- Necesita acondicionamiento, para evitar la generación de agua por condensación.
- Para conseguir altas fuerzas, ya no es económico, porque se trabaja a bajas presiones.
- No se tiene velocidades homogéneas.
- Perdidas de carga considerables en circuitos extensos.
- Si se desea recuperar el aire, se requiere de instalaciones adicionales.

Es una energía cara, con elementos costosos, pero que son de gran funcionalidad por lo que el costo pasa a un segundo plano, ante los beneficios que el uso adecuado del aire comprimido produce en la industria.

### 2.2.8 **Circuito Neumático**

Un circuito neumático es un sistema en red por el cual se distribuye un flujo de aire a presión, similar a los circuitos eléctricos que cuenta con los elementos neumáticos, compresor las tuberías conductoras, similar al cableado y material conductor en los circuitos eléctricos y los actuadores finales, que convierten la fuerza del aire en movimiento, similar en electrónica a los motores y demás dispositivos de accionamiento final.

### 2.2.8.1 Componentes de un Circuito Neumático

En básicamente un circuito neumático está compuesto por todos los elementos que se emplean para generar, transmitir y transformar fuerzas y movimientos por medio del aire comprimido, los cuales se describen en el presente literal.

### 2.2.8.2 Compresor

Un compresor es una máquina térmica diseñada para aumentar la presión de cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores. La compresión se realiza mediante un intercambio de energía entre la máquina y el fluido, en el cual el trabajo realizado por el compresor es transferido al fluido aumentando su presión y energía cinética impulsándole a fluir.

Imagen 2 Compresor de émbolo de una etapa



Fuente: <https://ferromega.com.bo/?product=compresores-de-aire-linea-industrial-bravo-linea-industrial-max-alta-presion-175lbs>

### 2.2.8.3 Unidad de Mantenimiento

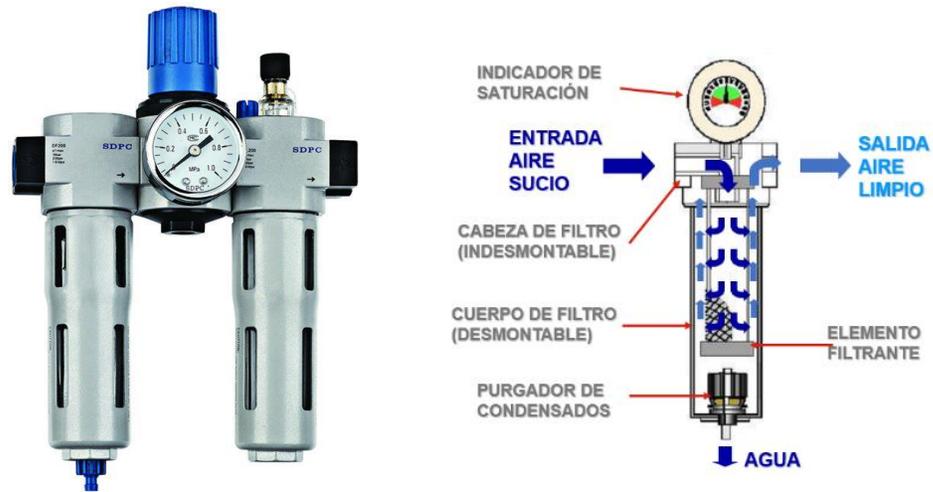
#### 2.2.8.3.1 Filtro de Aire Comprimido

Estos filtros se utilizan para retener partículas no deseadas o condensado.

### 2.2.8.3.2 Regulador de Presión

La válvula reguladora realiza el ajuste de presión necesaria en cada una de las partes del sistema. De esta manera es posible compensar posibles oscilaciones de presión que se producen en la red y mantener un flujo constante.

Imagen 3 Filtro de Aire Comprimido y regulador de presión



Fuente: <http://spanish.pneumaticaircylinders.com/sale-9431309-xou-festo-compressor-air-regulator-pneumatic-filter-regulator-with-blue-original-knob.html>

### 2.2.8.4 Válvulas de distribución

Las válvulas distribuidoras son elementos que controlan el paso, el paro o la dirección del paso del fluido.

Imagen 4 Válvula de distribución



Fuente: <https://www.festo-didactic.com/int-es/servicios/printed-media/data-sheets/neumatica/distribuidor-de-aire-152896.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4zMj4xMDg3LjUxNTk>

### 2.2.8.5 Válvulas de Cierre

Son utilizadas para separar entre sí redes de aire comprimido, contando el flujo mezclado.

Imagen 5 Válvula de cierre



Fuente: <https://entaban.es/valvulas/1610-valvula-festo-cierre-3-2-he.html>

### 2.2.8.6 Válvulas de Mando

Se encargan de bloquear el aire comprimido y lo conducirlo hacia los elementos de trabajo en el momento apropiado.

Imagen 6 Válvula de anti retorno y reguladora de caudal



Fuente: <https://www.ebay.es/itm/123058797217>

### 2.2.8.7 Válvulas de Trabajo

Son dependientes del tipo de cilindro a seleccionar, y alimentan cantidades específicas de aire en función del cilindro seleccionado.

Imagen 7 Electroválvulas neumática Festo



Fuente: <https://www.infopl.net/noticias/item/103436-electrovalvulas-neumaticas-festo>

### 2.2.8.8 Conectores de Aire Comprimido

Conexión neumática, también conocida como racor neumático o en inglés como pneumatic fitting, es un componente utilizado en los sistemas neumáticos para realizar la interconexión de sus elementos tales como cilindros, válvulas, unidades de mantenimiento, entre otros. Su uso principal es para aire comprimido, pero en algunas ocasiones se pueden utilizar con algunos otros fluidos. Estos se pueden encontrar en diferentes formas para facilitar la conexión de los mismos. Así mismo, en diferentes tamaños y diámetros de manguera para suministrar el flujo o caudal necesario que requiera su sistema. Sin olvidar que su cuerpo también puede ser en diferentes materiales como lo es metálicos o plásticos.

La conexión neumática también puede ser utilizada para diferentes materiales de manguera como lo son poliuretano y nylon. Siendo el poliuretano el más utilizado en los sistemas neumáticos debido a sus características, así como a su flexibilidad. Sin embargo, se debe

elegir la manguera adecuada dependiendo de las condiciones del entorno en que trabajara como lo son presión y temperatura.

Imagen 8 Conexiones Racores neumáticos



Fuente: <https://abt-automation.com/racores-neumaticos.php>

### **2.2.8.9 Cilindros**

El cilindro neumático consiste en un cilindro cerrado con un pistón en su interior que desliza y que transmite su movimiento al exterior mediante un vástago (Imagen 9). Se compone de las tapas trasera y delantera, de la camisa donde se mueve el pistón, del propio pistón, de las juntas estáticas y dinámicas del pistón y del anillo rascador que limpia el vástago de suciedad.

### **2.2.8.10 Cilindro de Simple Efecto**

Funciona de forma similar exceptuando que la carrera inversa se efectúa gracias a la acción del muelle.

### **2.2.8.11 Cilindro de Doble Efecto**

El aire a presión entra por el orificio de la cámara trasera y, al llenarla, hace avanzar el vástago, que en su carrera comprime el aire de la cámara delantera que se escapa al exterior

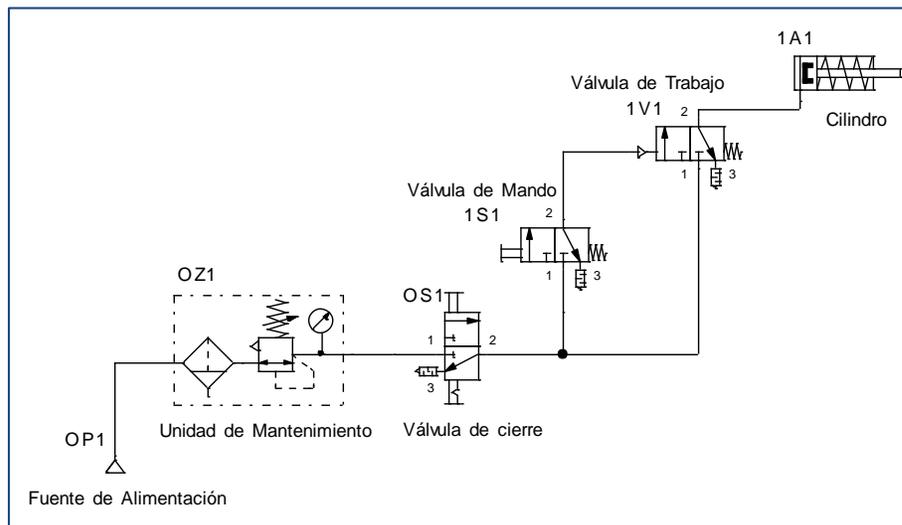
a través del correspondiente orificio. En la carrera inversa del vástago se invierte el proceso, penetrando ahora el aire por la cámara delantera y siendo evacuado al exterior por el orificio de la cámara trasera.

Imagen 9 Cilindros y actuadores neumáticos



Fuente: <https://baci.com.ar/productos-festo/>

Figura 4 Componente y grupos esenciales de un sistema de control neumático



Fuente: Elaboración propia

## 2.2.9 Denominación y Símbolos de Válvulas Neumáticas

Tabla 1 Denominación y símbolos de válvulas neumáticas

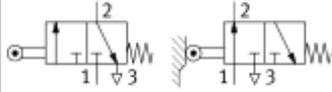
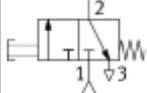
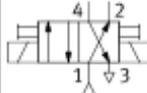
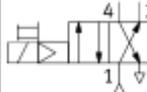
Simbología neumática					
Símbolo	Descripción	Símbolo	Símbolo	Descripción	Descripción
	- Válvula de control direccional - Válvula de 3 vías, abierta posición normal			Palpador control mecánico	Muelle control mecánico
	- Válvula de control direccional - Válvula de 3 vías, cerrada posición neutra			Rodillo control mecánico	Rodillo de control mecánico escamoteable
	- Válvula de control direccional - Válvula de 4 vías			Electroválvula con dos bobinados actuando opuestamente	
	- Válvula de control direccional - Válvula de 4 vías, cerrada posición neutra			Control combinado por electroválvula y válvula de pilotaje	Control de presión
	- Válvula de control direccional - Válvula de 4 vías, escape posición neutra			Selector	Relé electroneumático
	- Válvula de control direccional - Válvula de 5 vías			Indicador neumático	Silenciador
	- Válvula de control direccional - Válvula de 5 vías, cerrada posición neutra			Control de presión Válvula accionam. neumático	Componente mecánico bloqueo
	- Válvula de control direccional - Válvula de 5 vías, escape posición neutra				

Fuente: <https://es.slideshare.net/kikolascaballero/simbologia-neu>

## 2.2.10 Tipos de Accionamiento de Válvulas Neumáticas

En la Tabla 2 se ofrece una información general sobre los tipos de accionamiento más importantes de las válvulas de vías.

Tabla 2 Tipos de accionamientos de válvulas neumáticas

Símbolo	Referencia	Funcionamiento
	Válvula con rodillo, recuperación por muelle, monoestable	El accionamiento de esta válvula está a cargo de levas o dispositivos similares. Se utiliza especialmente para consultar posiciones finales.
	Accionamiento manual, recuperación por muelle, monoestable	Esta válvula se acciona manualmente. Al soltar, la recuperación es por muelle.
	Electroválvula con accionamiento manual auxiliar, monoestable	Esta válvula se acciona mediante una bobina y la reposición es por muelle cuando se desconecta la corriente piloto.
	Electroválvula con accionamiento manual auxiliar, bistable	Esta válvula se acciona mediante bobinas y mantiene su posición hasta que se activa la otra bobina respectivamente.
	Electroválvula con servopilotaje neumático	Esta válvula se acciona mediante una bobina. La bobina controla el circuito neumático auxiliar que acciona la corredera.

Fuente: <https://www.yumpu.com/es/document/view/20797626/electroneumatica-nivel-basico-festo-didactic>

### 2.2.11 Aplicaciones de la Neumática

La cantidad de aplicaciones se ve aumentada constantemente debido a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. Sus campos pueden variar de procesos netamente especializados y de precisión, como procesos no totalmente especializados, peor con un alto grado de industrialización, como lo son: Agroindustria, Petroquímica, Farmacéuticos, Metalurgia, Silvicultura, Aviación. También su uso como herramientas de manipulación en los procesos de fabricación, o como máquinas totalmente neumáticas, como en los procesos de fabricación de piezas de plástico. Las aplicaciones neumáticas industriales son una de las tecnologías de mayor potencia en la industria moderna. Desde componentes individuales para lograr una completa aplicación neumática debe existir una completa integración entre piezas de repuesto, localización de fallos y control.

## 2.3 Electroneumática

El término electro-neumático se define a partir de agregar el prefijo de electro, que significa eléctrico al ya definido concepto de neumática. El sistema electro neumático es una integración de componentes eléctricos y de control a los ya conocidos componentes mecánicos del sistema neumático.

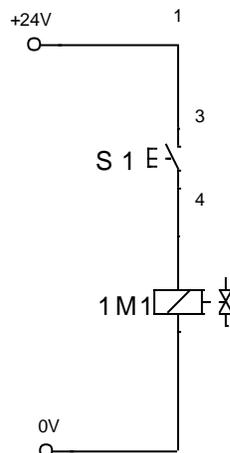
### 2.3.1 Control en Electroneumática

En electroneumática el control se puede realizar de diversas formas, siendo las más típicamente usadas la etapa de potencia controlada mediante Relés y el control automático controlado por medio de Controladores Lógicos Programables (PLC).

### 2.3.2 Control por Relés

Con el uso de relés es posible procesar todas las señales en un sistema de control electroneumático. Su utilización era ampliamente difundida antes de la aparición de los PLC. Dada su fiabilidad, los sistemas de control por relés siguen utilizándose actualmente en aplicaciones industriales, por ejemplo, en sistemas de parada de emergencia.

Figura 15. Esquema Accionamiento Directo por Relés



Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2.1 Componentes Eléctricos y Electroneumáticos

La sección del mando en sistemas electro-neumáticos o electro-hidráulicos este compuesto de componentes eléctricos y electrónicos. Dependiendo de la tarea a ser realizada, la parte del mando puede variar en el diseño.

Los mandos relativamente simples usan componentes electromecánicos (por ejemplo, los relays) o una combinación de componentes electromecánicos y los componentes electrónicos.

Para las tareas complejas, particularmente el PLC es el más usado para el mando.

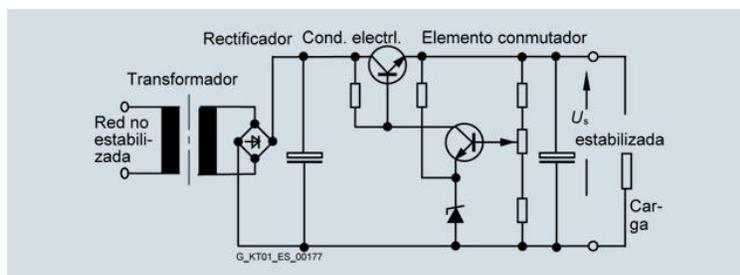
Para garantizar el correcto dimensionado de mandos y la rápida localización de errores cuando aparecen es necesario conocer los elementos operativos su constitución, función y aplicación, así como sus símbolos en los esquemas eléctricos. Se presenta los elementos para la entrada, el procesamiento y la conversión de señales.

### 2.3.2.2 Unidad de Alimentación de Energía

La unidad de la fuente de energía consiste en los siguientes módulos:

- El transformador de tensión, que transforma el voltaje alterno que llega del suministro principal (por ejemplo 220 V) en el voltaje adecuado para el mando (principalmente 24 V).
- Un voltaje directo DC aplanado (rizado) se genera por el rectificador y el condensador.
- El voltaje DC se estabiliza entonces por el regulador en la línea.

Figura 5 Fuente de alimentación eléctrica



Fuente: <https://www.solucionesyservicios.biz/LOGO-POWER>

### 2.3.2.3 Elementos Eléctricos de Entrada.

Los Interruptores se instalan en un circuito para abrir o cerrar el flujo de corriente hacia algún dispositivo.

En cuanto a la función se distingue entre los elementos contacto de cierre, contacto de apertura y contacto de conmutación.

El contacto de cierre (normalmente abierto) tiene el cometido de cerrar el circuito, el contacto de apertura (normalmente cerrado) ha de abrir el circuito, el contacto de conmutación abre o cierra el circuito.

Figura 6 Pulsador luminoso Siemens



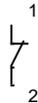
Fuente: <https://www.amazon.es/Siemens-completo-pulsador-luminoso-contacto/dp/B001ZQZ5YE>

Imagen 10 Símbolos de contactos comunes

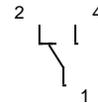
Contacto de Cierre NA



Contacto de Apertura NC



Contacto de Conmutación



Fuente: Elaboración propia

El contacto de conmutación es un ensamblaje constructivo de contacto de cierre y contacto de apertura. Ambos contactos tienen un elemento móvil de conexión. Este elemento de conexión, en posición de reposo tiene contacto siempre sólo con una conexión.

El accionamiento de estos elementos puede tener lugar manual o mecánicamente o bien por mando a distancia (energía de mando eléctrica, neumática).

Estos interruptores son divididos en dos grupos principales "interruptores de botón" (Push-button) y "interruptores de mando." (switch). Los dos tipos del interruptor están disponibles para el funcionamiento como contactos normalmente-cerrados, o normalmente-abiertos.

El pulsador (switch), un botón de presión sólo abre o cierra un circuito durante un tiempo, mientras el botón de presión se aprieta. Al soltarlo vuelve a ocupar la posición inicial.

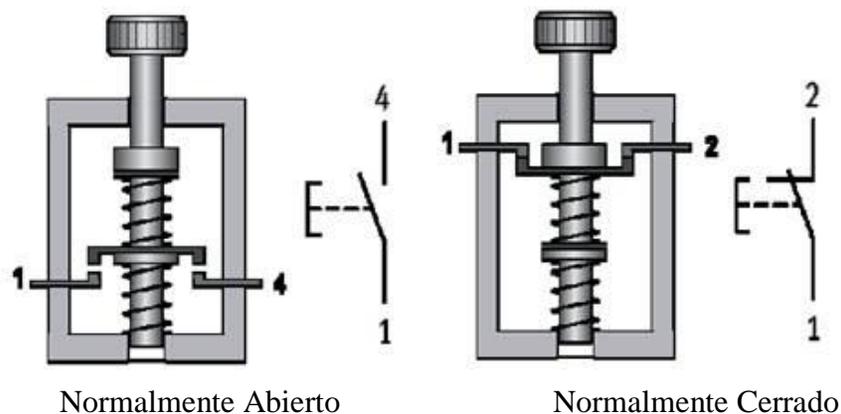
El interruptor (Push-button), incorpora casi siempre un enclavamiento mecánico. Solo por un nuevo accionamiento regresa el interruptor a la posición inicial.

#### 2.3.2.4 Pulsadores

Para que una máquina o instalación pueda ponerse en movimiento, hace falta un elemento que introduzca la señal. Un pulsador, es un elemento tal, que ocupa en el accionamiento continuo la posición deseada de conexión.

La figura muestra ambas posibilidades, es decir como contacto de cierre y como contacto de apertura. Al accionar el pulsador, actúa el elemento móvil de conexión en contra de la fuerza del muelle, uniendo los contactos (contacto de cierre) o separándolos (contacto de apertura). Haciendo esto está el circuito cerrado o interrumpido. Al soltar el pulsador, el muelle fuerza la reposición a la posición inicial.

Figura 7 Funcionamiento interno de un pulsador



Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos82/circuitos-basicos-cilindro-simple-ii2-parte/circuitos-basicos-cilindro-simple-ii2-parte.shtml>

### 2.3.2.5 Sensores

Un sensor es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.

Se usan los sensores para obtener información sobre el estado de un sistema y pasar esta información al control. En los sistemas electro-hidráulicos, o electroneumáticos, los sensores son principalmente usados para las siguientes tareas:

- Obtener la posición de componentes de accionamiento.
- Medir y supervisar la presión y temperatura del fluido utilizado.
- Para el reconocimiento de material.

#### 2.3.2.5.1 Finales de Carrera Mecánicos (Limit Switch)

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto, son dispositivos electrónicos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido o de un elemento. Con los finales de carrera se detectan determinadas posiciones de piezas de maquinaria u otros elementos de trabajo.

En la elección de estos elementos, es preciso atender especialmente el aspecto mecánico, la seguridad de contacto y la exactitud del punto de conmutación.

Imagen 11 Final de carrera mecánico



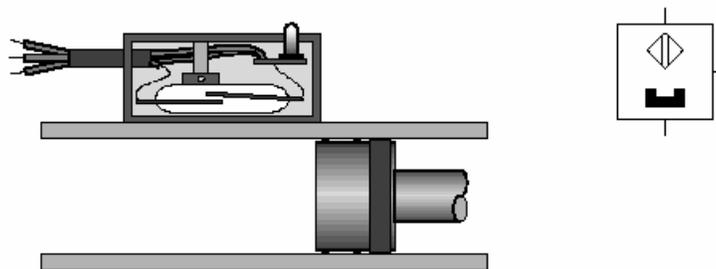
Fuente: <https://www.chinaxurui.net/micro-switch-xss-5>

Para el montaje y el accionamiento de los finales de carrera que hay que fijarse en las indicaciones del fabricante, siendo preciso restar el ángulo de acceso y sobre-recorrido.

#### 2.3.2.5.2 Contacto hermético tipo reed (magneto sensible)

Los finales de carrera sin contacto se pueden accionar magnéticamente. Son especialmente ventajosos, cuando hace falta un alto número de maniobras. También encuentran aplicación, cuando no existe sitio para el montaje de un interruptor final mecánico o cuando lo exigen determinadas influencias ambientales (polvo, arena, humedad)

Figura 8 Sensor magnético

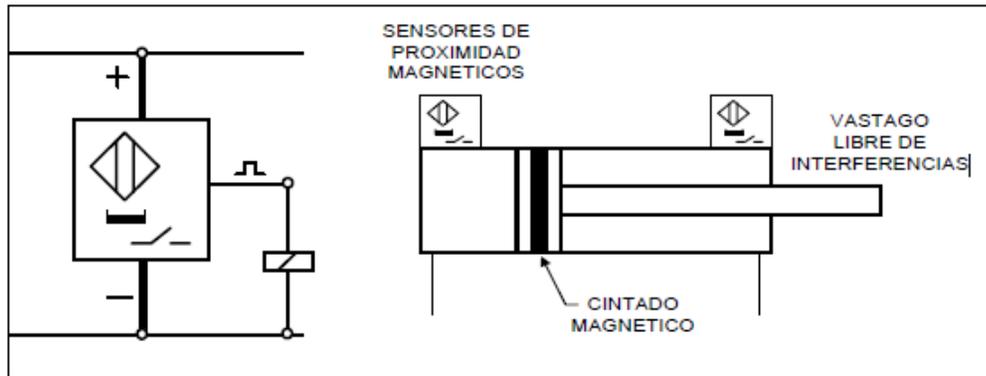


Fuente: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/3035-curso-sistemas-neumaticos-aire-comprimido-secado-averias-solucion>

En un bloque de resina sintética están inyectados dos contactos, junto con un tubito de vidrio lleno de gas protector. Por la proximidad de un émbolo con imán permanente, los extremos de las lengüetas solapadas de contacto se atraen y conectan, y cuando se aleja el imán, se separan las lengüetas de contacto.

Nota Los cilindros con interruptores de proximidad de accionamiento magnético no deberían montarse en lugares con fuertes campos magnéticos (por ejemplo: máquinas de soldadura). Por lo demás hay que tener presente, que no todos los cilindros son aptos para la aplicación de estos finales de carrera sin contacto.

Figura 9 Conexión de un sensor magnético en un cilindro



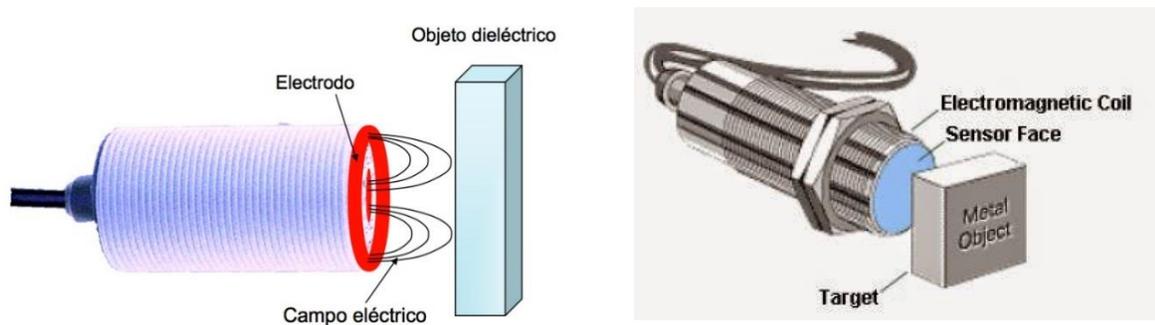
Fuente: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/3035-curso-sistemas-neumaticos-aire-comprimido-secado-averias-solucion>

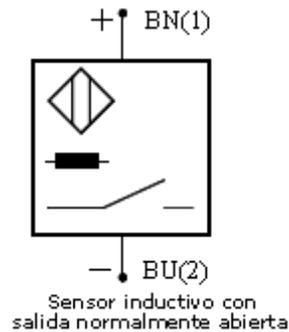
### 2.3.2.5.3 Sensores de Proximidad Inductivos

En la práctica a menudo se han de detectar o contar las piezas (piezas a mecanizar, etc.) movidas en máquinas o dispositivos. En la mayoría de los casos ya no pueden utilizarse para estos procesos los finales de carrera mecánicos ni tampoco los magnéticos.

En el primer caso porque ya no suele ser suficiente la fuerza de accionamiento de la pieza, para accionar los finales de carrera; en el segundo caso, porque la detección de la pieza ya no suele hallarse en el campo de acción del cilindro, para facilitar la detección magnética. Entonces se ofrece la posibilidad de realizar esa detección sin contacto.

Figura 10 Parte de sensor inductivo y su representación simbólica





Fuente: [www.ingmecafenix.com/automatizacion](http://www.ingmecafenix.com/automatizacion)

**Constitución:** Los interruptores de proximidad inductivos constan de un oscilador, un disparador de nivel determinado y un amplificador.

**Funcionamiento:** El oscilador, con ayuda de su bobina osciladora, genera un campo alterno de alta frecuencia, que emerge en forma de cazoleta de la cara frontal del sensor. Al introducir en este campo alterno una pieza metálica, esta resta al oscilador energía debido a corrientes Foucault resultantes. Por ello desciende la tensión en el oscilador y el paso basculante siguiente dispara una señal.

Los interruptores de proximidad inductivos reaccionan sólo a metales.

**Formas de ejecución:** Según el caso de aplicación existen interruptores de proximidad para servicio de corriente alterna o continua.

La frecuencia de conexiones asciende a unos 2000 impulsos por segundo.

Conexiones de salida para corriente continua 5 – 24V.

Según, si en la aplicación ha de conectarse la carga al polo negativo o al polo positivo, se empleará un sensor de proximidad con salida NPN ó PNP.

