

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“Diseño y Construcción de un Manipulador  
Neumático de Configuración Cilíndrica”**

PRESENTADO POR:

**MARCO ANTONIO HERNÁNDEZ ORELLANA  
SUSANA ESTHER MÉNDEZ BARRIENTOS**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
**INGENIERO MECÁNICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2010.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

**MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ**

SECRETARIO GENERAL :

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO :

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

SECRETARIO :

**ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

DIRECTOR :

**ING. JUAN ANTONIO FLORES DÍAZ**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Título :

**“Diseño y Construcción de un Manipulador Neumático de Configuración  
Cilíndrica”**

Presentado por:

**MARCO ANTONIO HERNÁNDEZ ORELLANA  
SUSANA ESTHER MÉNDEZ BARRIENTOS**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

**ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEON TORRES**

**ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ**

San Salvador, Noviembre de 2010.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

**ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEÓN TORRES**

**ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios Todopoderoso** Por brindarme la salud y las fuerzas en los momentos más difíciles, por acompañarme siempre hasta en los momentos en que me he equivocado y no apartarse de mi.

**A mi Madre** A quien le debo todo en esta vida y que ha estado conmigo desde mi primer aliento de vida, guiándome por el camino de la rectitud por medio del ejemplo, apoyándome a cada momento y a pesar de luchar sola siempre me apoyo a su manera; sin ella nunca habría podido llegar a ser lo que soy; usted ha sido la inspiración de mi vida junto con la pobreza en la cual nos crecimos con mis hermanos nunca podré pagarle tanto amor y paciencia que me ha tenido. Siempre será lo mejor que Dios me otorgo en este mundo.

**A Mis hermanos** Que siempre hemos estado para apoyarnos en todo momento a pesar que siempre tratemos de solucionar nuestros propios problemas por medios propios espero que Siempre nos podamos apoyar.

**A Rosario** La Mujer que tome como Esposa con la cual pensaba compartir una vida, le agradezco por demostrarme cuan cambiante puede llegar a ser un ser tan querido, ahora seremos un lindo recuerdo que nos demuestra que no hay nada seguro en la vida.

**A nuestros Asesores** Por la paciencia en la materialización de este proyecto.

**A mis Amigos** Alberto, Benjamin, Mauricio, Víctor, Carlos, Edwin, Jeffrey, Israel, Arnulfo, Oscar y todos los que me han apoyado ya sea escuchándome aconsejándome o ayudándome a buscar soluciones para todos ustedes y para mi compañera Susana no queda mas que decirles gracias y que **Dios los Bendiga.**

**Marco Antonio Hernández Orellana.**

**A Dios:** ya que El me ha dado la vida, me ha concedido conocer mucha gente tan linda que han sido mis ángeles en todo este camino Gracias por nunca abandonarme y darme fortaleza en los momentos difíciles, a El le debo todo lo que soy.

**A mis padres:** Antonio Méndez y Rhina de Méndez los cuales con mucho esfuerzo y paciencia me han apoyado en todo momento, gracia por creer en mí, los amo!

**A mi hermano:** Luis Méndez y familia por cuidarme y aconsejarme en todo momento, por ser mi mano derecha cuando más lo he necesitado, gracias por aguantarme y quererme siempre.

**A Fernando Vega:** por ser mi ayuda idónea en todo momento, por acompañarme en todo el trayecto de esta carrera y nunca abandonarme, por sus consejos y tanta alegría que me ha dado, Dios te Bendiga muchísimo TQM

**A nuestros asesores:** Ing. Velásquez e Ing. De León, por apoyarnos en todo momento, por su paciencia y concejos, por darnos la confianza de preguntar sin ningún miedo en todo momento y brindarnos aparte de sus conocimientos su amistad, Dios los Bendiga siempre.

**A mis amigos y compañeros de formula:** Nidia Menjívar, Luis Barrera, David Ramírez, Eder Martínez, Roberto Carlos Hernández, Mario Peraza, Francesco Tinetti, Kelvin Peraza, René Jiménez, Carlos Romero, Miguel Ramírez.

Y demás amigos y compañeros de la ASEIM: Jaime Arévalo, Carlos Juárez, Arnulfo Andrade, Andrés Merino, Mauricio Valencia, Víctor Espinal, Jorge Argueta, Elmer Perla, Isaac Mejía, Alex Rivera, Manuel Rosa, Wilson Yanes, Evelin García, Israel Jiménez, a mi compañero de tesis Marco y a muchos más que he olvidado su nombre en este momento y que siempre han estado allí, gracias.

**Susana Méndez**

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>III</b>
<b>1.0 FUNDAMENTOS DE NEUMATICA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Historia de la Neumática .....	1
1.2 Propiedades del aire comprimido.....	1
1.3 Suministro de Aire Comprimido.....	3
1.3.1 Compresor de Desplazamiento Positivo.....	4
1.3.2. Compresores Dinámicos.....	9
1.4 Distribución del Aire Comprimido .....	12
1.4.1 Unidad de mantenimiento .....	13
1.4.2 Válvulas neumáticas.....	16
1.4.3 Actuadores neumáticos.....	23
1.5 Elementos Eléctricos De Control Para Sistemas de Aire Comprimido.....	26
1.5.1 Sensores.....	26
1.5.2 PLC'S (Controles lógicos programables).....	27
1.6 Recomendaciones de seguridad para el uso del aire comprimido.....	29
1.6.1 Antes de la acometida. ....	29
1.6.2 Durante el trabajo.....	29
1.6.3 Después de la utilización.....	31
1.7 Mantenimiento.....	31
<b>2.0 ANTECEDENTES HISTORICOS Y ORIGEN DE LOS ROBOTS .....</b>	<b>32</b>
2.1 Historia.....	32
2.2 Los robots en la industria: evolución y perspectivas.....	36
2.2.1 Mirando hacia el futuro .....	38
2.2.2 Algunos datos y fechas importantes .....	38
2.3 Definición de Robot .....	40
2.4 Origen de la palabra robot .....	41
2.5 Clasificación de los Robot.....	42
2.6 Estructura mecánica de un robot.....	42
2.7 Configuraciones del Brazo Manipulador.....	45

2.7.1 Cartesiana / Rectilínea.....	45
2.7.2 Cilíndrica.....	46
2.7.3 Esférica / Polar.....	47
2.8 Campos de Aplicación de los manipuladores.....	48
2.8.1 Aplicaciones Industriales.....	48
<b>3.0 CALCULOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>54</b>
3.1 Esquema General de la Estructura Mecánica.....	56
3.2 Selección y Cálculo de Elementos y Materiales a Utilizar.....	57
3.2.1 Selección del Cilindro Vertical (CV).....	57
3.2.2. Diseño de la Pieza Deslizante.....	59
3.2.3 Selección del Perfil Cuadrado.....	63
3.2.4. Selección del Cilindro Horizontal.....	65
3.2.5. Diseño del Eje.....	68
3.2.6 Selección del Actuador Giratorio.....	74
3.3 Circuito Electro neumático.....	85
3.4 Diseño del Área de Trabajo del Manipulador.....	86
<b>4.0 FABRICACION DEL MANIPULADOR Y PROPUESTA DE GUIAS DE LABORATORIO .....</b>	<b>88</b>
4.1 Descripción del Proceso de Fabricación del Manipulador.....	88
4.1.1 Descripción del Proceso de Fabricación.....	88
4.1.2 Presupuesto de Gasto de la Construcción del Manipulador.....	90
4.2 Guías de Laboratorio.....	92
4.2.1 Laboratorio N° 1.....	92
4.2.2 Laboratorio N° 2.....	93
<b>5.0 PLANOS .....</b>	<b>94</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>V</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>VI</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>HOJAS TECNICAS.....</b>	<b>XXX</b>

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad es evidente la necesidad que existe de investigar sobre qué alternativas se pueden utilizar para la manipulación de objetos y agilizar los procesos de producción, esto podría ser posible por medio de maquinas, automatizando así los procesos por medio de la robótica.

La importancia del desarrollo de este proyecto radica en la utilidad que tiene la robótica en la industria y sus múltiples aplicaciones como por ejemplo en procesos de fundición, en procesos de soldadura, aplicación de materiales, alimentación de las maquinas, para montaje, paletización, etc.

En el presente documento se dará a conocer la propuesta del diseño y construcción de un equipo de laboratorio, verificando la viabilidad y factibilidad del desarrollo del mismo, mediante la confirmación de la existencia de la información, equipo y la inversión necesaria para la materialización del mismo.

El trabajo consta de cuatro etapas. En la primera de ellas se presenta los fundamentos de la neumática, los componentes que se utilizan en los circuitos neumáticos, ventajas y desventajas de la neumática entre otros. En la segunda etapa se presenta los fundamentos de la robótica, sus orígenes y algunas aplicaciones de esta en la industria.

En la tercera etapa se muestra los cálculos para el diseño del equipo. La cuarta etapa se describe los pasos de la construcción del equipo, tomando en cuenta todos cálculos que requiere dicho proceso, en esta etapa veremos el procedimiento que se llevo a cabo en el taller a la hora de la construcción del dispositivo y la propuesta de las guías de laboratorios a utilizar como apoyo a las materias de neumática y electro neumática impartidas en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador.

## **1.0 FUNDAMENTOS DE NEUMATICA**

### **1.1 Historia de la Neumática**

La neumática es la técnica que estudia los movimientos y procesos del aire a presión, depresión o vacío.

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre. A lo largo de la historia lo ha aprovechado para reforzar sus recursos físicos. Ya hace siglos existían algunas aplicaciones en la minería y en los ferrocarriles, como los martillos perforadores y los frenos de aire comprimido.

Hasta el siglo pasado no empezaron a investigarse y definirse las reglas de la neumática. A partir del año 1950 se comenzó a tratar el aire comprimido como la aplicación industrial de la neumática. La aplicación generalizada de la neumática en la industria se inició con la automatización y racionalización en los procesos de fabricación. En sus inicios esta técnica fue rechazada debido a falta de conocimiento y de formación.

En la actualidad, no se concibe una moderna explotación industrial, taller o vehículo (frenos de aire) de altas prestaciones sin el aire comprimido.

### **1.2 Propiedades del aire comprimido**

Emplear el aire comprimido como fuente de energía es más costosa que emplear la energía eléctrica de la red. No obstante, el aire comprimido es una fuente de energía recomendable y muy empleada en diversas empresas a lo largo de las líneas de producción.

Las propiedades del aire a presión en los circuitos neumáticos son las siguientes:

- Es barato y es utilizado en cantidades ilimitadas.
- No es necesario sustituir ni reciclar.



- Se transporta con facilidad por las tuberías y, una vez empleado, se puede expulsar al exterior sin necesidad de tuberías de retorno. Esta circunstancia simplifica los circuitos.
- El aire comprimido se puede almacenar en calderines. Un circuito que disponga de un calderín con aire comprimido puede funcionar un tiempo con el compresor parado o averiado.
- Es menos sensible a las variaciones de temperatura que los aceites, garantizando un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- No tiene ningún riesgo de incendio, por tanto no es necesario disponer de instalaciones anti deflagrantes.
- Es limpio y, en caso de fugas o falta de estanqueidad en los componentes, no ensucia, no contamina y no provoca averías en el vehículo.
- Los componentes neumáticos son más sencillos de fabricar y tienen un menor coste económico que el mismo componente empleado en un circuito hidráulico.

Para hacer uso de la neumática de forma correcta es necesario conocer las desventajas del aire como fluido:

- Antes de emplear el aire comprimido es necesario limpiarlo bien de las partículas abrasivas, impurezas y humedad que pueda tener en suspensión. Las partículas deterioran los componentes y el agua provoca la oxidación de las piezas aceradas.
- Los circuitos neumáticos no son adecuados para realizar circuitos que trabajen con mucha precisión en los desplazamientos. Con aire comprimido no es posible obtener velocidades uniformes y constantes.
- El aire comprimido se emplea para realizar esfuerzos medios, condicionado por la presión de tarado (6 a 8 bar). Para realizar grandes esfuerzos sería necesario fabricar cilindros con émbolos de gran diámetro.
- El escape de aire produce ruidos molestos. Este problema se ha resuelto en gran parte gracias al desarrollo de materiales insonorizantes y silenciadores.
- Cuando el compresor lleva muchas horas trabajando, el aceite de engrase puede mezclarse con el aire comprimido y ser expulsado de la instalación.

### 1.3 Suministro de Aire Comprimido

El aire comprimido se obtiene a partir de una máquina llamada compresor. El compresor toma aire del exterior, a presión atmosférica, y lo comprime aumentando su presión.

Los compresores se diferencian por el caudal que son capaces de suministrar a la red neumática, por lo que su rango suele variar entre los pequeños compresores de unas decenas de litros por minuto hasta los de grandes dimensiones, que son capaces de generar un caudal de hasta 50.000 m<sup>3</sup>/min.

Los compresores se clasifican de la siguiente manera;

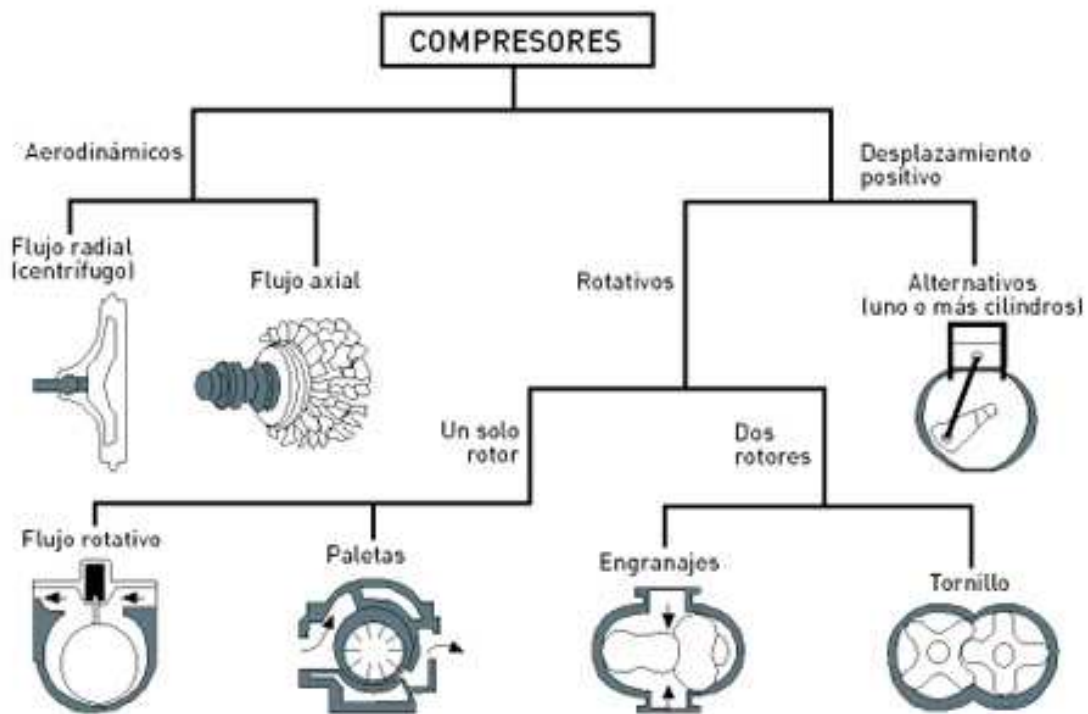


FIGURA 1. Clasificación de los Compresores

### **1.3.1 Compresor de Desplazamiento Positivo**

El aire o el gas de trabajo aumentan su presión mediante la reducción de volumen.

Estos se clasifican en:

#### **1.3.1.1 Reciprocantes**

Disponen de un émbolo o pistón que realiza un movimiento alternativo en el interior de un cilindro. El aire entra en la cámara del cilindro por una válvula de admisión. Cuando se ha llenado la cámara, la válvula se cierra y el pistón se desplaza: disminuye el volumen de la cámara y aumenta la presión del aire contenido en su interior.

##### **a) Compresores de Pistón:**

Son muy usados en la actualidad, y como se puede observar en el dibujo, el pistón abre y cierra dos válvulas de entrada y salida.

Los compresores de pistón pueden tener de uno o más pistones. Con un solo pistón, llega a generar unas presiones de hasta  $10 \text{ Kp/cm}^2$ . Con dos pistones, genera hasta  $15 \text{ Kp/cm}^2$ . Con más pistones, supera los  $250 \text{ Kp/cm}^2$ . La disposición de los pistones se encuentra sobre un mismo cigüeñal, de otro modo sería muy difícil conseguir el sincronismo entre pistones (Figura 2).

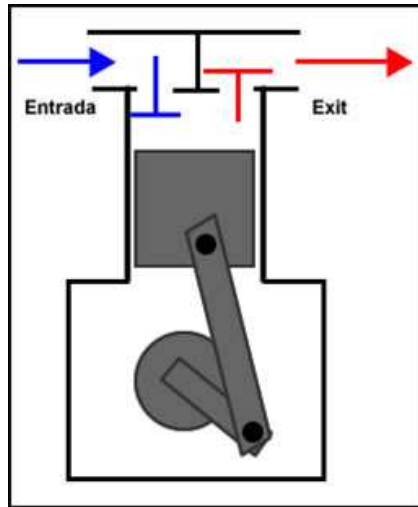


FIGURA 2. Esquema del compresor de Pistón

En la industria farmacéutica, nos encontraremos el mismo tipo de compresor, pero llamado de membrana. Sucede que entre las válvulas de entrada-salida del compresor y el pistón o pistones, existe una membrana que impide el contacto del aire con el pistón o pistones (Figura 3)

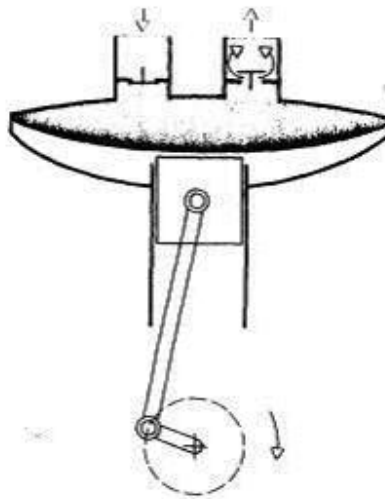


FIGURA 3. Compresor de Diafragma

### 1.3.1.2 Rotatorios

Disponen de un elemento que realiza un movimiento giratorio. Aunque existen varios modelos, los más utilizados son los compresores rotativos de paletas y de tornillo.

#### a) Compresor de Paletas

El motor es excéntrico en relación a la carcasa o el cilindro, y lleva una serie de aletas que se ajustan contra las paredes de la carcasa debido a la fuerza centrífuga.

Este tipo de compresores consiste básicamente de una cavidad cilíndrica dentro de la cual está ubicado en forma excéntrica un motor con ranuras profundas, unas paletas rectangulares se deslizan libremente dentro de las ranuras de forma que al girar el motor la fuerza centrífuga empuja las paletas contra la pared del cilindro. El gas al entrar, es atrapado en los espacios que forman las paletas y la pared de la cavidad cilíndrica es comprimida al disminuir el volumen de estos espacios durante la rotación.

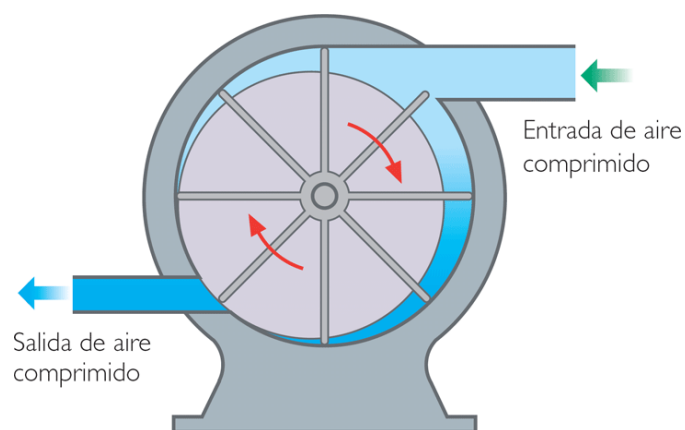


FIGURA 4. Compresor de Paletas.