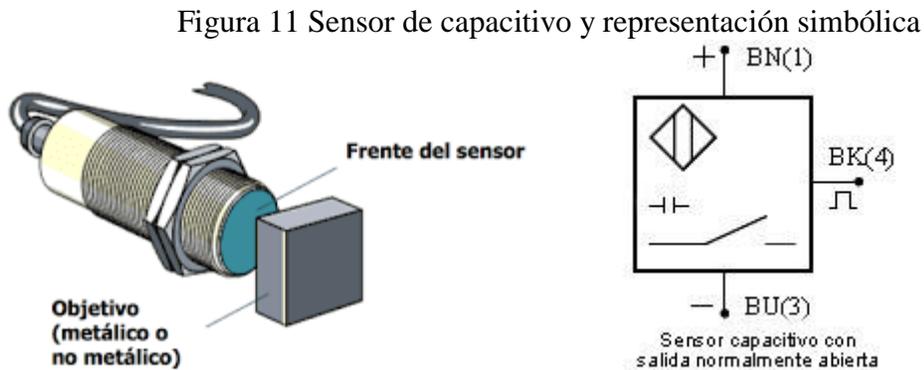
La inversión de los empalmes positivo y negativo destruye eléctricamente el elemento (transistor). Mediante una conexión puede lograrse una seguridad contra el permutado de los empalmes.

Los finales de carrera inductivos por lo general están equipados ya con dicha conexión.

En la práctica, es importante montar estos interruptores de proximidad de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

### 2.3.2.5.4 Sensores de Proximidad Capacitivos

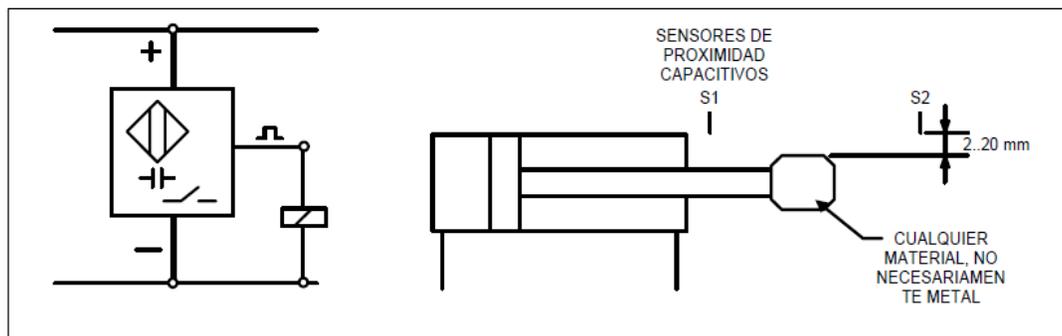
Los interruptores de proximidad capacitivos reaccionan - en contraposición a los interruptores de proximidad inductivos - a todos los materiales (también a los no metálicos), cuyas propiedades dieléctricas provocan una modificación de la superficie activa.



Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/>

Pero esto significa también, que las magnitudes perturbadoras cambiantes, como polvo y virutas, pueden influirlos.

Figura 12 Conexión de un sensor de proximidad capacitivo en un cilindro



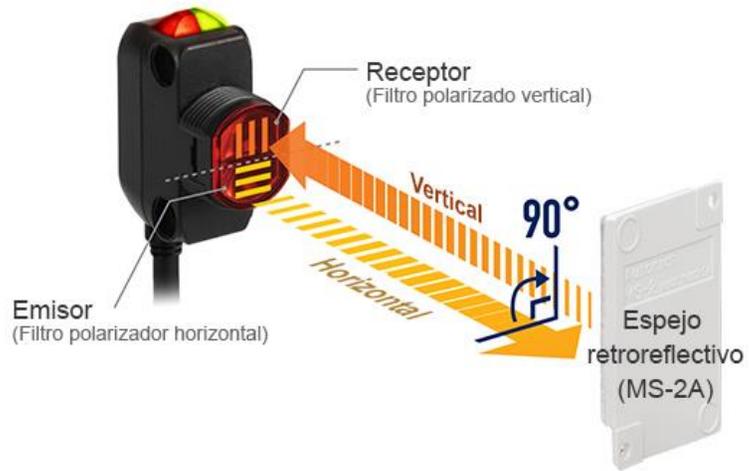
Fuente: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/3035-curso-sistemas-neumaticos-aire-comprimido-secado-averias-solucion>

Los interruptores de proximidad inductivos solo reaccionan a metales y los capacitivos reaccionan a todos los objetos.

### 2.3.2.5.5 Sensores Foelectrónico

En general son más conocidos los sistemas fotoelectrónicos de una sola dirección.

Figura 13 Sensor fotoelectrónico reflexión



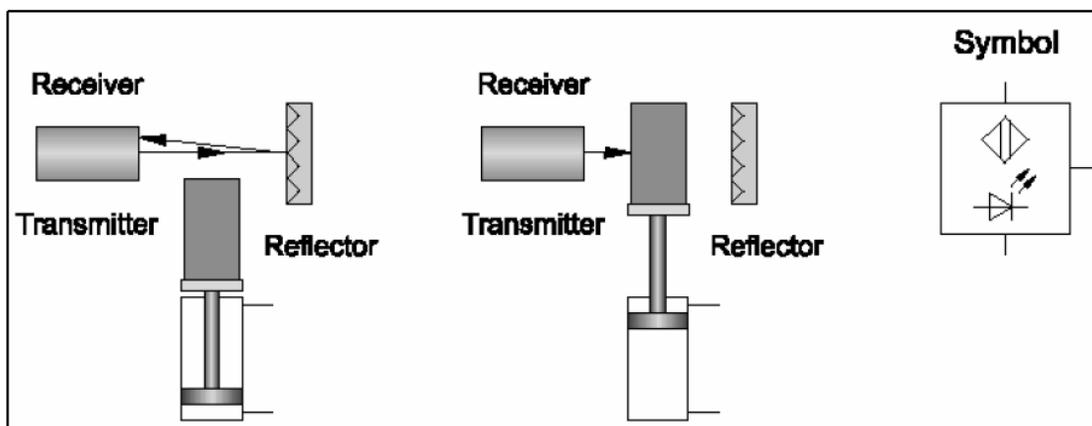
Fuente: [www.epromsa.com/fotocelulas](http://www.epromsa.com/fotocelulas)

Pero también existen otros sistemas que funcionan bajo principios diferentes. Están los sistemas Foelectrónicos por reflexión, que tienen al emisor y al receptor dentro de un solo bloque

El rayo de luz del emisor se dirige hacia un objeto y de allí es reflejado hacia el receptor. El objeto interrumpe el camino del rayo de luz, lo que da lugar a la conmutación. Los objetos no deben ser brillantes ya que entonces el objeto mismo se convierte en reflector (por ejemplo, el vástago brillante de un cilindro). La ventaja de esta disposición es su construcción compacta. El emisor y el receptor forman un mismo bloque y no requieren de una conexión que los una como en la figura 13.

Una tercera posibilidad, el sensor difuso, para detectar la presencia de objetos es la reflexión propia de éstos, que en este vienen a hacer las veces del reflector. Por este motivo la luz es reflejada en forma directa o difusa (por ejemplo: en cajas de color claro).

Figura 14 Conexión de sensor de reflexión su simbología



Fuente: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/3035-curso-sistemas-neumaticos-aire-comprimido-secado-averias-solucion>

Para hacer el sistema insensible a las interferencias que pudieran causar agentes externos (lámparas, luces de ventanas, etc.), la señal que sale del emisor es de muy alta frecuencia. El receptor detectará solo señales de esa frecuencia.

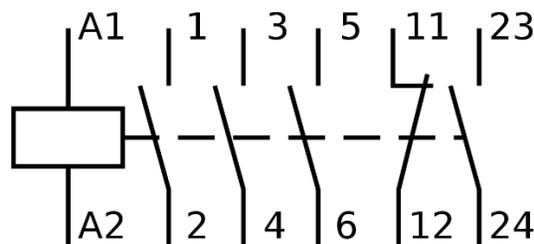
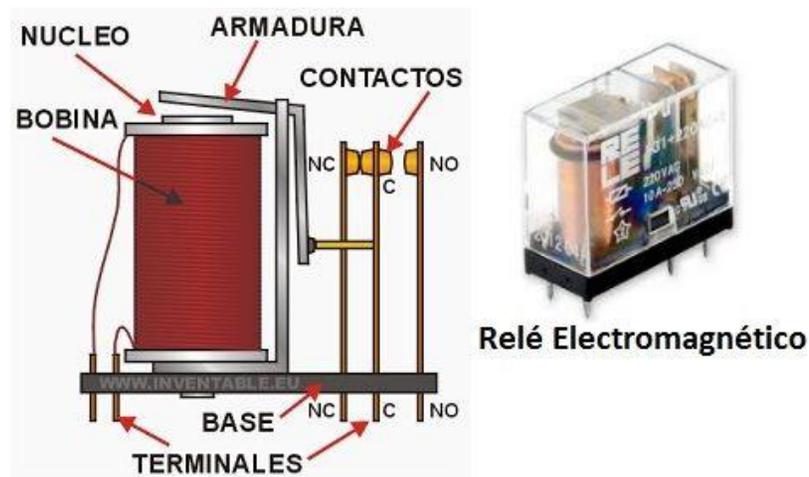
### 2.3.2.6 Relé y Contactor

La representación de relés y contactores en el esquema eléctrico es idéntica, al igual que el principio de funcionamiento que utilizan.

- Los Relés se utilizan para conectar o desconectar corrientes relativamente pequeñas.
- Los Contactores se usan para corrientes relativamente grandes.

Aplicando tensión a la bobina, circula corriente eléctrica por el arrollamiento y se crea un campo magnético, por lo que la armadura es atraída al núcleo de la bobina. Dicha armadura, a su vez, está unida mecánicamente a los contactos, que llegan a abrirse o a cerrarse. Esta posición de conexión durará, mientras esté aplicada la tensión. Una vez desaparezca la tensión, se desplaza la armadura a la posición inicial, debido a la fuerza del resorte.

Figura 15 Partes de un relé y su representación simbólica



Fuente. <https://www.areatecnologia.com/>

Ejemplo de aplicación:

Hay varios tipos de relés; ejemplo: relé de retraso de tiempo y relé contador. Los relés se pueden utilizar para varias funciones de regulación, del control y el monitoreo:

- Como interfaces entre los circuitos de control y los circuitos de la carga,
- para la multiplicación de la señal,
- Para la separación de circuitos de corriente directa y circuitos de la corriente alterna.
- Para el retraso de señales de generación y convertirla, y para conectar la información.

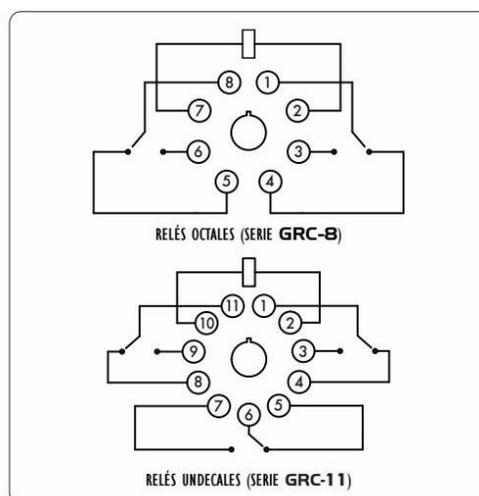
Terminales designaciones y símbolo de circuito:

Dependiendo de diseño, los relés poseen números que varían de contactos cerrados, contactos normalmente abiertos, contactos de conmutadores, contactos normalmente cerrados retrasados, contactos normalmente abiertos retrasados y contactos de conmutadores retrasados. Las designaciones de los terminales de los relés son estandarizadas

- los relés se señalan K1, K2, K3 etc.
- las terminales de la bobina se señalan A1 y A2.
- los contactos cambiados por el relé también se señalan K1, K2 etc. en los diagramas eléctricos.
- hay además números de identificación del dos-dígitos para los contactos de conmutación. El primer dígito está para la enumeración de todos los contactos existentes (número ordinal), mientras que el segundo dígito denota el tipo de contacto (número de la función).

Función de los Números para los relés:

Figura 16 Diagrama de conexión de los temporizadores



Fuente: [https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-519090330-rele-control-8-pines-](https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-519090330-rele-control-8-pines-220vac-exceline-grc-8-220vac-_JM)

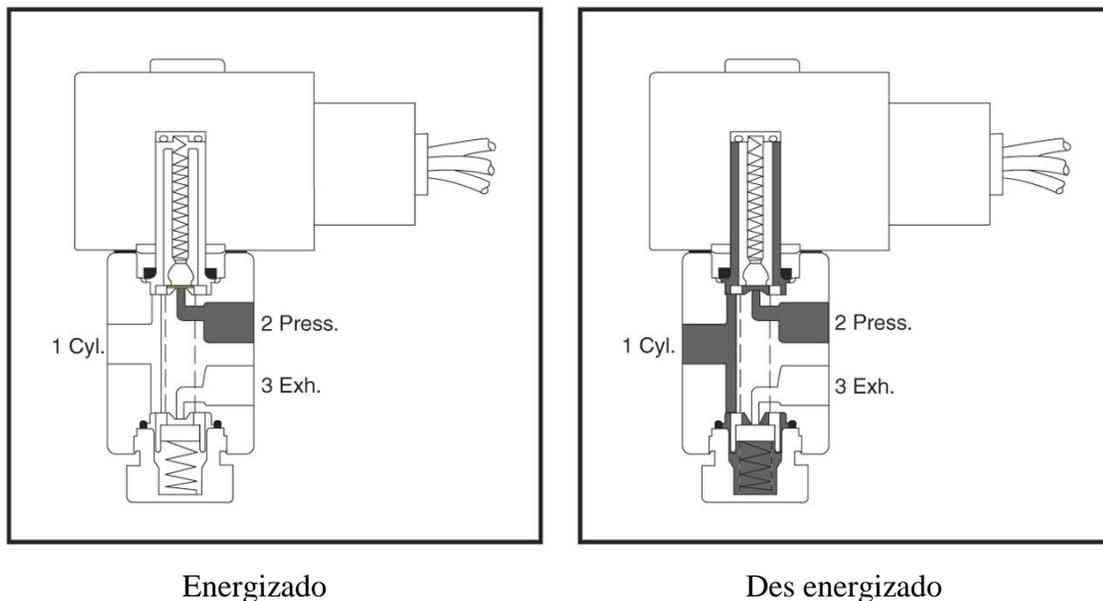
[220vac-exceline-grc-8-220vac-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-519090330-rele-control-8-pines-220vac-exceline-grc-8-220vac-_JM)

### 2.3.2.7 Solenoides

Los solenoides hacen posible operar las electroválvulas con la ayuda de energía eléctrica. Un solenoide consiste en un bobinado el cual lleva en su núcleo un elemento desplazable el cual a su vez lleva adosado una corredera, carrete o spool.

Cuando se energiza el solenoide el campo magnético en el núcleo desplaza a la corredera con lo cual se logra cambiar de una posición a otra a la electroválvula.

Figura 17 Funcionamiento de válvulas de tres vías



Fuente: <https://www.emerson.com/es-bo/automation/solenoids-pneumatics/asco/solenoid-valve-technology>

### 2.3.3 Generalidades de un PLC

#### 2.3.3.1 Control por PLC

En constaste al uso de Relés para el control de los sistemas electroneumáticos se emplea en tareas que exceden sus capacidades y complejidad para dar solución los controladores lógicos programables (PLC). Con estos controles, el programa no está determinado por la conexión entre varios relés individuales, sino por el contenido programado vía software. Los PLC principalmente se basan en el procesamiento de señales binarias.

Figura 18 Programador lógico Programable logo siemens



Fuente: <https://programacionsiemens.com/logo-230rc-8di4da-6ed10521fb000ba6/>

### 2.3.3.2 Control Lógico Programable PLC

El PLC es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos. Es importante conocer sus generalidades y lo que un PLC puede hacer por tu proceso, pues podrías estar gastando mucho dinero en mantenimiento y reparaciones, cuando estos equipos te solucionan el problema y se pagan solos.

Figura 19 PLC simatic s7-1200 siemens



Fuente:

<https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

### 2.3.3.3 Funciones de los PLC.

El PLC detecta señales del proceso de diferentes tipos, elabora y envía acciones al sistema según el programa que tenga, recibe configuraciones y da reporte al operador de producción o supervisiones. El programa que se utiliza permite modificarlo, incluso por el operador cuando se encuentra autorizado por todo esto es evidente que por medio de la implementación de un sistema de control PLC es posible hacer automático prácticamente cualquier proceso, mejorar la eficiencia y confiabilidad de la maquinaria y lo más importante bajar los costos.

### 2.3.3.4 Ventajas de un PLC

Las más importantes son:

- Gracias a que cuentan con una variedad importante de modelos y marcas en el mercado, ofrecen beneficios similares a los de la lógica cableada, resultando muy ventajosos para cualquier fábrica.
- Su implementación es muy sencilla y su tiempo de ejecución y puesta en marcha, es menor respecto a otros instrumentos (según la experticia del programador).

- Sin modificar cableados ni instalación eléctrica, se pueden realizar modificaciones en el programa del PLC, incluso a distancia por acceso remoto autorizado por el cliente.
- Se utilizan pocos materiales para su fabricación, por lo que es más conveniente en relación a otros métodos.
- El mantenimiento es el más económico y requiere el menor tiempo, por lo que no se tendrá que frenar la producción de la industria (hecho por especialistas).
- Al ser programables pueden expandirse y evolucionar de manera simple con los cambios demandados en nuestros procesos.

### **2.3.3.5 Lenguajes de programación de PLC**

se pueden clasificarse en dos clases, lenguajes de alto y bajo nivel cada uno con diferentes tipos.

### **2.3.3.6 Lenguajes de alto nivel**

En esta categoría se encuentran los lenguajes que son gráficos, ya que estos utilizan una interfaz de símbolos para declarar las instrucciones de control, una de las desventajas de estos lenguajes visuales es que la programación está limitada a los símbolos que se proporcionan.

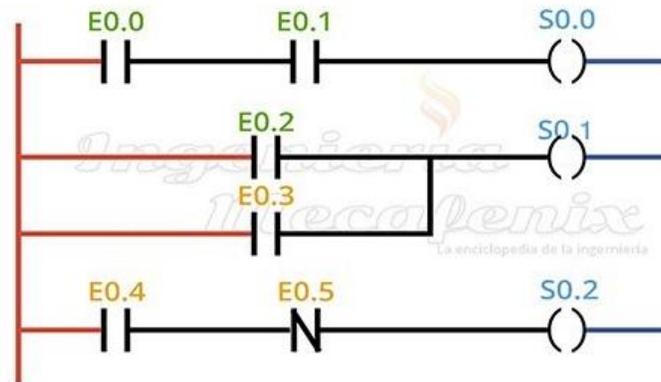
#### **2.3.3.6.1 Diagrama escalera o ladder**

Este lenguaje fue uno de los pioneros ya que fue uno de los primeros en ser utilizados, ya que se asemeja mucho a los diagramas con relevadores. Se le llama de escalera porque es muy similar a la estructura de una escalera, ya que contiene dos rieles verticales, y varios rieles horizontales (en este caso serían los escalones).

Características principales:

Los 2 rieles verticales son de alimentación (en el caso de VCD uno es voltaje y otra tierra y en VCA son L1 y L2), las instrucciones se colocan del lado izquierdo, las salidas siempre se colocan del lado derecho. Se pueden colocar varias instrucciones o varias salidas en paralelo. El procesador del PLC interpreta los datos de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

Figura 20 Programación ladder



Fuente: [www.ingmecafenix.com/automatizacion](http://www.ingmecafenix.com/automatizacion)

### 2.3.3.6.2 Diagrama de bloques (FBD)

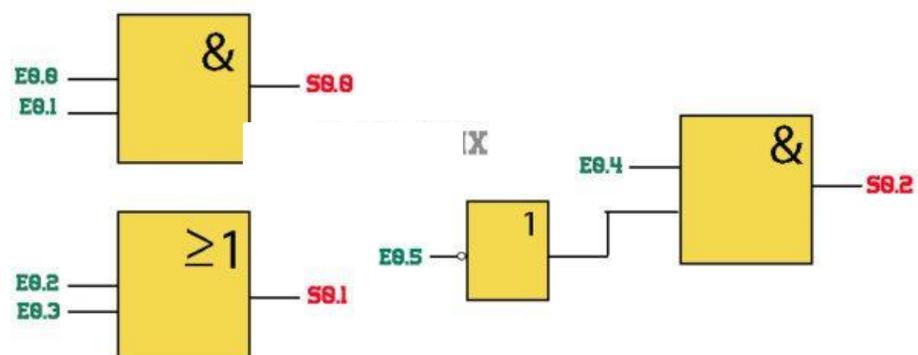
En este tipo de programación se utilizan bloques de símbolo lógicos. Las salidas no se requieren incorporar a una bobina de salida, porque la salida está asignada en las salidas de los bloques lógicos. Estos diagramas en su mayoría son preferidos por personas acostumbrados a trabajar con circuitos de compuertas lógicas, ya que la simbología utilizada es equivalente.

Características principales:

Las salidas de los bloques no se conectarán entre sí.

La evaluación de una red se termina antes de iniciar la siguiente

Figura 21 Programación por bloques



Fuente: [www.ingmecafenix.com/automatizacion](http://www.ingmecafenix.com/automatizacion)

### 2.3.3.7 Lenguajes de bajo nivel

En este tipo se encuentran los lenguajes de programación a través de texto, utilizando cadenas de caracteres para indicar las instrucciones de control.

### 2.3.3.8 Lista de instrucciones

Este tipo de lenguaje es el más antiguo y es la base para todos los lenguajes de programación que existen, este lenguaje es el precursor del diagrama escalera ya que este se utilizaba cuando las computadoras aun no tenían capacidad gráfica. Todos los lenguajes son traducidos a lista de instrucciones.

Características principales:

Todos los lenguajes pueden ser traducidos a lista de instrucciones, pero no al revés, la programación es más compacta, este lenguaje es el más completo de todos.

Figura 22 Lista de instrucciones

El diagrama muestra tres bloques de código en un lenguaje de lista de instrucciones. El primer bloque a la izquierda contiene 'U E0.0', 'U E0.1' y '= S0.0'. El segundo bloque a la derecha contiene 'U E0.1', 'O E.02' y '= S0.1'. Entre los dos bloques superiores hay un símbolo 'IX'. El tercer bloque inferior contiene 'U E0.3', 'UN E0.4' y '= S0.2'. El código está escrito en un tipo de letra donde las letras 'U' y 'O' son verdes, las letras 'E' y 'S' son rojas y los números son verdes.

Fuente: [www.ingmecafenix.com/automatizacion](http://www.ingmecafenix.com/automatizacion)

#### 2.3.3.8.1 Texto estructurado

El texto estructurado se compone de una serie de instrucciones que se pueden ejecutar, como sucede con los lenguajes superiores, de forma condicionada. Este lenguaje es muy similar al lenguaje C y sobre todo a PASCAL

(“IF..THEN..ELSE”) o en bucles secuenciales (WHILE..DO).

Características principales:

Trata indistintamente las mayúsculas y las minúsculas, soporta instrucciones aritméticas complejas. Soporta ciclos de iteración (repeat – until, while – do).

Figura 23 Lista de instrucciones estructurado

```
IF ((E0.0 == TRUE) && (E0.1 == TRUE))
{
S0.0 = TRUE;
}
ELSE S0.0 = FALSE;

IF ((E0.2 == TRUE) || (E0.3 == TRUE))
{
S0.1 = TRUE;
}
ELSE S0.1 = FALSE;

IF ((E0.4 == TRUE) && (E0.5 == FALSE))
{
S0.2 = TRUE;
}
ELSE S0.2 = FALSE;
```

Fuente: [www.ingmecafenix.com/automatizacion](http://www.ingmecafenix.com/automatizacion)

## 2.4 Fabricación Adictiva

### 2.4.1 Impresora 3D

Para entender lo que es una impresora 3D, tenemos que pensar en un dispositivo que es capaz de generar cuerpos físicos sólidos tridimensionales mediante la adición capa a capa de un material, generalmente plástico ABS, pero como veremos más adelante no es el único material que se utiliza. Es decir que permite crear, sin la necesidad de utilizar cualquier tipo de molde, un objeto que luego podremos tomar en las manos.

Imagen 12 Impresora 3D



Fuente: <https://tecnologia-informatica.com/impresoras-3d>

## 2.4.2 **Ventajas y Desventajas de una impresora en 3D**

Las impresoras 3D han cambiado nuestra forma de vivir, tal como la conocemos actualmente traen muchas ventajas y también varias desventajas, relacionadas a la creación propia de productos de forma automatizada mediante una impresora 3D. Se puede hacer una réplica de un objeto, imprimir o crear un objeto desde un archivo, o también podremos diseñarlo.

### 2.4.2.1 **Ventajas**

La revolución que supone para manufactura de productos. Una sola impresión 3D es capaz de realizar infinidad de productos distintos. Gran parte de la manufactura actual, se realiza con máquinas específicas cuya función está limitada y si el producto cambia, la máquina también debe readaptarse o cambiarse.

- Flexibilidad y prototipado rápido. Permite realizar prototipos de productos con facilidad, lo que puede implicar una mejora en el diseño.
- Reducción de costes. La producción puede realizarse desde casa.
- Personalización. La posibilidad de realizar tus propias prendas, objetos, productos de forma personalizada y exclusiva.
- Nueva industria y sector. Creará nuevos puestos de trabajo, y nuevas formas de negocio.
- Aplicaciones múltiples aún por descubrir. En el campo de la medicina encontramos aplicaciones sorprendentes como, por ejemplo: la creación de prótesis o incluso la impresión de tejidos orgánicos. La impresión 3D tiene mucho campo por recorrer y cada vez se aplica a más campos.
- Muchos negocios se verán ampliamente favorecidos, como los joyeros, ya que al poder imprimir en cera la impresora 3D, al hacer anillos, simplemente realizan el molde en un archivo y el dispositivo tecnológico los imprime.
- Para los diseñadores industriales crear un objeto industrial, lo pueden ver en un prototipo de plástico.

- Hacer réplicas de objetos que necesitemos. Por ejemplo, diseñando un producto mecánico para vender, y tenemos un clavo, pero necesitamos otro igual, podemos crearlo. Si se nos ha roto una pieza de un objeto, podemos crearla para arreglarlo.
- Ahora se puede realizar objetos con plástico, cera y goma, probablemente en un tiempo otros materiales estarán involucrados y el abanico de productos que se podrán hacer cambiará bastante la forma de vivir tal como la conocemos.
- Las empresas en vez de tener un sistema de automatización para llevar a cabo un producto comercial, podrán en juego las impresoras en 3D para reducir los costos en cuanto a maquinarias, y para que los productos no tengan errores en cuanto a diseño ya que los podrán corregir con el ordenador.