## b) Compresor de Tornillo

Dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo impulsan hacia el otro lado el aire aspirado axialmente. Los tornillos del tipo helicoidal engranan con sus perfiles y de ese modo se logra reducir el espacio de que dispone el aire. Esta situación genera un aumento de la presión interna del aire y además por la rotación y el sentido de las hélices es impulsado hacia el extremo opuesto.

Los ciclos se traslapan, con lo cual se logra un flujo continuo. A fin de evitar el desgaste de los tornillos, estos no se tocan entre sí, ni tampoco con la carcasa, lo cual obliga a utilizar un mecanismo de transmisión externo que permita sincronizar el movimiento de ambos elementos.

Entrega caudales y presiones medios altos (600 a 40000m<sup>3</sup>/h y 25 bar) pero menos presencia de aceite que el de paletas. Ampliamente utilizado en la industria de la madera, por su limpieza y capacidad.

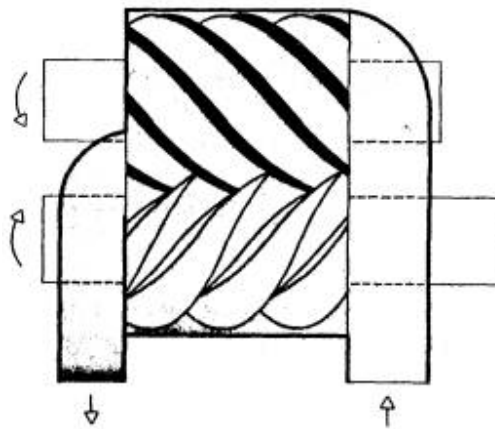


FIGURA 5. Compresor de Tornillo

### c) Compresores Roots

En estos compresores, el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea modificado. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos rotativos (Figura 6).

Como ventaja presenta el hecho que puede proporcionar un gran caudal, lo que lo hace especial para empresas que requieren soplar, mover gran cantidad de aire, su uso es muy limitado.

El accionamiento también se asegura exteriormente, ya que por la forma de los elementos y la acción del roce no es conveniente que los émbolos entren en contacto.

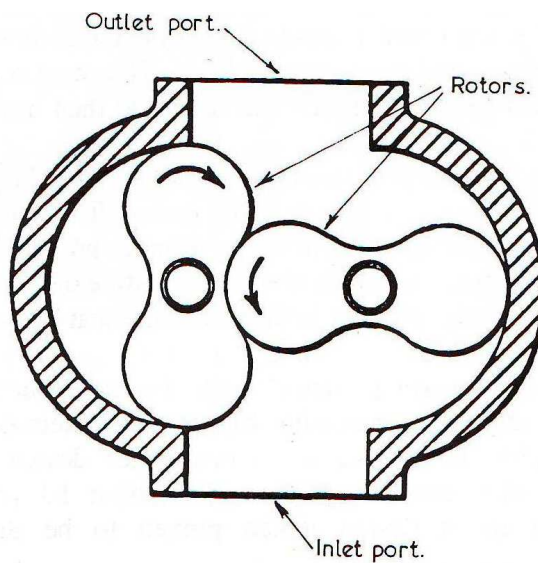


FIGURA 6: Compresor de Roots

### **1.3.2.1 Compresores Dinámicos.**

Este tipo de máquinas, en lugar de disminuir el volumen del aire para aumentar su presión, consiguen este efecto aumentando la velocidad del aire. También se les conoce con el nombre de turbocompresores. Suelen disponer de un conjunto de paletas giratorias que impulsan el aire y van aumentando su velocidad a medida que este pasa por sucesivas cámaras.

Los compresores tienen muchas aplicaciones industriales. Por ejemplo, son utilizados en sistemas de refrigeración, aires acondicionados, en la presurización de gases durante la fabricación de plásticos, polímeros y otros químicos.

Pero el uso más importante de los compresores es el de la producción de aire comprimido, prácticamente toda planta moderna, sitio de construcción o taller está equipado con un suministro de aire comprimido. Esta fuente de energía instantánea, segura y flexible puede ser usada para operar todo tipo de herramientas neumáticas, suministrar refrigeración, operar maquinaria y controlar procesos de fabricación de diversos tipos.

### **1.3.2. Compresores Dinámicos**

Los compresores dinámicos se designan también como compresores aerodinámicos o turbocompresores. Tienen paletas o impulsores que giran muy rápidamente para aumentar la velocidad y presión del aire.

Los compresores dinámicos, se clasifican en dos tipos según la dirección del flujo del aire a lo largo de los rotores:

- compresores de FLUJO RADIAL
- compresores de FLUJO AXIAL.



### a) Compresor de flujo radial o Compresor Centrífugo

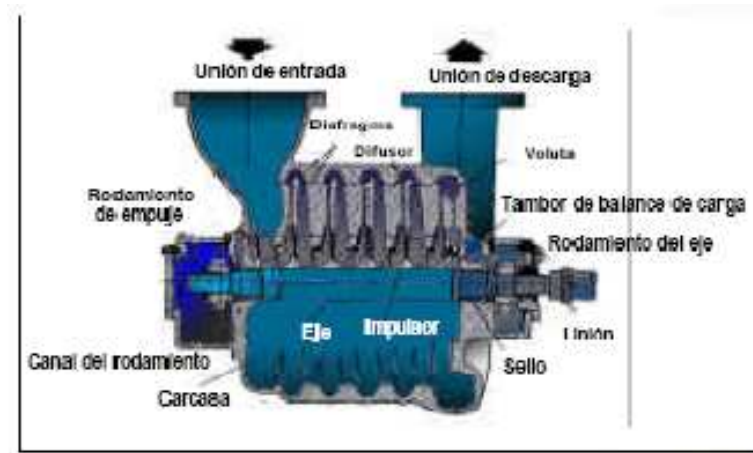


FIGURA 7. Compresor centrífugo

El rotor del compresor de flujo radial tiene paletas fijas y gira en una caja de diseño especial. El aire entra en un extremo, aumenta de velocidad y es expelido. Del rotor el aire pasa al DIFUSOR, cuando el aire entra en el difusor, disminuye su velocidad y aumenta su presión. Luego pasa a la caja. Los compresores de flujo radial pueden entregar aire a alta o baja presión, según la forma del rotor y el difusor. El aire puede entrar de un solo lado del rotor y el compresor se denomina entonces de flujo simple. O puede entrar de ambos lados del rotor al mismo tiempo, y se habla entonces de un compresor de doble flujo. Los compresores de flujo radial pueden ser de una o de varias etapas o pasos.

### b) Compresor de flujo Axial

El compresor de flujo axial es similar, en principio, al compresor de flujo radial, con la excepción de que el aire fluye de manera distinta respecto al rotor: Se mueve paralelamente al eje del rotor, de aquí el nombre de compresor de flujo axial. En este tipo de compresor, la caja de la cámara de compresión es amplia en el extremo de la entrada del aire y estrecha en el de la salida. La caja lleva montadas series de hileras de paletas curvas fijas que alternan con paletas curvas móviles montadas en el rotor giratorio. En la parte estrecha, las paletas son más cortas y el espacio entre ellas es más pequeño. El aire entra por el extremo amplio hacia el primer grupo de paletas móviles. La forma de éstas es tal que aumentan

considerablemente la velocidad del aire antes de hacerlo pasar por el grupo de paletas fijas que sigue.

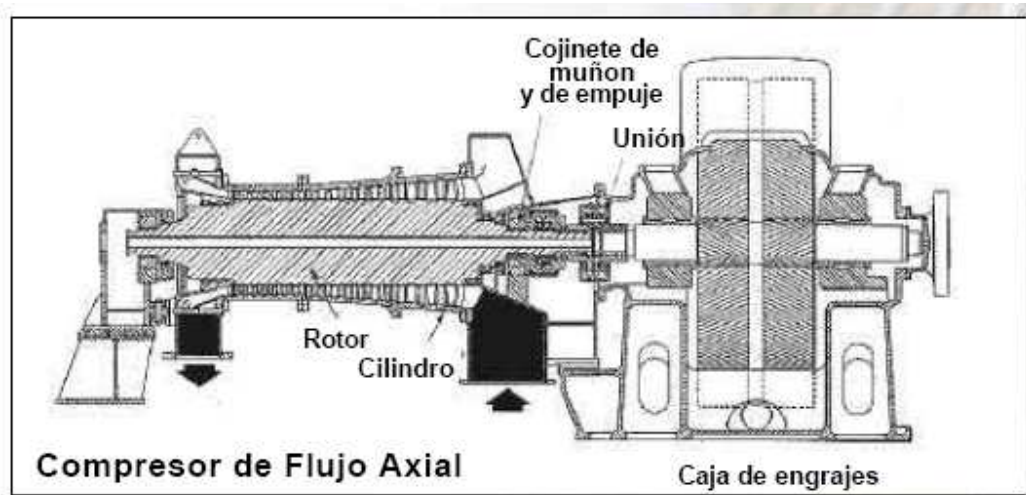


FIGURA 8. Compresor de Flujo Axial

Al pasar por las paletas fijas, el aire reduce su velocidad debido a la forma curva de las paletas y aumenta su presión. El proceso de aumentar y disminuir la velocidad del aire alternadamente y de aumentar cada vez más su presión continúa en toda la longitud del rotor en etapas, debido a la forma de las paletas.

El aire comprimido es expelido por la parte estrecha. El compresor de flujo axial es mucho más pequeño que el de flujo radial y puede procesar grandes volúmenes de aire con gran eficacia, ya que una sola unidad es de por sí de varios pasos.

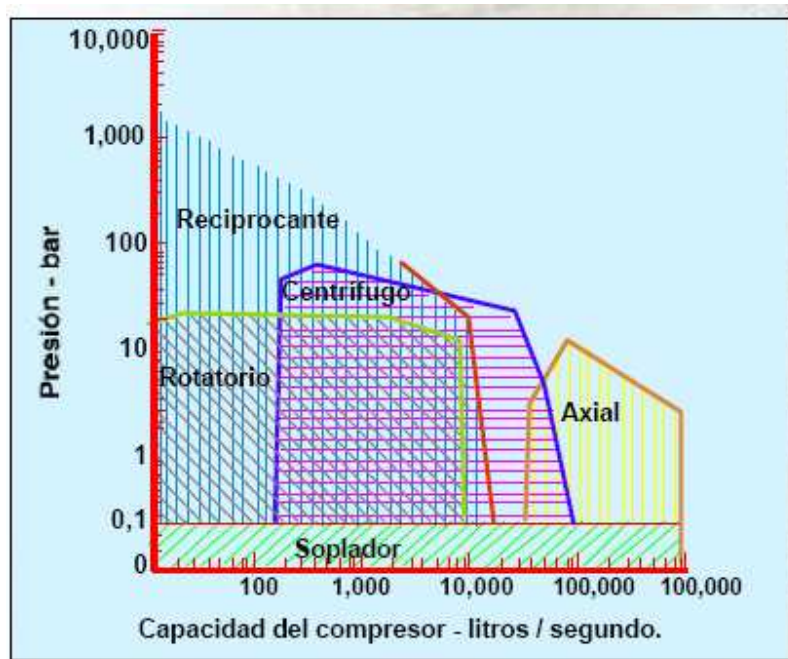


FIGURA 9. Rangos de Operación de los diferentes tipos de Compresores

#### 1.4 Distribución del Aire Comprimido

El aire comprimido producido en el compresor se distribuye hacia el resto de los elementos que configuran el sistema a través de un conjunto de tuberías. Este conjunto de tuberías constituye una red o circuito de aire comprimido que comunica los distintos dispositivos del sistema neumático. Sus componentes se suelen fabricar de cobre, acero o plástico, y deben tener un diámetro adecuado para mantener el caudal y la presión idóneos en el circuito.

Las redes utilizadas se diferencian en dos tipos:

- **Red abierta.** Se caracteriza por alimentar a los diferentes actuadores o consumos de forma simultánea desde la alimentación, estando en contacto las tuberías con la presión atmosférica. Suele usarse para la expulsión de aire a presión para limpieza y otros trabajos similares. Ejemplo de aplicación: equipos de pintura a base de pistolas automáticas en talleres automovilísticos.

- **Red cerrada.** Los circuitos de esta red están estancos, es decir, cerrados, manteniendo en su interior aire a presión sin estar en contacto con el ambiente. Estas redes se destinan a los procesos de control en actuadores como cilindros y motores neumáticos.

El rango de presión de aire que se utiliza en las líneas de distribución de un sistema neumático suele oscilar entre los 4 y 6 bar, no pudiendo ser nunca inferior a 2 bar ni superior a 15 bar.

Generalmente suele existir en los circuitos neumáticos un conjunto de elementos destinados a acondicionar el aire comprimido que circula por la red de distribución. Entre ellos cabe citar la presencia de:

- **Filtros**, que se encargan de eliminar las impurezas que pudiera arrastrar el aire (no olvidemos que el aire procede de la atmósfera).
- **Reguladores de presión** para mantener un valor constante en todo o en parte del circuito.

Un equipo básico para el tratamiento del aire comprimido es la unidad de mantenimiento FRL (Filtro, Regulador, lubricante), que contiene los elementos citados anteriormente en un solo dispositivo.

#### **1.4.1 Unidad de mantenimiento**

Para contar con que un circuito neumático trabaje de manera óptima y que tenga un promedio de vida aceptable se tiene que prestar singular atención al acondicionamiento del aire presurizado, dicho acondicionamiento se lleva a cabo por medio de un proceso de filtración, lubricación y regularización que se puede realizar por elementos separados, y es aquí donde surge la unidad de mantenimiento (Figura 10), que es una unidad operativa que cuenta con las funciones de acondicionamiento antes mencionadas y es colocada antes de toda la instalación del circuito neumático.



FIGURA 10. Unidad de Mantenimiento

Para la selección de la unidad de mantenimiento correcta es necesario tomar en cuenta el total de caudal de aire, la presión de trabajo y la temperatura, ya que estos datos no deben de rebasar los valores estipulados por el fabricante.

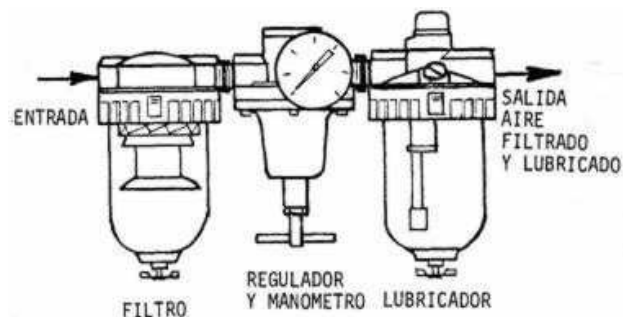


FIGURA 11. Esquema de una Unidad de Mantenimiento.

A continuación se describen las principales funciones:

#### **1.4.1.1 Filtros**

Son elementos necesarios en toda instalación neumática correctamente concebida, aún cuando se haya hecho tratamiento del aire a la salida del compresor o del depósito. Esto no impedirá la llegada a los puntos de consumo de partículas de óxido ni de pequeñas cantidades de condensación proveniente de las redes de distribución. El aire de red ingresa al filtro dirigiéndose luego hacia la parte inferior, encontrando un deflector en forma de turbina que modifica la forma del flujo haciéndolo rotar. Esta rotación separa por centrifugado las partículas más pesadas: gotas de agua, emulsión agua-aceite, cascarillas de óxido, etc.

Desprovisto de las impurezas más gruesas, el aire avanza hacia la salida pasando obligatoriamente por un filtro sinterizado o de fibras sintéticas, capaz de retener las partículas sólidas no precipitadas en el filtro ciclónico. Se disponen de variados rangos de filtración, expresados en micrones y que cubren desde exigencias mínimas a máximas.

#### **1.4.1.2 Reguladores de Presión**

Un regulador de presión, instalado en línea después de filtrar el aire, cumple las siguientes funciones:

- 1) Evitar las pulsaciones provenientes del compresor.
- 2) Mantener una presión constante e independiente de la presión de la línea del consumo.
- 3) Evitar un excesivo consumo por utilizar presiones de operación mayores que las necesarias para los equipos.
- 4) Independizar los distintos equipos instalados

Su funcionamiento se basa en el equilibrio de fuerzas sobre una membrana o pistón, que soporta sobre su parte superior la tensión de un muelle, la que puede variarse a voluntad por la acción de un tornillo de accionamiento manual mediante una perilla. En su parte inferior la membrana soporta directamente la presión de salida.

Desequilibrando el sistema por aumento voluntario de la tensión del muelle, la membrana descenderá ligeramente abriendo la entrada de aire a presión. Esta introducción de aire permanecerá hasta que se restablezca el equilibrio perdido, con una presión resultante ligeramente mayor.

#### **1.4.1.3 Lubricadores**

La lubricación de los componentes neumáticos evita el prematuro deterioro de los mismos, provocado por la fricción y la corrosión, aumentando notablemente su vida útil, reduciendo los costos de mantenimiento, tiempos de reparación y repuestos.

Para lubricar componentes y herramientas neumáticas, el método más difundido es de dosificar lubricante en el aire que acciona el sistema, atomizándolo y formando una microneblita que es arrastrada por el flujo de aire, cubriendo las superficies internas de los componentes con una fina capa de aceite.

El aire que ingresa a la unidad es obligado a pasar a través de un dispositivo que produce una leve caída de presión, (Sistema venturi, normalmente 1 PSI) provocando el ascenso del aceite desde el vaso por un tubo hasta el dosificador de lubricante, pudiéndose regular así el goteo. Cada gota de aceite se atomizará en el aire que lo llevará a los distintos elementos que estén conectados a este lubricador. Utilizar siempre el tipo de aceite recomendado para garantizar un óptimo rendimiento de la unidad. La unidad de lubricación debe ser instalada lo más cercana posible al equipo de trabajo y nunca a más de tres metros de la misma.

#### **1.4.2 Válvulas neumáticas**

Las válvulas neumáticas son dispositivos que permiten controlar o regular el flujo del aire comprimido (Figura 12). Su función es análoga a la que realizan los interruptores y conmutadores en los circuitos eléctricos, de forma que permiten gobernar el estado de los actuadores neumáticos y controlar el funcionamiento del circuito.

Existen varios tipos de válvulas, que se pueden clasificar en función de la labor que realizan de la siguiente forma:

- Válvulas distribuidoras.
- Válvulas reguladoras.
- Válvulas de bloqueo



FIGURA 12. Ilustración de válvulas neumáticas

#### 1.4.2.1 Válvulas distribuidoras

Permiten controlar el camino o trayectoria del aire comprimido para activar los dispositivos actuadores cuando sea preciso (Figura 13). Los orificios que tiene la válvula reciben el nombre de vías, por lo que también se las conoce con el nombre de válvulas de vías.



FIGURA 13. Válvula de 3/2 vías

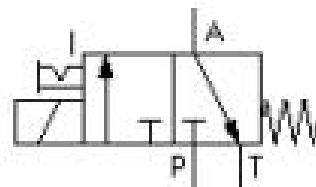


FIGURA 14. Válvula distribuidora 2/2 vías



Suelen tener dos o más posiciones que corresponden a los distintos estados de trabajo de la válvula: una de las posiciones define el estado de reposo y las otras posiciones se obtienen al accionar la válvula mediante algún dispositivo (Figura 14). El accionamiento de la válvula puede ser directo (a través de pulsadores, palancas, rodillos, levas, etc) o a distancia (a través de una señal eléctrica, electroválvulas, aire comprimido, etc.).

Las válvulas distribuidoras se designan mediante dos cifras:

- La 1.<sup>a</sup> cifra indica el número de vías.
- La 2.<sup>a</sup> cifra indica el número de posiciones.

Así, por ejemplo, se podrán tener válvulas 2/2, 3/2, 4/2, 4/3, etc.

Este tipo de válvulas se representan mediante símbolos que intentan indicar su funcionamiento.

#### 1.4.2.2 Válvulas Reguladoras

En función de la magnitud que regulen (el caudal o la presión) pueden ser:

- **Reguladoras de caudal:** ajustan el caudal que circula por los conductos de distribución, modificando la anchura de la sección del paso del aire (Figura 15).
- **Reguladoras de presión:** permiten controlar la presión del aire comprimido (Figura 16).

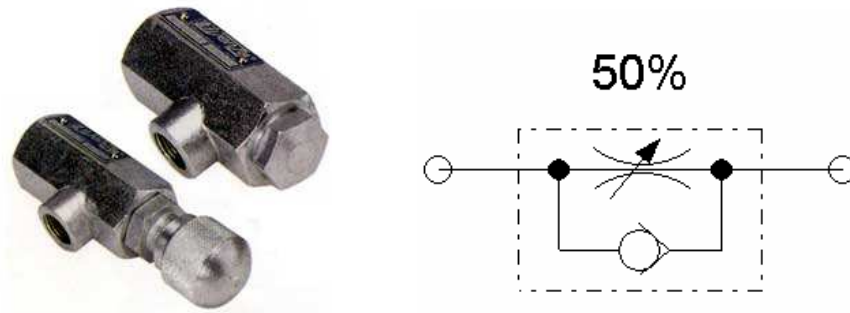


FIGURA 15. Válvula Reguladora de Caudal

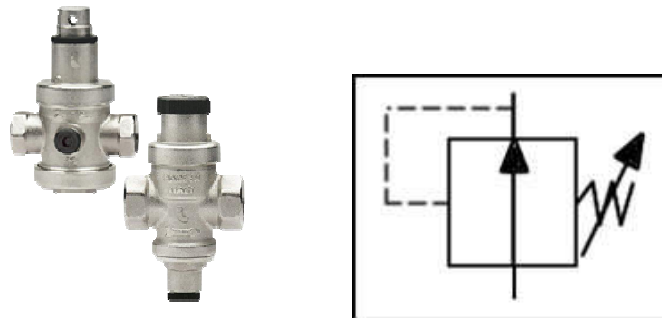


FIGURA 16. Válvula reguladora de presión.

### 1.4.2.3 Válvulas de bloqueo

Permiten bloquear el paso del aire comprimido.

Las válvulas de bloqueo pueden ser, a su vez, de varios tipos:

- a) **Válvulas antirretorno:** impiden la circulación del aire comprimido en un sentido mientras permiten la libre circulación en el sentido contrario. (Figura 17)

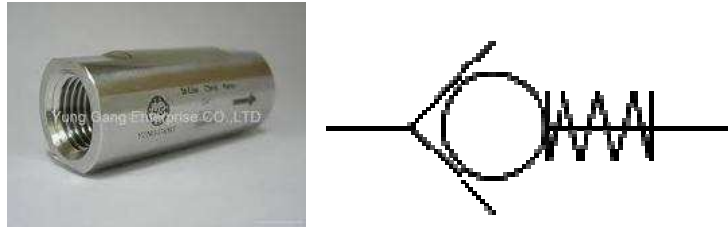


FIGURA 17. Válvula check

- b) **Válvulas selectoras:** se utilizan para controlar desde dos puntos distintos (como una puerta OR). (Figura 18)

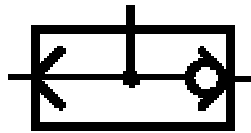


FIGURA 18. Válvula Selectora

- c) **Válvulas de simultaneidad:** se utilizan cuando se requieren dos o más condiciones para controlar una salida (como una puerta AND). (Figura 19)

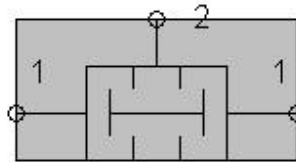


FIGURA 19. Válvula de Simultaneidad

Según su estructura interna las válvulas se clasifican en:

- **a) Válvulas de asiento:**  
Su funcionamiento se basa en el cierre de un elemento móvil sobre su asiento. Para el caso de las válvulas de asiento, los pasos se cierran o se abren por medio de elementos como platos, bolas, discos o conos, su funcionamiento es sencillo, al inyectar aire comprimido, este provoca una fuerza de compresión sobre la bola, el

plato, el cono, según sea el caso, de esta forma se da una colisión entre el elemento y el asiento de la válvula o en su defecto, juntas de goma, teniendo como resultado una correcta estanqueidad. Otra característica de estas válvulas es que su vida útil es considerablemente amplia ya que los componentes por los que está formada no tienen un desgaste mayor, de la misma manera son poco sensibles a la suciedad y económicas, pero por otro lado necesitan un accionamiento con una gran fuerza ya que esta debe ser mayor a la fuerza que realiza la presión del aire más la del dispositivo de recuperación que posean.

- **b) Válvulas de corredera:**

Su funcionamiento se basa en una corredera cilíndrica que se desplaza lateralmente. Como es de imaginarse por el nombre, en esta válvula existe un desplazamiento axial en su parte interna, realizado por un émbolo cilíndrico el cual tiene como tarea la distribución del flujo de aire a las distintas conexiones que la válvula posea según se necesite. Debido al desplazamiento del émbolo, las piezas de la válvula se encuentran sometidas a un rozamiento el cual provoca un desgaste en las mismas. De manera contraria a las válvulas de asiento, estas son muy sensibles a la suciedad y requieren esfuerzos pequeños para el permuté de las vías.

#### **1.4.2.4 Tipos de mandos**

El siguiente diagrama muestra los distintos tipos de accionamiento que se pueden realizar en las válvulas de vías

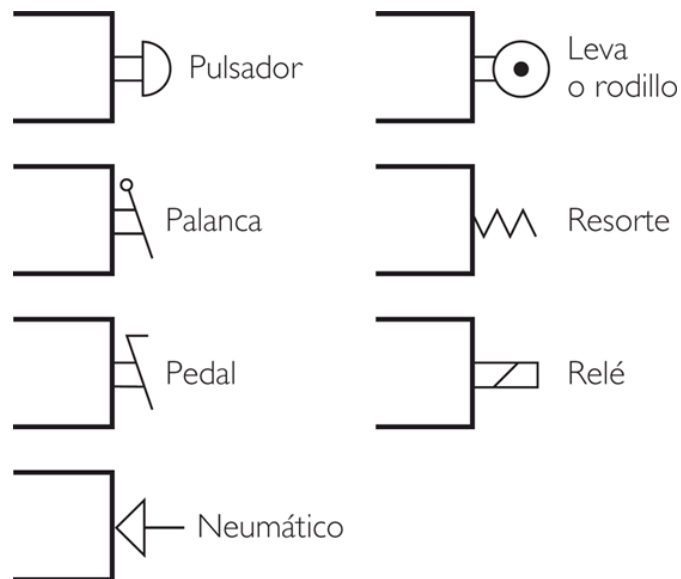


FIGURA 20. Símbolos de diferentes mandos empleados en los circuitos neumáticos

Las válvulas pueden ser accionadas de forma manual o utilizando medios eléctricos. En la figura se exponen los símbolos de los diferentes tipos de mandos.

- a) **Mandos manuales:** el pulsador y el pedal se utilizan como un medio para cambiar la posición de forma manual.
- b) **Finales de carrera:** este tipo de mandos tiene un accionamiento (palanca, leva o rodillo, muelle) que es accionado por un objeto cuando entra en contacto con él, de forma que se mantiene en dicha posición inestable mientras se produzca el contacto.
- c) **Accionamientos secundarios:** en estos casos, las válvulas se equipan con medios de cambio de posición provenientes de una señal eléctrica que excita un relé o mediante la inyección de una salida de aire a presión (piloteado neumáticamente)

### 1.4.3 Actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos son dispositivos que transforman la energía del aire comprimido en energía mecánica, es decir, producen un movimiento (Figura 21).

Se pueden clasificar en dos tipos, según el movimiento que producen: los cilindros y los motores neumáticos.



FIGURA 21. Actuadores Neumáticos

Los cilindros están constituidos por un émbolo o pistón. Producen un movimiento lineal, que puede ser de avance o de retroceso. Los más utilizados son:

#### 1.4.3.1 Cilindros de efecto simple

Disponen de una única entrada de aire, que produce el desplazamiento del émbolo en un único sentido. Cuando cesa la entrada de aire, el émbolo vuelve a su posición inicial (normalmente, mediante la acción recuperadora de un muelle) (Figura 22). Estos cilindros tienen como finalidad la realización de tareas como: entregar, bifucar, juntar, accionar,

fijar, expulsar, apretar, levantar, sujetar. En resumen, se puede denominar este tipo de acciones como tareas de alimentación.

Dentro de la clasificación de cilindros de efecto simple se encuentran los cilindros de membrana y de membrana enrollable, donde lo única diferencia con los cilindros antes mencionados es que este tipo de cilindros cuenta con una membrana, ya sea de goma, plástico o metal, la cual, toma el lugar del embolo y sobre la cual está fijado el vástago.

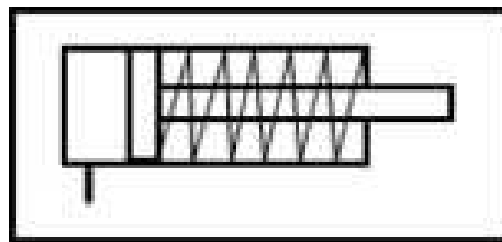


FIGURA 22. Cilindro de efecto simple

#### 1.4.3.2 Cilindros de doble efecto

Disponen de dos entradas de aire, lo que permite el desplazamiento del émbolo en dos sentidos (avance y retroceso), al empujar el aire en cada una de las caras del émbolo (Figura 23). Este tipo de cilindros no llevan mecanismo de retorno como muelle, resorte etc., por lo que cuentan con dos conexiones, las cuales tienen como función alimentar y evacuar el aire a presión. De forma distinta a los cilindros simple efecto, este tipo de actuadores pueden realizar trabajos en dos sentidos. Sus aplicaciones más comunes se encuentran en la detección sin contacto, el frenado de cargas pesadas, el uso de cilindros sin vástago en áreas reducidas y la aplicación en la robótica.

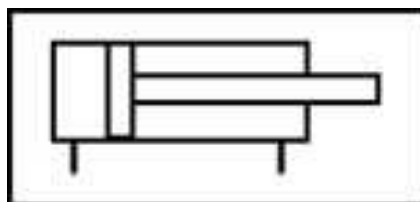


FIGURA 23. Cilindro de doble efecto

La forma de actuar de un cilindro de efecto simple es la siguiente:

- 1. Al entrar en el cilindro el aire comprimido empuja el émbolo y desplaza el vástago hacia la izquierda. Cuando cesa la entrada de aire desaparece la fuerza de empuje y el émbolo vuelve a su posición inicial impulsado por el muelle, de forma que el vástago se desplaza hacia la derecha (Figura 24).
- 2. Cuando el aire deja de inyectar presión en el interior del cilindro se produce una fuerza de empuje hacia la derecha por acción del muelle. El vástago frenará su movimiento, bien cuando la presión interior del fluido sea igual a la fuerza del muelle o bien cuando llegue al final del recorrido.



FIGURA 24. Cilindro Simple efecto

Por otra parte, los movimientos del vástago de un cilindro de doble efecto serán debidos a la diferencia de presiones que exista en el interior del cilindro. Si la presión que se inyecta por la entrada de aire de la izquierda es mayor que la presión existente por la entrada de la derecha, entonces el vástago se moverá en sentido derecho. En caso contrario, se moverá a la izquierda (Figura 25).

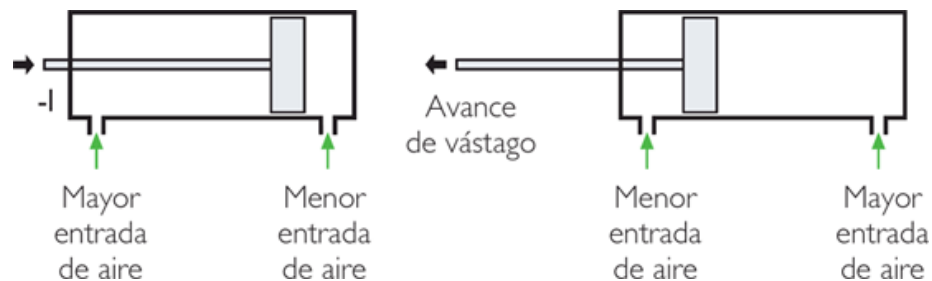


FIGURA 25. Cilindro de doble efecto



### 1.4.3.3 Fijaciones de los Cilindros Neumáticos

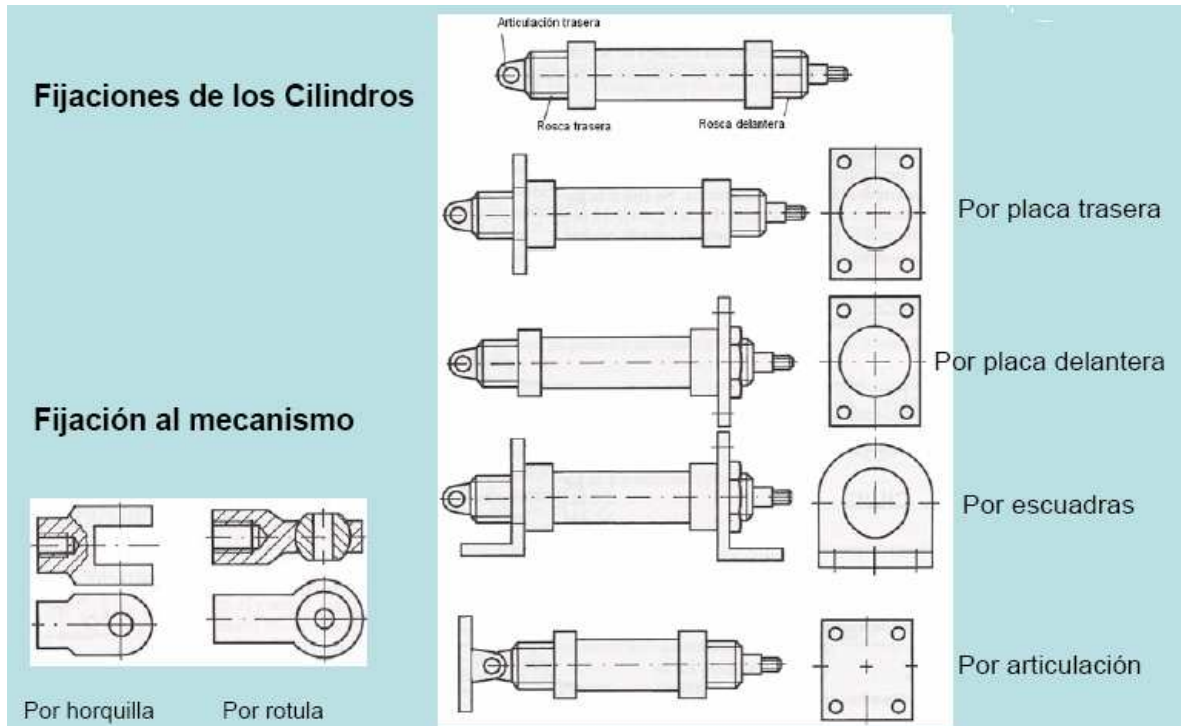


FIGURA 26. Fijaciones de los Cilindros

## 1.5 Elementos Eléctricos De Control Para Sistemas de Aire Comprimido.

### 1.5.1 Sensores

Éstos son los dispositivos encargados de la transformación de cualquier tipo de cantidad física en otra cantidad física pero diferente, en otras palabras, convierten las características de un entorno en una medida cuantitativa, como por ejemplo: temperatura o desplazamientos mecánicos. Al proceso antes mencionado de transformación de una energía a otra se le llama proceso de transducción. Muchos de los sensores son eléctricos o electrónicos aunque existen de otros tipos, se cuenta en el mercado con: Sensores de temperatura, de deformación, de acidez, de luz, de sonido, de contacto, de imagen digital (fotografía) y de proximidad.

Para el caso de este proyecto se utilizarán sensores de contacto o también llamados sensores de fin de carrera los cuales se sitúan al final del recorrido del elemento móvil, en este caso, los actuadores o cilindros. Estos sensores están formados por dos partes donde en una de ellas se encuentran los contactos y en la otra, una cabeza que detecta el movimiento. Normalmente son aplicables a sistemas de movimiento rectilíneo o que sigan una trayectoria fija.



FIGURA 27. Sensores para pistón

### 1.5.2 PLC'S (Controles lógicos programables)



Figura 28. Ejemplificación de un control lógico programable.

Los PLC'S tienen la finalidad de controlar en tiempo real procesos secuenciales, que en la mayoría de las ocasiones se llevan a cabo en la industria. A grandes rasgos, este es un dispositivo electrónico que contiene una memoria programable y es operado de manera digital, cuenta con la característica de almacenar información para controlar alguna operación o maquina, por medio de módulos de entrada y salida, tanto analógica como digital.

A continuación se presenta un esquema que muestra las cuatro unidades principales con las que cuenta un controlador lógico:

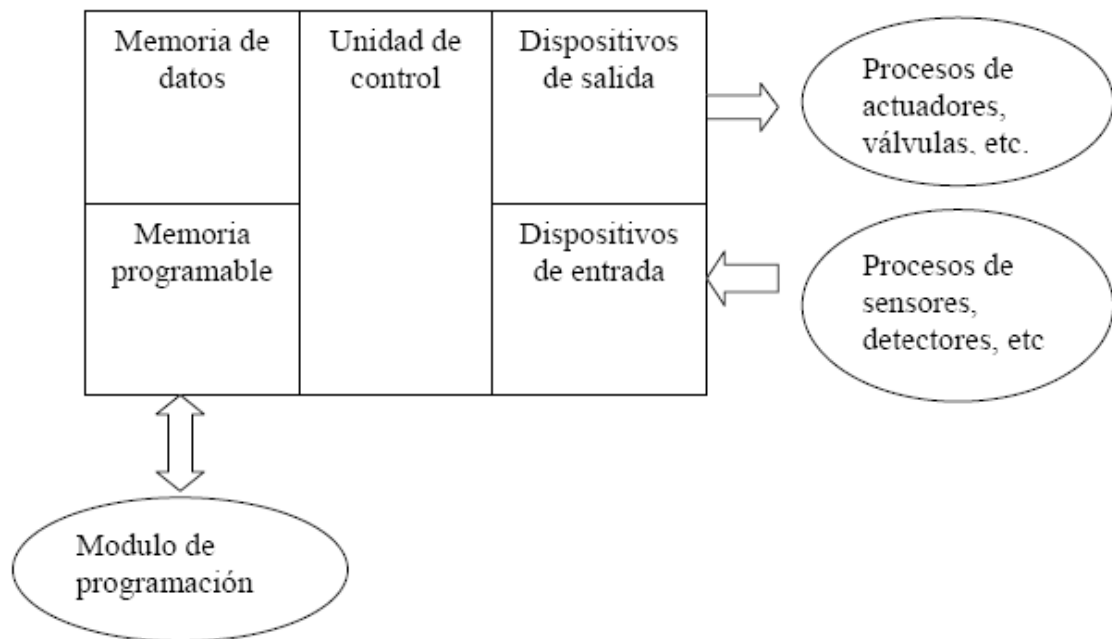


FIGURA 29. Unidades principales de un PLC.