#### **2.4.2.2 Desventajas**

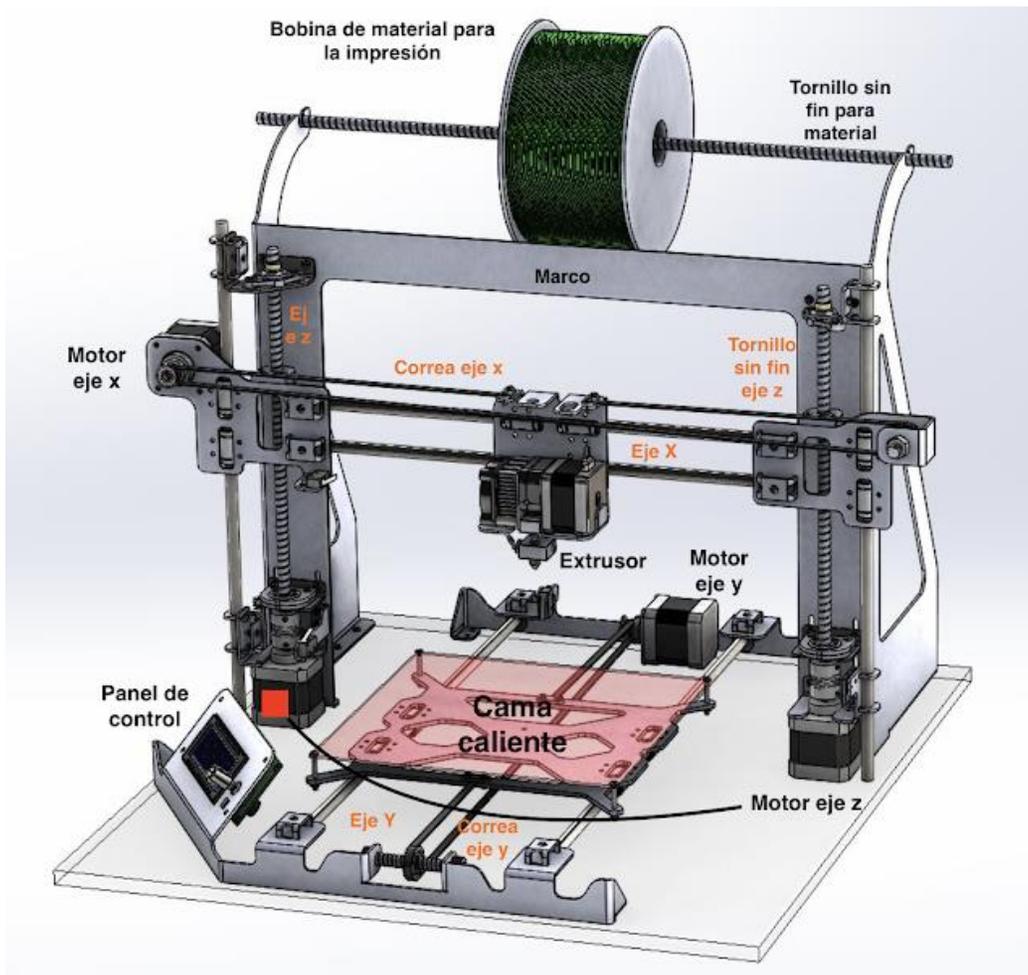
- Disminución de puesto de trabajo. La elaboración propia de los productos, y la disminución de maquinaria puede conllevar menos puestos de trabajo en la manufactura.
- Vulneración de los derechos de autor. La réplica de objetos con copyright, será difícil de controlar pues los escáneres 3D permiten la réplica de cualquier objeto.
- Usos malintencionados de la tecnología. Lamentablemente, existe la posibilidad de crear objetos tales como armas de fuego, y el peligro de generalizar este tipo de objetos.
- Aumento de productos inútiles.
- Los precios son muy elevados.
- Muchas empresas se van a ver beneficiadas, muchas se van a ver perjudicadas ya que sus negocios se pueden llegar a perder. Por ejemplo, las empresas que diseñan y producen juguetes, o artículos para la decoración del hogar.
- Un artículo o prototipo se producirá o imprimirá en 3 dimensiones en alrededor de unas 2 horas.

### 2.4.3 Partes de una Impresora en 3D

Existen multitud de impresoras, las más corrientes, tienen en común ciertos elementos constitutivos que son los siguientes:

- Bobina de material: rollo o receptáculo del material que constituye los diseños. Podríamos decir que es el "cartucho de la tinta".
  - Extrusor: Puede ser uno o varios, dependiendo de la impresora. Es el encargado de disipar el calor generado.
  - Resistencia: Funde el material para que sea maleable antes de llegar al extrusor.
  - Cama caliente: lugar donde se deposita el material que sale del extrusor y actúa de base para el diseño 3D. Está un poco caliente para favorecer que el material se mantenga en su sitio durante la ejecución.
  - Estructura: armazón encargado de sostener los elementos que componen la impresora.
  - Fuente de alimentación: Conexión con la energía que alimenta la máquina.
  - Panel de control: Muestra los datos de los sensores de temperatura y donde se introduce el Software STL, que funciona como sistema operativo de la impresora. Suele tener una entrada USB para meter los proyectos creados por ordenador.
  - Ejes, tornillos sin fin, correas, poleas y motores: Permiten al extrusor moverse en los tres ejes (X, Y y Z) para crear el diseño según las coordenadas dadas.

Figura 24 Partes de una impresora 3D



Fuente: <http://schrodingerkoneko.blogspot.com/2019/01/partes-de-una-impresora-3d.html>

#### 2.4.4 Filamentos para la impresora de 3D

Existe infinidad de filamentos para impresoras 3D. Vamos a explicar algunas que son las más usadas en las impresoras 3D. Se utilizan diferentes materiales, diferenciar filamentos, a qué temperaturas se imprimirán, cual son sus ventajas y cual el más adecuado.

##### 2.4.4.1 El PLA (ácido poliláctico)

El PLA (ácido poliláctico) es uno de los dos filamentos de impresión 3D más utilizados (y el otro es el filamento ABS). Es el material considerado como «predeterminado» para muchas

impresoras 3D domésticas, y por una buena razón: el PLA es perfecto para una amplia gama de aplicaciones de impresión, tiene la virtud de ser inodoro y de baja deformación, y no requiere cama caliente. El filamento PLA es también uno de los materiales de impresión 3D más ecológicos disponibles; Está fabricado de materiales renovables (almidón de maíz) y requiere menos energía para procesarlo en comparación con los plásticos tradicionales (a base de petróleo). Fuera de la impresión 3D, el plástico PLA se usa a menudo en envases de alimentos, como envoltorios de caramelos e implantes médicos biodegradables, como suturas.

Propiedades del filamento de impresión 3D PLA:

- El filamento PLA es un material de impresión 3D rígido pero delicado.
- Se utiliza para impresiones cosméticas, prototipos, juguetes, aplicaciones de baja resistencia.
- El PLA perfecto de impresión 3D para principiantes debido a la facilidad de impresión y la mínima deformación.

#### **2.4.4.2 El ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)**

Es otro material para impresión 3D de uso común. Se utiliza para fabricar piezas duraderas que necesitan soportar temperaturas más altas. En comparación con el filamento PLA, el ABS es menos «frágil» y más «flexible». También se puede postprocesar con acetona para proporcionar un acabado brillante. Cuando se imprime en 3D con filamento ABS, se recomienda una superficie de impresión caliente, ya que el plástico ABS se contraerá cuando se enfríe, lo que provocará que las piezas se deformen.

Propiedades del filamento de impresión 3D ABS:

- El ABS es un material fuerte y flexible con resistencia al desgaste y tolerancia al calor.
- Las impresiones 3D comunes con ABS son piezas entrelazadas como engranajes, piezas expuestas a los rayos UV y al calor como un posavasos para vehículos o prototipos.

- Es perfecta para impresiones con distintos tipos de aplicaciones que necesiten postprocesado, como pintarla.

#### **2.4.4.3 PET (PETG, PETT) Tereftalato de polietileno**

Encontrar un filamento de PET (tereftalato de polietileno) verdadero, ya que la mayoría de los filamentos de PET son en realidad copolímeros: PET con una molécula adicional. El más común, el PETG, es un filamento de resistencia industrial con varias características excelentes. Hablando en sentido figurado, combina la facilidad de uso del filamento PLA con la resistencia y durabilidad del filamento ABS. Primero, su resistencia es mucho mayor que el PLA y está aprobado para envases de alimentos y herramientas utilizadas en el consumo de alimentos. A diferencia del filamento ABS, apenas se deforma y no produce olores ni gases cuando se imprime. El filamento de PETG no es biodegradable, pero es 100% recuperable. Es conocido por su claridad y también es muy bueno para imprimir “puentes”. El filamento de impresión PETG está disponible en 1.75 mm y 3 mm.

Propiedades del filamento de impresión 3D PETG:

- El filamento de PETG es un material de impresión 3D duradero y flexible con un acabado brillante y es resistente al impacto y al calor.
- Se utiliza mejor para piezas mecánicas y piezas que necesitan encajar.
- Se pega increíblemente bien a la cinta de pintor azul.

#### **2.4.5 Software para la impresión 3D**

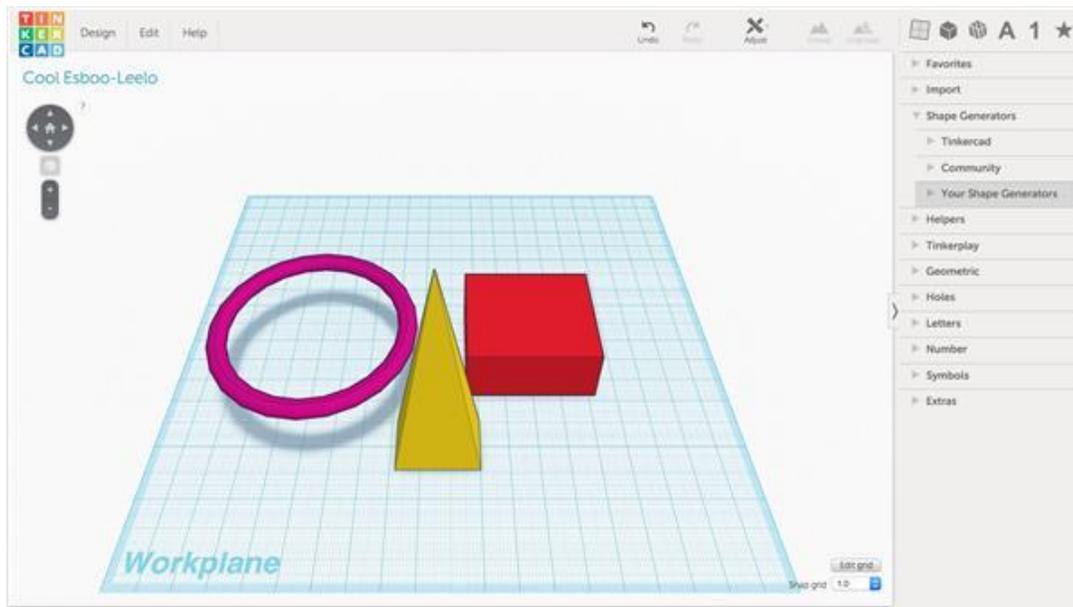
Existe multitud de software para impresora 3D, lo importante es distinguir para qué sirve cada uno en función de las necesidades y las aplicaciones que se diseña la pieza, veremos algunos programas para la impresora 3D:

##### **2.4.5.1 TinkerCAD**

Para los principiantes absolutos que quieran iniciarse en el modelado 3D, TinkerCAD, de Autodesk, es una buena herramienta para comenzar. Este software de modelado 3D basado

en el navegador le permite crear formas geométricas en 3D, guardar y compartir en línea, y exportarlos a archivos STL cuando estén listos para la impresión 3D. Aunque, obviamente, un poco limitado en términos de características, TinkerCAD es excelente para realizar pequeños ajustes. Y puesto que las formas son los bloques de construcción, los usuarios pueden construir gradualmente desde figuras simples a formas más complejas o detalladas. En busca de inspiración, TinkerCAD ofrece algunas formas 3D existentes para empezar a modelar, así como una galería de modelos 3D para imprimirlos una vez terminados.

Imagen 13 Pantalla de aplicación de tinkerCAD

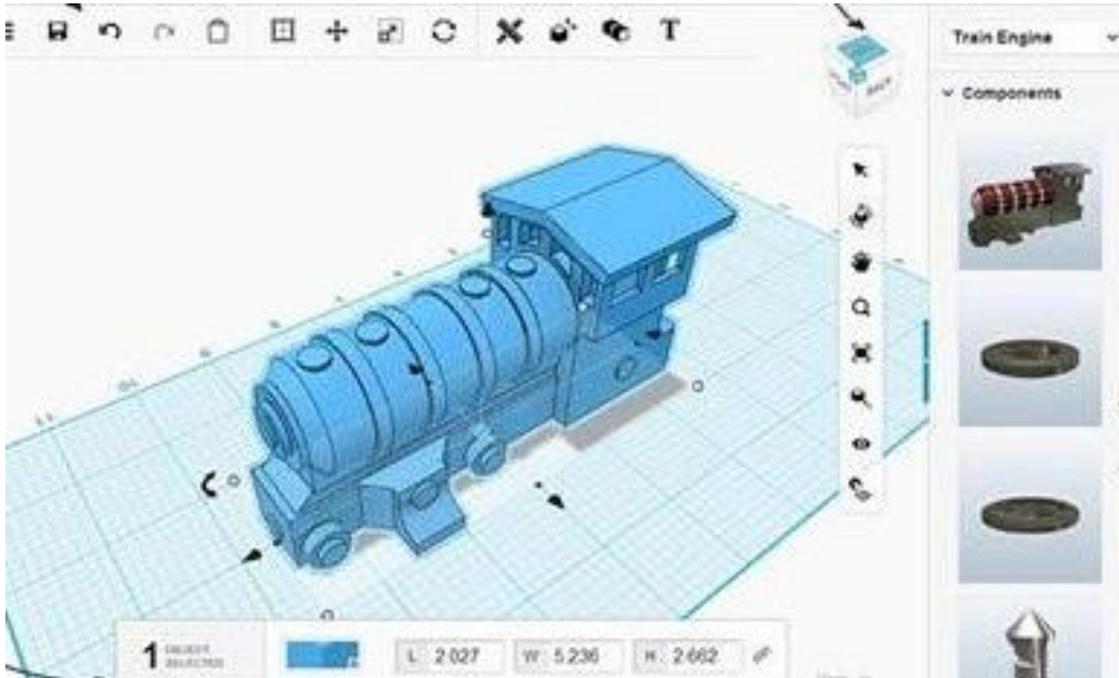


Fuente: <http://imprimalia3d.com/recursosimpresion3d/software-modelado-3d-gratuito-impresi-n-3d>

#### 2.4.5.2 123D Design

Otra opción de software de modelado 3D gratuita creada por Autodesk. Aunque un poco más avanzado que TinkerCAD, 123D Design sigue siendo una herramienta de modelado 3D y edición muy sencilla e intuitiva. Existe una muy extensa biblioteca de modelos pre-hechos en 3D que pueden ser editados, así como herramientas para crear componentes 3D geométricas a partir de cero. Al igual que con TinkerCAD, los modelos 3D terminados en este programa se pueden exportar a STL para la impresión en 3D, o bien subirlos directamente al servicio de impresión en 3D de Shapeways.

Imagen 14 Pantalla de aplicación de 123D Design

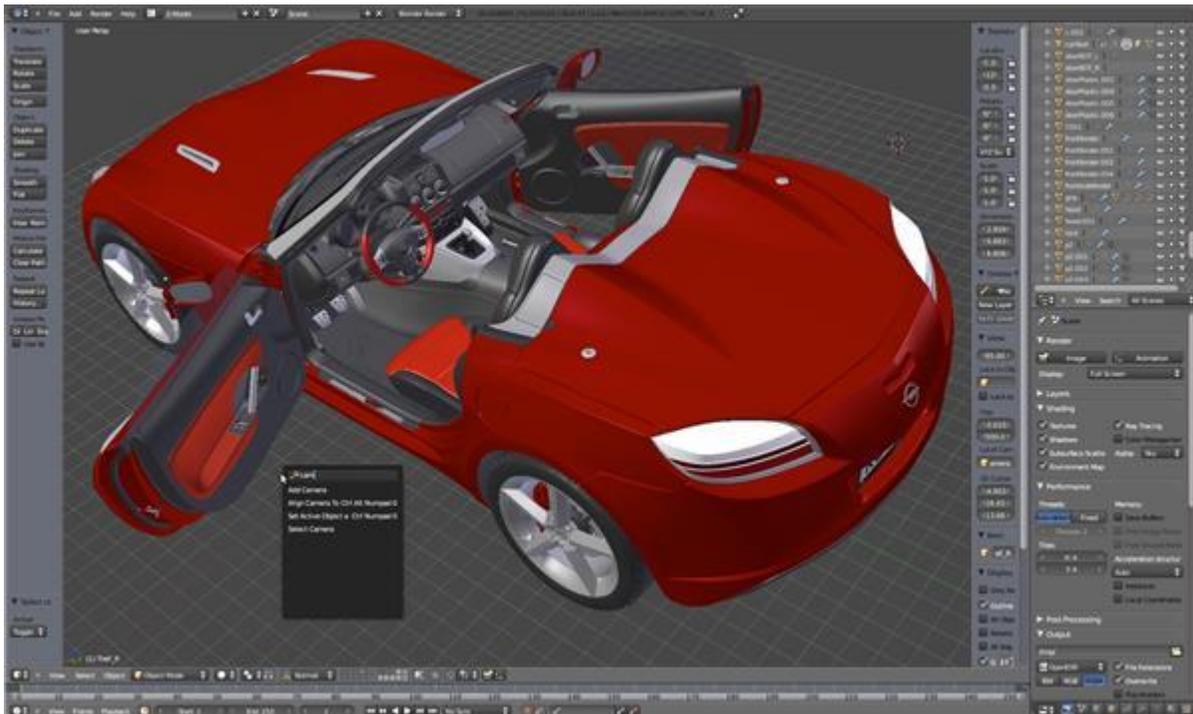


Fuente: <http://www.123dapp.com/design>

### 2.4.5.3 Blender

Actualmente es uno de los softwares más potentes de modelado en 3D, aunque no es de los más populares porque no está especialmente pensado para principiantes. A diferencia de los modeladores 3D geométricos, Blender es una herramienta de escultura digital, por lo que es ideal para crear formas 3D orgánicas. El programa también ofrece una increíble variedad de herramientas, dando a sus usuarios total libertad de diseño: más allá de la creación de modelos para la impresión en 3D, Blender puede ser utilizado para crear gráficos fotorrealistas de videojuegos, películas de animación, efectos visuales y más. Básicamente, si el usuario está dispuesto a dedicarle el tiempo preciso para aprender (tarea facilitada por la gran cantidad de foros de discusión y tutoriales creados por la comunidad de código abierto),

Imagen 15 Pantalla de aplicación de Blender



Fuente: <https://www.blender.org/>

#### 2.4.5.4 Solid Works

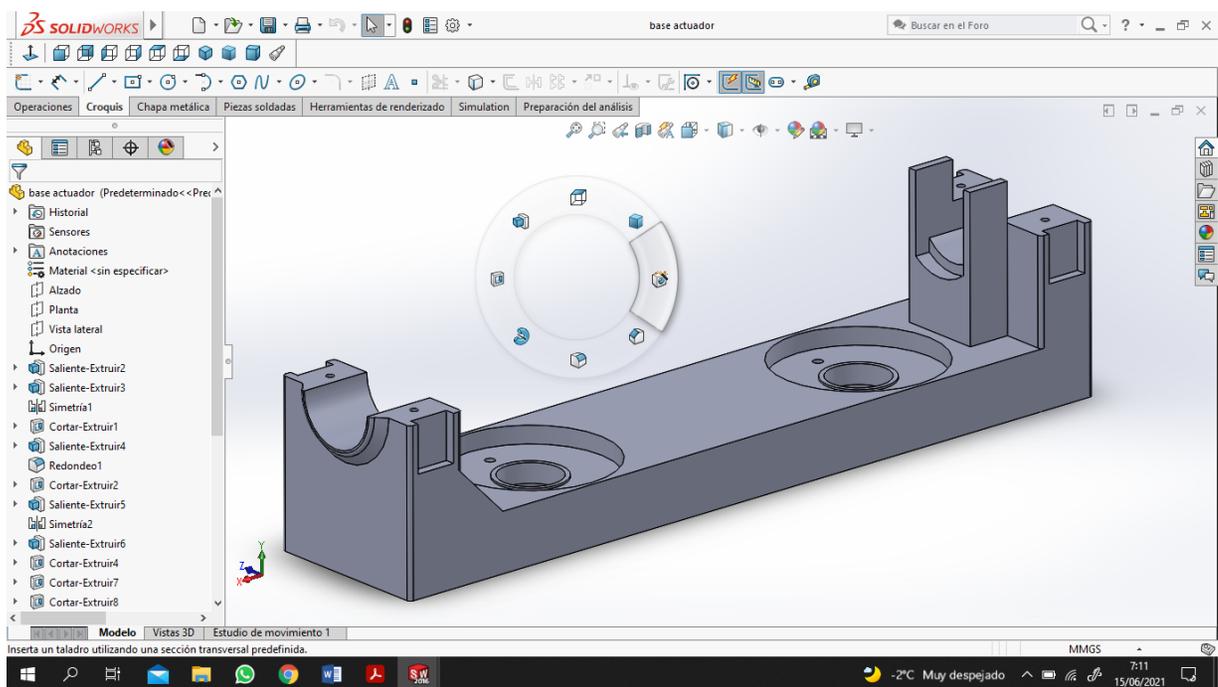
En sectores industriales y diseño de productos, Solid Works es una solución CAD en la que muchos confían. El software existe desde mediados de los 90 y en la actualidad las últimas cifras estiman que hay alrededor de 9,3 millones de usuarios activos en 80 países. Se basa en el modelado paramétrico y se utiliza principalmente para crear modelos y ensamblajes en 3D. Solid Works también se ha adoptado en el mundo de la fabricación aditiva, ya que permite a los ingenieros guardar sus diseños en formato STL, el formato necesario para que un modelo 3D sea procesado por un software de impresión 3D.

Como hemos mencionado, Solid Works es un software CAD basado en diseño paramétrico. El diseño paramétrico es un proceso que aclara la relación entre la intención del diseño y la respuesta del diseño. Una de las características clave de los modelos paramétricos es que los atributos que están interconectados pueden cambiar automáticamente su característica cuando se cambia un atributo. Este proceso de modelado es ideal para proyectos con muchos

requisitos de fabricación. Se pueden crear modelos 3D para piezas y ensamblajes de alto rendimiento utilizados en sectores tales como aeroespacial o automotriz.

Por ejemplo, la solución AutoCAD, de Autodesk, es principalmente un software CAD 2D que se dirige a arquitectos, constructores e ingenieros civiles. A pesar de que es posible crear una superficie 3D básica y un modelado sólido con AutoCAD, no es su característica clave, y definitivamente no es tan fácil como trabajar en un software de modelado paramétrico. Este es el beneficio clave de Solid Works. Además, Solid Works también incluye características muy beneficiosas para una serie de aplicaciones industriales, como simulación, herramientas de renderizado y herramientas CAM (fabricación asistida por computadora). Se pueden diseñar modelos sólidos con Solid Works, pero también importar, crear y manipular superficies, ver modelos en modo de estructura alámbrica y generar dibujos 2D a partir de los sólidos 3D.

Imagen 16 Pantalla de aplicación de Solid Works

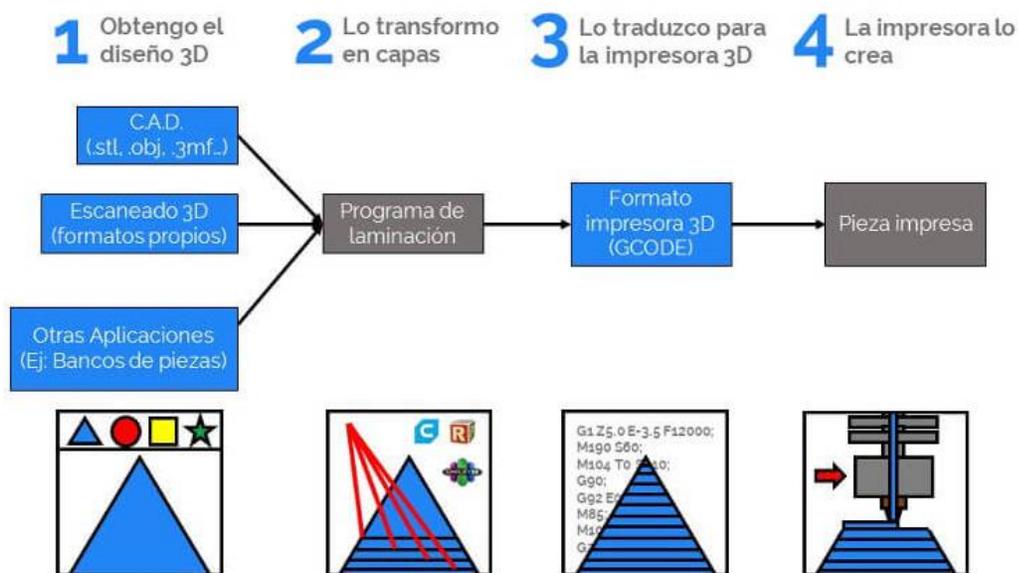


Fuente: Elaboración propia

## 2.4.6 Procesamiento de la impresión 3D

Es un proceso que implica varias partes, se parte de un boceto o croquis de una idea, se crea y diseña el objeto o idea 3D mediante software o programas, se continua con programas que realizan la laminación del archivo y finaliza con la impresión del objeto en tres dimensiones.

Figura 25 Diagrama de flujo para imprimir una pieza en 3D



Fuente: <https://of3lia.com/software-para-impresora-3d/>

## 2.5 Soldadura SMAW

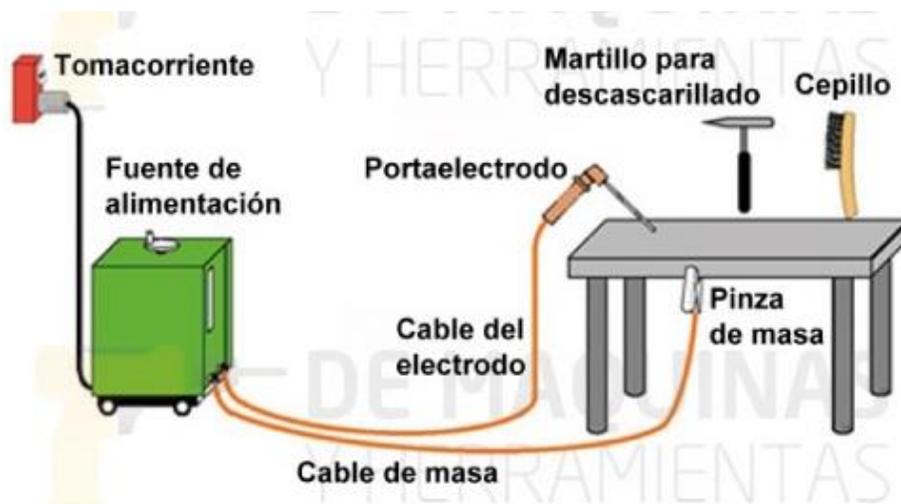
Uno de los tipos más comunes de soldadura de arco es la soldadura manual con electrodo revestido (SMAW, Shielded Metal Arc Welding), que también es conocida como soldadura manual de arco metálico (MMA) o soldadura de electrodo. La corriente eléctrica se usa para crear un arco entre el material base y la varilla de electrodo consumible, que es de acero y está cubierto con un fundente que protege el área de la soldadura contra la oxidación y la contaminación, por medio de la producción del gas CO<sub>2</sub> durante el proceso de la soldadura. El núcleo en sí mismo del electrodo actúa como material de relleno, haciendo innecesario un material de relleno adicional.

Es un proceso de soldadura, donde la unión es producida por el calor generado por un arco eléctrico, con o sin aplicación de presión y con o sin metal de aporte.

La energía eléctrica se transforma en energía térmica, pudiendo llegar esta energía hasta una temperatura de aprox. 4000 °C. La energía eléctrica es el flujo de electrones a través de un circuito cerrado. Cuando ocurre una pequeña ruptura dentro de cualquier parte, o apertura del circuito, los electrones se mueven a gran velocidad y saltan a través del espacio libre entre los dos terminales, 1,5 - 3 mm produciendo una chispa eléctrica, con la suficiente presión o voltaje para hacer fluir los electrones continuamente. A través de esta apertura, se forma el arco eléctrico, fundiéndose el metal a medida que se avanza.