Donde en la memoria de datos se guardan los datos de trabajo como condiciones de cambio, valores, movimientos, etc. Mientras que en la memoria programable se encuentra la secuencia de control.

## **1.6 Recomendaciones de seguridad para el uso del aire comprimido**

La utilización del aire comprimido en la industria está ampliamente extendida y en actuaciones muy diversas, como accionamiento de máquinas herramientas, actuadores de válvulas, maquinaria, desmoldeadores de piezas, etc., siendo la primera de las citadas, en su versión de máquinas portátiles, una de las más frecuentes en determinados sectores de actividad, como por ejemplo el de la madera.

Dado que su accionamiento es debido a un fluido a presión, su empleo da lugar a la aparición de unos riesgos específicos, que se van a ver magnificados si se hace un mal uso del mismo.

Las reglas elementales de seguridad se indican a continuación:

### **1.6.1 Antes de la acometida.**

- Debe realizarse indefectiblemente:

La purga de las conducciones de aire.

La verificación del estado de los tubos flexibles y de los manguitos de empalme.

El examen de la situación de los tubos flexibles: que no existan bucles, codos o dobleces que obstaculicen el paso del aire.

- No conectar nunca una máquina neumática a una fuente de suministro de oxígeno; existe peligro de explosión.

### **1.6.2 Durante el trabajo.**

- Las mangueras de aire comprimido se deben situar de forma que no se tropiece con ellas, ni que puedan ser dañadas por vehículos que pasen por encima. Un sistema para impedir todo esto es el de colocar las mangueras en soportes elevados.

- No se deben gastar bromas dirigiendo la manguera de aire a otros. Puede tener consecuencias graves.
- No se debe usar la manguera de aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas. Se han producido lesiones graves en los ojos, oídos y boca.
- Al usar herramientas neumáticas siempre debe cerrarse la llave del aire de las mismas antes de abrir la de la manguera.
- Nunca se debe doblar la manguera para cortar el aire cuando se cambie la herramienta. Hay que cortar la fuente de alimentación.
- No debe apoyarse todo el peso del cuerpo sobre la herramienta neumática, ya que puede deslizarse y caer uno sobre la superficie que se esté trabajando. Se debe adoptar una postura segura.
- Siempre que se trabaje con herramientas neumáticas se deben usar gafas, guantes, calzado de seguridad y protección para los oídos.
- Hay que asegurarse del acoplamiento de las herramientas a la manguera de aire comprimido, ya que si no está bien sujeta, puede salir disparada como un proyectil.
- Verificar las fugas de aire que pueden producirse por las juntas, acoplamientos defectuosos o roturas de mangueras o tubos.
- Aún cuando no trabaje, la máquina neumática no deja de tener peligro si está conectada a la manguera de aire, es lo mismo que una pistola cargada. Cualquier movimiento accidental del gatillo puede ser causa de lesiones. Usa siempre el dispositivo de seguridad.

- Para el soplado de piezas con aire comprimido se debe acoplar a la boquilla un disco a modo de pantalla protectora contra las proyecciones y un manorreductor u otro dispositivo que permita regular la presión sin exceder de una atmósfera.
- Debe ser rigurosamente prohibido el método de expulsar la herramienta con la presión del equipo neumático portátil, en lugar de quitarla con la mano.

### **1.6.3 Después de la utilización.**

- Cerrar la válvula de alimentación del circuito del aire.
- Abrir la llave de admisión de aire de la máquina, de forma que se purgue el circuito.
- Desconectar la máquina.

## **1.7 Mantenimiento**

Los constructores prevén determinadas revisiones de mantenimiento y engrase de este tipo de máquinas. Estas instrucciones deben ser respetadas escrupulosamente. Del buen mantenimiento depende la duración y buen funcionamiento del equipo, hecho que está muy relacionado con la seguridad del operario.

Los depósitos de aire comprimido deben ser verificados según lo dispuesto en el Reglamento de Recipientes a Presión.

En cuanto a los conductos de aire comprimido, se debe controlar regularmente el estado de las tuberías y sustituir las que estén defectuosas.

Los empalmes en las tuberías deben fijarse mediante abrazaderas apropiadas. Si se sujetan solamente con alambre no estarán bien seguras.

Las tomas de aires murales deben disponerse de modo que queden por debajo de la cabeza del operador.

## **2.0 ANTECEDENTES HISTORICOS Y ORIGEN DE LOS ROBOTS**

### **2.1 Historia**

El concepto de máquinas automatizadas se remonta a la antigüedad, con mitos de seres mecánicos vivientes. Los autómatas, o máquinas semejantes a personas, ya aparecían en los relojes de las iglesias medievales, y los relojeros del siglo XVIII eran famosos por sus ingeniosas criaturas mecánicas.

El control por realimentación, el desarrollo de herramientas especializadas y la división del trabajo en tareas más pequeñas que pudieran realizar obreros o máquinas fueron ingredientes esenciales en la automatización de las fábricas en el siglo XVIII. A medida que mejoraba la tecnología se desarrollaron máquinas especializadas para tareas como poner tapones a las botellas o verter caucho líquido en moldes para neumáticos. Sin embargo, ninguna de estas máquinas tenía la versatilidad del brazo humano, y no podía alcanzar objetos alejados y colocarlos en la posición deseada.

En la década de 1890 el científico Nikola Tesla, inventor, entre muchos otros dispositivos, de los motores de inducción, ya construía vehículos controlados a distancia por radio. Tesla fue un visionario que escribió sobre mecanismos inteligentes tan capaces como los humanos.

Las máquinas más próximas a lo que hoy en día se entiende como robots fueron los "teleoperadores", utilizados en la industria nuclear para la manipulación de sustancias radiactivas. Básicamente se trataba de servomecanismos que, mediante sistemas mecánicos, repetían las operaciones que simultáneamente estaba realizando un operador.

Inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial comienzan los primeros trabajos que llevan a los robots industriales. A finales de los 40 se inician programas de investigación en los laboratorios de Oak Ridge y Argonne National Laboratories para desarrollar manipuladores mecánicos para elementos radiactivos. Estos manipuladores eran

del tipo "maestro-esclavo", diseñados para que reprodujeran fielmente los movimientos de brazos y manos realizados por un operario.

El inventor estadounidense George C. Devol desarrolló en 1954 un dispositivo de transferencia programada articulada (según su propia definición); un brazo primitivo que se podía programar para realizar tareas específicas.

En 1958, Devol se unió a Joseph F. Engelberger y, en el garaje de este último, construyeron un robot al que llamaron Unimate. Era un dispositivo que utilizaba un computador junto con un manipulador que conformaban una "máquina" que podía ser "enseñada" para la realización de tareas variadas de forma automática. En 1962, el primer Unimate fue instalado a modo de prueba en una planta de la General Motors para funciones de manipulación de piezas y ensamblaje, con lo que pasó a convertirse en el primer robot industrial. Devol y Engelberger fundarían más tarde la primera compañía dedicada expresamente a fabricar robots, Unimation, Inc., abreviación de Universal Automation

Se puede considerar este punto como el inicio de la era de la Robótica tal como la conocemos, mediante la utilización de los robots programados, una nueva y potente herramienta de fabricación.

En 1963 se introduce el robot comercial VERSATRAN por la American Machine and Foundry Company (AMF). En el mismo año se desarrollan otros brazos manipuladores como el Roehampton y el Edinburgh.

En 1967 y 1968 Unimation recibe sus primeros pedidos para instalar varios robots de la serie Unimate 2000 en las cadenas de montaje de la General Motors. Al año siguiente los robots ensamblaban todos los coches Chevrolet Vega de esta compañía.

En 1968 se publica el desarrollo de un computador con "manos", "ojos" y "oídos" (manipuladores, cámaras de TV y micrófonos) por parte de McCarthy en el Stanford Artificial Intelligence Laboratory. En el mismo año, Pieper estudia el problema cinemático de un manipulador controlado por un computador. También este año, la compañía japonesa



Kawasaki Heavy Industries negocia con Unimation la licencia de sus robots. Este momento marca el inicio de la investigación y difusión de los robots industriales en Japón.

En 1969 se demuestran las propiedades de la visión artificial para vehículos autoguiados en el Stanford Research Institute. Este mismo año se desarrollaron los brazos Boston y Stanford, este último dotado de una cámara y controlado por computador. Sobre el brazo Stanford se desarrolló un experimento en el que el manipulador apilaba bloques según determinados criterios.

Las primeras aplicaciones industriales en Europa, aplicaciones de robots industriales en cadenas de fabricación de automóviles, datan de los años 1970 y 1971. En este último año, Kahn y Roth analizan el comportamiento dinámico y el control de un brazo manipulador.

Durante la década de los 70, la investigación en robótica se centra en gran parte en el uso de sensores externos para su utilización en tareas de manipulación. Es también en estos años cuando se consolida definitivamente la presencia de robots en las cadenas de montaje y plantas industriales en el ámbito mundial.

En 1972 se desarrolló en la universidad de Nottingham, Inglaterra, el SIRCH, un robot capaz de reconocer y orientar objetos en dos dimensiones. Este mismo año, la empresa japonesa Kawasaki instala su primera cadena de montaje automatizada en Nissan, Japón, usando robots suministrados por Unimation, Inc.

En 1973, Bolles y Paul utilizan realimentación visual en el brazo Stanford para el montaje de bombas de agua de automóvil. También este mismo año, la compañía sueca ASEA (futura ABB), lanza al mercado su familia de robots IRB 6 e IRB 60, para funciones de perforación de piezas.

En 1974, Nevins y sus colaboradores, en el Draper Laboratory, investigan técnicas de control basadas en la coordinación de fuerzas y posiciones, y Bejczy, en el Jet Propulsion Laboratory, desarrolla una técnica para el control de par basada en el robot Stanford. El mismo año, Inoue, en el Artificial Intelligence Laboratory del MIT, desarrolla trabajos de investigación en los que aplica la inteligencia artificial en la realimentación de fuerzas.

También este mismo año, la empresa Cincinnati Milacron introduce el T3 (The Tomorrow Tool), su primer robot industrial controlado por computador. Este manipulador podía levantar más de 100 libras y seguir objetos móviles en una línea de montaje.

En 1975, Will y Grossman, en IBM, desarrollaron un manipulador controlado por computador con sensores de contacto y fuerza para montajes mecánicos. Este mismo año, el ingeniero mecánico estadounidense Victor Scheinman, cuando estudiaba la carrera en la Universidad de Stanford, California, desarrolló un manipulador polivalente realmente flexible conocido como Brazo Manipulador Universal Programable (PUMA, siglas en inglés). El PUMA era capaz de mover un objeto y colocarlo en cualquier orientación en un lugar deseado que estuviera a su alcance (Figura 30). El concepto básico multi-articulado del PUMA es la base de la mayoría de los robots actuales.



FIGURA 30. El Robot PUMA

En 1976, estudios sobre el control dinámico llevados a cabo en los laboratorios Draper, Cambridge, permiten a los robots alinear piezas con movimientos laterales y rotacionales a la vez.

En 1979 Japón introduce el robot SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm), y la compañía italiana DEA (Digital Electric Automation), desarrolla el robot PRAGMA para la General Motors.

En la década de los 80 se avanza en las técnicas de reconocimiento de voz, detección de objetos móviles y factores de seguridad. También se desarrollan los primeros robots en el campo de la rehabilitación, la seguridad, con fines militares y para la realización de tareas peligrosas. Así por ejemplo, en 1982, el robot Pedesco, se usa para limpiar un derrame de combustible en una central nuclear. También se pone un gran énfasis en los campos de visión artificial, sensorización táctil y lenguajes de programación. Gracias a los primeros pasos dados por compañías como IBM o Intelledex Corporation, que introdujo en 1984 el modelo ligero de ensamblaje 695, basado en el microprocesador Intel 8087 y con software Robot Basic, una modificación del Microsoft Basic, actualmente se tiende al uso de una interfaz (el ordenador) y diversos lenguajes de programación especialmente diseñados, que evitan el "cuello de botella" que se producía con la programación "clásica". Esta puede ser ahora on-line u off-line, con interfaces gráficas (user-friendly interfaces) que facilitan la programación, y un soporte SW+HW que tiende a ser cada vez más versátil.

## **2.2 Los robots en la industria: evolución y perspectivas**

En 1995 funcionaban unos 700.000 robots en el mundo industrializado. Más de 500.000 se empleaban en Japón, unos 120.000 en Europa Occidental y unos 60.000 en Estados Unidos. Muchas aplicaciones de los robots corresponden a tareas peligrosas o desagradables para los humanos. En los laboratorios médicos, los robots manejan materiales que conlleven posibles riesgos, como muestras de sangre u orina. En otros casos, los robots se emplean en tareas repetitivas y monótonas en las que el rendimiento de una persona podría disminuir con el tiempo. Los robots pueden realizar estas operaciones repetitivas de alta precisión durante 24 horas al día sin cansarse. Uno de los principales usuarios de robots es la industria del automóvil. La empresa General Motors utiliza aproximadamente 16.000 robots para trabajos como soldadura por puntos, pintura, carga de máquinas, transferencia de piezas y montaje. El montaje es una de las aplicaciones industriales de la robótica que

más está creciendo. Exige una mayor precisión que la soldadura o la pintura y emplea sistemas de sensores de bajo coste y computadoras potentes y baratas. Los robots se usan por ejemplo en el montaje de aparatos electrónicos, para montar microchips en placas de circuito.

Las actividades que entrañan gran peligro para las personas, como la localización de barcos hundidos, la búsqueda de depósitos minerales submarinos o la exploración de volcanes activos, son especialmente apropiadas para emplear robots. Los robots también pueden explorar planetas distantes. La sonda espacial no tripulada Galileo, de la NASA, viajó a Júpiter en 1996 y realizó tareas como la detección del contenido químico de la atmósfera joviana.

Ya se emplean robots para ayudar a los cirujanos a instalar caderas artificiales, y ciertos robots especializados de altísima precisión pueden ayudar en operaciones quirúrgicas delicadas en los ojos. La investigación en telecirugía emplea robots controlados de forma remota por cirujanos expertos; estos robots podrían algún día efectuar operaciones en campos de batalla distantes.

Todo este avance se ha producido en unos 30 años. Hasta la mitad de los años 70 no comienza a ser la robótica lo que puede considerarse como el inicio de una industria. Entre 1975 y 1977 se estima que las ventas de Unimation (prácticamente la única empresa existente) se multiplicaron por 2.5. A partir de ahí, seis empresas más, bastante significativas (Cincinnati Milacron, Asea, etc.), deciden entrar en el mercado de la robótica, comenzando también la industria del automóvil a realizar pedidos importantes. Hasta el año 1979 las ventas van pasando desde 15 millones de dólares en 1976 a 25 en 1977, 30 en 1978 y 45 millones de dólares en 1979, es decir, triplicándose en tres años; otras industrias, diferentes a las del automóvil, comienzan a descubrir la robótica, aunque lentamente, produciéndose una espectacular expansión.

A mediados de los 80, la industria de la robótica experimentó un rápido crecimiento debido principalmente a grandes inversiones de las empresas del automóvil. Esta rápida intención de transición hacia la industria del futuro tuvo fatales consecuencias en la viabilidad

económica de muchas empresas, provocando una crisis del sector de la que la industria de la robótica no se ha recuperado hasta hace pocos años.

### **2.2.1 Mirando hacia el futuro**

Las máquinas automatizadas ayudarán cada vez más a los humanos en la fabricación de nuevos productos, el mantenimiento de las infraestructuras y el cuidado de hogares y empresas. Los robots podrán fabricar nuevas autopistas, construir estructuras de acero para edificios, limpiar conducciones subterráneas o cortar el césped. Ya existen prototipos que realizan todas esas tareas.

Una tendencia importante es el desarrollo de sistemas microelectromecánicos, cuyo tamaño va desde centímetros hasta milímetros. Estos robots minúsculos podrían emplearse para avanzar por vasos sanguíneos con el fin de suministrar medicamentos o eliminar bloqueos arteriales. También podrían trabajar en el interior de grandes máquinas para diagnosticar con antelación posibles problemas mecánicos.

Puede que los cambios más espectaculares en los robots del futuro provengan de su capacidad de razonamiento cada vez mayor. El campo de la inteligencia artificial está pasando rápidamente de los laboratorios universitarios a la aplicación práctica en la industria, y se están desarrollando máquinas capaces de realizar tareas cognitivas como la planificación estratégica o el aprendizaje por experiencia. El diagnóstico de fallos en aviones o satélites, el mando en un campo de batalla o el control de grandes fábricas correrán cada vez más a cargo de ordenadores inteligentes.

### **2.2.2 Algunos datos y fechas importantes**

- En 1954 se registró la primera patente de un robot en el Reino Unido. George C. Devol patentó el primer robot en Estados Unidos en 1961.

- En 1956, dos amigos se encontraron en una fiesta y estuvieron hablando sobre las novelas de Asimov y la posibilidad real de construir robots. Estos dos amigos eran George C. Devol y Joseph F. Engelberger, futuros fundadores de Unimation y padres de la robótica moderna.
- Ese mismo año, en el Dartmouth College se muestra el Logic Theorist, una máquina de inteligencia artificial capaz de elaborar y comprobar proposiciones lógicas punto a punto.
- El primer robot Tralfa se instaló en 1964 en una fábrica noruega, durante un período de carencia de mano de obra, para pintar tapacubos. Dos años más tarde, la ciudad industrial de Byrre (Noruega) contaba con toda una flota de estos "robots pintores".
- La robótica ha contribuido de manera esencial en la conquista del espacio. En 1966, la nave espacial robotizada Surveyor aterrizaba en la Luna. En 1970, el "tractor" ruso Lunakhod recorría la superficie selenita, tomando muestras. La nave espacial Viking aterrizaba en 1976 en el suelo de Marte. En 1999, la sonda Mars Pathfinder tomaba muestras del suelo marciano...
- La primera compañía en usar visión artificial para una aplicación industrial fue la General Motors en 1970, en una fábrica de Ontario, Canadá.
- El primer país que tuvo una institución dedicada a los robots fue Japón, que instauró en 1971 la Japanese Industrial Robot Association (JIRA).
- La primera publicación periódica a nivel internacional sobre robots se llamaba The Industrial Robot, y apareció por primera vez en 1973.
- En 1974 se fundó la Robotics Industries Association (RIA).
- En 1977 se fundó la BRA (British Robotics Association). La palabra Bra también significa "sujetador", en inglés.

- En 1984, la empresa Robot Defense Systems introduce el Prowler (Programmable Robot Observer with Local Enemy Response). Este sería el primero de los robots con fines militares.
- En 1997, el computador Deep Blue de IBM derrotó en el ajedrez al campeón mundial Gary Kasparov, hecho este que marcó un antes y un después en el desarrollo de la inteligencia artificial.

### **2.3 Definición de Robot**

Un robot es una máquina controlada por ordenador y programada para moverse, manipular objetos y realizar trabajos a la vez que interacciona con su entorno.

Su objetivo principal es el de sustituir al ser humano en tareas repetitivas, difíciles, desagradables e incluso peligrosas de una forma más segura, rápida y precisa. Algunas definiciones aceptadas son las siguientes:

- "Dispositivo multifuncional reprogramable diseñado para manipular y/o transportar material a través de movimientos programados para la realización de tareas variadas." (Robot Institute of America, 1979).
- "Dispositivo automático que realiza funciones normalmente adscritas a humanos o máquina con forma humana." (Webster Dictionary).

Esta última definición, sin embargo, no es la más acertada, ya que un robot no tiene porqué tener forma humana. Un lavavajillas es un robot, así como los satélites artificiales, el "tractor" lunar soviético Lunakhod o la sonda exploradora de la NASA Mars Pathfinder. Toda una refinería petrolífera controlada por computador también puede ser considerada un robot.

Los robots exhiben tres elementos claves según la definición adoptada:

- Programabilidad, lo que significa disponer de capacidades computacionales y de manipulación de símbolos (el robot es un computador).
- Capacidad mecánica, que lo capacita para realizar acciones en su entorno y no ser un mero procesador de datos (el robot es una máquina).
- Flexibilidad, puesto que el robot puede operar según un amplio rango de programas y manipular material de formas distintas.

Con todo, se puede considerar un robot como una máquina complementada con un computador o como un computador con dispositivos de entrada y salida sofisticados.

La idea más ampliamente aceptada de robot está asociada a la existencia de un dispositivo de control digital que, mediante la ejecución de un programa almacenado en memoria, va dirigiendo los movimientos de un brazo o sistema mecánico. El cambio de tarea a realizar se verifica ordenando el cambio de programa.

#### **2.4 Origen de la palabra robot**

El término procede de la palabra checa *robot*, que significa 'trabajo obligatorio'; fue empleado por primera vez en la obra teatral *R.U.R. (Robots Universales de Rossum)*, estrenada en Enero de 1921 en Praga por el novelista y dramaturgo checo Karel Capek. La obra fue un éxito inmediato y pronto se estrenó en multitud de teatros por toda Europa y Estados Unidos. En ella, el gerente de una fábrica construía unos seres al absoluto servicio del hombre, que realizaban todas las tareas mientras los humanos se dedicaban al ocio permanente. Cuando el gerente de la fábrica decide construir robots más perfectos que experimentarían felicidad y dolor, todo cambia. Los robots se sublevan contra los hombres y destruyen al género humano.



## **2.5 Clasificación de los Robot**

La Federación Internacional de Robótica (IFR) distingue entre cuatro tipos de robots:

- Robot secuencial.
- Robot de trayectoria controlable.
- Robot adaptativo.
- Robot telemanipulado.

En cuanto a los robots de servicio, se pueden definir como:

Dispositivos electromecánicos móviles o estacionarios, dotados normalmente de uno o varios brazos mecánicos independientes, controlados por un programa de ordenador y que realizan tareas no industriales de servicio.

En esta definición entrarían entre otros los robots dedicados a cuidados médicos, educación, domésticos, uso en oficinas, intervención en ambientes peligrosos, aplicaciones espaciales, aplicaciones submarinas y agricultura. Sin embargo, esta definición de robots de servicio excluye los telemanipuladores, pues éstos no se mueven mediante el control de un programa de ordenador, sino que están controlados directamente por el operador humano.

Los robots teleoperados son definidos por la NASA como: Dispositivos robóticos con brazos manipuladores y sensores y cierto grado de movilidad, controlados remotamente por un operador humano de manera directa o a través de un ordenador.

## **2.6 Estructura mecánica de un robot**

Mecánicamente, un robot está formado por una serie de elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos. La constitución física de la mayor parte de los robots industriales guarda cierta similitud con la anatomía del cuerpo humano, por lo que en ocasiones, para hacer referencia a los distintos elementos que componen el robot, se usan términos como cuerpo, brazo, codo y muñeca.

El movimiento de cada articulación puede ser de desplazamiento, de giro, o de una combinación de ambos. De este modo son posibles los seis tipos diferentes de articulaciones:

- Esférica o rótula
- Planar
- Tornillo
- Prismática
- Rotación
- Cilíndrica

Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior, se denomina grado de libertad (GDL). En la Figura 31 se indica el número de GDL de cada articulación. El número de grados de libertad del robot viene dado por la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen. Puesto que las articulaciones empleadas actualmente en los robots industriales son únicamente las de rotación y prismática con un solo GDL cada una, el número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones de que se compone.

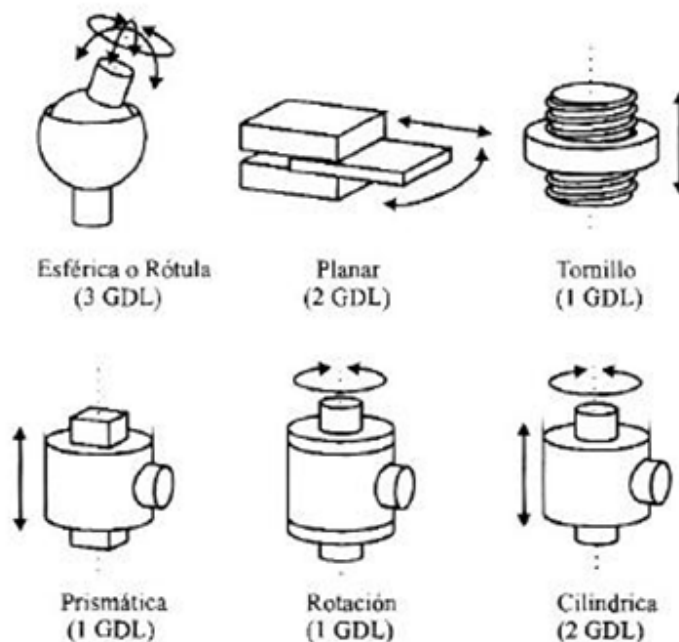


FIGURA 31. Tipos de articulaciones para robots.

El empleo de diferentes articulaciones en un robot, da lugar a diferentes configuraciones, con características a tener en cuenta tanto en el diseño y construcción del robot como en su aplicación. Las combinaciones más frecuentes son las representadas en la Figura 32 donde se atiende únicamente a las tres primeras articulaciones del robot, que son las más importantes a la hora de posicionar su extremo en un punto del espacio.

En la práctica, a pesar de ser necesarios seis GDL para tener total libertad en el posicionado y orientación del extremo del robot, muchos robots industriales cuentan con sólo cuatro o cinco GDL, por ser suficientes para llevar a cabo las tareas que se les encomiendan.

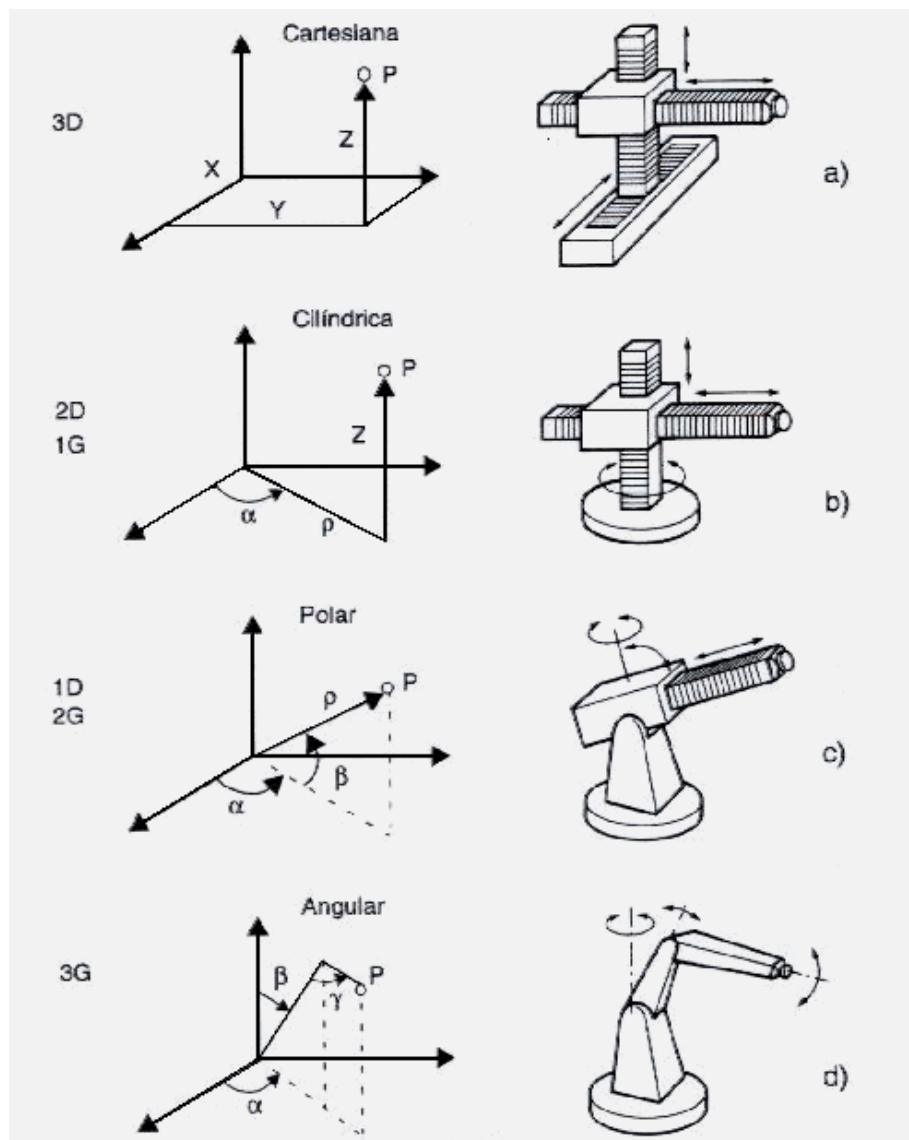


FIGURA 32. Configuraciones más frecuentes en robots industriales.

Existen también casos opuestos, en los que se precisan más de seis GDL para que el robot pueda tener acceso a todos los puntos de su entorno. Así, si se trabaja en un entorno con obstáculos, el dotar al robot con grados de libertad adicionales le permitirá acceder a posiciones y orientaciones de su extremo a las que, como consecuencia de los obstáculos, no hubiera llegado con seis GDL. Otra situación frecuente es la de dotar al robot de un GDL adicional que le permita desplazarse a lo largo de un carril, aumentando así el volumen del espacio al que puede acceder. Cuando el número de grados de libertad del robot es mayor que los necesarios para realizar una determinada tarea se dice que el robot es redundante.

## **2.7 Configuraciones del Brazo Manipulador**

A continuación se presentan las características principales de las configuraciones de un brazo manipulador.

### **2.7.1 Cartesiana / Rectilínea.**

El posicionado se hace en el espacio de trabajo con las articulaciones prismáticas. Esta configuración se usa cuando un espacio de trabajo es grande y debe cubrirse, o cuando la exactitud consiste en la espera del robot. Posee tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z. (Figura 33)

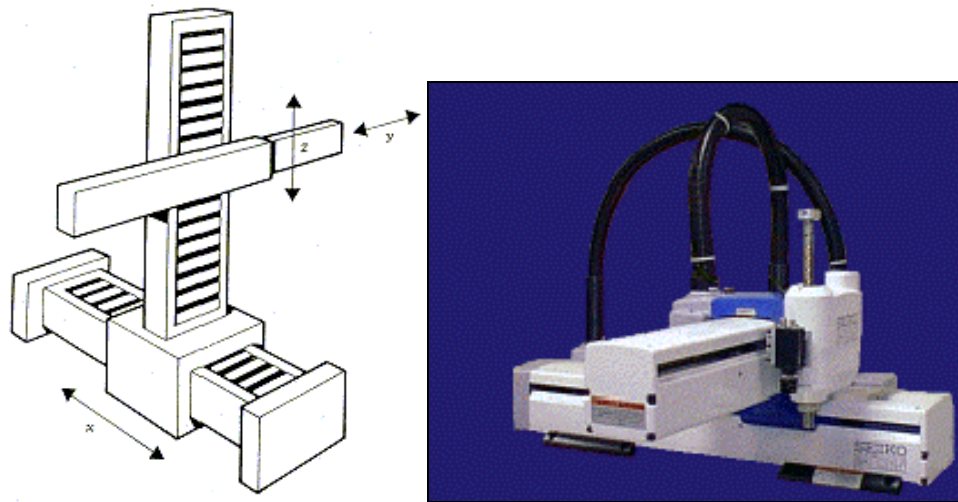


FIGURA 33. Configuración Cartesiana

Los movimientos que realiza este robot entre un punto y otro son con base en interpolaciones lineales. Interpolación, en este caso, significa el tipo de trayectoria que realiza el manipulador cuando se desplaza entre un punto y otro.

### 2.7.2 Cilíndrica.

El robot tiene un movimiento de rotación sobre una base, una articulación prismática para la altura, y una prismática para el radio. Este robot ajusta bien a los espacios de trabajo redondos. Puede realizar dos movimientos lineales y uno rotacional, o sea, que presenta tres grados de libertad. (Figura 34)

Este robot está diseñado para ejecutar los movimientos conocidos como interpolación lineal e interpolación por articulación. La interpolación por articulación se lleva a cabo por medio de la primera articulación, ya que ésta puede realizar un movimiento rotacional.

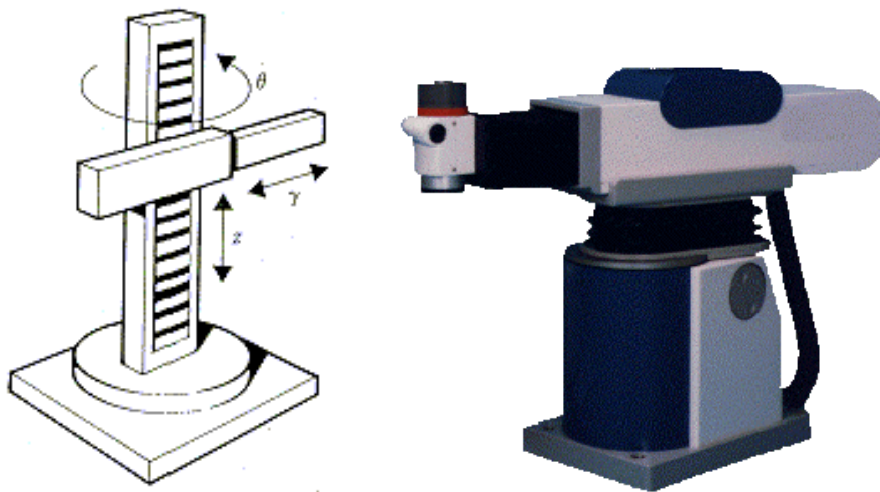


FIGURA 34. Brazo Manipulador. Configuración Cilíndrica.

### 2.7.3 Esférica / Polar.

Dos juntas de rotación y una prismática permiten al robot apuntar en muchas direcciones, y extender la mano a un poco de distancia radial. Los movimientos son: rotacional, angular y lineal. Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse en sus dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción. (Figura 35)

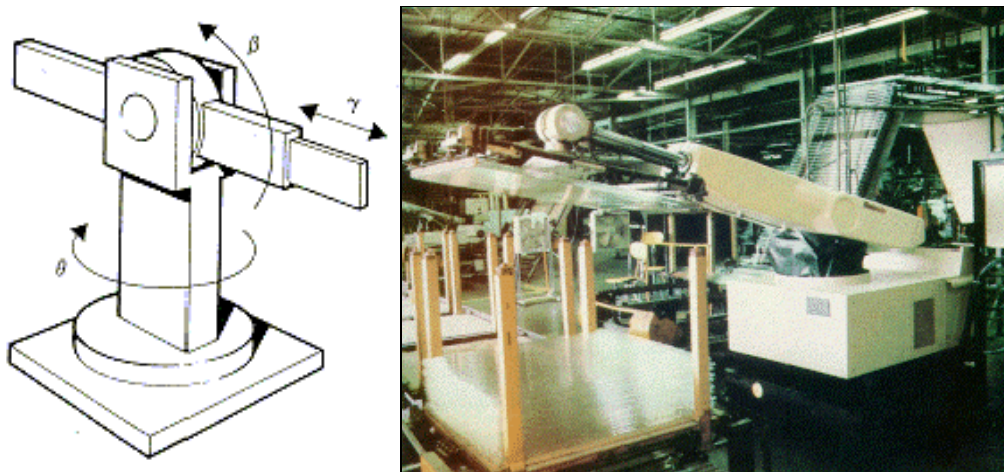


FIGURA 35: Brazo Manipulador. Configuración Esférica - Polar.

## 2.8 Campos de Aplicación de los manipuladores

En la actualidad los robots se usan de manera extensa en la industria, siendo un elemento indispensable en una gran parte de los procesos de manufactura. Impulsados principalmente por el sector del automóvil, los robots han dejado de ser máquinas misteriosas propias de la ciencia-ficción para ser un elemento más de muchos de los talleres y líneas de producción. Por su propia definición el robot industrial es multifuncional, esto es, puede ser aplicado a un número, en principio ilimitado, de funciones. No obstante, la práctica ha demostrado que su adaptación es óptima en determinados procesos (soldadura, paletización, etc.) en los que hoy día el robot es sin duda alguna, la solución más rentable.

### 2.8.1 Aplicaciones Industriales

A continuación se analizan algunas de las aplicaciones industriales de los robots acá en El Salvador, exponiendo el modo en el que el robot entra a formar parte del proceso, y considerando las ventajas e inconvenientes.

#### a) Soldadura

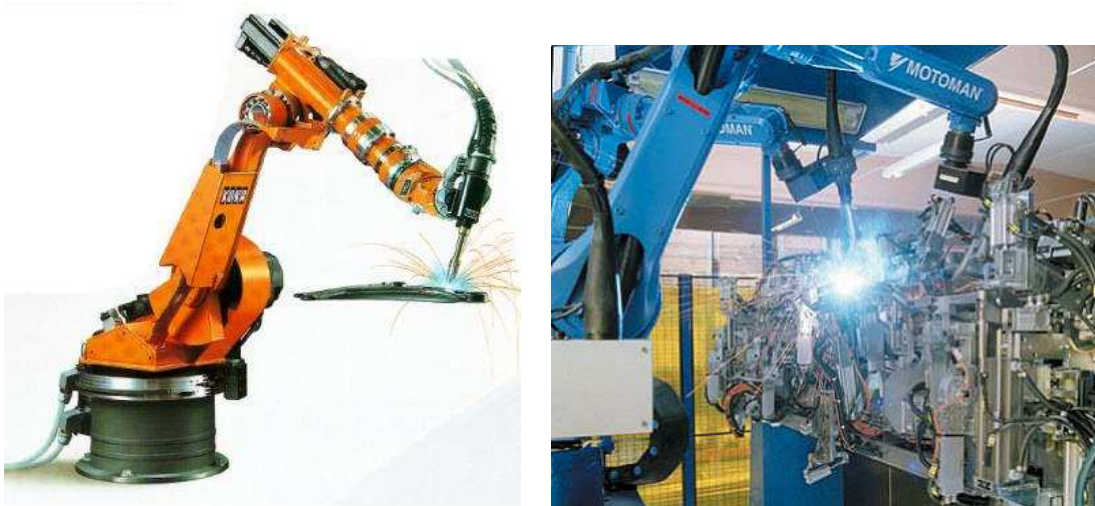


FIGURA 36. Robot utilizado en la industria para soldadura

Se emplean masivamente en el ensamblaje de vehículos a motor, la soldadura por arco es la más habitual. (Figura 36)

Los robots de soldadura suelen tener la apariencia de un brazo articulado que mediante algún mecanismo alimenta los electrodos necesarios para producir la soldadura.

### **b) Carga y Descarga**

Este tipo de robots suele estar formado por un doble eje (X e Y) que permite desplazar cargas sobre dos puntos, de esta forma nos situamos en el punto A y recogemos el objeto en cuestión para a continuación desplazarnos sobre el plano y situarlo en un punto B. (Figura 37)

Suele ser necesario un tercer grado de libertad (en Z) para poder desplazar los objetos verticalmente y evitar así que toquen el suelo.