El arco eléctrico es, por lo tanto, un flujo continuo de electrones a través de un medio gaseoso, que genera luz y calor.

Figura 26 Equipo de soldadura SMAW



Fuente: <https://unlp.edu.ar/frontend/media/64/33764/d2ca99f3735f8f5795079db0d383c01c.pdf>

pdf

### 2.5.1 Clasificación de los electrodos

Todos los electrodos para hierro, acero al carbono y acero aleado son clasificados con un número de 4 ó de 5 dígitos, antepuestos por la letra E. Los dos primeros números indican la resistencia al estiramiento mínima del metal depositado en miles de psi (del inglés Pound per

Square Inch; libra por pulgada cuadrada). El tercer dígito indica la posición en la cual el electrodo es capaz de realizar soldaduras satisfactorias:

Tabla 3 Especificaciones AWS A5.1-69 y A5.5-69

a.	La letra <b>E</b> antepuesta a las cuatro o cinco cifras identifica a los electrodos aptos para soldadura por arco.
b.	Los primeros dos números de los cuatro o los tres números de los cinco indican la resistencia mínima a la tracción. <i>E60XX</i> 60.000 psi mínimo. <i>E70XX</i> 70.000 psi mínimo. <i>E110XX</i> 70.000 psi mínimo.
c.	El próximo dígito indica las posiciones posibles de soldadura. <i>EXX1X</i> Todas las posiciones. <i>EXX2X</i> Plana y horizontal solamente.
d.	La letra con un número final (por ejemplo EXXXX-A1) indica la aleación aproximada del metal depositado por soldadura. <ul style="list-style-type: none"> <li>• A1                         0,5% Mo</li> <li>• B1                         0,5% Cr; 0,5% Mo</li> <li>• B2                         1,25% Cr; 0,5% Mo</li> <li>• B3                         2,25% Cr; 1% Mo</li> <li>• B4                         2% Cr; 0,5% Mo</li> <li>• B5                         0,5% Cr; 1% Mo</li> <li>• C1                         2,5% Ni</li> <li>• C2                         3,25 Ni</li> <li>• C3                         1% Ni; 0,35% Mo; 0,15% Cr</li> <li>• D1 y D2                 0,25-0,45% Mo; 1,75% Mn</li> <li>• G                         0,5% ≤ Ni; 0,3% ≤ Cr; 0,2% ≤ Mo;  0,1% ≤ V; 1% ≤ Mn  (sólo un elemento de la lista)</li> </ul>

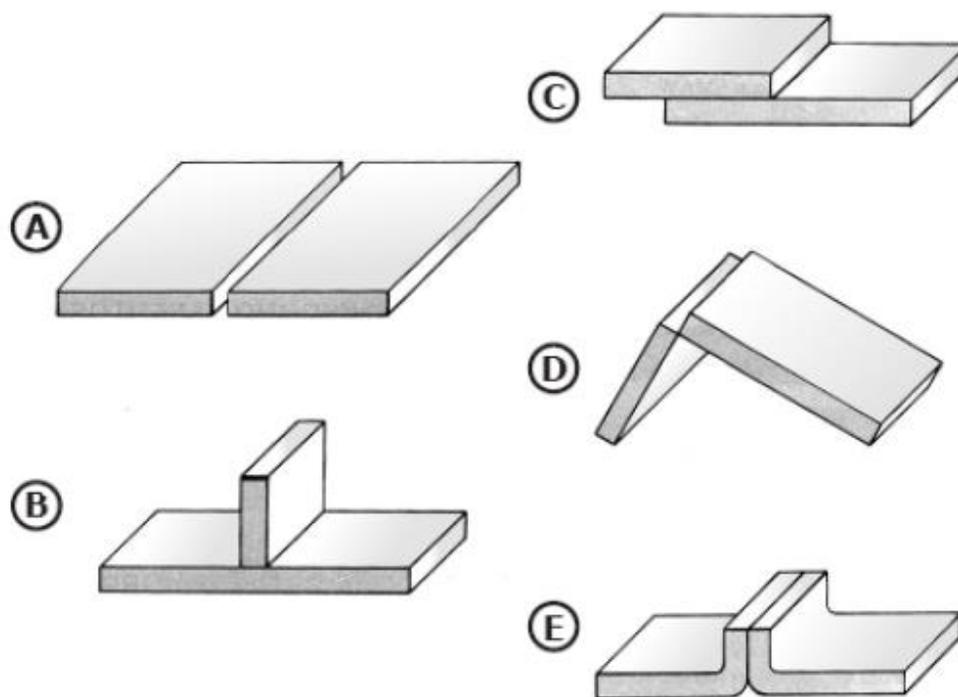
<b>Código</b>	<b>Corriente</b>	<b>Cobertura</b>
EXX10	CC (-) solamente	Orgánica
EXX11	CA ó CC (+)	Orgánica
EXX12	CA ó CC (-)	Rutílica
EXX13	CA ó CC (±)	Rutílica
EXX14	CA ó CC (±)	Rutilo-Hierro 30%
EXX15	CC (-) solamente	Bajo hidrógeno
EXX16	CA ó CC (+)	Bajo hidrógeno
EXX18	CA ó CC (+)	Bajo H <sub>2</sub> -Hierro 25%
EXX20	CA ó CC (±)	Alto óxido férrico
EXX24	CA ó CC (±)	Rutilo-Hierro 50%
EXX27	CA ó CC (±)	Mineral-Hierro 50%
EXX28	CA ó CC (+)	Bajo H <sub>2</sub> -Hierro 50%

Fuente: Manual de Soldadura eléctrica (editorial Alsina)

### 2.5.2 Uniones básicas con arco protegido (SMAW)

Ahora que ya hemos explicado los procedimientos para depositar cordones y costuras, y para realizar reconstrucciones y rellenos, podemos aplicar estos conocimientos para realizar las uniones típicas en soldadura metálica con arco protegido. Estas son cinco (figura 27): A) la unión a tope, B) la unión en T, C) la traslapada, D) la unión en escuadra, y E) la de canto.

Figura 27 Tipo de uniones para SMAW



Fuente: <https://cadcamiutjaa.files.wordpress.com/2011/04/soldadura-por-arco-protegido1.pdf>

### 2.6 Resistencia de materiales

La resistencia de materiales clásica es una disciplina de la ingeniería mecánica, la ingeniería estructural, la ingeniería civil y la ingeniería de materiales que estudia la mecánica de sólidos deformables mediante modelos simplificados. La resistencia de un elemento se define como

su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Un modelo de resistencia de materiales establece una relación entre las fuerzas aplicadas, también llamadas cargas o acciones, y los esfuerzos y desplazamientos inducidos por ellas. Generalmente las simplificaciones geométricas y las restricciones impuestas sobre el modo de aplicación de las cargas hacen que el campo de deformaciones y tensiones sean sencillos de calcular.

### 2.6.1 Prueba de tensión

Cuando un material se somete a una carga o fuerza externa, sufrirá inicialmente una deformación de tipo elástica; si la carga sigue aumentando, la deformación pasará a ser de tipo plástica. Básicamente, se puede diferenciar la deformación elástica de la plástica, por el hecho de que la primera desaparece cuando deja de actuar la carga que la produjo, recuperando el metal sus dimensiones originales. Por otra parte, la deformación plástica es una deformación permanente, es decir, aun cuando se retire la carga que la produjo, el metal no recuperará sus dimensiones originales. Para poder analizar dicho comportamiento y al mismo tiempo obtener las principales propiedades mecánicas de un material se aplica la prueba de tensión, la cual consiste en aplicar a una probeta de sección circular uniforme, una carga de tensión que se va incrementando gradualmente hasta que ocurre la falla, como se ve en la figura 28. Para el diseño mecánico de elementos con geometrías complicadas la resistencia de materiales suele ser abundante y es necesario usar técnicas basadas en la teoría de la elasticidad o la mecánica de sólidos deformables más generales.

Figura 28 Probeta para prueba de tensión



Fuente:

Dentro del rango de deformación elástica, existe una relación directa entre el esfuerzo y la deformación. El esfuerzo está dado por:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots \text{Ecuación 7}$$

$\sigma$ : Esfuerzo expresado en N/mm<sup>2</sup>, (PSI)

$F$ : La carga aplicada en N, (lb)

$A$ : Al área de la sección transversal de la probeta en mm<sup>2</sup>, (pulg<sup>2</sup>)

De aquí, se puede expresar la relación entre esfuerzo y deformación por medio de la ley de Hooke:

La ley de Hooke Habla de la elasticidad (física). La teoría de la elasticidad (Ley de Hooke) establece que un cuerpo elástico se estira proporcionalmente a la fuerza que actúa sobre él.

$$\sigma = E \times \varepsilon \dots \dots \dots \text{Ecuación 8}$$

Donde:

$E$ : Modulo de elasticidad o módulo de Young, dado en N/mm<sup>2</sup> o PSI

El módulo de Young también se conoce como módulo de elasticidad en tensión, para diferenciarlo del módulo de compresión (K) y del módulo de elasticidad al corte (G).

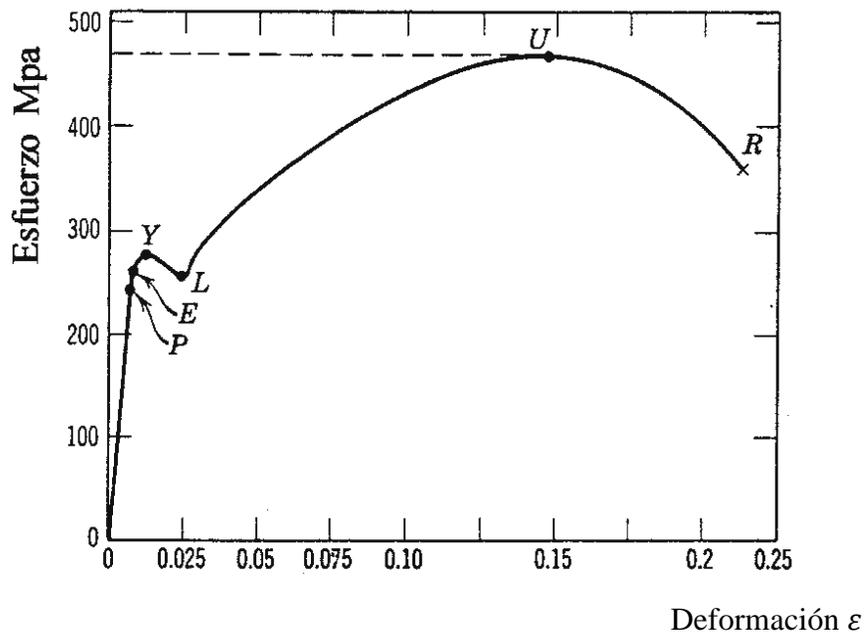
El módulo de elasticidad representa la resistencia del metal contra la deformación “elástica”. Para deformar elásticamente un material con alto módulo elástico se requiere un esfuerzo alto, mientras que un esfuerzo menor será suficiente para deformar elásticamente un material con módulo elástico bajo. No es posible modificar en forma apreciable el módulo de elasticidad de un material dado, ya que  $E$  sólo varía sensiblemente en presencia de texturas (orientación preferencial de granos) o modificando apreciablemente la composición. Por ésta razón en el caso de los aceros, por ejemplo, el módulo de Young será el mismo así se trate de un acero aleado o un acero al carbono.

Sin embargo, se conoce que ciertos procesos que se llevan a cabo dentro del material, pueden disminuir el valor de  $E$ ; entre estos se puede mencionar: el endurecimiento por precipitación, descomposición eutectoide, deformación en frío, aumento de la temperatura de trabajo, etc.

### 2.6.2 Diagrama esfuerzo-deformación

La figura 29 representa en una gráfica, una curva típica esfuerzo-deformación ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) de ingeniería para un acero de bajo carbono (1020). Se observa la región elástica en la cual se cumple la Ley de Hooke denotada por la ecuación la deformación es proporcional al esfuerzo, hasta un valor de  $\sigma_E$  llamado “límite elástico”, a partir del cual empieza una deformación no recuperable, es decir, se entra a la región de deformación plástica, en la que ya no existe una relación directa entre esfuerzo y deformación.

Figura 29 Diagrama esfuerzo-deformación



Fuente: Felipe Diaz C.R.2011. Diseño de elementos de máquinas.Cuautitlán Izcalli

Diagrama esfuerzo - deformación para un acero de bajo contenido de carbono. En el diagrama, P es llamado Límite de Proporcionalidad, E Límite Elástico, Y punto de Fluencia Superior, L punto de Fluencia Inferior, U Resistencia máxima y R Resistencia a la Fractura. El límite elástico de los materiales es un dato de suma importancia para el diseño, ya que el rebasar este valor conduciría a una deformación plástica, con pérdida de tolerancia y otros problemas.

Uno de los principales objetivos de los tratamientos térmicos es precisamente la elevación del límite elástico, lo que implica un aumento de la resistencia del material a la deformación plástica; esto es lo que se entiende por “aumentar la dureza” de un material.

También, a partir de dicho diagrama se pueden obtener las siguientes propiedades:

- Límite proporcional: Es el mayor esfuerzo para el cual puede aplicarse la ley de Hooke. En otras palabras, es el esfuerzo en el extremo de la porción recta de la curva esfuerzo-deformación.
- Resistencia Máxima: Es el mayor esfuerzo, basado en la sección original, que puede soportar un material. También conocida como resistencia última.
- Resistencia a la ruptura: Es el esfuerzo en un material, basado en la sección transversal original en el instante en que se rompe. También conocido como resistencia a la fractura.
- Elasticidad: Se refiere a la habilidad de un material para deformarse bajo una carga o esfuerzo y recuperar sus dimensiones originales cuando el esfuerzo se retira.
- Plasticidad: Es la cualidad de un material para deformarse bajo un esfuerzo o carga y retener esta deformación después de retirar la carga o esfuerzo.
- Resistencia a la cedencia o a la fluencia: Es aquel esfuerzo que causará en el material una cierta cantidad específica de deformación plástica. Usualmente se determina por el método de la mínima deformación permanente. La resistencia a la cadencia es el esfuerzo en donde se intersectan la línea curva y la línea recta en el diagrama de esfuerzo-deformación.

### 2.6.3 Los esfuerzos normales máximo y mínimo

$S_n$  (máx.)  $S_n$  (mín.). son esfuerzos de tracción o compresión y pueden determinarse para el caso general de una carga bidimensional sobre una partícula por:

$$S_n (máx) = \frac{S_x + S_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{S_x - S_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

$S_x$ : Esfuerzo de tracción o compresión en el punto crítico perpendicular a la sección transversal considerada. Puede tener su origen en cargas axiales o de flexión (o en combinación). Cuando es tracción va con signo (+) y Cuando es compresión con signo (-).

$S_y$ : Esfuerzo crítico en el mismo punto y en una dirección perpendicular al esfuerzo  $S_x$ .

$\tau_{xy}$  : Esfuerzo cortante en el mismo punto crítico actuando en el plano normal al eje Y y en el plano normal al eje x. Este esfuerzo cortante puede tener su origen en un momento de torsión, en una carga transversal (o una combinación)

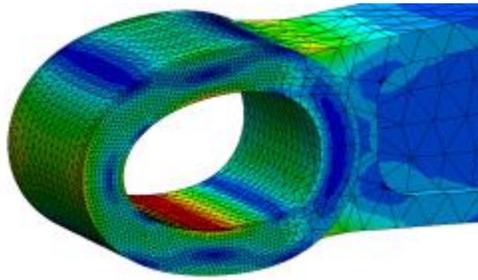
#### 2.6.4 **Introducción al Análisis de Elemento Finito (FEA)**

El análisis del elemento finito es un método numérico ampliamente usado en ingeniería para resolver problemas descritos por una serie de ecuaciones diferenciales parciales. Este tipo de problemas se encuentran muy comúnmente en distintas disciplinas como diseño mecánico, acústica, electromagnetismo, mecánica de fluidos, entre otros estudios, y específicamente en ingeniería mecánica es utilizado para resolver problemas estructurales, de vibraciones y térmicos.

Aunque existen otros métodos numéricos para resolver este tipo de problemas, el que muestra ser más versátil y eficiente es el análisis de elemento finito y ha dominado considerablemente el mercado de los distintos softwares para análisis de ingeniería. El FEA resulta ser una poderosa herramienta que resuelve los problemas por muy simples o complejos que estos sean y es muy utilizado por los ingenieros de diseño durante los procesos de desarrollo.

Sin importar el para qué es utilizado el FEA o la complejidad del estudio, todos los análisis por este método tienen una estructura similar donde el punto de arranque es un modelo geométrico. En el caso específico de Solid Works, este modelo geométrico puede ser una pieza o un ensamblaje. Una vez que tenemos el modelo se le asignan las propiedades del material, cargas y restricciones para posteriormente discretizar el modelo.

Imagen 17 Análisis finito de una pieza



Fuente: <https://ditlag.wordpress.com/2018/03/05/introduccion-a-solidworks-simulation-y-analisis-de-elemento-finito/#:~:text=Solidworks%20Simulation%20es%20una%20herramienta,de%20la%20familia%20de%20Solidworks.>

El proceso de discretización, mejor conocido como “mallado” tiene la función de dividir el modelo en geometrías más pequeñas y simples, llamadas “elementos finitos”. Estos elementos son llamados “finitos” para dejar muy en claro que no son infinitamente pequeños, sino que solo son pequeños en función a la pieza original.

Una vez que ejecutamos un solver para elemento finito, como el incluido en Solidworks Simulation, éste generará un resultado aproximado (por ejemplo, deformaciones o esfuerzos) para el modelo entero, o para cada elemento individual.

Los pasos principales para resolver un problema mediante un software FEA son:

1. **Preprocesamiento:** Se determina el tipo de análisis (estático, térmico, de frecuencia, etc.), las propiedades del material, las cargas y las resistencias, además se efectúa el mallado de la pieza
2. **Ejecución:** Se procesa la información
3. **Postprocesamiento:** En esta sección se analizan los resultados y se configura la visualización de los datos

La etapa de preprocesamiento tiene como objetivo final el convertir un modelo geométrico en un modelo matemático, para lo cual primeramente se simplifica, eliminando condiciones insignificantes para el estudio como pequeños redondeos y otras operaciones.

## 2.7 Características de los Entrenadores

1.- Un equipo totalmente modular y flexible, concebido para el desarrollo de las capacidades profesionales relacionadas con la neumática y la electroneumática.

Su flexibilidad hace que PNEUTRAINER-200 sea un equipo adaptable a todo tipo de requerimientos y necesidades del usuario. Además, posibilita la realización de una inversión escalonada en el tiempo.

Imagen 18 Entrenador electroneumático de SMC

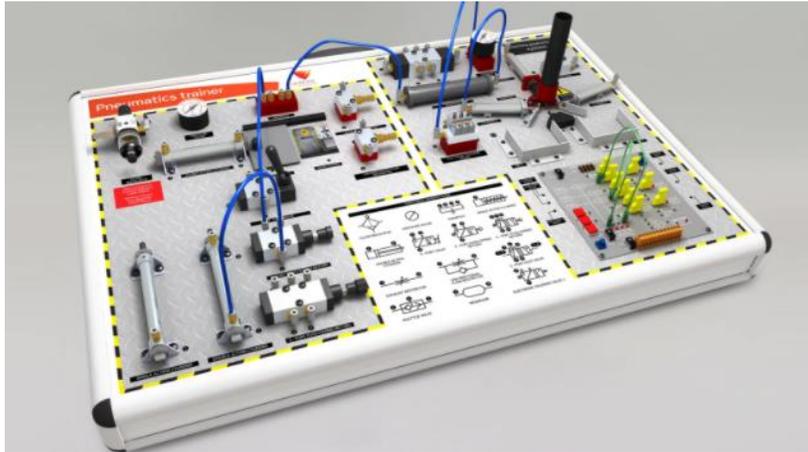


Fuente: <https://www.smctraining.com/webpage/indexpage/206>

2.- El entrenador de Neumática es un recurso del salón de clases que permite la investigación práctica de componentes y sistemas neumáticos.

El entrenador consiste de dos partes. El primer elemento permite a los usuarios conectar componentes para crear circuitos básicos. El segundo elemento es un sistema clasificador electro-neumático que integra sensores electrónicos, actuadores y puertas lógicas para clasificar piezas transparentes y oscuras en diferentes compartimientos.

Imagen 19 Entrenador electroneumático LJ create



Fuente: <https://www.ljcreate.com/es/component/virtuemart/253/20/middle-and-high-school/entrenador-de-electroneumatica-detail>

3.- El entrenador de electroneumático avanzado DLQD-DP202 posee unidades de control electrónico en base del entrenador de neumática DLQD-DP101. Utiliza una unidad de control de revelo separada y botones múltiples de control eléctrico. Los usuarios también pueden elegir un PLC para poder entender mejor y entender el PLC. El PLC puede comunicarse con una PC para realizar control inteligente.

Imagen 20 Entrenador avanzado DOLANG



Fuente: <http://didactic-dolang.es/product-9-2-plc-based-pneumatic-trainer-es/136603/>

# Capítulo 3

## Desarrollo del Proyecto

### 3.1 Determinación de los Componentes del entrenador

Los componentes del entrenador se determinaron de acuerdo a la guía establecida por las necesidades de la materia de Automatización industrial de la carrera Mecánica Industrial.

De acuerdo a los entrenadores DOLANG, SMC, y otro los componentes más adecuados son los siguientes:

Tabla 4 Componentes principales del entrenador

Nro.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1.-	Tablero de entrenamiento didáctico	1
2.-	Final de carrera limit switch	2
3.-	Fuente de alimentación	1
4.-	Unidad de mantenimiento	1
5.-	Electroválvula neumática 3/2 vías	2
6.-	Electroválvula Solenoide 5/2 vías	5
7.-	Electroválvula 5/2 vías Biestable	3
8.-	Electroválvula 5/3 vías Biestable	3
9.-	Cilindro Neumático Doble Efecto	4
10.-	Cilindro Neumático Simple Efecto	2
11.-	Distribuidor	1
12.-	Módulo eléctrico de relés	3
13.-	Módulo PLC	1
14.-	Módulo de pulsadores	2

15.-	Módulo de temporizadores	2
16.-	Juego de chicotillos	1

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1 Selección de componentes neumático y electroneumáticos para el entrenador

Los componentes neumáticos electroneumáticos que se montará en el tablero ranurado del entrenador para proceder el circuito neumático de automatización según guía de prácticas.

Tabla 5 Componentes neumáticos y electroneumáticos

Número	Descripción	Cantidad
1	Electroválvula neumática 3/2 vías	2
2	Electroválvula Solenoide 5/2 vías	5
3	Electroválvula 5/2 vías Biestable	3
4	Electroválvula 5/3 vías Biestable	3
5	Cilindro Neumático Doble Efecto	4
6	Cilindro Neumático Simple Efecto	2
7	Sensor Magnético PNP	2
8	Sensor Inductivo PNP	1
9	Sensor Inductivo PNP DC 6 - 24DC	1
10	Sensor Capacitivo 24 DC	1
11	Micro Interruptores	2
12	Conector M4 x 1/8 BSP	10
13	Conector Conek Codo M4x 1/8 BSP	37
14	Regulador de caudal para 4mm	14
15	Aluminio Laminado 50x80x20mm	1
16	Conectores Antiretorno de 1/8 salida de 4mm	8
17	Conector Recto de 1/8 para tubo de 6mm	1
18	Unidad de mantenimiento	1
19	Racor Recto 6 mm	1
20	Silenciador Neumático para 1/8	24
21	Válvula de 2 vías manual para manguera 4 mm	1
22	Mangueras Poliuretano	3

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 Selección de elementos de control del entrenador

Los componentes eléctricos o módulos tienen su lugar en la estructura del entrenador, que se encuentre en la parte superior del tablero ranurado.

Tabla 6 Elementos de control del entrenador

Número	Descripción	Cantidad
1	Pulsadores	4
2	Llaves de enclavamiento	2
3	Temporizador de 30 s a 30 min	2
4	Switch de 220V con piloto	1
5	PLC	1
6	Relé con piloto de 24V + zócalo	9
7	Módulos Led para llave selectora	2
8	Módulos NC y NO para los pulsadores	6
9	Fuente de 24 DC Siemens	1
10	Conector de poder Macho	1
11	Interruptor 220 v ON/OFF	1
12	Zócalo de 8 Pines	2
13	Sensor Magnético PNP	2
14	Sensor Inductivo PNP	1
15	Sensor Inductivo PNP DC 6 - 24DC	1
16	Sensor Capacitivo 24 DC	1
17	Micro Interruptores	2

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Diseño de la estructura del entrenador

Uno de los principales criterios que se tienen en cuenta en el desarrollo del proyecto es la ergonomía. Ésta se define como la disciplina científica que se relaciona con la comprensión de las interacciones entre humanos y otros elementos de un sistema, igualmente, como la profesión que busca la optimización del bienestar de las personas y el rendimiento global del sistema aplicando teoría, principios, datos y métodos para el diseño. Se utilizará la ergonomía para adaptar el producto y el entorno a las dimensiones, capacidades y necesidades de los

estudiantes e instructores, para así aumentar factores como eficiencia, seguridad y bienestar en los usuarios finales del producto. Este aspecto es de vital importancia en el diseño del banco de trabajo, pues así se asegura que el personal involucrado en el uso del componente no sufra fatigas y/o lesiones musculares producto de esfuerzos innecesarios.

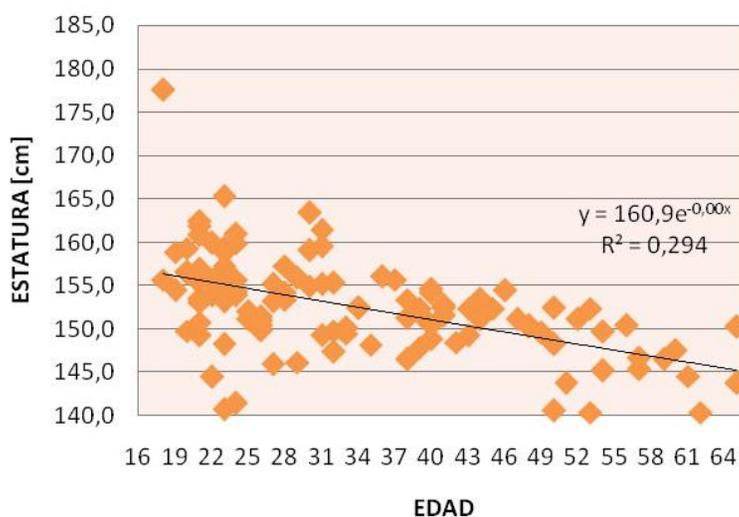
### 3.2.1 La Antropometría

Se define como la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas.

Diseñar el puesto de trabajo para que se ajuste a los estudiantes. El diseño depende de la población donde se utilizó el promedio de las medidas antropométricas.