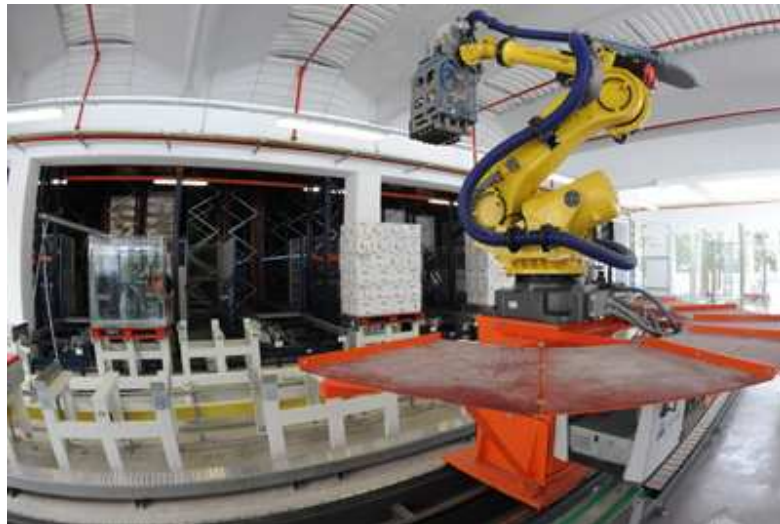


FIGURA 37. Robot de Carga y Descarga



### c) SCARA

Los robots Scara son robots equipados de libertad total de movimientos en los ejes X e Y pero limitados severamente en sus desplazamientos en el eje Z. (Figura 38)

Es decir, se comportan de forma parecida al brazo humano, permitiendo ubicar el extremo de la mano en cualquier ubicación pero siempre sobre el plano. En el eje vertical solo realizan manipulaciones simples que habitualmente consisten en presionar y desplazarse unos pocos centímetros.

Debido a estas características se usan sobremanera en la fabricación de electrónica de consumo y en la clasificación de artículos para su empaquetado.



FIGURA 38. Robots SCARA

### d) Paletización

Los robots de paletizado permiten ubicar productos, materiales y en general objetos que se encuentren situado sobre un palet. (Figura 39)

Los sistemas automáticos de paletizado son de muy diversa naturaleza y aspecto. Algunos robots de paletizado se encuentran distribuidos por todo el recinto de almacenaje y tienen la

forma de cintas de transporte y numerosas carretillas que permiten situar los pales a diferentes alturas.

Otros robots de paletizado, presentan la forma de un eje de dos dimensiones que permite situar los pales en repisas a una sola altura

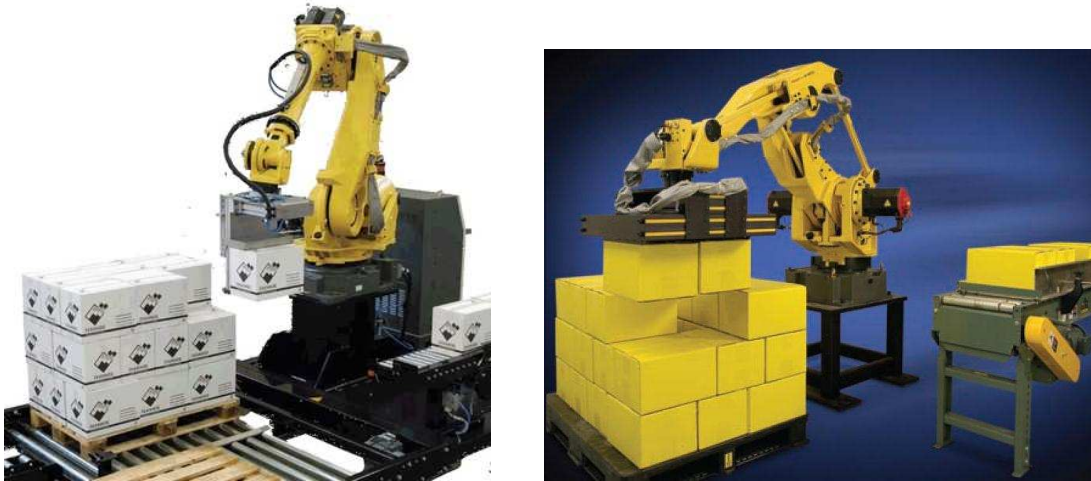


FIGURA 39. Robots de Paletizado.

#### e) Control de Calidad

La tendencia a conseguir una completa automatización de la producción abarca todas las etapas de ésta, inclusive el control de la calidad. El robot industrial puede participar en esta tarea usando su capacidad de posicionamiento y manipulación. Así, transportando en su extremo un palpador, puede realizar el control dimensional de piezas ya fabricadas. Para ello el robot toca con el palpador varios puntos claves de la pieza.

A partir del conocimiento que en todo instante tiene la unidad de control del robot de la posición y orientación de su extremo, se obtienen los datos relativos a la posición espacial de los puntos determinados de la pieza. Estos datos son utilizados para registrar posibles desviaciones sobre los valores deseados.

Otras posibles aplicaciones del robot en el control de calidad consisten en utilizar a éste para transportar el instrumental de medida (ultrasonidos, rayos X, etc.) a puntos concretos

de la pieza a examinar. La situación de posibles defectos detectados puede registrarse y almacenarse a partir, como antes, de la propia unidad de control de robot.

Por último, el robot puede usarse como mero manipulador encargado de clasificar piezas según ciertos criterios de calidad (piezas correctas e incorrectas, por ejemplo). En este caso, el control y decisión de a qué familia pertenece la pieza se hace mediante un sistema específico, capaz de comunicarse con el robot (visión artificial). No existe, en este caso, un tipo concreto de robot más adecuado para estas tareas. En el control dimensional suelen usarse robots cartesianos por la precisión de estos pero, en general, son igualmente válidos robots articulares.

#### **f) Manipulación en salas blancas**

Ciertos procesos de manipulación deben ser realizados en ambientes extremadamente limpios y controlados. En ellos, la actividad del operador se ve dificultada no por el trabajo en sí, que no tiene porque ser especialmente complejo o delicado, sino por la necesidad de mantener elevadas medidas de control de impurezas mediante el uso de trajes especiales y controles rigurosos.

Las denominadas salas blancas de la industria de los semiconductores o las de fabricación de algunos productos farmacéuticos, son ejemplos típicos.



FIGURA 40. Manipuladores utilizados en salas blancas

La utilización de un robot para estas funciones se realiza introduciendo éste de manera permanente en una cabina. El robot debe cumplir la normativa correspondiente al entorno siendo, por lo demás, válido cualquier robot comercial, normalmente de seis grados de libertad y alcance inferior a un metro. De este modo se consigue, entre otros beneficios, una reducción del riesgo de contaminación, una mayor homogeneidad en la calidad del producto y una reducción en el coste de la fabricación.

#### **g) Nuevos sectores de aplicación**

Las aplicaciones de la robótica examinadas anteriormente responden a los sectores que, como el del automóvil o el de la manufactura, han sido desde hace 30 años usuarios habituales de los robots industriales. Este uso extensivo de los robots en los citados se ha visto propiciado por la buena adaptación del robot industrial a las tareas repetitivas en entornos estructurados. De este modo, la competitividad del robot frente a otras soluciones de automatización se justifica por su rápida adaptación a series cortas, sus buenas características de precisión y rapidez, y por su posible reutilización con costes inferiores a los de otros sistemas.

Sin embargo, existen otros sectores donde no es preciso conseguir elevada productividad, en los que las tareas a realizar no son repetitivas, y no existe un conocimiento detallado del entorno. Entre estos sectores podría citarse la industria nuclear, la construcción, la medicina o el uso doméstico. En ninguno de ellos existe la posibilidad de sistematizar y clasificar las posibles aplicaciones, pues éstas responden a soluciones aisladas a problemas concretos. Este tipo de robots ha venido a llamarse robots de servicio y están siendo aplicados en sectores como:

Agricultura y silvicultura, Ayuda a discapacitados, Domésticos, Espacio, Medicina y salud, Minería, Entornos submarinos, Vigilancia y seguridad, etc.

En general, la aplicación de la robótica a estos sectores se caracteriza por la falta de estructuración tanto del entorno como de la tarea a realizar, y la menor importancia de

criterios de rentabilidad económica frente a la de realizar tareas en entornos peligrosos o en los que no es posible el acceso de las personas.

### 3.0 CALCULOS DEL PROYECTO

El propósito principal del presente proyecto de tesis es que con la construcción del manipulador el alumno de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador tenga las herramientas necesarias para la mejor comprensión de la estructura y funcionamiento de los equipos electro neumáticos, esto reforzando la teoría recibida en las materias de Neumática y Electro neumática. impartidas en la escuela.

El manipulador a construir, como ya se mencionó, será de uso didáctico, este permitirá el desplazamiento de una pieza, no importando su estructura física, ya que será succionado por un sistema de ventosa, media vez tenga un peso máximo de 1 Kg., lo que equivale a 9.81 N:

$$W_b = m \times g \quad (1)$$

Donde:

m=masa

g = gravedad

Resolviendo:

$$W_b = 1kg \times 9.81m / s^2$$

$$W_b = 9.81N$$

El volumen de trabajo dentro del cual se desplazara el brazo manipulador será de  $0.004368\text{m}^3$  que proviene de un cambio de radio de  $0.125\text{ m}$ , una altura de  $0.1\text{ m}$  y un radio de giro de  $90^\circ(\pi/2)$  como se muestra:

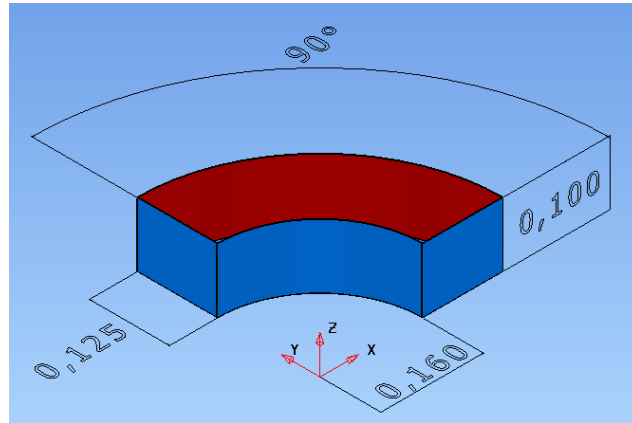


FIGURA 41. .Esquema del Volumen de trabajo

$$V = \left(\frac{h\pi r^2}{4}\right) \quad (2)$$

$$V = \frac{[(0.100\text{m})(0.285\text{m})^2 \pi - (0.100\text{m})(0.160\text{m})^2 \pi]}{4}$$

$$V = 0.004368\text{m}^3$$

Con estos parámetros se seleccionan los cilindros que cumplen con dichas carreras, pero es necesario calcular que diámetros de estos soportarían el peso a levantar equivalente a  $9.81\text{ N}$ . (este cálculo se verá un poco más adelante)

A continuación se definirá el esquema que tendrá la estructura mecánica en general y se desglosará cada una de las piezas a diseñar:

### 3.1 Esquema General de la Estructura Mecánica

La estructura que poseerá el manipulador neumático se presenta a continuación (Figura 42):

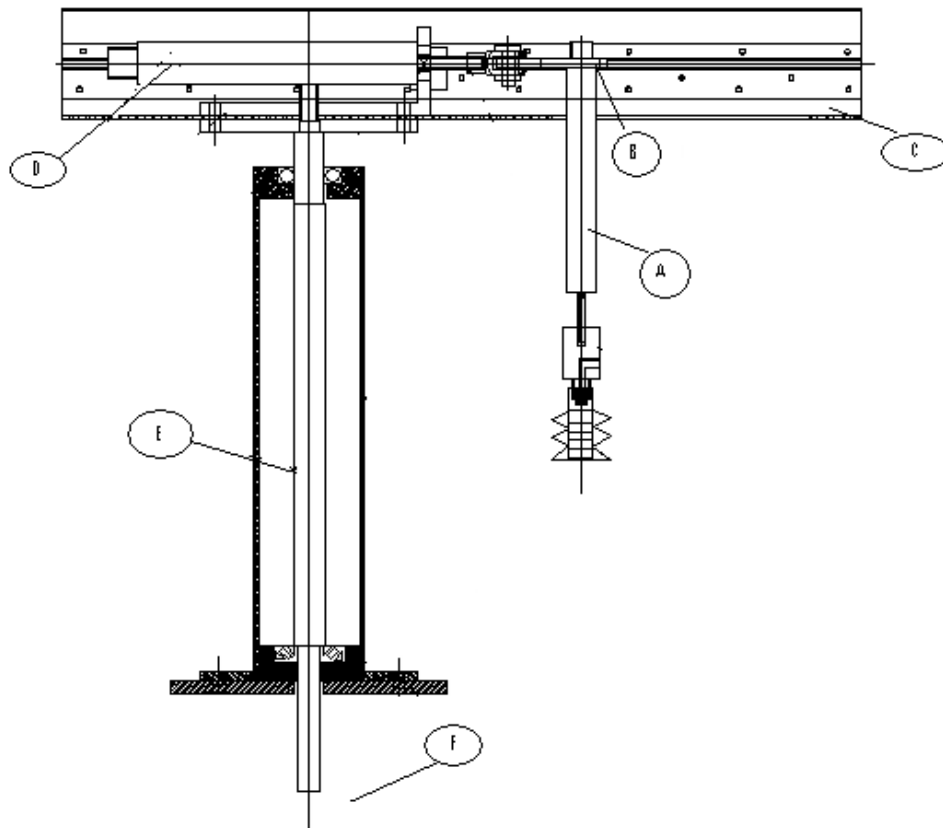


FIGURA 42. Esquema del dispositivo completo

Donde:

- a. Cilindro Vertical
- b. Pieza deslizante
- c. Perfil
- d. Cilindro Horizontal
- e. Eje
- f. Cilindro Giratorio

### 3.2 Selección y Cálculo de Elementos y Materiales a Utilizar

#### 3.2.1 Selección del Cilindro Vertical (CV)

En esta sección se determina el diámetro mínimo que requiere el cilindro vertical para levantar el peso equivalente a 9.81 N

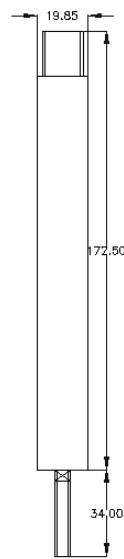


Figura 43. Esquema del cilindro vertical

$$F = P \times A - F_f \quad (3)$$

Donde:

F = fuerza del vástago del cilindro

P = presión de trabajo

A = área del pistón

$F_f$  = fuerza de fricción dentro del cilindro

Considerando que  $F_f = 0.01PA$

Ahora de ecuación (3) despejando se obtiene que:



$$A = \frac{F + F_f}{P} \quad (4)$$

Se sabe que:  $A = \frac{\pi}{4} \times D^2$  (5)

Sustituyendo y despejando D se obtiene la ecuación (6) para determinar el diámetro del pistón, para dicho calculo se asume que  $F_f = 0.01PA$ .

$$\begin{aligned}
 F &= PA - 0.01PA \\
 F &= A(P - 0.01P) \\
 A &= \frac{F}{0.99P} \\
 \frac{\pi}{4} D^2 &= \frac{F}{0.99P} & (6) \\
 D &= \sqrt{\frac{4F}{\pi(0.99)P}} \\
 D &= \sqrt{\frac{4(9.81N)}{\pi(0.99)(588,420N/M^2)}} \\
 D &= 0.0069Mt \\
 D &= 6.99mm
 \end{aligned}$$

El cual será el diámetro mínimo requerido por el cilindro vertical para soportar el peso a levantar. Como no existen cilindros de diámetro tan pequeño, y además hay que tomar en cuenta el pandeo del vástago del mismo, seleccionamos un cilindro de diámetro superior al calculado pero siempre y cuando se nos acomode la carrera que se necesita para estimar el volumen de trabajo, siendo este el que se detalla a continuación:

MODELO: MCFI-11-16-100

MARCA: MINDMAN

DIAMETRO NOMINAL: 16 mm

STROKE (CARRERA): 100 mm

Ver otras características y dimensiones en anexos

### 3.2.2. Diseño de la Pieza Deslizante

Dicha pieza se ubicara dentro de un perfil cuadrado dentro del cual se desplazara de un lado a otro. El fin de la pieza deslizante es sostener el cilindro vertical y posicionarlo donde se encuentre el bloque a levantar.

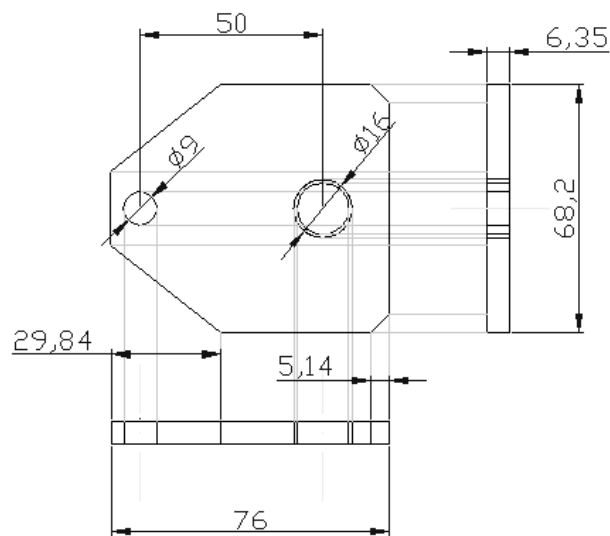


Figura 44. Esquema de la pieza deslizante.

Para hacer el análisis de esfuerzo para esta pieza se necesita conocer el peso total a soportar por ella, el cual viene dado por:

$$W_{T1} = W_R + W_{CV} \quad (7)$$

Donde:

$W_b$  = Peso del Bloque

$W_{cv}$  = Peso cilindro Vertical

Para conocer el peso del cilindro vertical se necesita calcular el volumen del mismo:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 L \quad (8)$$

$$V = \frac{\pi}{4} \times (0.19854 Dm)^2 \times 2.06 Dm$$

$$V = 0.0637 Dm^3$$

Para el NYLON la densidad es de 7.18 Kg/M, de esta manera se calcula el peso del cilindro vertical:

Calculando el peso especifico para el NYLON

$$\gamma_{NY} = \frac{7.18 Kg / M}{6.82 * 0.635} = 1.658 Kg / Dm^3$$

$$masa = \gamma_{NY} V_{CV} \quad (9)$$

$$masa = 1.658 kg / Dm^3 \times 0.0637 Dm^3$$

$$masa = 0.1056 Kg$$

Sustituyendo 9 en 10 se obtiene el peso:

$$W_{CA} = mg \quad (10)$$

$$W_{CA} = 0.1056 kg \times 9.81 Mt / Seg^2$$

$$W_{CA} = 1.04 N$$

Ahora sustituyendo valores en la ecuación (7):

$$W_{t1} = 9.381N + 1.7N$$

$$W_{t1} = 11.08N \quad (11)$$

Haciendo análisis de esfuerzo cortante a la pieza:

$$\sigma_y = \frac{V}{A} = \frac{W_{T1}}{A} \quad (12)$$

Donde:

$W_{T1}$  . Peso total a soportar por la pieza deslizante

A = área de contacto

Calculando el área donde estará aplicado el esfuerzo de corte:

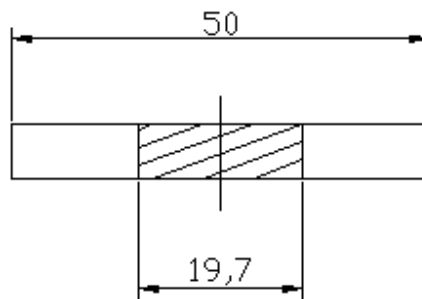


Figura 45. Área de contacto para nuestro análisis

El área de contacto viene dada por la siguiente ecuación:

$$A = S \times t \quad (13)$$

Donde:

S= longitud de arco (viene dada por el radio y el ángulo de giro)

t= espesor de la placa

Calculando la longitud de arco:

$$S = r \times \theta \quad (14)$$

$$S = \left( \frac{19.7mm}{2} \right) \times 2\pi$$

$$S = 61.89mm = 0.06189Mts$$

Ahora sustituyendo en ecuación del área:

$$A = 61.89mm \times 6.35mm$$

$$A = 393mm^2 = 3.93 \times 10^{-4} Mt^2$$

Sustituyendo valores en ecuación (12):

$$\sigma_Y = \frac{11.51N}{3.93 \times 10^{-4} Mt^2}$$

$$\sigma_Y = 29287.71N / Mt^2$$

$$\sigma_Y = 29.28KPa$$

### Factor de Seguridad

Para el nylon el esfuerzo cortante máximo será igual a 780 kPa

$$n = \frac{\sigma_{YTabla}}{\sigma_Y} \quad (15)$$

$$n = \frac{78 \times 10^3 Pa}{29.28 \times 10^3 Pa}$$

$$n = 2.66$$

Por lo que se concluye que la pieza deslizante diseñada para transportar el cilindro vertical soportara sin ninguna dificultad el peso a trasladar fabricándola de nylon.