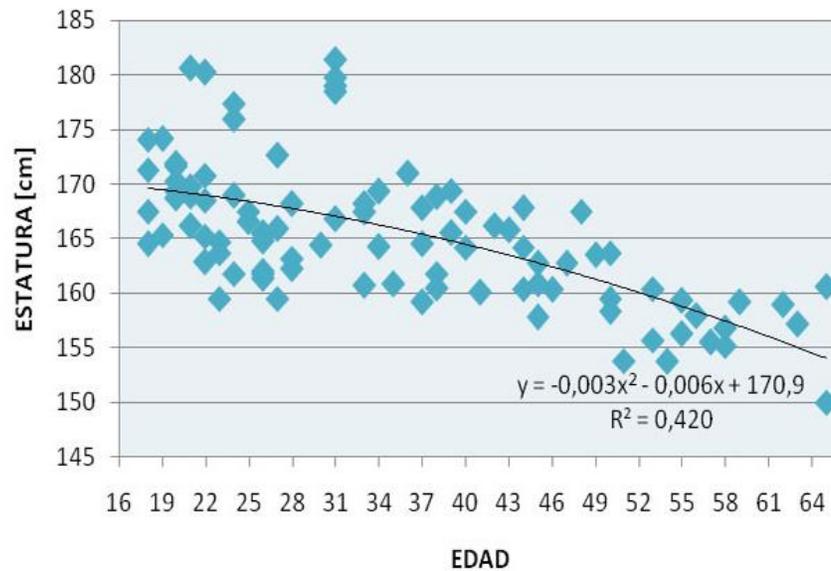
La Paz no cuenta con una base oficial de datos antropométricos de la población. La tabla 7 de la página 73 muestra los parámetros antropométricos de la población del año 2012, femenina y masculina, respectivamente; de las cuales se toman los datos necesarios para dimensionar la estructura del entrenador.

Figura 30 Resultado estudio relación estatura vs edad, mujeres



Fuente: <http://iiifi.umsa.bo/estudio-antropométrico>

Figura 31 Resultado estudio: relación estatura vs. edad hombres



Fuente: <http://iiifi.umsa.bo/estudio-antropom%C3%A9trico>

Tabla 7 Medidas antropométricas parámetros antropométricos de la población

Parámetros de Masculino y Femenino	Media (cm)
Altura del piso al codo	102.15
Alcance de brazo hacia el costado	73.8
Alcance min. brazo extendido	68,5
Altura del hombro al piso (acromial)	132.5

Fuente: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37967404>

El tipo de trabajo que se realice determina una altura óptima para la superficie de trabajo. Para trabajo de precisión, la altura de la superficie de trabajo debe ser de 0 a 10 cm por encima del codo, lo cual sirve de soporte reduciendo las cargas estáticas en los hombros. Para trabajo ligero, la altura de la superficie de trabajo debe de ser de 0 a 10 cm por debajo del codo para materiales y herramientas pequeñas. Para trabajo pesado, la altura de la superficie de trabajo

debe ser de 10 a 20 cm debajo del codo para permitir un buen trabajo muscular de la extremidad superior.

### 3.2.2 **Altura de trabajo**

Al determinar la altura adecuada de la superficie de trabajo, es importante tener en cuenta:

- La altura de los codos del trabajador.
- El tipo de trabajo que habrá que desarrollar.
- El tamaño del producto con el que se trabajará.
- Las herramientas y el equipo que se habrán de usar

Hay que seguir las siguientes normas para que el cuerpo adopte una buena posición si hay que trabajar de pie:

- Estar frente al producto o la máquina.
- Mantener el cuerpo próximo al producto de la máquina.
- Mover los pies para orientarse en otra dirección en lugar de girar la espalda o los hombros.

$$H = M - 10cm.....Ecuación 10$$

$$H = 102.15 \text{ cm} - 10 \text{ cm}$$

$$H = 92.15 \text{ cm}$$

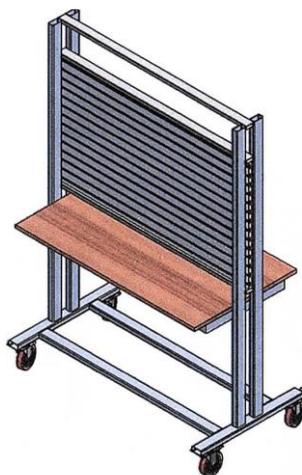
Donde:

*H*: Es la altura del piso a la mesa

*M*: es la media de la altura del piso al codo

Según la tabla 7 la media será  $M = 102,15 \text{ cm}$

Figura 32 Estructura del entrenador propuesta



Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.3 Área de trabajo

El espacio de la superficie de la mesa que puede alcanzarse con la mano sin esfuerzo individualmente por la longitud de los brazos recibe el nombre de área de alcance.

Las zonas laterales son difíciles de alcanzar e innecesarias para el banco, por lo que se descartan. Quedando un área rectangular de 40 cm de profundidad por 120 cm de ancho.

### 3.2.4 Altura máxima de trabajo

Al determinar la altura máxima del banco es necesario conocer la medida máxima de asiento con el brazo extendido, la cual es de 68.5 cm. La media de hombre y mujeres para el percentil 50 se presenta en las Tablas 7 (pág. 73).

Conociendo la altura acromial promedio para hombres y mujeres, se obtiene un promedio de 132.5 cm de tabla 7 (pág. 73). Para el trabajo cómodo con el brazo extendido se toma un ángulo de 30° con la horizontal, por lo que la mayor altura a la cual se trabaja con un elemento.

$$H_{max} = A_{acro} + (B_{ex} * \sin 30) \dots \dots \dots \text{Ecuación 11}$$

$$H_{max} = 132.5\text{cm} + (68.5\text{cm} * \sin 30^\circ)$$

$$H_{max} = 166,8\text{cm} \cong 167\text{cm aprox}$$

Donde:

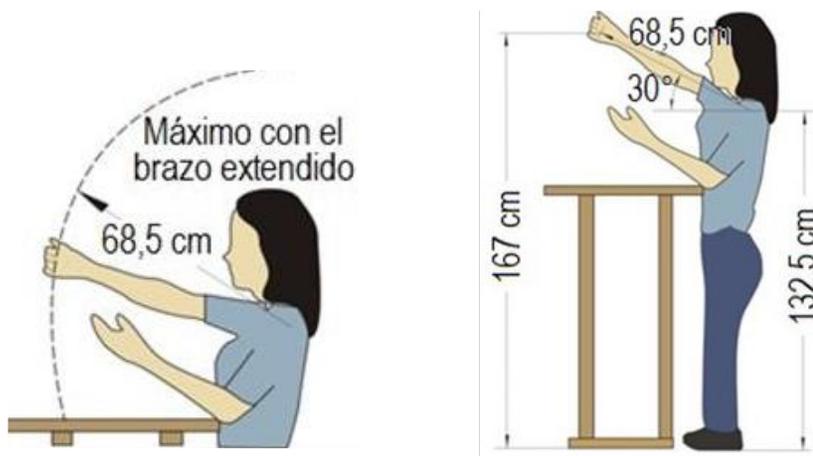
**H<sub>max</sub>**: Altura máxima de trabajo

**A<sub>acro</sub>**: Altura Acromial

**B<sub>ex</sub>**: Brazo Extendido

Figura: Brazo Extendido y medida altura máxima.

Figura 33 Brazo extendido y altura máxima

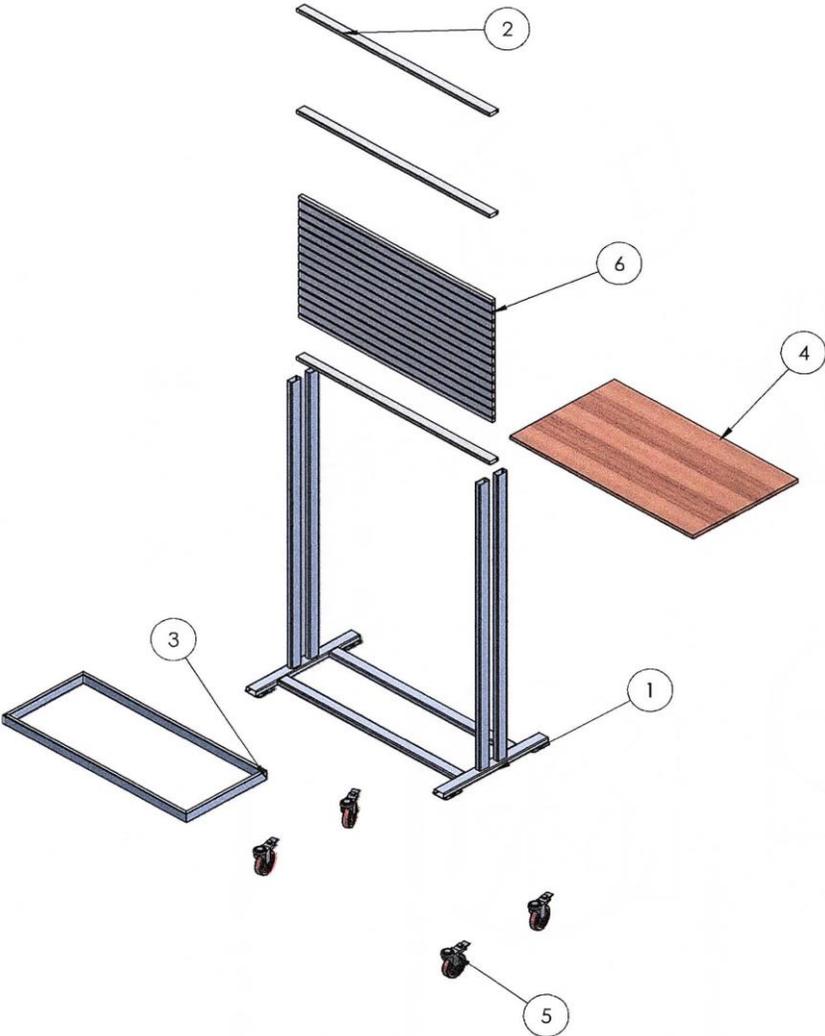


Fuente:[https://www.researchgate.net/publication/319974449\\_Construccion\\_de\\_un\\_banco\\_para\\_practicas\\_electroneumaticas](https://www.researchgate.net/publication/319974449_Construccion_de_un_banco_para_practicas_electroneumaticas)

### 3.2.5 Elementos a construir de la estructura

Las partes de la estructura del entrenador están definidas de acuerdo a la necesidad y comodidad para los estudiantes, que consta de los siguientes elementos metálicos y no metálicos.

Figura: Elementos del entrenador propuesto



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8 Elementos de la estructura del entrenador

N° DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura base	Tubo rectangular 30x60x1.2mm	1
2	Largueros	Tubo rectangular 20x50x0.9mm	3
3	Base soporte madera	Tubo rectangular 20x50x0.9mm	1
4	Aglomerado	Melamínico 1140 x 650 mm	1
5	Rueda	Ruedas giratorias con freno de 3"	4
6	Panel	Aglomerado ranurado de 1200x600	1

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.6 Dimensionamiento del entrenador

Las dimensiones del entrenador será según el análisis que se realizó, tomando en cuenta la ergonomía y la comodidad tomando como herramienta la Antropometría para evitar las fatigas musculares en los estudiantes de la carrera.

Tabla 9 Dimensionamiento de la estructura del entrenador

Altura máxima del entrenador	167cm
Altura del piso a la mesa de trabajo	92cm
Área del panel de trabajo	60cm de profundidad x 120 cm de ancho

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.7 Análisis estructural estático

Para el diseño estructural, las cargas a las que estará sometidas serán la sumatoria de todo peso de los elementos, es decir los módulos eléctricos, la fuente, las electroválvulas, la unidad de mantenimiento, válvula de distribución y partes del entrenador y el peso de un estudiante.

### 3.2.8 Determinación de la carga en la estructura

Después de haber pesado una serie de electroválvulas, módulos, cilindro, panel ranurado, etc. para aplicaciones electroneumáticas, se toma los pesos que detalla en la tabla 10.

Tabla 10 Datos de los accesorios del entrenador

Nro.	Descripción	cantidad	Peso unitario	Peso total
1.-	Electroválvulas con sus bases	12	700 gr	8400 gr
2.-	Módulos eléctricos	10	800 gr	8000 gr
3.-	Peso de los cilindros con sus bases	6	1000 gr	6000 gr
4.-	Panel aglomerado ranurado	1	14000 gr	14000 gr
5.-	Panel aglomerado para la mesa	1	15500 gr	15500 gr
6.-	Cajas metálicas	2	14000 gr	28000 gr
7.-	Peso de un estudiante promedio	1	75000 gr	75000 gr
8.-	Peso válvula de distribución	1	400 gr	400 gr
9.-	Peso de unidad de mantenimiento	1	450 gr	450 gr
			total	155750 gr

Fuente: Elaboración propia

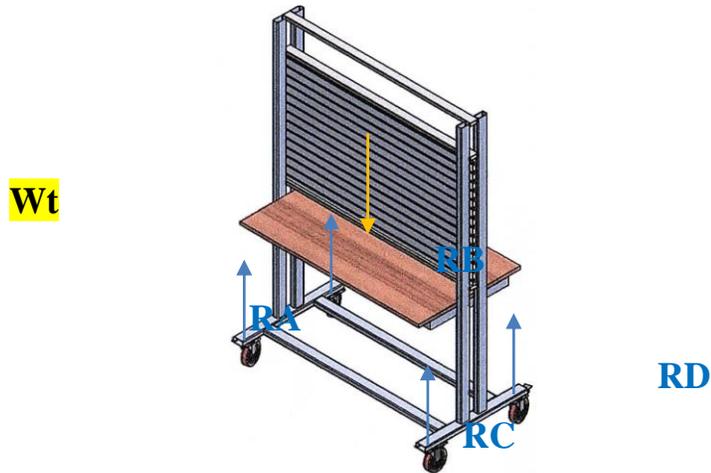
La carga total sobre el banco será de 155.75 kg que es igual a 1527.9 N. RA, RB, RC y RD son las reacciones en las 4 ruedas sobre las que va apoyado el banco. El análisis estático de fuerzas del banco es:

$$\sum Fy = 0$$

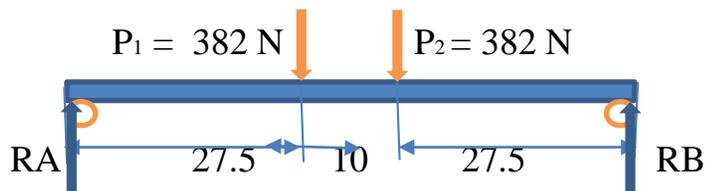
$$RA + RB + RC + RD - Wt = 0$$

Donde:

el peso total es  $Wt = 1528 \text{ N}$  →  $RA + RB + RC + RD = 1528 \text{ N}$



Analizamos el momento flector de barra AB donde: se tiene 2 reacciones y 2 fuerzas verticales que son:



$$(\uparrow+) \sum Fy = RA + RB - P1 - P2 = 0$$

$$\sum MA = 0$$

$$P1 * 0.275 + P2 * 0.375 + RB * 0.65 = 0$$

Despejando y reemplazando tenemos  $-RB = (382 * 0.275 + 382 * 0.375) / 0.65$

$$RB = 382 \text{ N} \quad \text{y} \quad RA = 382 \text{ N}$$

El esfuerzo por flexión se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\sigma = (Mc)/I \dots \dots \dots \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo normal.

M = Momento flector.

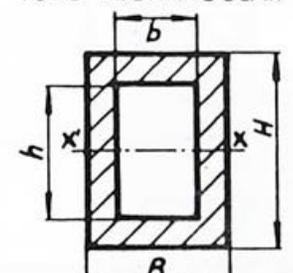
c = Distancia entre el esfuerzo máximo y el eje neutro.

I = Momento de inercia.

Mmax = 103.9 N/m

Momento de inercia para el área mayor.

Figura 34 Momento de inercia

<p>TUBO RECTANGULAR</p> 	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$0,0833 \times (BH^3 - bh^3)$	$\frac{H}{2}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$
--	--------------------------	-------------------------------	---------------	--------------------------

Fuente: Ediciones Ceac, S.A. 3 ra edición Peru 164- 08020 barcelona

El momento de inercia total es:

$$I = \frac{BH^3 - bh^3}{12} \dots \dots \dots \text{Ecuación 13}$$

Donde :

$$I = \frac{30 \times 50^3 - 27 \times 47^3}{12}$$

$$I = 78898.25 \text{ mm}^4$$

Por lo tanto, el esfuerzo normal es:

$$\sigma = \frac{103.9 \frac{N}{m} \times 0.025m}{7.889825 \times 10^{-8}m^4}$$

$$\sigma = 32.92Mpa$$

Como toda la estructura está construida con acero, los datos para el acero son:

El material elegido para la construcción de la estructura es de un tubo rectangular de acero al carbono 30 x 60 x 1.2 mm que pertenece a la norma ASTM A 500. Según la misma obtenemos el límite de fluencia máximo será:

$$\sigma_f = 315 Mpa$$

Tabla 11 Propiedades mecánicas ASTM A500 de grado A y B

SECCIÓN	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)
REDONDO	A	230	310
CUADRADO Y	A	270	310
RECTANGULAR	B	315	400

Fuente: file:///C:/Users/USER/Downloads/Catalogoproductosacerosarequipa.pdf

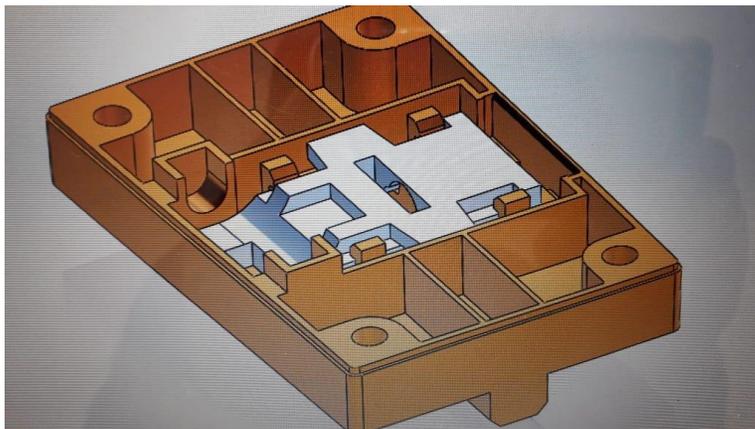
### 3.3 Diseño de bases y elementos de sujeción

Análisis del mecanismo de sujeción de las bases, para sujetar las electroválvulas, distribuidor en el tablero con ranura del entrenador se realiza mediante un mecanismo de traba y palanca para que la base se pueda sujetar en el tablero con ranura mediante el accionamiento manual.

### 3.3.1 Modelado de bases de sujeción en 3D

Para el diseño de las bases, tomando en cuenta la resistencia del filamento y la ventaja de utilizar un programa de dibujo Solid Works que es compatible con la impresora en 3D, se puede dibujar y visualizar antes de poder imprimir así tomamos en cuenta la cantidad de material de plástico que podemos suprimir en el diseño para un costo económico.

Figura 35 Base de la electroválvula en Solid Works



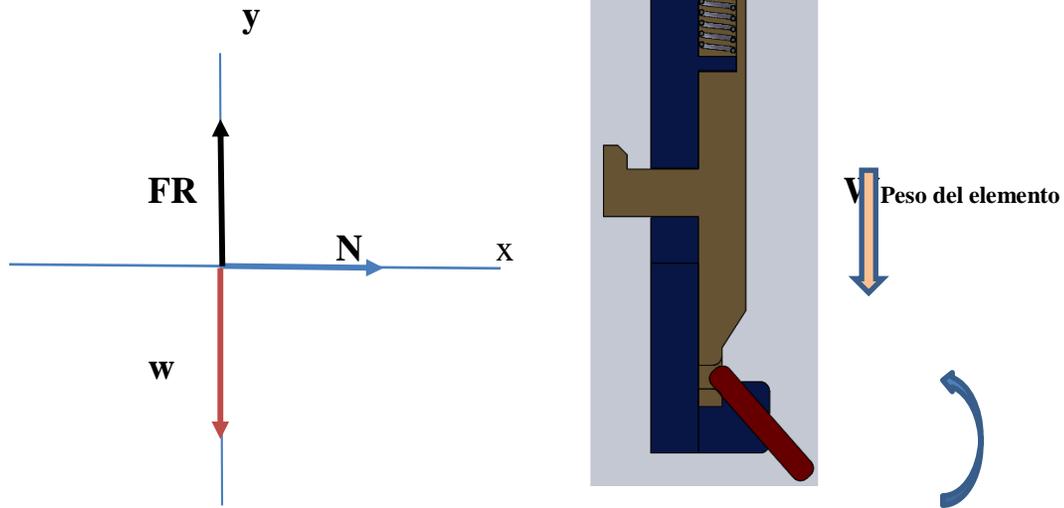
Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 Análisis de resistencia del sistema de sujeción de las bases

Para analizar la resistencia se tomó en cuenta el mecanismo que tiene de traba y palanca donde se utiliza un resorte que es accionado mediante una palanca, según gráfico y tomando en cuenta las dimensiones se pudo calcular la resistencia del sistema.

Figura 36 Sistema de traba de la base de las electroválvulas

Diagrama de cuerpo libre:



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2.1 El peso total de elemento

El peso del elemento con mayor peso es la electroválvula 5/3 vías biestable con todo su accesorio como ser la base, los tonillos, los bornes de conexión y el racor, los cables al conectar es de 950 gramos. Seleccionamos mediante la tabla un resorte que pueda resistir esa fuerza que es el peso.

Entonces por la ley de Hooke

$$F = mg = kx \dots \dots \dots \text{Ecuación 14}$$

Datos: donde la fuerza del resorte requerida es 950 gr = 0.95 kgf = 9.32 N

$$F = 9.32 \text{ N}$$

Se selecciona un resorte de acuerdo a requerimientos del alojamiento del resorte, de acuerdo a la tabla 12 pág. 85 con el código LC 022C 02 del catálogo Lee spring.

Tabla 12 Datos técnicos de fabricantes del resorte

LC 020C 09	.240	6.10	.250	6.35	.020	.51	2.000	.906	0.750	19.05	3.20	0.057	0.182	4.62	F	F	K
LC 020C 10									0.813	20.65	2.90	0.052	0.194	4.93	G	G	L
LC 020C 11									0.875	22.23	2.70	0.048	0.208	5.28	G	G	L
LC 020C 12									1.000	25.40	2.40	0.043	0.232	5.89	G	G	L
LC 020C 13									1.250	31.75	1.90	0.034	0.282	7.16	G	G	L
LC 020C 14									1.500	38.10	1.57	0.028	0.332	8.43	G	G	L
LC 020C 15									1.750	44.45	1.32	0.024	0.382	9.70	G	G	L
LC 020C 16									2.000	50.80	1.15	0.020	0.432	10.97	G	G	L
LC 022C 00									0.250	6.35	18.30	0.326	0.085	2.16	F	F	K
LC 022C 0									0.313	7.95	14.10	0.251	0.097	2.46	F	F	K
LC 022C 01									0.375	9.53	12.00	0.214	0.111	2.82	F	F	K
LC 022C 02									0.438	11.13	10.00	0.178	0.122	3.10	F	F	K
LC 022C 03									0.500	12.70	9.00	0.160	0.133	3.38	F	F	K
LC 022C 04									0.563	14.30	8.00	0.143	0.144	3.66	F	F	K
LC 022C 05									0.625	15.88	7.00	0.125	0.155	3.94	F	F	K
LC 022C 06	.240	6.10	.250	6.35	.022	.56	3.250	1.472	0.688	17.48	6.00	0.107	0.177	4.50	F	F	K
LC 022C 07									0.750	19.05	5.50	0.098	0.188	4.78	F	F	K
LC 022C 08									0.813	20.65	5.00	0.089	0.199	5.05	G	G	L
LC 022C 09									1.000	25.40	4.25	0.076	0.225	5.72	G	G	L
LC 022C 10									1.250	31.75	3.30	0.059	0.283	7.19	G	G	L
LC 022C 11									1.500	38.10	2.80	0.050	0.324	8.23	G	G	L
LC 022C 12									1.750	44.45	2.30	0.041	0.390	9.91	G	G	L
LC 022C 13									2.000	50.80	2.00	0.036	0.440	11.18	G	G	L

Fuente:

[https://rcclases.jimdofree.com/app/download/13518512430/Catalago+2014+Completo.pdf?](https://rcclases.jimdofree.com/app/download/13518512430/Catalago+2014+Completo.pdf?t=1499440823)  
t=1499440823

$K = 0.178 \text{ kg mm}$

$k$ ; es la constante

$L_0 = 11.13$

$L_0$ ; es la longitud del resorte sin carga

$F = 1.47 \text{ Kg}$

$F$ ; es la carga aproximada a la altura solida

$d = 0.56 \text{ mm}$

$d$ ; es diámetro del alambre

$D = 6.10 \text{ mm}$

$D$ ; es el diámetro exterior del resorte

Calculamos la distancia mínima de compresión, despejando  $x$  de la ley de Hooke

$$F = Kx \quad \text{donde la} \quad x = F/k = 1.47 \text{ kg} / 0.178 \text{ kg mm}$$

$$x = 8.26 \text{ mm}$$

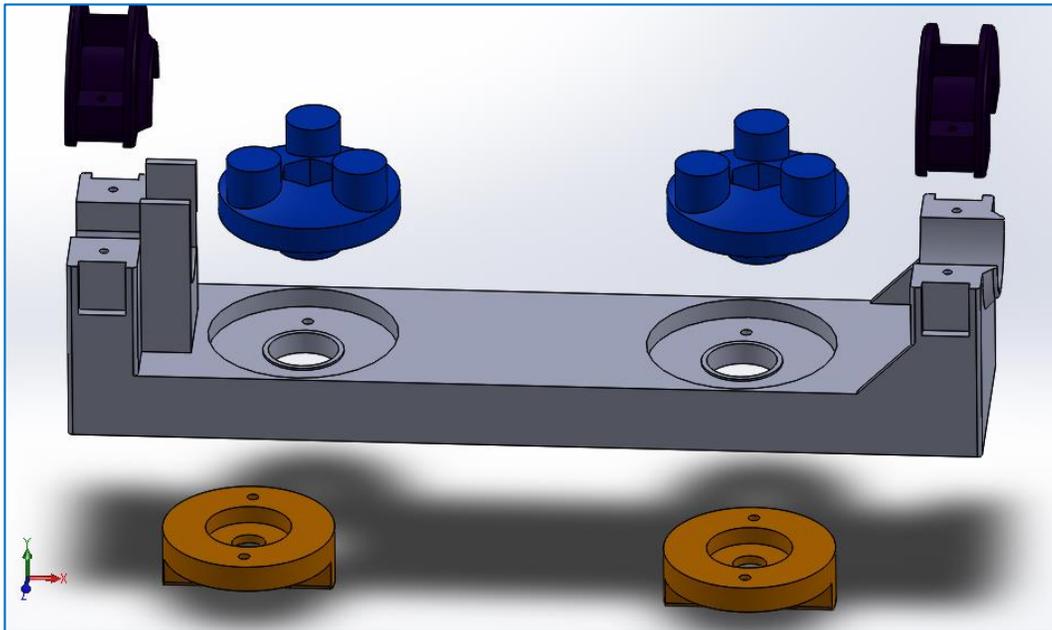
### 3.3.3 Modelado de las bases de los actuadores en 3D

Parámetros de diseño para las bases

- Debe sujetar el actuador en las ranuras del tablero de manera estable y no ocupar en exceso el espacio.

- Se debe fijar para poder soportar el impacto de los actuadores cuando esté trabajando mediante un sistema de sujeción por tornillo.
- Permitir fácil manipulación

Figura 37 Base del actuador y sus piezas para el acople



Fuente: Elaboración propia

Impresora 3D: Esta herramienta juega un papel muy importante, porque permite fabricar una variedad de piezas que son fundamentales para este proyecto y que hace que este sea una nueva forma de diseño en Cad y poder reflejar la creatividad de los estudiantes.

### 3.3.4 Análisis del sistema de sujeción de las bases del actuador

Para ubicar los elementos neumáticos en el tablero de trabajo del banco, se hace necesario diseñar bases con un sistema de sujeción que sea capaz de contrarrestar la fuerza que generen los componentes durante las prácticas de laboratorio.

El sistema de sujeción se diseña con un sistema de rosca accionada manualmente con perillas haciendo este que no se pueda utilizar herramientas por el estudiante.

La fuerza generada por el cilindro neumático se halla con la siguiente fórmula:

$$F_{cilindro} = P * A \dots\dots\dots\text{Ecuación 15}$$

donde el área es  $A = \pi * r^2 \quad A = \pi * \left(\frac{20mm}{2}\right)^2$

$$A = 314.15mm^2 = 3.14 \times 10^{-4}m^2$$

presión del sistema es 8 bar

$$F_{cilindro} = 800000N/m^2 * 3.14 \times 10^{-4}m^2$$

$$F_{cilindro} = 251.2 \text{ N}$$

Analizando Esfuerzo por aplastamiento es cuando el material no resiste, posible falla Bearing stress. Donde:

$\sigma_b$  : esfuerzo de aplastamiento

n: número de tornillo

A: área del material

$$\sigma_b = \frac{F_{cilindro}}{nA} \dots\dots\dots\text{Ecuación 16}$$

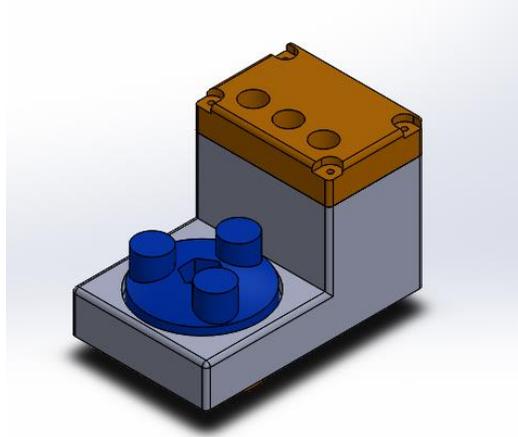
$$\sigma_b = \frac{251.2 \text{ N}}{2*(6.35 \times 10^{-5})} = 1977.95kN/m^2$$

Hacemos la comparación con coeficiente de seguridad de 4 con Módulo de elasticidad según el Anexo 13 y página 137 será para un material de PLA+ es de 51MPa.

### 3.3.5 Modelado de las bases de finales de carrera

El sistema de sujeción de las bases de los finales de carrera se analiza las dimensiones del final de carrera obtenido y analizando la altura de accionamiento para el actuador, se diseña las bases que se sujetara mediante el uso de un tornillo de M 6 x 1 acoplados a una rueda acanalada de forma de un hexágono para el apriete entre el tablero y la base, el montaje de final de carrera se realiza de forma manual y rápida sin el uso de herramientas que podría ser destornilladores y llaves de boca, etc.

Figura 38 Base de final de carrera Propuesta



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.6 Análisis del sistema de sujeción de la base de final de carrera

El análisis se realiza tomando en cuenta el material a unir que es el tablero y la base que es de plástico para la impresora 3D, la fuerza de aplicación manual que tomaremos de 20 N para los dedos, tomando en cuenta el tornillo de M 6 \* 1 con cabeza hexagonal

$$F_1 * 2 * R * \pi = F_2 * P \dots \dots \dots \text{Ecuación 17}$$

Donde:

$F_1$ : Fuerza del perímetro de giro

$F_2$ : carga del tornillo

$R$ : radio de giro del trayecto de la fuerza

$P$ : paso del tornillo

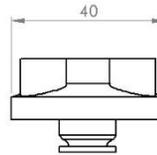
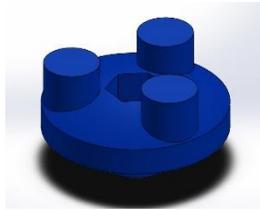
El diámetro de la perilla es de 40 mm

La puerza manual será de 20 N =  $F_1$

Paso es 1mm

$$20N * 2 * 20 * \pi = F_2 * 1$$

$$F_2 = 2513N$$



Tomando en cuenta el material a sujetar es de plástico la  $F_2$  es más que suficiente para sujetar.

### 3.4 Cálculo y selección de los componentes de control eléctrico

Los componentes eléctricos se seleccionan de acuerdo a la cantidad módulos requeridos en la guía de prácticas que como objetivo cumplir las exigencias del mercado laboral.

Tabla 13 Módulos eléctricos a emplearse

Descripción	Detalles	N° de módulos
Fuente de Alimentación marca SIEMENS	24 dc/2.5A en una caja metálica	1
LOGO SIEMENS Y EXTENSIÓN	24DC/ con 8 salidas, en caja metálica	1
Relé de marca SIEMENS	de 24 DC/10A 220 AC de 15A caja metálica	3
Temporizador en marca CAMSCO	de 24dc – 220 ac/dc 5A 220ac en caja metálica	2
Pulsadores en marca SIEMENS y llave seleccionadora	De 24DC 15A/220dc	2

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.4.1 Análisis del consumo de corriente de elementos eléctricos.

Todos los elementos eléctricos del entrenador tienen un consumo de corriente que por más mínima que sea, se realiza la suma de corriente del ejercicio de la práctica que tiene la mayor cantidad componentes eléctricos para verificar si la fuente de alimentación del sistema es lo

suficiente para resistir o si esta sobre dimensionado. A continuación, veremos la siguiente tabla 14 de componentes eléctricos.

Tabla 14 Elementos eléctricos

N°	Elemento eléctrico	cantidad	Corriente de consumo	CORRIENTE TOTAL
1	Relés SIEMENS LZS:PT5A5L24	9	0.03 A	0.27
2	PLC Logo 24RC siemens	1	0.03 A	0.03
3	Modulo expandible del logo DM8	1	0.3 A	0.3
4	Bobina del selenoide de las electroválvulas	10	120 mA	1.2
5	Led de los pulsadores	6	0.015 A	0.09
6	Relé Analógico temporizador	2	0.083 A	0.16
7	Sensor capacitivo	2	0.03 mA	0.06
8	Sensor inductivo	2	0.03 mA	0.06
TOTAL				2.17 A

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2 Selección de la fuente de alimentación de energía eléctrica

La fuente de alimentación del sistema eléctrico debe tener una tensión de 24 VCC, para alimentar a todo el sistema eléctrico del entrenador comparando el total de los consumidores 2.17 A. Que a comparación con la fuente esta sobre dimensionado.

Se selecciona la fuente inmediata superior de 2.5 Amp. De acuerdo a la tabla del modelo SITOP PSU100S 24 V/2,5 A

Se conoce que el equipo de entrenamiento didáctico en el momento de la manipulación puede generar corto circuito por una mala operación la fuente de alimentación cuenta contra protección de corto circuito. Ver datos técnicos Anexos 17 página 140.

Imagen 21 Fuente de alimentación de 24 DC



Fuente: <https://docs.rs-online.com/ed16/0900766b816911f3.pdf>

### 3.4.3 Selección de relés

Existen una infinidad de relés, para un entrenador tienen que tener siguientes características:

- Trabajar con tensión de 24 V
- Tener la mayor cantidad de conexiones
- Marca conocida y confiable como SIEMENS
- Manejar corriente a la de trabajo en sus contactos de salida.
- Señalización de luz led del relé en funcionamiento.
- Tamaño compacto he ideal para la realización de los módulos.

Las características técnicas del relé seleccionado ver anexos 16 página 139

Imagen 22 Relé de 24 DC siemens



Fuente: file:///C:/Users/USER/Downloads/LZS%253aPT5A5L24\_datasheet\_es.pdf

#### 3.4.4 Selección de relés temporizador

El temporizador analógico que se selecciono es muy práctico y didáctico para el entrenador que trabaja con 24 DC 3S, 30S, 3M, 30M.y ajuste manual ver anexos 9 página 135.

Imagen 23 Relé temporizador Analógico



Fuente: [https://www.facebook.com/Camscontrols-SRL-](https://www.facebook.com/Camscontrols-SRL-1442282835852082/photos/pcb.2402909019789454/2402908919789464/)

[1442282835852082/photos/pcb.2402909019789454/2402908919789464/](https://www.facebook.com/Camscontrols-SRL-1442282835852082/photos/pcb.2402909019789454/2402908919789464/)

### 3.4.5 Selección del PLC logo

Existe variedad de logo en la marca SIEMENS por ser una de las marcas que mayor confiabilidad, y fácil uso, manejo, económico y se añaden otros accesorios, se programa manualmente y con software que existe en nuestro mercado

La selección del PLC12-24 RC trabaja con corriente de 24DCV, el modelo que utilizamos es muy versátil y estándar, y tiene una pantalla para su programación manual. Tiene un módulo expandible de 24 V y relé logo DM8 4D1/4DO.

Imagen 24 PLC logo siemens



Fuente: <http://mistrabajoselectricidadhyllary.blogspot.com/2015/02/funciones-de-logo.html>

### 3.4.6 Dimensionamiento y Selección de conductores eléctricos

Como la corriente nominal es de 2.17 A

$$i_{diseño} = 1.25 * I_{nominal} \dots \dots \dots \text{Ecuación 18}$$

$$\Rightarrow i_{diseño} = 1.25 * 2.17 A = 2.71 A \Rightarrow i_{diseño} = 2.71 A$$

Con ello se selecciona el calibre del conductor #18 AWG, Equivalente en sección a 1 mm<sup>2</sup> en cableflex a nivel industrial de cobre es 3 Amperios.

Tabla 15 Selección del tipo de alambre de cobre

Tabla de Equivalencia AWG			
Área mm <sup>2</sup>	N° de Cable	Capacidad de Corriente	
1.0	18	AWG	3A
1.5	16	AWG	8A
2.5	14	AWG	13A
4.0	12	AWG	18A
6.0	10	AWG	25A
10.0	8	AWG	33A
16.0	6	AWG	50A
25.0	4	AWG	70A
35.0	2	AWG	90A
50.0	1/0	AWG	130A
70.0	2/0	AWG	175A
95.0	3/0	AWG	213A
120.0	4/0	AWG	300A
150.0	300	AWG	375A
185.0	400	AWG	455A
240.0	500	AWG	515A
300.0	600	AWG	
350.0	700	AWG	
400.0	800	AWG	
500.0	1000	AWG	

- Potencia (trif)	$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta$
Monofásico 110 / 220 V	
Arranque	Trabajo
1 HP = 415 UF	1 HP = 17.5 UF
- 1 BAR	14.22 PSI (Lbs./plg <sup>2</sup> )

Fuente: <https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php>

### 3.5 Cálculo del caudal máximo del entrenador

Tomando en cuenta la cantidad de actuadores que tenemos en el entrenador y la altura en el que se encuentra el entrenador (3500 msnm) del compresor se realiza el caudal máximo. A mayor altitud el consumo de aire aumenta considerablemente, por una relación de presiones (RP), según Parker Hannifin Latin America Group, 2003.

$$RP = \frac{67.8Kpa + Pt(Kpa)}{67.7Kpa} \dots\dots\dots \text{Ecuación 19}$$

Consumo de aire tanto en la salida y retorno del cilindro es:

$$V_s = \left( \frac{\pi \times D^2}{4} \right) \times S \times RP \dots \dots \dots \text{Ecuación 20}$$

$$V_r = \left( \pi \frac{D^2 - d^2}{4} \right) \times S \times RP \dots \dots \dots \text{Ecuación 21}$$

Donde:

$V_s$  = volumen de consumo a la salida (m<sup>3</sup>)

$V_r$  = volumen de consumo al retorno (m<sup>3</sup>)

$D$  = diámetro del embolo en (mm)

$d$  = diámetro del vástago en (mm)

$n$  = ciclos por minutos

$S$  = longitud de carrera (mm)

$RP$  = relación de presión según la altitud

Datos de cilindro de simple efecto

Tabla 16 Datos de cilindro de simple efecto

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
Diámetro del embolo	20 mm
Diámetro del vástago	8 mm
Carrera, desplazamiento	50 mm

Fuente: Elaboración Propia

Consumo de aire a 3500 msnm en salida

$$V_s = \left( \frac{\pi \times (20\text{mm})^2}{4} \right) \times 50\text{mm} \times \left( \frac{67.8\text{Kpa} + 6\text{Kpa}}{67.8\text{Kpa}} \right)$$

$$V_s = 17098\text{mm}^3 = 0.017 \text{ litros}$$

Tabla 17 Datos de cilindro de doble efecto

Descripción	Unidad
Diámetro del embolo	20 mm
Diámetro del vástago	8 mm
Carrera, desplazamiento	100 mm

Fuente: Elaboración propia

Consumo de aire a 3500 msnm en salida

$$V_s = \left( \frac{\pi \times (20\text{mm})^2}{4} \right) \times 100\text{mm} \times \left( \frac{67.8\text{Kpa} + 6\text{Kpa}}{67.8\text{Kpa}} \right)$$

$$V_s = 34196.1\text{mm}^3 = 0.0341961 \text{ litros}$$

Consumo de aire a 3500 msnm al retorno

$$V_r = \left( \frac{\pi \times ((20\text{mm})^2 - (8\text{mm})^2)}{4} \right) \times 100\text{mm} \times \left( \frac{67.8\text{Kpa} + 600\text{Kpa}}{67.8\text{Kpa}} \right)$$

$$V_r = 259923.7\text{mm}^3 = 0.259923 \text{ litros}$$

Consumo de aire en cada ciclo, cantidad de cilindros de doble efecto son 4 y de simple efecto son 2 unidades.

$$V_{t1} = (0.017) \times 2 = 0.034 \text{ litros/ ciclos}$$

$$V_{t2} = (0.0341961 + 0.259923) \times 4 = 1.176 \text{ litros/ ciclos}$$

Donde la suma total del cilindro es:

$$V_t = 1.21 \text{ litros/ ciclos}$$

Caudal total es

$$Qt = 1.21 \frac{\text{litros}}{\text{ciclos}} \times 10 \frac{\text{ciclos}}{\text{minutos}}$$

$$Qt = 12.1 \frac{\text{litros}}{\text{minutos}}$$

Tabla 18 Resumen de consumo de aire

	Consumo de aire por (litros/ ciclo)	Cantidad de cilindros	Consumo de aire total (litros/ciclo) x 10(ciclos /min)
Cilindro de simple efecto	0.017	2	0.034
Cilindro de doble efecto	0.294	4	1.176
		Caudal total	12.1 litros /minutos

Fuente: Elaboración propia

Con el caudal total calculado para el uso de entrenador didácticos se debe tener un compresor que esté por encima de la capacidad 12.1 litros/minutos.

Imagen 25 compresor de pistón sugerido



Fuente: <https://www.lacasadelcompresor.com.pe/productos/compresores-schulz/>

Tabla 19 Datos técnicos del compresor sugerido

Desplazamiento teórico (l/m)	153 /lm
Desplazamiento teórico (pcm)	7.4 cfm
Máxima presión de trabajo	125 psi 8.6 bar
Número de etapas	2
Número de pistón	1
Potencia de motor	1.5 hp / 1.1 kw
Volumen de tanque	50 litros
Opciones de tensión (v)	115v
Peso neto	39.6 kg
Dimensiones: ancho/alt/largo	73 x 31.5 x 63 cm
Garantía	02 años en condiciones normales de operación y siguiendo un programa de mantenimiento.

Fuente: <https://www.lacasadelcompresor.com.pe/productos/compresores-schulz/>

### 3.6 Selección de los componentes neumáticos

Selección de componentes neumático en un equipo de entrenamiento neumático se requiere diferentes actuadores simples y de doble efecto que son más empleados.

Entre los componentes tenemos las electroválvulas que son de marca STNC.

#### 3.6.1 Selección de la unidad de mantenimiento

De acuerdo al consumo se seleccionó la unidad de mantenimiento de conexión de 1/8", de acuerdo a la tabla 18 página 97 el caudal total es de 12.1 litros /min

Con el caudal en conocimiento seleccionamos la siguiente unidad de mantenimiento tenemos:

Caudal:

El modelo TC2010-02D con una capacidad de 500 litro siendo el de menor capacidad de caudal que se tiene en este modelo dentro de las unidades de mantenimiento y la existencia en el mercado se seleccionó el mínimo existente ver catalogo Anexo 8 página 134.

### **3.6.2 Selección de elementos de conectores de aire**

Se cuenta con los racors de conexión rápida de 1/8 “que permite conectar y desconectar, de tipo industrial racor en T con salida para manguera de 4 mm.

### **3.6.3 Selección de los conductos flexibles de aire**

La manguera neumática o conocida también en inglés como “pneumatic tubing”, es un artefacto de conexión que tiene la finalidad de permitir el paso del aire comprimido para surtir diferentes dispositivos neumáticos, esta se puede hallar en distintos diámetros y materiales.

Cuando se quiere trabajar con estos elementos, es importante calcular el diámetro de la manguera según la cantidad de fluido que se requiera pasar, esto se debe a que si la medida es más grande el flujo será mucho mayor. Hay que recordar que cualquier material de manguera que se encuentre a una temperatura alta, su resistencia a la presión se reduce.

Por ejemplo, si se necesita suministrar de aire un cilindro neumático, el flujo de este estará directamente relacionado con la velocidad de actuación, sin olvidar que se debe escoger las conexiones, válvulas y componentes apropiados al tamaño de la manguera.

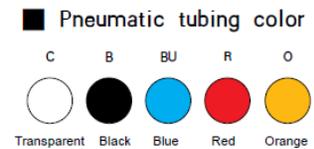
### 3.6.4 Selección de elementos de conexión de aire

Tenemos las conexiones del compresor a la unidad de mantenimiento que soportar la presión máxima del sistema y el caudal, el conector rápido que utilizamos es la manguera de excelentes características:

1. Con buena resistencia a alta presión, vibración, abrasión, clima y flexión.
2. Ligero, fácil de fijar, conveniente para instalar.
3. Con alta precisión en el control de dimensiones, aplicando todo tipo de conector.
4. Muchos colores para elegir.

Tabla 20 Hoja de especificaciones estándar tubo nylon PA

Item	PA0320	PA0425	PA0640	PA0860	PA1065	PA1280	PA1611
O.D (mm)	φ 3.0	φ 4.0	φ 6.0	φ 8.0	φ 10.0	φ 12.0	φ 16.0
I.D (mm)	φ 2.0	φ 2.5	φ 4.0	φ 6.0	φ 6.5	φ 8.0	φ 11.0
W.P kgf/cm <sup>2</sup>	24	24	24	24	24	24	24



Fuente: Catálogo de SNTC pdf

### 3.6.5 Selección del regulador de caudal

La principal función de los reguladores de caudal es la de asegurar el caudal de aire que atraviesa el elemento de una manera automática, sin tener que hacer esta manipulación manualmente. Para ello, el regulador modifica la sección de paso en función de la presión disponible en el conducto para ello seleccionamos para el conector de 4 mm.

Figura 39 Selección del regulador



Type

NSF4 NSF6 NSF8 NSF10 NSF12

Fuente: Catálogo de SNTC pdf

### 3.6.6 Selección de la electroválvula

La función principal es una válvula neumática controlada por micro señal eléctrica, con dimensión pequeña, flujo grande, forma atractiva, rendimiento confiable y larga vida útil. Es un elemento de control direccional ideal, aplicable a la electromecánica integración. Hay múltiples especificaciones para su elección.

Figura 40 Código de pedido de la electroválvula

TG	25	1	1	—	06	C	AC220V
Series	Function	Connection Code	Control Form		Pipe Size	Working Mode	Standard Voltage
	23 : 2 Positions/3Ports 25 : 2 Positions/5Ports 35 : 3 Positions/5Ports	1 : 1/8 2 : 1/4 3 : 3/8 4 : 1/2	1 : Single Solenoid Operated 2 : Double Solenoid Operated 1F : Die Cast Single Solenoid Operated 2F : Die Cast Single Solenoids Operated		06 : G1/8 08 : G1/4 10 : G3/8 15 : G1/2	No Mark : 2 Positions C : 3 Positions Closed Center E : 3 Positions Release Center P : 3 Positions Pressed Center	DC24V AC110V AC220V

Fuente: Catálogo de SNTC pdf

Tabla 21 Referencias técnicas de la electroválvula

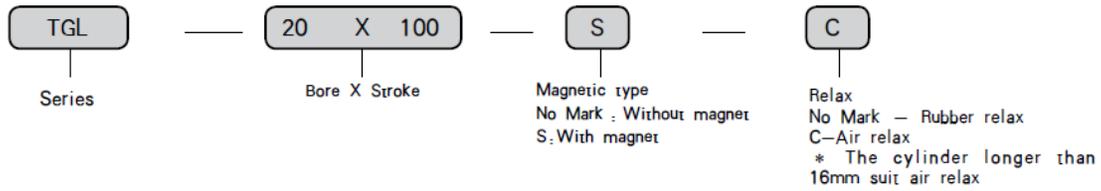
Specification	Item	Function	Pipe Size	Nominal Diameter (mm)	Applicable Medium	Applicable Pressure Range	Operating Method	Max Action Frequency	Lubrication	Medium Temperature
TG2311-06			G1/8	6						
TG2321-08		2 Positions/ 3Ports	G1/4	8	Air	0.15 ~ 0.8 MPa	Internally Piloted	5 Cycles/Sec	Needless	-5 ~ 60°C
TG2331-10	G3/8		10							
TG2341-15	G1/2		15							
TG2511-06 TG2512-06	G1/8		6							
TG2521-08 TG2522-08	2 Positions/ 5Ports	G1/4	8							
TG2531-10 TG2532-10		G3/8	10							
TG2541-15 TG2542-15		G1/2	15							
TG2511F-06 TG2512F-06		G1/8	6							
TG2521F-08 TG2522F-08		G1/4	8							
TG2531F-10 TG2532F-10		G3/8	10							
TG3512-06C.E.P	3 Positions/ 5Ports	G1/8	6	Air	0.2 ~ 0.8 MPa	Internally Piloted	3 Cycles/Sec	Needless	-5 ~ 60°C	
TG3522-08C.E.P		G1/4	8							
TG3532-10C.E.P		G3/8	10							
TG3542-15C.E.P		G1/2	15							

Fuente: Catálogo de SNTC pdf

### 3.6.7 Selección de actuadores

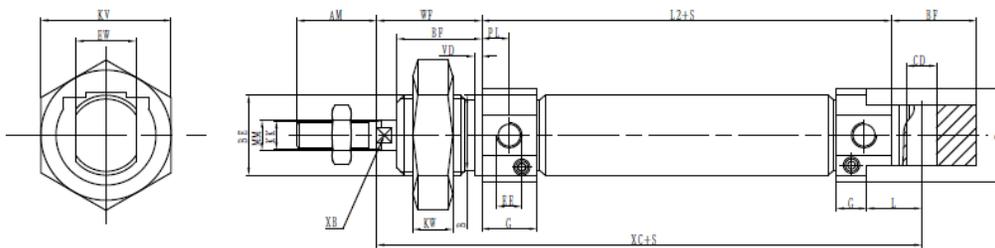
La función es de realizar los movimientos principales de los actuadores con tamaño y dimensiones más adecuados manejo y operación se seleccionaron de la siguiente manera

Tabla 22 datos técnicos del cilindro de doble efecto



Ordering example

1) Bore: 20mm, Stroke: 100mm, single clevis air cushion, Code: TGL-20X100-C



Bore/Type	AM	φ B	BE	BF	φ CD	φ D	EE	G
8	12	12	M12X1.25	12	4	15	8	11.5
10	12	12	M12X1.25	12	4	15	8	11.5
12	16	16	M16X1.5	17	6	20	12	11.5
16	16	16	M16X1.5	17	6	20	12	12.5
20	20	22	M22X1.5	20	8	27	16	15
25	22	22	M22X1.5	22	8	27	16	15

Bore/Type	KV	KW	L	φ MM	PL	VD	WF	XC	XB
8	19	6	6	4	6	2	16	64	3.5
10	19	6	6	4	6	2	16	64	3.5
12	24	8	9	6	6	2	22	75	5
16	24	8	9	6	6	2	22	82	5
20	32	11	12	8	8.2	2	24	95	7
25	32	11	12	10	8.2	2	28	104	9

Fuente: catálogo DISSAT pdf

## Capítulo 4

### 4.1 Proceso de Manufactura y Montaje

El proceso de construcción del entrenador electroneumático y el montaje del mismo y de los módulos se realizan de la siguiente manera:

#### 4.1.1 Construcción de la estructura

La estructura tiene la función principal de soportar todo el panel de entrenamiento, elementos de electroneumáticos y los módulos eléctricos que tiene que ser movable, resistente y funcionales para el desarrollo de las prácticas en el entrenador didáctico.

Para la construcción de la estructura se necesita de los siguientes materiales y planos (ver en anexos planos 4) realizados como indica a continuación:

Tabla 23 Proceso de construcción del entrenador

	PROCEDIMIENTO	HERRAMIENTAS UTILIZADAS
1.-	Trazado y cortado de los tubos metálicos según plano	Flexómetro, sierra mecánica, marcador, prensa de banco.
2.-	Armado y soldado de los tubos metálico	Arco eléctrico, escuadra magnética, guantes, mascara de soldar.
3.-	Trazado y cortado de planchas metálicas	flexómetro, guillotina, rayador
4.-	Doblado de cajas y soldado	Plegadora, arco eléctrico,
5.-	Armado las gavetas con sus rieles	Arco de soldar
6.-	Lijado, amolado, pintado	Limas, amoladora, compresora, soplete
7.-	Colocado de la mesa melanina y aglomerado ranurado	Taladro, destornillador
8.-	Colocado de las ruedas	Destornillador, llaves de boca

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.1.1 Caja de fuente de alimentación de energía eléctrica

La fuente de energía tiene la función de alimentar la energía eléctrica a todos los elementos eléctricos del entrenador que son para 24 DC, de manera rápida con conectores eléctricos ubicado en un lugar estratégico para la manipulación más cómoda.

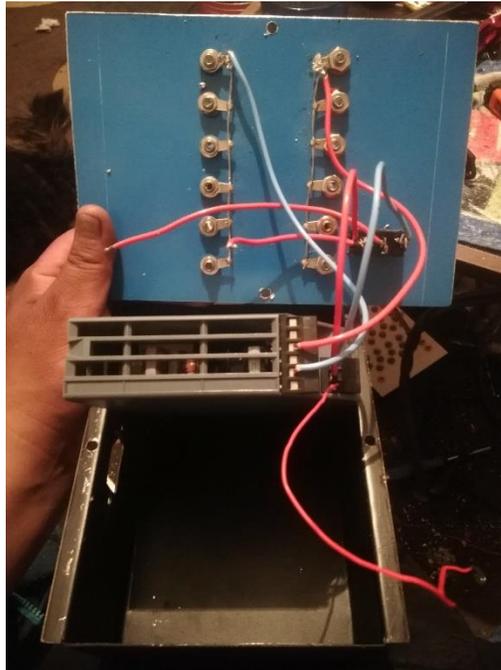
La elaboración de la caja de alimentación de 24 DC se realizó para mayor facilidad de armado de circuitos en el entrenador por el estudiante, como las demás cajas que son para operar con 24 DC.

Tabla 24 Proceso de construcción de los módulos de alimentación

	Descripción	Herramientas utilizadas
1.-	Trazado de planchas 0.9 mm	Flexómetro y rayador
2.-	Cortado y doblado de las planchas	Guillotina, plegadora
3.-	Soldado de las cajas y pintado	Arco de eléctrico, compresora
4.-	Taladrado y perforado de las placas	Taladro de mesa, broca escalonada
5.-	Colocado de conectores banabas a la placa	Soldadura de estaño, alicate de fuerza y llaves.
6.-	Armado y conectado de fuente de alimentación	Destornillador, alicate de fuerza

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 26 Módulo de la fuente de alimentación



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.1.2 Caja Pulsadores

El objetivo principal es alojar los elementos de introducción de señales como ser pulsadores, llave selectora, pilotos de señalización.