### 3.2.3 Selección del Perfil Cuadrado

Se seleccionara un perfil cuadrado de 70 mm por lado y 3 mm de espesor para soportar la pieza deslizando donde se sujetara el cilindro vertical. Dentro de este perfil se soldaran unas platinas que servirán de rieles en donde deslizará la pieza donde estará sujeto el cilindro de 100 mm de carrera.

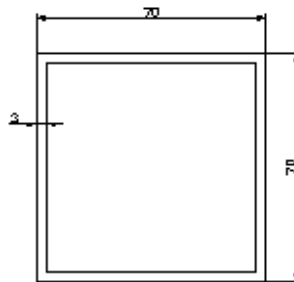


Figura 46. Perfil cuadrado

A este perfil se le hará un análisis de deflexión de acuerdo con el peso total a soportar por el mismo:

Se calcula el peso total a soportar por el perfil, el cual viene dado por la suma del peso del bloque, el cilindro vertical y la pieza deslizando como se muestra a continuación:

$$W_{T2} = W_B + W_{CV} + W_{PD} \quad (16)$$

Donde:

$W_B$  = peso del bloque

$W_{CV}$  = peso del cilindro vertical

$W_{PD}$  = peso de la pieza deslizando

Se calcula el peso de la pieza deslizante de la siguiente manera:

$$V_{PD} = b * b * t - \frac{\pi}{4} D^2 t \quad (17)$$

$$V_{PD} = 0.5Dm * 0.5Dm * 0.0635Dm - \frac{\pi}{4} (0.197Dm)^2 (0.0635Dm)$$

$$V_{PD} = 0.0139Dm^3$$

Entonces el peso será:

$$masa = \gamma_{AL} V_{PD} \quad (18)$$

$$masa = 2.7kg / Dm^3 * 0.039Dm^3$$

$$masa = 0.0376kg$$

$$W_{PD} = mg \quad (19)$$

$$W_{PD} = 0.0376kg * 9.81Mt / Seg^2$$

$$W_{PD} = 0.369N$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (16):

$$W_{T2} = 9.81N + 1.7N + 0.37N$$

$$W_{T2} = 11.88N$$

Con dicho peso se calculara la deflexión del perfil:

$$Y_{MAX} = -\frac{W_{T2} L^3}{3EI} \quad (20)$$

Donde:

$W_{T2}$  = peso a soportar por el riel

L = longitud del riel

E = modulo de Elongación ( $E=71 \times 10^9$  N/mt<sup>2</sup>)

Sustituyendo valores en la ecuación 20:

$$Y_{MAX} = -\frac{(11.88N)(0.462Mt)^3}{3(71 \times 10^9 N / Mt^2)(9.26 \times 10^{-7} Mt^4)}$$

$$Y_{MAX} = -5.9395 \times 10^{-6} Mts$$

$$Y_{MAX} = -0.0059mm$$

Como la deflexión resultante en el perfil es mínima se seleccionara el perfil en mención, cuyas características principales se detallan a continuación:

- Dimensión por lado: 70 mm
- Espesor: 3 mm
- Área: 7.73 cm<sup>2</sup>
- Peso: 6.07 Kg/mt
- Inercia It: 92.6 cm<sup>4</sup>

Ver demás características de este perfil en tabla del anexo

### 3.2.4. Selección del Cilindro Horizontal

Para cumplir con el requisito del radio que tendrá el manipulador se ocupara un cilindro que tenga 125 mm de carrera y se hará el análisis para ver que diámetro mínimo debe tener este para desplazar el peso soportado por la pieza deslizante.

Este cálculo se hará obteniendo la fuerza de fricción que el cilindro tendrá que vencer:



## DCL

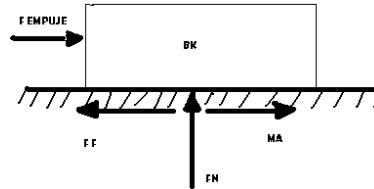


FIGURA 47. Diagrama de cuerpo libre

Diagrama de cuerpo libre de la placa deslizante asumiendo carga completa (carga del bloque + carga del cilindro vertical + carga de la placa deslizante)

Haciendo sumatoria de fuerzas en X tenemos:

$$\sum F_x = 0$$

(21)

$$F_{empuje} + ma - F_F = 0$$

Suponiendo que  $a = 0.1 \text{ m/s}^2$ , entonces se tiene:

$$F_{empuje} = m(\mu_{DIN} g - a) \quad (22)$$

$$F_{empuje} = 1.211 \text{ kg} \left( (0.15)(9.81 \text{ mt/seg}^2) - 0.1 \text{ mt/seg}^2 \right)$$

$$F_{empuje} = 1.66 \text{ N}$$

A partir de esta fuerza se calcula el diámetro del cilindro a utilizar:

$$F = P * A$$

$$A = \frac{F}{P} \quad (23)$$

Igualando ecuaciones 5 y 23

$$\frac{\pi}{4} D^2 = \frac{F}{P}$$

Despejando D

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P}} \quad (24)$$

$$D = \sqrt{\frac{4(1.66N)}{\pi(588,420N / mt^2)}}$$

$$D = 1.8952 \times 10^{-3} Mts$$

$$D = 1.89mm$$

El cual será el diámetro mínimo requerido por el cilindro vertical para soportar el peso a levantar. Como no existen cilindros de diámetro tan pequeño, y además hay que tomar en cuenta el pandeo del vástago del mismo, en consecuencia se seleccionara un cilindro de diámetro superior al calculado pero siempre y cuando se acomode a la carrera que se necesita para el volumen de trabajo, siendo este el que se detalla a continuación:

MODELO – MCFI-11-20-125

MARCA: MINDMAN

DIAMETRO NOMINAL: 20 mm

STROKE (CARRERA): 125 MM

Ver otras características y dimensiones en anexos

### 3.2.5. Diseño del Eje

Para diseñar el eje se tiene que conocer el peso total que este soportara, el cual viene dado por la siguiente ecuación:

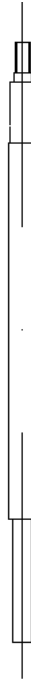


FIGURA 48. Esquema del eje

$$F_{eje} = W_B + W_{CA} + W_{PD} + W_P + W_{CH} \quad (25)$$

Donde:

$W_B$  = peso del bloque

$W_{CA}$  = peso del cilindro vertical

$W_{PD}$  = peso de la pieza deslizante

$W_P$  = peso del perfil

$W_{CH}$  = peso del cilindro horizontal

Se calcula el peso del perfil de la siguiente manera:

De tabla  $\rho = 6.07\text{kg/Mt}$

$$W_{PER} = \rho * l \quad (26)$$

$$W_{PER} = 6.07\text{kg} / \text{mt} * 0.462\text{mt}$$

$$W_{PER} = 2.8\text{kg}$$

$$W_{PER} = mg \quad (27)$$

$$W_{PER} = 2.8\text{kg} * 9.81\text{mt} / \text{seg}^2$$

$$W_{PER} = 27.51\text{N}$$

El peso del cilindro Vertical será:

Volumen:

$$V_{\text{olumen}} = \frac{\pi}{4} D^2 L \quad (28)$$

$$V_{\text{olumen}} = \frac{\pi}{4} (0.297\text{dm})^2 (2.57\text{dm})$$

$$V_{\text{olumen}} = 0.178\text{dm}^3$$

Calculando la masa:

$$\text{masa} = \gamma V \quad (29)$$

$$\text{masa} = 0.297\text{kg} / \text{dm}^3 * 0.178\text{dm}^3$$

$$\text{masa} = 0.48\text{kg}$$

El peso será:

$$W_{CH} = mg \quad (30)$$

$$W_{CH} = 0.48\text{kg} * 9.81\text{mt} / \text{seg}^2$$

$$W_{CH} = 4.71\text{N}$$

Ahora sustituyendo valores en ecuación (25):

$$F_{eje} = W_B + W_{CA} + W_{PD} + W_P + W_{CH}$$

$$F_{EJE} = 9.81 + 1.7 + 0.369 + 27.51 + 4.71 = 44.09N$$

$$F_{EJE} = 44.09N$$

Haciendo sumatoria de momentos en A:

$$\sum M = 0$$

$$M_1 = W_{T2} \left( \frac{L}{2} \right)$$

$$M_1 = (44.09N) \left( \frac{0.348mt}{2} \right) \quad (31)$$

$$M_1 = 7.68N.mt$$

Luego con el momento obtenido se obtiene la fuerza aplicada al eje:

$$M = Fd$$

$$F = \frac{M}{d} = \frac{7.68N.mt}{\left( \frac{0.01588}{2} \right)} \quad (32)$$

$$F = 967.25N$$

Se calcula los esfuerzos a los que estará sometido el eje, flexión, tracción, corte y torsión.

Calculando la flexión se tiene:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{MC}{I} \\ \sigma &= \frac{32M}{\pi d^3} \\ \sigma &= \frac{32(967.25N)(0.450mt)}{\pi(0.01588mt)^3} \\ \sigma &= 11.07 \times 10^8 N / mt^2\end{aligned}\tag{33}$$

Calculando el esfuerzo de tracción:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{F}{A} \\ \sigma &= \frac{4P}{\pi d^2} \\ \sigma &= \frac{4(44.09N)}{\pi(0.01588mt)^2} \\ \sigma &= 3535.08N / mt^2\end{aligned}\tag{34}$$

Calculando el esfuerzo de corte se tiene:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{F}{A} \\ \tau &= \frac{4F}{\pi d^2} \\ \tau &= \frac{4(967.25N)}{\pi(0.01588mt)^2} \\ \tau &= 48.83 \times 10^5 N / mt^2\end{aligned}\tag{35}$$

El esfuerzo de torsión será:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{TC}{J} \\ \tau &= \frac{16T}{\pi d^3} \\ \tau &= \frac{16(7.68N.mt)}{\pi(0.01588mt)^3} \\ \tau &= 97.67N / mt^2\end{aligned}\tag{36}$$

Calculando los esfuerzos en cada punto del eje (ver grafico):

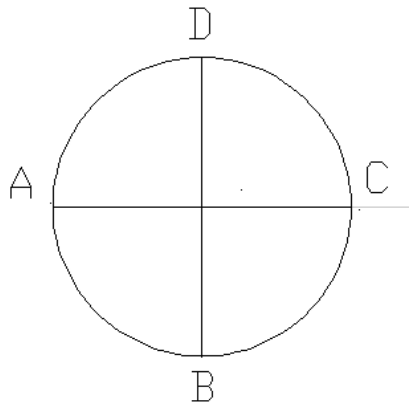


FIGURA 49. Calculo de Esfuerzos sobre el eje.

Punto A:

$$\sigma_x = 11.07 \times 10^8 N / mt^2 + 3535.08 N / mt^2$$

$$\sigma_x = 3546.16 N / mt^2$$

$$\tau_{xy} = 97.67 N / mt^2$$

Punto B:

$$\sigma_x = 3535.08N / mt^2$$

$$\tau_{xy} = 48.83 \times 10^5 N / mt^2 + 97.67 N / mt^2$$

$$\tau_{xy} = 48.83 \times 10^5 N / mt^2$$

Punto C:

$$\sigma_x = 11.07 \times 10^8 N / mt^2 - 3535.08 N / mt^2$$

$$\sigma_x = 11.06 \times 10^8 N / mt^2$$

$$\tau_{xy} = 97.67 N / mt^2$$

Punto D:

$$\sigma_x = 3535.08 N / mt^2$$

$$\tau_{xy} = 97.67 N / mt^2 - 48.82 \times 10^5 N / mt^2$$

$$\tau_{xy} = -48.82 \times 10^5 N / mt^2$$

Haciendo el análisis de cargas para el punto A:

$$\sigma = \frac{\sigma}{2} \pm \left[ \left( \frac{\sigma}{2} \right)^2 + (\tau)^2 \right]^{1/2}$$
$$\sigma = \frac{3546.15 N / mt}{2} \pm \left[ \left( \frac{3546.15 N / mt^2}{2} \right) + (97.67 N / mt^2) \right]^{1/2}$$
$$\sigma_1 = 3548.83 N / mt^2$$
$$\sigma_2 = -2.6880 N / mt^2$$

Para el eje se ocupara acero 1020, el cual tiene un esfuerzo de fluencia de 210Mpa, con el cual se calcula el factor de seguridad que se presenta en el eje.



$$\frac{S_y}{2n} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

$$\frac{S_y}{2n} = \frac{3548.83 \text{ N / mt}^2 - (-2.6880 \text{ N / mt}^2)}{2} = \frac{3531.5 \text{ N / mt}^2}{2}$$

$$\frac{S_y}{2n} = 1775.76 \text{ N / mt}^2$$

$$\frac{120,000,000 \text{ N / mt}^2}{2n} = 1775.76 \text{ N / mt}^2$$

$$n = \frac{120,000,000 \text{ N / mt}^2}{1775.76 \text{ N / mt}^2}$$

$$n = 67,576.69$$

Con dicho valor el eje jamás fallara por lo que se construirá en acero 1020 con un diámetro de 7/8”.

### 3.2.6 Selección del Actuador Giratorio

Para seleccionar el actuador giratorio se necesita conocer el torque que este tendrá que vencer,

La potencia del motor viene dada por:

$$P_{OT} = T\omega \quad (33)$$

Donde:

T = torque

$\omega$  = velocidad angular

El torque lo se obtiene de la siguiente ecuación:

$$T = I\alpha \quad (34)$$

Donde:

I = inercia total

$\alpha$  = aceleración angular

Para calcular la potencia del motor a utilizar se necesita conocer la inercia de cada elemento de la estructura del manipulador referidas al eje de giro:

- Calculo de inercia del bloque a levantar:

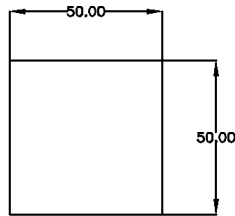


Figura 50. Bloque a levantar

$$I_{BK} = I_x = \frac{1}{2}ma^2 \quad (35)$$

$$I_{BK} = \frac{1}{2}(1kg)(0.01mt)^2$$

$$I_{BK} = 5 \times 10^{-5} kg.Mt^2 \quad (36)$$

Referida al eje X:

$$I_{BKR} = I_{BK} + mh^2 \quad (37)$$

$$I_{BKR} = 5 \times 10^{-5} kg.mt^2 + 1kg(0.3035mt)^2$$

$$I_{BKR} = 0.09216kg.mt^2$$

- Calculo de inercia del Cilindro Vertical

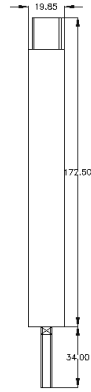


Figura 51. Cilindro vertical

$$I_{CV} = I_X = \frac{1}{2}md^2 \quad (38)$$

$$I_{BK} = \frac{1}{2}(0.1733kg)(0.0985m)^2$$

$$I_{BK} = 8.4 \times 10^{-4} kg.Mt^2$$

Referida al eje X:

$$I_{CVR} = I_{CV} + md^2 \quad (39)$$

$$I_{CVR} = 8.4 \times 10^{-4} kg.mt^2 + (0.1733kg)(0.3035m)^2$$

$$I_{CVR} = 0.01680kg.mt^2$$

Calculo de inercia de la pieza deslizando

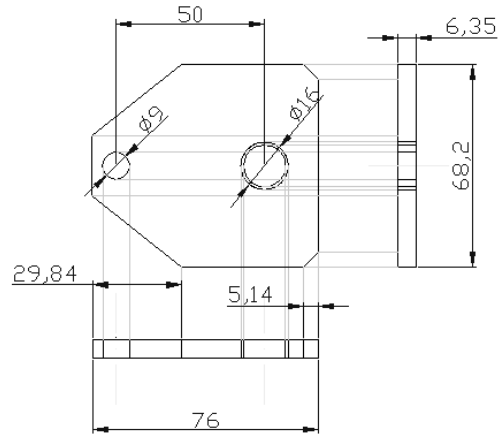


Figura 52. Pieza deslizando o placa que soportara la carga a desplazar

$$W_{PLACA} = 0.369N$$

$$m = \frac{W}{g} \quad (40)$$

$$m = \frac{0.369kg \cdot mt / seg^2}{9.81mt / seg^2}$$

$$m = 0.0376kg$$

$$I_{PD} = I_{placa} - I_{Disco} \Rightarrow I_{Disco} \cong 0 \quad (41)$$

$$I_{PD} = \frac{1}{12}m(a^2 + b^2) \quad (42)$$

$$I_{PD} = \frac{1}{12}(0.0376kg)((0.05mt)^2 + (0.05mt)^2)$$

$$I_{PD} = 1.56 \times 10^{-5}kg \cdot mt^2$$

Referida al eje: X

$$I_{PDR} = I_{PD} + mh^2 \quad (43)$$

$$I_{PDR} = 1.56 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{mt}^2 + 0.0376 \text{ kg} (0.3035 \text{ mt})^2$$

$$I_{PDR} = 0.007016 \text{ kg} \cdot \text{mt}^2$$

- Calculo de Inercia del Perfil

De tabla se obtiene la masa, el peso esta en kg/Mt,

$$\rho_{\text{kg} / \text{Mt}} = 6.07 \text{ kg} / \text{Mt}$$

$$m = \rho \times l \quad (44)$$

$$m = 6.07 \text{ kg} / \text{mt} \times 0.462 \text{ mt}$$

$$m = 2.8 \text{ kg}$$

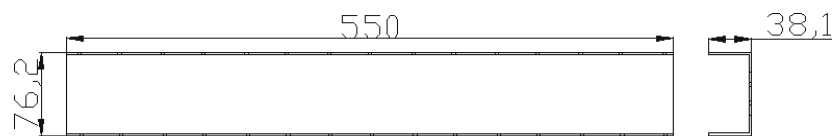


Figura 53. Perfil cuadrado

De tabla I del perfil

Inercia de la sección del perfil

$$I_{PER} = 92.6 \text{ cm}^4$$

Inercia del perfil

$$I_{PER} = I_{PER} \times \frac{m}{A_{SEC}} \quad (45)$$

$$A_{SEC} = 7.73 \text{ cm}^2$$

$$I_{PER} = 92.6 \text{ cm}^4 \times \frac{2.8 \text{ kg}}{7.73 \text{ cm}^2}$$

$$I_{PER} = 33.5404 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2 = 0.003354 \text{ kg} \cdot \text{mt}^2$$

Referida al eje: X

$$I_{PERR} = I_{PER} + mh^2 \quad (46)$$

$$I_{PERR} = 0.003354kg.mt^2 + 2.8kg(0.085mt)^2$$

$$I_{PERR} = 0.02358kg.mt^2$$

- Calculo de Inercia del Cilindro Horizontal



Figura 54. Cilindro horizontal

$$I_{CH} = I_Y = \frac{1}{12}m(3a^2 + l^2) \quad (47)$$

$$I_{CH} = \frac{1}{12}(0.4801kg)[3(0.01485mt)^2 + (0.282mt)^2]$$

$$I_{CH} = 0.005828 \times 10^{-3} kg.mt^2$$

Referido al eje X:

$$I_{CHR} = (0.005828Kg.mt^2) + (0.4801Kg)(0.1267mt)^2$$

$$I_{CHR} = 0.01350Kg.mt^2$$

- Calculo de Inercia del eje



Figura 55. Eje a utilizar

$$I_{eje} = I_{XY} = \frac{1}{2}ma^2 \quad (48)$$

La masa del eje la se obtiene de la siguiente forma:

$$V_{eje} = \frac{\pi}{4}D^2L \quad (49)$$

$$V_{eje} = \frac{\pi}{4}(0.222dm)^2 4.5dm$$

$$V_{eje} = 0.174dm^3$$

$$m = V\gamma \quad (50)$$

$$m = 0.174Dm^3 \times 2.7kg / Dm^3$$

$$m = 0.47kg$$

Sustituyendo en ecuación de la inercia:

$$I_{eje} = I_{XY} = \frac{1}{2}ma^2 \quad (51)$$

$$I_{eje} = \frac{1}{2}0.47kg(7.9375 \times 10^{-3} mt)^2$$

$$I_{eje} = 1.4806 \times 10^{-5} kg.mt^2$$

- Inercia total que moverá el motor

$$I_T = I_{BK} + I_{CV} + I_{PD} + I_{per} + I_{CH} + I_{EJE} \quad (52)$$

$$I_T = 0.09216kg.mt^2 + 0.01680kg.mt^2 + 0.007016kg.mt^2 + 0.02358kg.mt^2 + 0.01353kg.mt^2 + 1.4806 \times 10^{-5} kg.mt^2$$

$$I_T = 0.1531kg.Mt^2$$

Se calcula ahora la aceleración angular del manipulador de la siguiente manera:

Asumimos:

Tiempo de transporte de la pieza: 40 seg.