De igual forma la conexión debe ser versátil y fácil manipulación y previamente fue diseñado en Solid Works ver anexos planos 3.

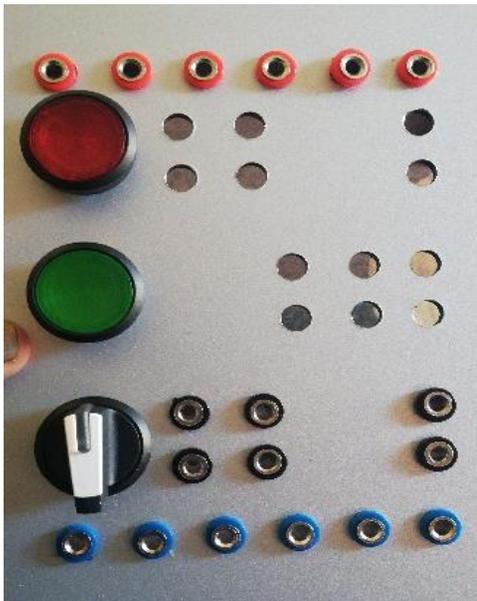
Tabla 25 Proceso de construcción del módulo de pulsadores

	Descripción	Herramientas utilizadas
1.-	Trazado de planchas 0.9 mm	Flexómetro y rayador
2.-	Cortado y doblado de las planchas	Guillotina, plegadora
3.-	Soldado de las cajas y pintado	Arco de eléctrico, compresora
4.-	Taladrado y perforado de las placas	Taladro de mesa, broca escalonada

5.-	Colocado de conectores banabas a la placa	Soldadura de estaño, alicate de fuerza y llaves.
6.-	Armado y conectado de los pulsadores y llave de enclavamiento,	Destornillador, alicate de fuerza

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 27 Placa de aluminio compuesto con conectores para los pulsadores



Elaboración propia

#### 4.1.1.4 Caja Temporizador

Almacenar el relé temporizador con todas sus conexiones para interactuar con los demás módulos siendo este para conexión de 24 VDC en corriente continua y de fácil manejo ver anexos planos 2.

Tabla 26 Proceso de construcción del módulo del temporizador

	Descripción	Herramientas utilizadas
1.-	Trazado de planchas 0.9 mm	Flexómetro y rayador
2.-	Cortado y doblado de las planchas	Guillotina, plegadora
3.-	Soldado de las cajas y pintado	Arco de eléctrico, compresora
4.-	Taladrado y perforado de las placas	Taladro de mesa, broca escalonada
5.-	Soldado de conectores banabas a la placa	Soldadura de estaño, alicate de fuerza y llaves.
6.-	Armado y conectado de temporizador analógico.	Destornillador, alicate de fuerza

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 28 Placa de aluminio compuesto para los temporizadores analógicos



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.5 Caja Relés

La caja de relé tiene la función de alojar a los relés con conexiones de normalmente abiertos y normalmente cerrados y un led de funcionamiento de la bobina cuando se realiza la conexión entre los módulos y las electroválvulas.

Cada caja de relés tiene tres relés internos y cada una tiene cuatro en total tiene doce conexiones de contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados a la vez tienen un piloto de señalización cada relé y todas las conexiones son con conectores bananas de distintos colores para identificar la polaridad ver anexos planos 1

Tabla 27 Proceso construcción del módulo de relé

	Descripción	Herramientas utilizadas
1.-	Trazado de planchas 0.9 mm	Flexómetro y rayador
2.-	Cortado y doblado de las planchas	Guillotina, plegadora
3.-	Soldado de las cajas y pintado	Arco de eléctrico, compresora
4.-	Taladrado y perforado de las placas	Taladro de mesa, broca escalonada
5.-	Colocado de conectores banabas a la placa	Soldadura de estaño, alicate de fuerza y llaves.
6.-	Armado y conectado de los RELÉ de 24 voltios	Destornillador, alicate de fuerza

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 29 Placa de aluminio compuesto con los conectores para los relés



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.1.6 Caja de PLC

Objetivo principal de la caja PLC es de poder alojar al módulo de control programable de los cuales dispondrá de conexiones de conectores de tipo banana donde y se colocarán encendido y apagado para el modulo.

La caja del logo siemens más la extensión de las entradas y las salidas están en una sola placa con conexiones de tal forma se pueda conectar con otros módulos del entrenador.

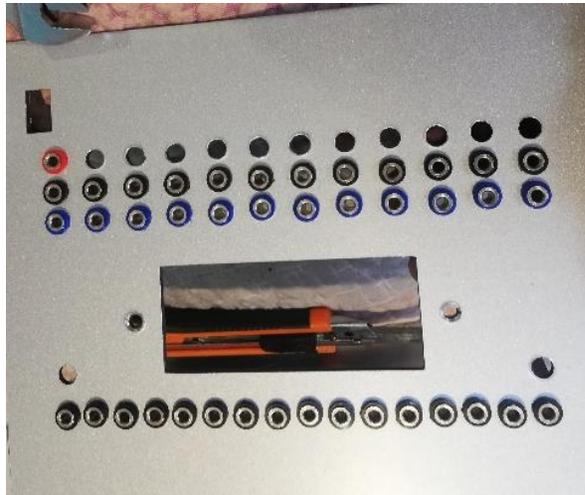
Tabla 28 Proceso de construcción del módulo del PLC

	Descripción	Herramientas utilizadas
1.-	Trazado de planchas 0.9 mm	Flexómetro y rayador
2.-	Cortado y doblado de las planchas	Guillotina, plegadora
3.-	Soldado de las cajas y pintado	Arco de eléctrico, compresora
4.-	Taladrado y perforado de las placas	Taladro de mesa, broca escalonada
5.-	Colocado de conectores banabas a la placa	Soldadura de estaño, alicate de fuerza y llaves.

6.-	Armado y conectado de fuente de alimentación	Destornillador, alicate de fuerza
-----	--	-----------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 30 Placa de aluminio compuesto con conectores bananas para el PLC



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.7 Conductores de energía eléctrica

Chicotillos tiene la función principal de hacer la inter conexión entre los diferentes módulos para realizar los circuitos eléctricos donde están identificados mediante colores rojo y azul por trabajar con corrientes continua.

Con los cálculos de la corriente total del entrenador se seleccionó el tipo de cable que tendrá para la conexión para el circuito de control y para ello se incluirá unos conectores machos de bananas para la conexión entre los módulos y las electroválvulas.

Imagen 31 Conectores bananas macho de 4mm



Fuente: Elaboración propia

## **4.2 Montaje del sistema de electroneumático**

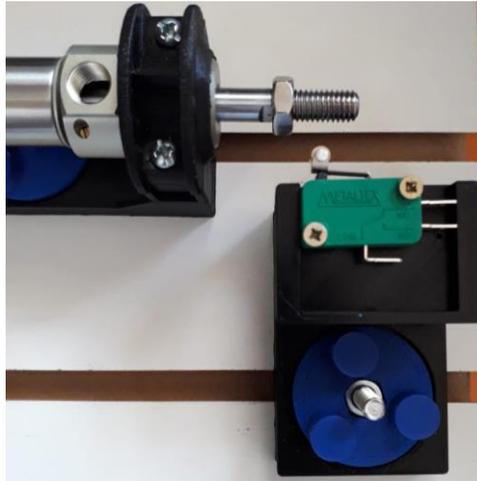
### **4.2.1 Implementación y montaje del sistema electro neumático**

Se implementó y se realizó el montaje de cada una de los elementos eléctricos y neumáticos con las piezas que se imprimieron, para la sujeción de los elementos en el tablero del entrenador electroneumático.

#### **4.2.1.1 Base de cilindros de simple efecto y doble efecto**

Las bases de los cilindros de simple y doble efecto son para alojar a los actuadores para el montaje de los mismos en el entrenador didáctico para realizar las practicas correspondientes y se realizó la impresión en 3D previo modelado en Solid Works de las bases para los cilindros y se realizó el montaje de los mismos.

Imagen 32 Cilindro montado con su base en el tablero



Fuente: Eleaboracion propia

#### 4.2.1.2 Montaje de electro válvulas

Montaje de las electroválvulas su función principal es de sujetar la electroválvula en la base y luego colocar mediante una palanca en cualquier parte del entrenador didáctico en el tablero con un sistema de anclaje de presión.

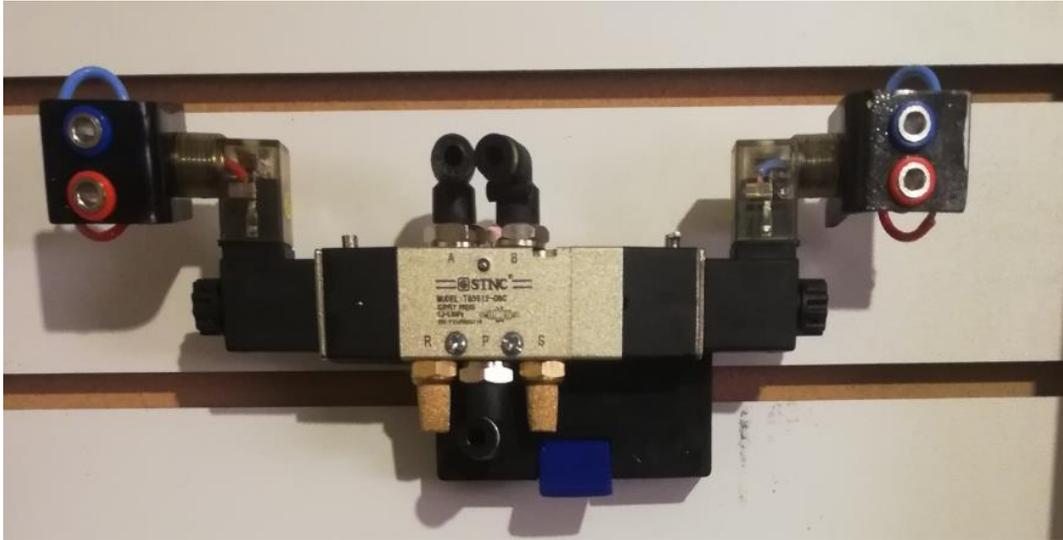
Las electroválvulas son acopladas los conectores rápido racor para el aire y los silenciadores y las conexiones eléctricas mediante los conectores bananas, la forma de sujetar y colocar en las ranuras del tablero, para ello se diseñó en la impresora 3D unas bases de sujeción para las electroválvulas (ver en anexos 5 página 131).

Imagen 33 Electroválvula sin conexiones ni base



Fuente: <https://www.chinaglobalmall.com/products/530254585388>

Imagen 34 Electroválvula con base y conexiones eléctricas y neumáticas



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1.3 Unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento se le realizó un soporte metálico con tornillos de M5 x 1 x 30 para la sujeción de la unidad de mantenimiento en el tablero del entrenador.

Imagen 35 Soporte de la unidad de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1.4 Distribuidor

El distribuidor es una tiene la finalidad de distribuir aire comprimido a todo el circuito neumático con una conexión rápida para manguera de entrada de 6 mm y salida de 4 mm, está fabricado de un bloque de aluminio laminado para que no exista fuga de aire comprimido, maquinada en un torno y luego roscado de M10 x 1, posteriormente acoplada a una base imprimida en 3D estándar con tornillos para luego montar en el tablero didáctico. Ver anexos 6 página 132.

Imagen 36 Válvula de distribución



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1.5 Montaje del final de carrera

Final de carrera viene en tamaño reducido que se diseñó una base para que pueda cumplir su función en el tablero electroneumático.

Imagen 37 Final de carrera con su base



Fuente: elaboracion propia

#### 4.2.2 Modulo básico PLC

Se realizó en montaje del módulo para el logo más su extensión para la programación de manera accesible para la conexión de las salidas del módulo para los demás módulo y electroválvulas.

Imagen 38 Módulo del logo PLC



Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Entrenador electroneumático didáctico terminada

Después de todos los procesos realizados anteriormente en la imagen podemos observar el equipo ya terminado con todo el componente eléctrico, neumáticos para su uso directamente.

Imagen 39 Entrenador electroneumático didáctico terminada



Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 5

### Análisis Financiero

#### 5.1 Costo y Presupuesto

En este punto nos enfocamos a los costos que se llevó a cabo para la construcción del entrenador electroneumático, englobando todos los costos y cada uno de los elementos neumáticos y electroneumáticos, módulos eléctricos, estructura del entrenador y materiales necesarios para su realización.

#### 5.2 Costo financiero

Se consideró todos los materiales necesarios para la construcción de la estructura para el entrenador.

Tabla 29 Materiales para la estructura

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs.)	PRECIO TOTAL (Bs.)
1	Tabla + Tablón ranurado	1	Pieza	270	270
2	Llantas de 3"	4	Unidad	25	100
3	Tapones de plástico para tubo de 20 x 50mm	6	Unidad	2	12
4	Tubo 60 x 30 mm espesor de 1.5 mm	2	Barra	70	140
5	Tubo 50 x 20 mm espesor de 0.9 mm	1	Barra	55	55
6	Perno y chapa metálica	1	Unidad	100	100
7	Perfil de Aluminio en L de 3/4"	1	Barra	50	50
8	Pintura Color Plateado	200	ml	60	60
9	Tiner	1	Litro	18	18
10	Planchas de 2x1m espesor de 0.9 mm	2	Hoja	115	230
11	Doblado de Plancha	2	Unidad	35	35
12	Ruedas metálicas	8	Unidad	5	40
13	Remaches pop de 5 x 20 mm	24	Unidad	0.5	12
14	Electrodo Conarco E6013	1	kilos	24	24
15	Disco de Corte de 9"Norton	1	Unidad	24	24
16	Jaladores Metálicos	2	Unidad	30	60
				<b>TOTAL</b>	<b>1230</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30 Elaboración de cajas metálicas

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs.)	PRECIO TOTAL (Bs.)
1	Planchas de 2x1m espesor de 0.9 mm	2	Barras	115	230
2	Aluminio compuesto plomo 40x122cm	1	pieza	80	80
3	Conectores Banana hembra	332	Unidades	1.5	498
4	Conectores Banana Macho	200	Unidades	1.5	300
5	Tornillos 3/16" x 1/2" + Tuercas	18	Unidades	0.6	10.8
6	Tornillos 3/16" x 2 1/2" + Tuercas	2	Unidades	1	2
7	Cable de cobre #18	30	metros	2	60
8	Estaño para soldar	8	Unidades	4	32
9	Pomada para soldar	1	Unidades	8	8
10	Pegamento en gotitas	4	Unidades	2	8
11	Broca HSS 8.5 mm	1	Unidades	10	10
12	Broca HSS Escalonada de 4 a 22 mm	1	Unidades	355	355
13	Rieldin 50cm	1	Unidades	10	10
14	Doblado de planchas	9	Unidades	15	135
15	Pintura Fosco Negro	100	ml	30	30
16	Tiner	1	litro	15	15
17	Poxipol Transparente	1	Unidades	16	16
				<b>TOTAL</b>	<b>1789</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31 Componentes eléctricos

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs.)	PRECIO TOTAL (Bs.)
1	Pulsadores	4	Unidad	105	420
2	Llaves de enclavamiento	2	Unidad	105	211
3	Temporizador de 30s a 30 min	2	Unidad	232.5	465
4	Switch de 220V con piloto	1	Unidad	9.5	9.5
5	Logo PLC	1	Unidad	839	839
6	Relé con piloto de 24V + zócalo	9	Unidad	70	630
7	Módulos Led para llave selectora	2	Unidad	60	120
8	Módulos NC y NO para pulsadores	6	Unidad	26	156
9	Fuente de 24 DC Siemens	1	Unidad	580	580
10	Conector de poder Macho	1	Unidad	10	10
11	Cable de 1mm de diámetro R y A	60	metro	0.85	51

12	Interruptor 220 v ON/OFF	1	Unidad	6	6
13	Zócalo de 8 Pines	2	Unidad	15	30
				<b>TOTAL</b>	<b>3518</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32 Componentes neumáticos y electroneumáticos

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs.)	PRECIO TOTAL (Bs.)
1	Electroválvula neumática 3/2 vías	2	Unidad	307	614
2	Electroválvula Solenoide 5/2 vías	5	Unidad	360	1800
3	Electroválvula 5/2 vías Biestable	3	Unidad	360	1080
4	Electroválvula 5/3 vías Biestable	3	Unidad	390	1170
5	Cilindro Neumático Doble Efecto	4	Unidad	370	1480
6	Cilindro Neumático Simple Efecto	2	Unidad	340	680
7	Sensor Magnético PNP	2	Unidad	65.5	131
8	Sensor Inductivo PNP	1	Unidad	81.75	81.75
9	Sensor Inductivo PNP DC 6 - 24DC	1	Unidad	35	35
10	Sensor Capacitivo 24 DC	1	Unidad	75	75
11	Micro Interruptores Metaltex	2	Unidad	8	24
12	Conector M4 x 1/8 BSP	10	Unidad	9.79	97.9
13	Conector Conek Codo M4x 1/8 BSP	37	Unidad	13.51	499.8
14	Regulador de caudal para 4mm	14	Unidad	39	546.8
15	Aluminio Laminado 50x80x20 mm	1	Pieza	80	80
16	Conectores Antiretorno de 1/8 salida de 4mm	8	Unidad	36	288
17	Conector Recto de 1/8 para tubo de 6mm	1	Unidad	9	9
18	Unidad de mantenimiento	1	Unidad	326	326
19	Racor Recto 6mm	1	Unidad	8	8
20	Silenciador Neumático para 1/8	24	Unidad	5	120
21	Válvula de 2 vías manual para manguera 6mm	1	Metro	33	33
22	Mangueras Poliuretano	3	Metro	7	21
				<b>TOTAL</b>	<b>7974</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33 Piezas Impresas en 3D

Nº	PIEZA	PESO GRS.	PESO X 0,25	TIEMPO MIN.	TIEMPO X 0.25	COSTO PIEZA	CANTIDAD	TOTAL
1	<b>Impresión bases actuadores</b>							
2	Base actuador doble efecto	79	19,75	535	133,75	153,5	4	614
3	Abrazadera delantera d.e.	6	1,5	50	12,5	14	4	56
4	Abrazadera trasera d.e.	6	1,5	49	12,25	13,75	4	55
5	Perilla seguro	10	2,5	65	16,25	18,75	8	150
6	Base seguro	6	1,5	47	11,75	13,25	8	106
7	Base actuador simple efecto	68	17	500	125	142	2	284
8	Abrazadera delantera s.e. Abrazadera trasera s.e.	10	2,5	93	23,25	25,75	2	51,5
9	Perilla seguro	10	2,5	65	16,25	18,75	4	75
10	Base seguro	6	1,5	47	11,75	13,25	4	53
	<b>Impresión limit switch</b>							
11	Cuerpo ls	36	9	222	55,5	64,5	2	129
12	Tapa ls	7	1,75	57	14,25	16	2	32
13	Perilla seguro	10	2,5	65	16,25	18,75	2	37,5
14	Base seguro	6	1,5	47	11,75	13,25	2	26,5
	<b>Bases de las electroválvulas</b>					82,5	13	1072,5
							TOTAL	2742

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34 Costos de la mano de obra

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO</b>	<b>DÍAS DE TRABAJO</b>	<b>COSTO POR DÍA (Bs.)</b>	<b>COSTO TOTAL (Bs.)</b>
1	Mano de Obra del Armado y soldadura de la estructura	2	200	400
2	Mano de Obra del pintado de la estructura	1	200	200
3	Mano de Obra de la Elaboración de las cajas	2	200	400
4	Mano de Obra del Pintado de las cajas	1	200	200
5	Mano de Obra de Armado de los componentes Eléctricos	10	200	2000
6	Mano de Obra de Armado de los componentes Electroneumáticos	5	200	1000
7	Mano de Obra de elemento se sujeción, distribuidor, etc	5	200	1000
			<b>TOTAL</b>	<b>5200</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35 Costos indirectos

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN MÁQUINA</b>	<b>COSTO POR HORA (Bs.)</b>	<b>CANTIDAD DE HORA</b>	<b>COSTO TOTAL (Bs.)</b>
1	Amoladora Bochs de 9"	5	4	20
2	Arco de Soldadura Eléctrica	10	4	40
3	Compresora de Aire	10	2	20
4	Taladro de columna	10	8	80
5	Torno Paralelo	25	4	100
6	otras Herramientas	8	10	80
			<b>TOTAL</b>	<b>340</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3 Costo total del equipo

Determinamos el costo total que se utilizó para la construcción del entrenador electroneumático para la carrera de Mecánica Industrial.

Tabla 36 Costo total para la construcción del entrenador

Nº	DETALLE	COSTO EN (Bs)
Tabla 5	Materiales para la estructura	1230
Tabla 6	Elaboración de cajas metálicas	1789
Tabla 7	Componentes eléctricos	3518
Tabla 8	Componentes neumáticos y electroneumáticos	7974
Tabla 9	Piezas impresas en 3d	2742
Tabla 10	Costo de la mano de obra	5200
Tabla 11	Costos indirectos	340
	<b>TOTAL</b>	<b>22793</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4 Costo del entrenador en el mercado

Tabla 37 Costo del entrenador en el mercado

Nº	DETALLE	COSTO EN (Bs)
1	Banco de entrenamiento de neumática / electroneumática, industrial builders	68000,00
2	Neumático equipo de entrenamiento avanzado proporción electro neumática sistema de entrenamiento neumático	70000,00

Fuente: Elaboración Propia

## 5.5 Evaluación

En el análisis económico se evalúan los costos y las ganancias de un proyecto desde la perspectiva de la sociedad como un todo. Se asume que la realización de un proyecto ayudará al desarrollo de la economía y que su contribución social justifica el uso de los recursos que necesitará. En consecuencia, el análisis económico considera la valoración de los costos y beneficios sociales del proyecto; así como el uso de métodos estimativos de precios-sombra cuando los costos y beneficios difieren de los precios de mercado; y la valoración fuera del mercado y la transferencia de beneficios, para precios de bienes y servicios que no tienen precios de mercado directos.

La comparación de los costos:

Tenemos un costo financiero de 22793 bs

El costo de venta será el costo financiero más un porcentaje del 100% de su valor 22793 bs

El costo de venta será = 45586 bs

Tenemos un costo Económico que será la diferencia del costo de venta y el costo en el mercado que es 68000 bs. ver anexos 19 página 143.

$68000 \text{ bs} - 45586 \text{ bs} = 22414 \text{ bs}$

El costo económico será 22414 bs que es la utilidad si se vendiera a otras entidades.

Tabla 38 Detalle de costos

Costos	Total en (Bs)
Costo financiero (construcción)	22793
Costo de venta	45586
Costo económico (utilidad)	22414

Fuente: Elaboración Propia

## Capítulo 6

# Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

En el aspecto funcional, el equipo de entrenador didáctico permitirá fácil ensamble y desensamble de los circuitos neumáticos para permitir a los estudiantes diseñar rápidamente el circuito de prueba, pudiendo así diseñar más de un experimento por sesión de laboratorio. Se tendrán en cuenta aspectos de comodidad y ergonomía al fundamentar el diseño del equipo en las indicaciones pertinentes de diseño de producto. El principal objetivo es brindar herramientas educativas para que el estudiante, por medio de la práctica, enfrente los problemas y situaciones más comunes que se deberán solucionar una vez ingrese a la práctica real.

### 6.2 Recomendaciones

Durante el manejo del entrenador neumático se tiene que tener algunos cuidados ya que los equipos no son económicos-

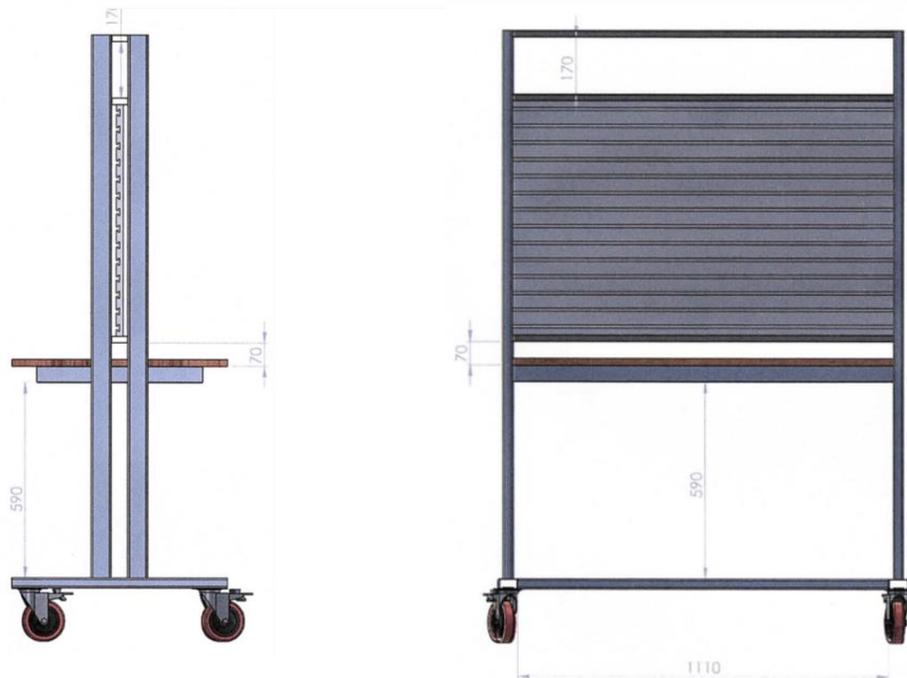
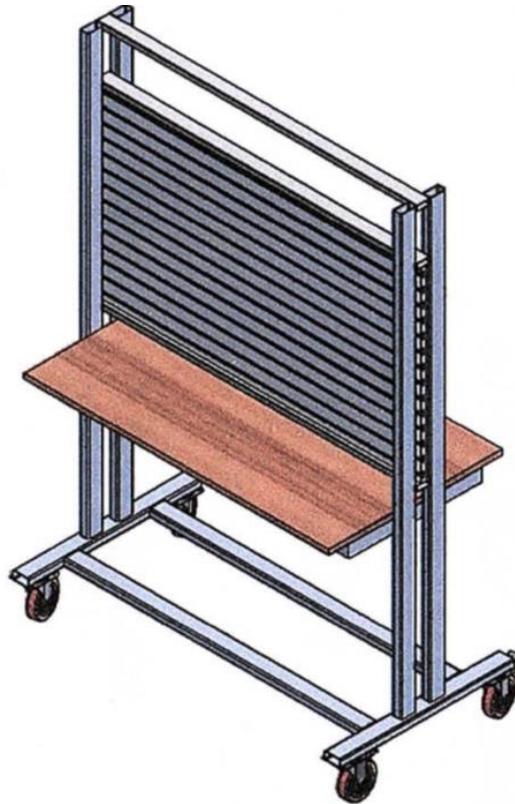
- Mantener siempre la limpieza de los elementos neumáticos como eléctricos
- Tener la seguridad de estas trabajando sin tensión los elementos eléctricos al montar el circuito.
- No dejar caer los elementos neumáticos ni eléctricos ya que pueden sufrir algún deterioro.
- Verificar el funcionamiento de los elementos neumáticos y eléctricos antes de usar en el entrenador.
- Verificar la correcta presión del compresor, para la alimentación del entrenador, podría dañar si no es la correcta.
- Manipular o usar el equipo de entrenador siempre con la ayuda del docente siempre cuando tenga el consentimiento del mismo.
- Cuando se termine de usar desconectar la energía eléctrica he neumática y guardar en la cajuela con mucho cuidado.

### 6.3 Referencias bibliográficas

- 1.- GÓMEZ CARLOS A. 2000. TPM: Complemento de la Gestión de Calidad Total. Revista Mantener N° 3.
- 2.- Automatización de procesos industriales, Emilio Garcia Moreno, Alfa Omega
- 3.- NUEMATICA, HIDRAULICA Y ELECTRICIDAD APLICADA, Jose Roldan Vilorio, Quinta Edicion 1997.
- 4.- Manual de Soldadura Eléctrica MIG y TIG, Autor Pedro Claudio Rodríguez, Editorial Alsina.
- 5.-SMC, INTERNATIONAL TRAINING  
<https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/33>
- 6.- MEIXNER, H., 1974, 2ª ed., Iniciación a la técnica neumática, Manual Festo, Alemania, 275p.
- 7.<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- 8.<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>
- 9.-<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/lenguajes-programacion-plc/>
- 10.- <https://www.maquinariaspesadas>
- 11.- <https://www.gestiopolis.com/automatizacion-robotica-produccion/>

# ANEXOS

ANEXO 1 Estructura del entrenador diseñada



Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 2 Construcción de la estructura del entrenador



Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 3 Estructura terminada del entrenador



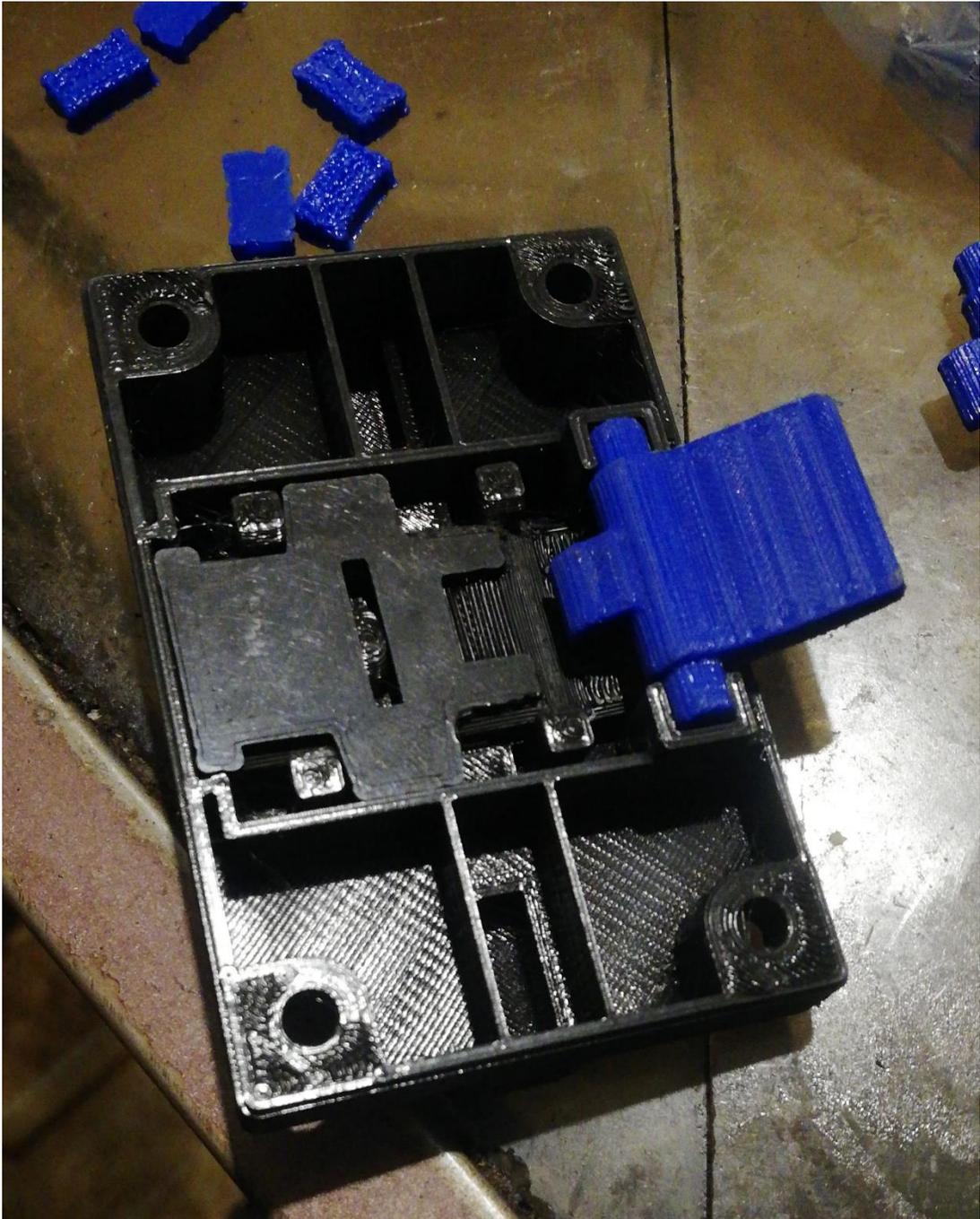
Fuente: Elaboración propia

#### ANEXO 4 Elaboración de cajas metálicas para los módulos



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5 Ensamblaje de las bases para electroválvulas



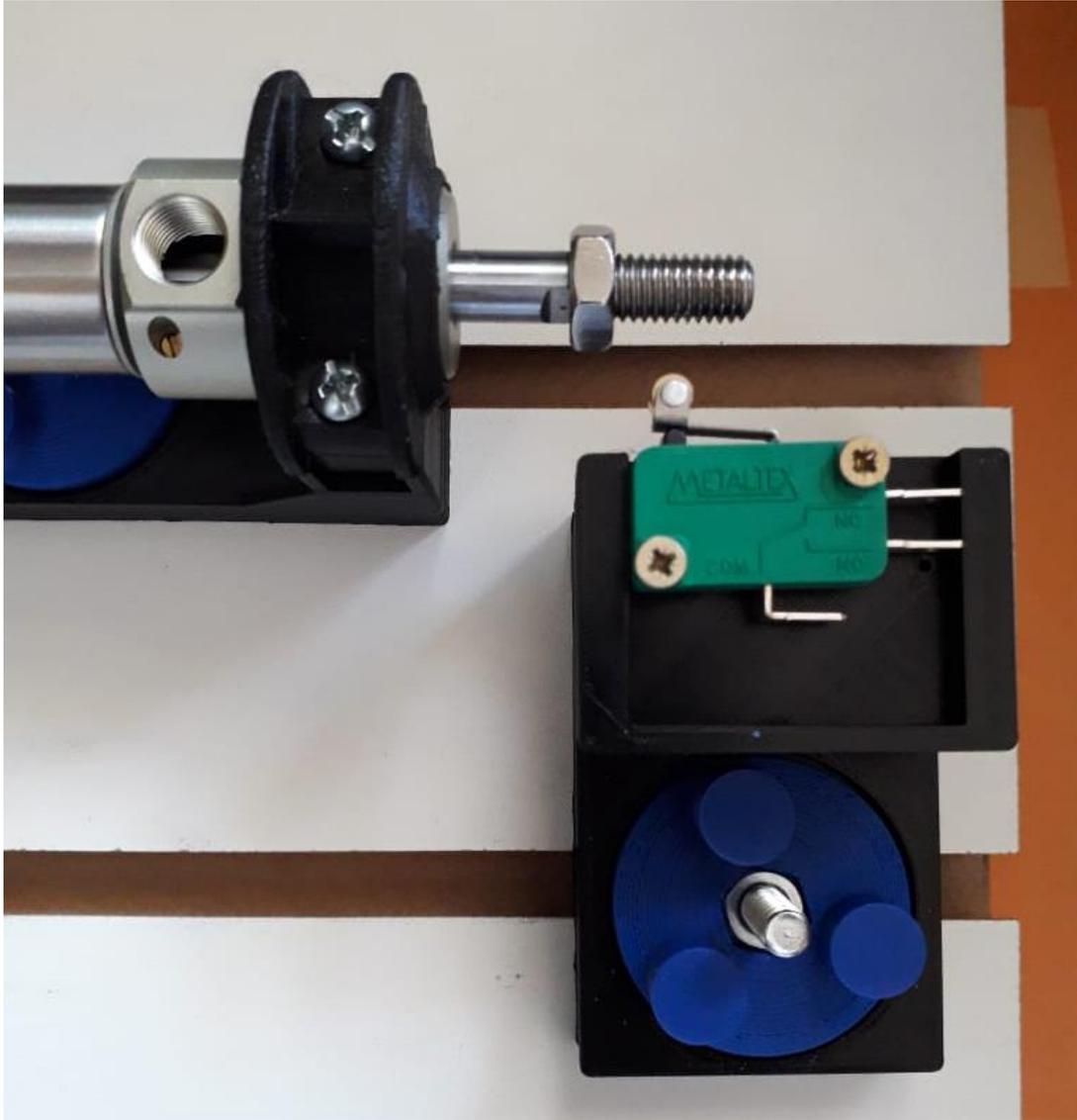
Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 6 Elaboración de la válvula de distribución



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7 Armado de base del final de carrera y el actuador



Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 8 Datos técnicos y selección de la unidad de mantenimiento

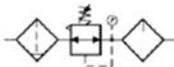


标准的自动排水设计，结构紧凑、安装方便：不需人工操作，自动清除杯内的水，方便使用。

### Ordering Code

TC	2010	02	D
Series	Type	Pipe size	D: Automatic drain type
	2010	01 : G1/8	
	3010	02 : G1/4	
	4010	03 : G3/8	
	5010	04 : G1/2	
		06 : G3/4	
		10 : G1	

### Graphics Sign



### Technical Parameter

Specification	TC2010-02D/01D	TC3010-03D/02D	TC4010-04D/03D/06D	TC5010-10D/06D	
Applicable Medium	Air				
Rating Flow(L/min)	500	1700	3000	4000	
Filtration	5 μm ~ 40 μm				
Applicable Pressure Range	0.05 ~ 1MPa				
Medium Temperature	0 ~ 60°C				
Recommended Lubricating Oil	ISOVG32 or Equivalent				
Type of Valve	Relief Type				
Gauge Port Size	G1/8		G1/4		
Components	Filter Regulator	TW2000-02D/01D	TW3000-03D/02D	TW4000-04D/03D/06D	TW5000-10D/06D
	Air Lubricator	TL2000-02D/01D	TL3000-03D/02D	TL4000-04D/03D/06D	TL5000-10D/06D

fuelle: Catálo SNTC pdf

## ANEXO 9 Datos técnicos del relé temporizador analógico



Scan QR Code

### TM48S-AB1

TEMPORIZADOR ANALÓGICO 48x48mm 3S, 30S, 3M, 30M  
24-240VAC/DC

**CAMSCO**

ELECTRICIDAD INDUSTRIAL > RELES DE CONTROL > TEMPORIZADORES  
ELECTRONICOS



Imagen Referencial

#### TIMERS SERIE TM48S (TEMPORIZADORES)

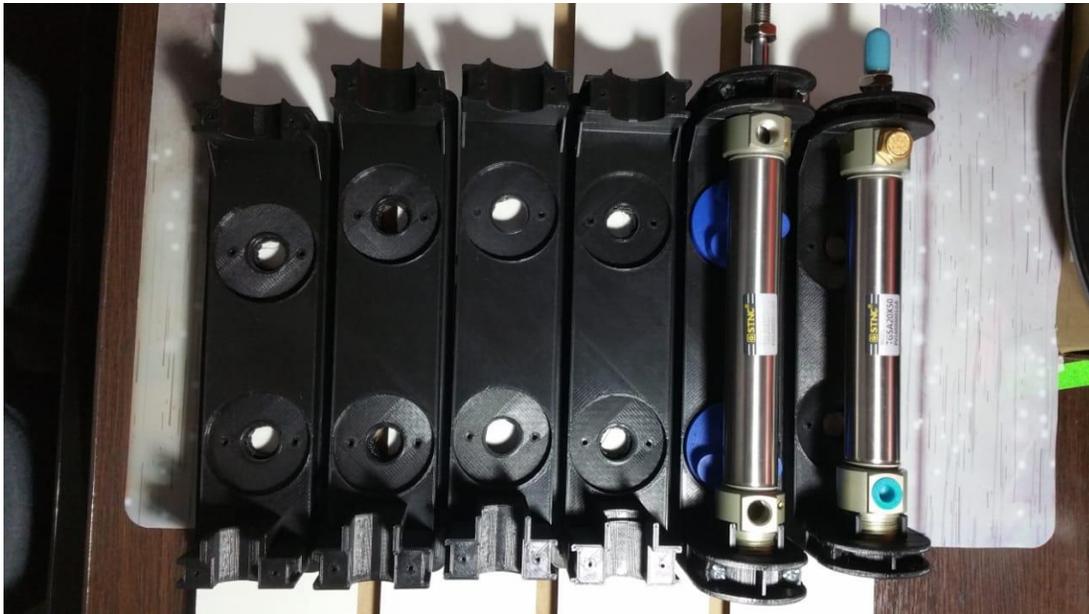
Características: Fabricado con CMOS IC, garantizando alta y eficiente desempeño. Contactos: 1C (DPDT) 3A. Tiempos: 4 programables (Swiches), Doble contactos, 1C con activación Instantánea – y 2C otro contacto con opción a cambiar a modo A o modo B

Dimensiones: 48 x 48 mm

TEMPORIZADOR ANALÓGICO 48X48mm 3S, 30S, 3M, 30M  
24-240VAC/DC, TEMPORIZADOR CAMSCO, TEMPORIZADOR  
ANALÓGICO CAMSCO, TM48S-AB1 CAMSCO, CAMSCO, TM48S-  
AB1, TM48S-AB1 CAMSCO, CAMSCO PERU

Fuente: <https://www.facebook.com/Camscontrols-SRL-1442282835852082/photos/pcb.2402909019789454/2402908919789464/>

## ANEXO 10 Base impresas de los actuadores



Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 11 Impresión de perillas para los actuadores



Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 12 Impresión de acoples para la ranura



Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 13 Impresión de sujetadores para el actuador



Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 14 Cilindro neumático con base armada



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 15 Impresión de la base del final de carrera



Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 16 Datos técnicos del relé

# SIEMENS

Hoja de datos

LZS:PT5A5L24



Relé enchufable, unidad completa 4 W, 24 V DC Módulo LED, rojo Zócalo enchufable estándar borne de tornillo 3,5 mm pineado

<b>nombre comercial del producto</b>	SIRIUS
<b>designación del producto</b>	Relé de interfaz con relé enchufable
<b>denominación del tipo de producto</b>	LZS
<b>Datos técnicos generales</b>	
<b>tipo de display LED</b>	Si
<b>potencia activa consumida</b>	0,75 W
<b>tensión de desexcitación porcentual referida a la tensión de entrada</b>	10 %
<b>grado de protección IP</b>	IP20
<b>frecuencia de maniobra sin carga</b>	360 1/h
<b>frecuencia de maniobra con carga</b>	36 000 1/h
<b>comportamiento de conmutación</b>	monoestable
<b>tipo de función de maniobra</b>	conmutador
<b>tipo de función de maniobra con apertura positiva</b>	No
<b>vida útil mecánica (ciclos de maniobra) típico</b>	30 000 000
<b>vida útil eléctrica (ciclos de maniobra) con AC-15 con 230 V típico</b>	250 000
<b>corriente térmica</b>	6 A
<b>designaciones de referencia según IEC 81346-2:2009</b>	K
<b>Circuito de control/ Control por entrada</b>	
<b>tensión de alimentación del circuito de mando con DC</b> • valor asignado	24 V
<b>factor de rango de trabajo tensión de alimentación de mando valor asignado con DC</b> • valor inicial • valor final	0,9 1,4
<b>retardo de cierre</b> • con DC	15 ms
<b>retardo de apertura</b> • con DC	18 ms
<b>tipo de bobina de relé</b>	con polaridad
<b>componente del producto zócalo enchufable</b>	Si
<b>tipo de zócalo enchufable</b>	zócalo standard
<b>Protección contra cortocircuitos</b>	
<b>tipo de cartucho fusible para protección contra cortocircuitos del bloque de contactos auxiliares necesario</b>	fusible gG: 6 A
<b>Circuito de corriente secundario</b>	
<b>tipo de contacto</b>	Contacto conmutado

## ANEXO 17 Datos técnicos fuente de alimentación

# SIEMENS

Hoja de datos

6EP1332-2BA20

SITOP PSU100S 24 V/2,5 A  
 SITOP PSU100S 24 V/2,5 A Fuente de alimentación estabilizada  
 entrada: AC 120/230 V salida: DC 24 V/2,5 A



Entrada	
Entrada	AC monofásica
Tensión de alimentación	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 con AC valor nominal</li> <li>• 2 con AC valor nominal</li> <li>• Observación</li> </ul>	120 V 230 V Cambio de rango automático
Tensión de entrada	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 con AC</li> <li>• 2 con AC</li> </ul>	85 ... 132 V 170 ... 264 V
Entrada de rango amplio	No
Resistencia a sobretensiones	2,3 x U <sub>e</sub> nom, 1,3 ms
Respaldo de red con I <sub>a</sub> nom, mín.	20 ms; Con U <sub>e</sub> = 93/187 V
Frecuencia nominal de red 1	50 Hz
Frecuencia nominal de red 2	60 Hz
Rango de frecuencia de red	47 ... 63 Hz
Corriente de entrada	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• con valor nominal de la tensión de entrada 120 V</li> </ul>	1,25 A

• con valor nominal de la tensión de entrada 230 V	0,74 A
Limitación de la intensidad de conexión (+ 25 °C), máx.	33 A
I <sup>2</sup> t, máx.	0,4 A <sup>2</sup> ·s
Fusible de entrada incorporado	T 3,15 A/250 V (no accesible)
Protección del cable de red (IEC 898)	Interruptor magnetotérmico recomendado: a partir de 3 A característica C

Salida	
Salida	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
Tensión nominal Us nom DC	24 V
Tolerancia total, estática ±	3 %
Compens. estática variación de red, aprox.	0,1 %
Compens. estática variación de carga, aprox.	1 %
Ondulación residual entre picos, máx.	150 mV
Ondulación residual entre picos, típ.	30 mV
Spikes entre picos, máx. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	240 mV
Spikes entre picos, típ. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	70 mV
Rango de ajuste	22,8 ... 28 V
Función del producto Tensión de salida es ajustable	Sí
Ajuste de la tensión de salida	Mediante potenciómetro
Pantalla normal	LED verde para 24 V O.K.
Señalización	Contacto de relé (contacto NA, capacidad de carga de contactos 60 V DC/0,3 A) para 24 V O.K.
Comportamiento al conectar desconectar	Rebase transitorio de Ua < 3 %
Retardo de arranque, máx.	0,3 s
Subida de tensión, típ.	15 ms
Intensidad nominal Ia nom	2,5 A
Rango de intensidad	0 ... 3 A
• Observación	3 A a +45 °C; +60 ... +70 °C: Derating 3%/K
potencia activa entregada típico	60 W
Intensidad de sobrecarga breve	
• con cortocircuito durante el arranque típico	9 A
• con cortocircuito en servicio típico	9 A
Duración de la capacidad de sobrecarga con sobreintensidad	
• con cortocircuito durante el arranque	100 ms
• con cortocircuito en servicio	800 ms
Posibilidad de conex. en paralelo para aumento de potencia	Sí
Número de equipos conectables en paralelo para aumentar la potencia, unidades	2

## ANEXO 18 Datos técnicos del filamentos para impresora 3D

**PLA +** (Ácido Poliláctico mejorado)



Especificaciones del Monofilamento		
Diámetro (Ø)	Tolerancia	Ovalidad
1.75 mm	± 0,02mm con un 99% y ±0.03 con el 1% de Nivel de Confianza	≥97 %
2.85 mm	± 0,04mm con un 99% y ±0.05 con el 1% de Nivel de Confianza	≥97 %

Propiedades de la Materia Prima más relevantes				
Descripción		Método	Valor Típico	
Densidad		D 792	1.24	Gr/Cm <sup>3</sup>
Indice de Fluidez	(210 °C/2,16Kg)	D 1238	7-9	Gr/10 min.

Physical	Test Method	Ingeo Resin
Specific Gravity, g/cc	ASTM D792	1.24
MFR, g/10 min <sup>(1)</sup>	ASTM D1238	7-9
Relative Viscosity <sup>(2)</sup>	ASTM D5225	4.0
Peak Melt Temperature, °C	ASTM D3418	185-180
Glass Transition Temperatura, °C	ASTM D3418	55-60

(1) 210 °C/2.16 kg

(2) RV measured at 1.0 g/dL in chloroform at 30 °C

Mechanical	Test Method	Value
Tensile Yield Strength, psi (MPa)	ASTM D838	7,440 (51)
Tensile Elongation, %	ASTM D838	3.31
Notched Izod Impact, ft-lb/in (J/m)	ASTM D256	2.21 (118)
Flexural Strength, psi (MPa)	ASTM D838	7,290 (50)
Flexural Modulus, psi (MPa)	ASTM D838	335,790 (2315)
Heat Distortion Temperature, °C 66 psi (0.45 MPa)	ASTM E2092	80-90
Clarity	Opaque (when crystalline)	

Processing Temperature Profile	English	Metric
Melt Temperature	410°F	210°C
3D Printing Temperature	190-230°C	
Annealing Temperature	80-130°C	
Print Bed Temperature	None needed (or 50-70°C if applicable).	

Fuente: Catálogo Grilon 3 filamento para impresión 3D industria argentina pdf

ANEXO 19 Cotización de otros fabricantes de entrenadores

# Industrial Builders group

Tecnología de Automatización y Control



COT Nº 543-F 10/06/16

## COTIZACION

Señores:  
**Oscar Anti Javier**  
**INSTITUTO MEJILLONES.**

**REF: COTIZACION SETS DIDACTICOS NEUMATICOS-ELECTRONEUMATICA.**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNIT. BS.	PRECIO TOTAL BS.
1	<p><b>BANCO DE ENTRENAMIENTO DE NEUMÁTICA / ELECTRONEUMÁTICA</b></p> <p>Este kit permite la simulación desde el más simple circuito neumático hasta las más complejas secuencias de tipo cascada y paso a paso (depende de las cantidades y tipos de módulos didácticos adquiridos), además posibilita una gama de ejercicios con los componentes eléctricos normalmente utilizados en conjunto con la neumática. El Kit se compone de la siguiente manera</p> <p><b>Panel en Perfil de Aluminio:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura en marco metálico, panel de aluminio de doble cara de trabajo.</li> <li>- Permite el fácil intercambio entre los componentes didácticos;</li> <li>- Dimensiones: largo: 1500 mm / alto: 900 mm</li> <li>- Mueble con gabinete.</li> </ul> <p><b>Incluye:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 conexiones tipo TEE;</li> <li>- 06 plugs plásticos;</li> <li>- 60 metros de tubo extra flexible de 4mm Azul;</li> </ul> <p><b>Módulos didácticos neumáticos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 02 FRL (filtro, regulador con manómetro y lubricador);</li> <li>- 02 Cilindros de simple acción con émbolo magnético Ø 25mm recorrido de 80mm</li> <li>- 04 Cilindros de doble acción con émbolo magnético Ø25 mm recorrido de 125mm</li> <li>- 02 Válvulas direccionales 3/2 vías NC botón/resorte;</li> <li>- 02 Válvula direccional 3/2 vías NC botón/traba;</li> <li>- 04 Válvulas direccionales 3/2 vías NC rodillo/resorte;</li> <li>- 04 Válvulas direccionales 3/2 vías NC rodillo escamoteable (gatillo/resorte);</li> <li>- 02 Válvula direccional 3/2 vías NC contadora de tiempo (0 a 30s);</li> <li>- 02 Válvula direccional 3/2 vías NC simple piloto;</li> <li>- 02 Válvula direccional 3/2 vías NC doble piloto;</li> <li>- 02 Válvula direccional 5/2 vías palanca/resorte;</li> <li>- 01 Válvula direccional 5/2 vías palanca/traba;</li> </ul>	1	68000,00	68000,00

pág. 1

Ricardo Bustamante # 997 • e-mail: Solazar954@hotmail.com • Movil: (591) 79128705 - 78862776 • Fono: (591) 2480411 • La Paz - Bolivia

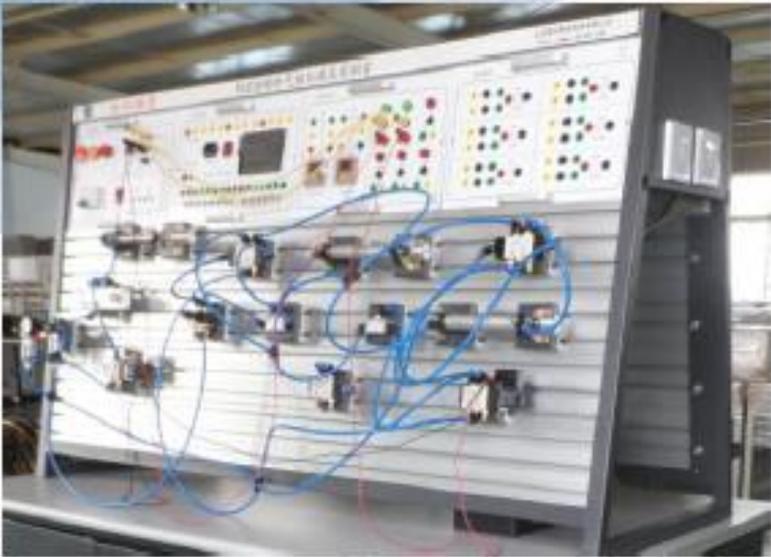
Fuente: Industrial builders group

ANEXO 12 Cotización de otros fabricantes de entrenadores

**Industrial Builders group**  
Tecnología de Automatización y Control



IMAGEN ILUSTRATIVA



Forma de pago: A convenir.  
Tiempo de entrega: 100 días.  
Validez de oferta: 120 días.

Atentamente:  
Carlos Salazar R.  
GERENTE GENERAL LA PAZ.

pág. 3

Ricardo Bustamante # 997 • e-mail: Salazar954@hotmail.com • Movil: (591) 79138705 - 78002778 • Fono: (501) 2480411 • La Paz - Bolivia

Fuente: Industrial builders group

## ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO 1 Estructura del entrenador diseñada .....	127
ANEXO 2 Construcción de la estructura del entrenador.....	128
ANEXO 3 Estructura terminada del entrenador .....	129
ANEXO 4 Elaboración de cajas metálicas para los módulos .....	130
ANEXO 5 Ensamblaje de las bases para electroválvulas .....	131
ANEXO 6 Elaboración de la válvula de distribución.....	132
ANEXO 7 Armado de base del final de carrera y el actuador.....	133
ANEXO 8 Datos técnicos y selección de la unidad de mantenimiento.....	134
ANEXO 9 Datos técnicos del relé temporizador analógico .....	135
ANEXO 10 Base impresas de los actuadores .....	135
ANEXO 11 Impresión de perillas para los actuadores .....	136
ANEXO 12 Impresión de acoples para la ranura.....	136
ANEXO 13 Impresión de sujetadores para el actuador .....	137
ANEXO 14 Cilindro neumático con base armada.....	137
ANEXO 15 Impresión de la base del final de carrera .....	138
ANEXO 16 Datos técnicos del relé .....	139
ANEXO 17 Datos técnicos fuente de alimentación.....	140
ANEXO 18 Datos técnicos del filamentos para impresora 3D.....	142
ANEXO 19 Cotización de otros fabricantes de entrenadores.....	143

## **ANEXO PLANOS**