Tiempo de aceleración 0.1t

Tiempo de desaceleración: 0.1t

Desplazamiento angular:  $\Delta\Theta = 90^\circ = \pi/2 = 1.5708 \text{ rad}$

\*\*\* NOTA: El tiempo estipulado es referente a la secuencia que hará el manipulador, el cual comprende los siguientes movimientos: giro de posicionamiento, extensión del cilindro horizontal, extensión del cilindro vertical, retracción del cilindro vertical, retracción del cilindro horizontal, giro a posición inicial, extensión y retracción del cilindro vertical. \*\*\*



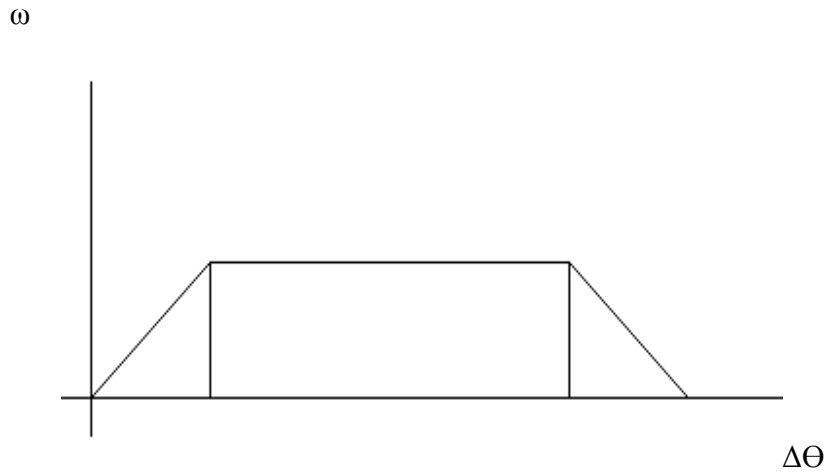


Figura 56. Diagrama velocidad vrs. Desplazamiento angular.

El desplazamiento total será:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_1 + \Delta\theta_2 + \Delta\theta_3 \quad (53)$$

Donde:

$$\Delta\theta_1 = \frac{1}{2} \alpha t_a^2 \quad (54)$$

Pero:

$$\frac{\alpha}{t} = \frac{\omega_m - \omega_o}{t_a} = \frac{\omega_m}{t_a} \quad (55)$$

Sustituyendo en ecuación (54):

$$\Delta\theta_1 = \left(\frac{1}{2}\right) \left(\frac{\omega_m}{t_a}\right) (0.1t) \quad (56)$$

$$\Delta\theta_1 = 0.05 \omega_m t$$

También:

$$\Delta\theta_2 = 0.8\omega_m t \quad (57)$$

Y

$$\Delta\theta_3 = 0.05\omega_m t \quad (58)$$

Sustituyendo (56), (57) y (58) en (53) se tiene:

$$1.5708rad = 0.05\omega_m t + 0.8\omega_m t + 0.05\omega_m t$$

$$1.5708rad = 0.9\omega_m t$$

$$\omega_m = \frac{1.5708rad}{0.9t}$$

Para un tiempo de 40 seg.

$$\omega_m = \frac{1.5708rad}{(0.9)(40seg)}$$

$$\omega_m = 0.0436rad / seg$$

Con dicho valor se calcula la aceleración con la cual girara el brazo manipulador:

$$\alpha = \frac{\omega_m}{t_a} = \frac{0.2493rad / seg}{(0.1)(40seg)} \quad (59)$$

$$\alpha = 0.0109rad / seg^2$$

La velocidad máxima se encuentra en  $\Delta_2$ , calculando dicha velocidad se tiene:

$$\Delta_2 = 0.8\omega_m t$$

Suponiendo desplazamiento igual a:

$$\Delta_2 = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{32} = 1.47rad$$

$$80^\circ = 1.47rad$$

Sustituyendo valores y despejando:

$$2.79 = 0.8\omega_m t$$

$$\omega_m = \frac{2.79}{0.8(40\text{seg})}$$

$$\omega_m = 0.87\text{rad} / \text{seg}$$

Ahora se encuentra el torque del actuador sustituyendo la Inercia total (ecuación 52) y la aceleración angular (ecuación 59) en la siguiente ecuación:

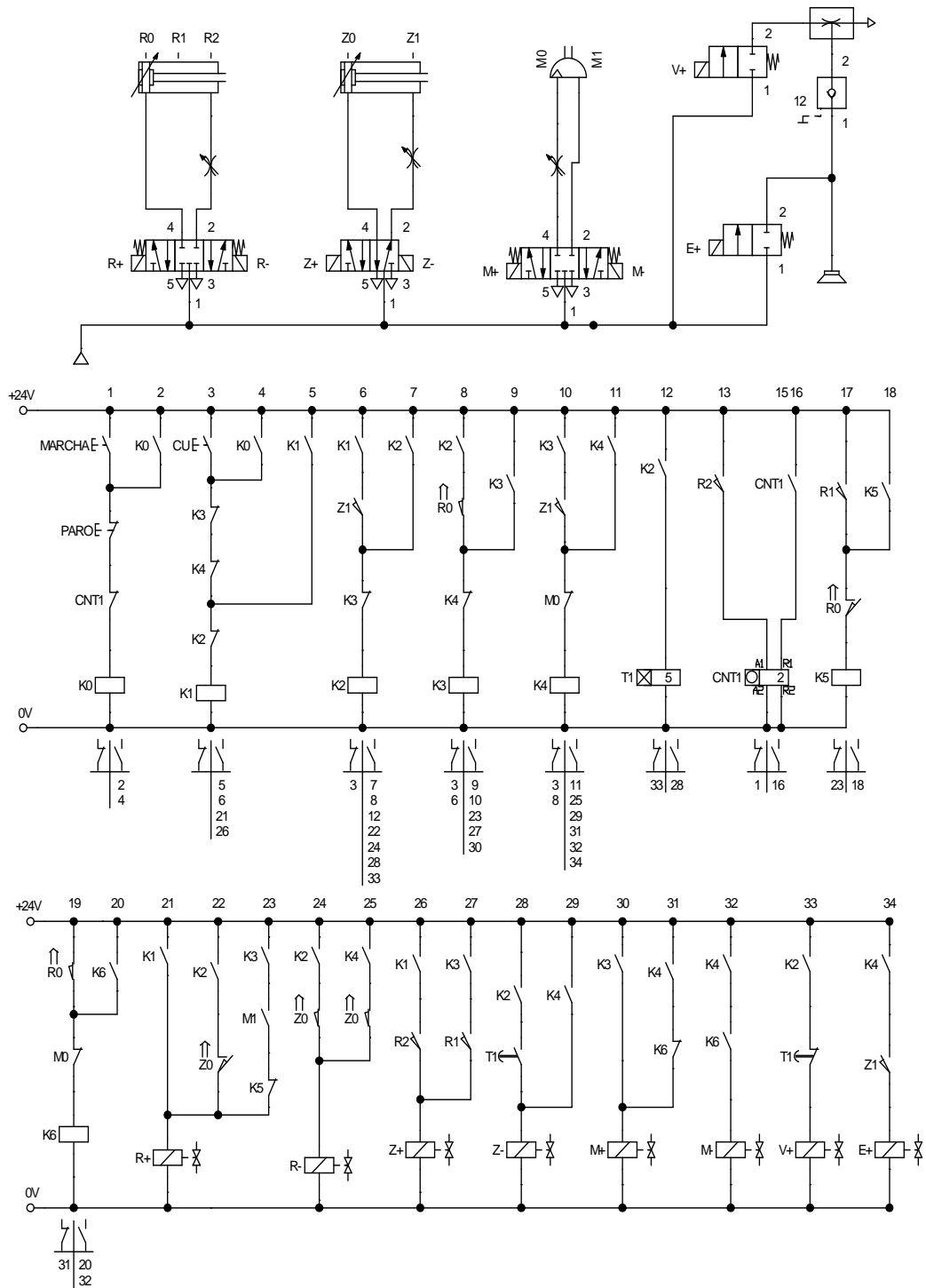
$$T = I\alpha$$

$$T = 0.1531\text{kg}.\text{m}^2 \times 0.0109\text{rad} / \text{seg}^2$$

$$T = 0.001669\text{kg}.\text{m}^2 / \text{seg}^2$$

El torque requerido para mover el brazo es mínimo, por tanto para el proyecto se utilizara un actuador modelo M10DA/SLS marca UNITORQ ya que cumple con el torque necesario para movilizar todo el mecanismo.

### 3.3 Circuito Electro neumático



**BRAZO MECÁNICO**

**Network 1**

Ciclo Continuo

LD MARCHA : I0 . 0  
 O K0 : M0 . 0  
 AN PARO : I0 . 1  
 AN CNT1 : C2  
 = K0 : M0 . 0  
 = Led\_CC : Q1 . 0

Símbolo	Dirección	Comentario
CNT1	C2	Contador
K0	M0.0	Rele Interno M0.0
Led_CC	Q1.0	Led Ciclo Continuo
MARCHA	I0.0	Inicio Ciclo Continuo
PARO	I0.1	Paro del Ciclo Continuo

**Network 2**

Ciclo Unico

LD CU : I0 . 2  
 O K0 : M0 . 0  
 AN K3 : M0 . 3  
 AN K4 : M0 . 4  
 O K1 : M0 . 1  
 AN K2 : M0 . 2  
 = K1 : M0 . 1  
 AN K0 : M0 . 0  
 = Led\_CU : Q1 . 1

Símbolo	Dirección	Comentario
CU	I0.2	Inicio del Ciclo Unico
K0	M0.0	Rele Interno M0.0
K1	M0.1	Rele Interno M0.1
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
Led_CU	Q1.1	Led Ciclo Unico

**Network 3**

LD K1 : M0 . 1  
 A S1 : I0 . 7  
 O K2 : M0 . 2  
 AN K3 : M0 . 3  
 = K2 : M0 . 2

Símbolo	Dirección	Comentario
K1	M0.1	Rele Interno M0.1
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
S1	I0.7	Sensor Reed - Cilindro S Extendido

**Network 4**

LD K2 : M0 . 2  
 A R0 : I0 . 3  
 O K3 : M0 . 3  
 AN K4 : M0 . 4  
 = K3 : M0 . 3

Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
R0	I0.3	Sensor Reed - Cilindro R Contraido

**Network 10**

LD K1 : M0 . 1  
 LD K2 : M0 . 2  
 AN S0 : I0 . 6  
 OLD  
 LD K3 : M0 . 3  
 A M1 : I1 . 1  
 AN K5 : M0 . 5  
 OLD  
 = RMAS : Q0 . 0

Símbolo	Dirección	Comentario
K1	M0.1	Rele Interno M0.1
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K5	M0.5	Rele Interno M0.5
M1	I1.1	Sensor Reed - Motor Neumatico Giro 90º
RMAS	Q0.0	Se Extiende el vástago del cilindro R
S0	I0.6	Sensor Reed - Cilindro S Contraido

**Network 11**

LD K2 : M0 . 2  
 A S0 : I0 . 6  
 LD K4 : M0 . 4  
 A S0 : I0 . 6  
 OLD  
 = RMENOS : Q0 . 1

Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
RMENOS	Q0.1	Se Retrae el vástago del cilindro R
S0	I0.6	Sensor Reed - Cilindro S Contraido

**Network 12**

LD K1 : M0 . 1  
 A R2 : I0 . 5  
 LD K3 : M0 . 3  
 A R1 : I0 . 4  
 OLD  
 = ZMAS : Q0 . 2

Símbolo	Dirección	Comentario
K1	M0.1	Rele Interno M0.1
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
R1	I0.4	Sensor Reed - Cilindro R a la Mitad
R2	I0.5	Sensor Reed - Cilindro R Extendido
ZMAS	Q0.2	Se extiende el vástago del cilindro Z

**Network 13**

LD K2 : M0 . 2  
 A TEMP1 : T34  
 O K4 : M0 . 4  
 = ZMENOS : Q0 . 3

Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
TEMP1	T34	Temporizador con Retardo a la Conexion
ZMENOS	Q0.3	Se Retrae el vástago del cilindro Z

**Network 14**

LD K3 : M0 . 3  
 LD K4 : M0 . 4  
 AN K6 : M0 . 6  
 OLD  
 = MMAS : Q0 . 4

Símbolo	Dirección	Comentario
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
K6	M0.6	Rele Interno M0.6
MMAS	Q0.4	Fie del Motor Neumatico - Posicion Original Ar

**Network 5**

LD K3:M0.3  
 A S1:I0.7  
 O K4:M0.4  
 AN M0:I1.0  
 = K4:M0.4

Símbolo	Dirección	Comentario
K3	M0.3	Rele Interno M0.3
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
M0	I1.0	Sensor Reed - Motor Neumatico Giro 0º
S1	I0.7	Sensor Reed - Cilindro S Extendido

**Network 6**

LD K2:M0.2  
 TON TEMP1:T34, 500

Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
TEMP1	T34	Temporizador con Retardo a la Conexion

**Network 7**

LD R2:I0.5  
 LD CNT1:C2  
 CTU CNT1:C2, 2

Símbolo	Dirección	Comentario
CNT1	C2	Contador
R2	I0.5	Sensor Reed - Cilindro R Extendido

**Network 8**

LD R1:I0.4  
 O K5:M0.5  
 AN R0:I0.3  
 = K5:M0.5

Símbolo	Dirección	Comentario
K5	M0.5	Rele Interno M0.5
R0	I0.3	Sensor Reed - Cilindro R Contraído
R1	I0.4	Sensor Reed - Cilindro R a la Mitad

**Network 9**

LD R0:I0.3  
 O K6:M0.6  
 AN M0:I1.0  
 = K6:M0.6

Símbolo	Dirección	Comentario
K6	M0.6	Rele Interno M0.6
M0	I1.0	Sensor Reed - Motor Neumatico Giro 0º
R0	I0.3	Sensor Reed - Cilindro R Contraído

**Network 15**

LD K4:M0.4  
 A K6:M0.6  
 = MMENOS:Q0.5

Símbolo	Dirección	Comentario
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
K6	M0.6	Rele Interno M0.6
MMENOS	Q0.5	Eje del Motor Neumatico - Posicion Final Angulo 90º

**Network 16**

LD K2:M0.2  
 AN TEMP1:T34  
 = VMAS:Q0.6

Símbolo	Dirección	Comentario
K2	M0.2	Rele Interno M0.2
TEMP1	T34	Temporizador con Retardo a la Conexion
VMAS	Q0.6	

**Network 17**

LD K4:M0.4  
 A S1:I0.7  
 = EMAS:Q0.7

Símbolo	Dirección	Comentario
EMAS	Q0.7	
K4	M0.4	Rele Interno M0.4
S1	I0.7	Sensor Reed - Cilindro S Extendido

### 3.4 Diseño del Área de Trabajo del Manipulador.

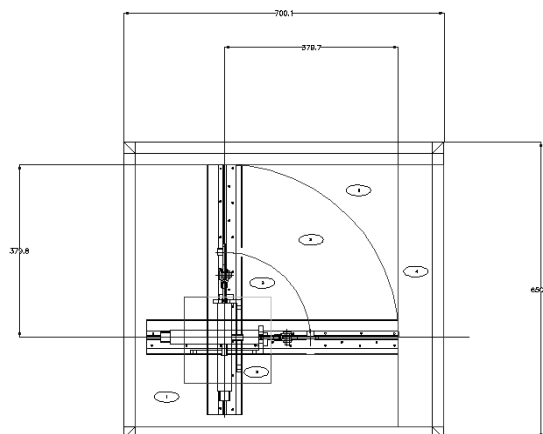
En esta sección se diseñará la mesa de trabajo, donde estará acoplado el circuito neumático, para que funcione el brazo manipulador como un sistema.

Para lograr este objetivo, se deben tener en cuenta para diseñar La mesa de trabajo las siguientes consideraciones:

1. La rigidez necesaria que debe poseer para que pueda soportar la carga (peso) del brazo manipulador incluyendo las componentes (cilindros, válvulas, etc).
2. Las dimensiones adecuadas que faciliten el buen funcionamiento del brazo manipulador.

Es necesario hacer notar, que el brazo no será sometido a velocidades altas que produzcan grandes vibraciones en la mesa de trabajo, por lo que la exigencia de rigidez en esta no es de mayor importancia, cerciorándose solo que pueda soportar el peso del brazo y el de todos sus componentes.

Se ha realizado entonces una distribución del área de la mesa, el cual tendrá una dimensión de  $70 \times 65 \text{ cm}^2$ , asignándose esta área, zonas específicas para el mejor aprovechamiento del espacio.



**FIGURA 57.** .Representa la distribución realizada a la mesa de trabajo.

- a) Estructura
- b) Zona de trabajo
- c) Zona de la base del brazo del manipulador
- d) Zona del tablero de control

**a) Estructura.**

La principal característica que debe tener la estructura, es la rigidez, pues debe soportar la carga generada (peso), además del movimiento que debe realizar el brazo del manipulador.

**b) Zona de Trabajo.**

Representa el volumen en el que debe funcionar el brazo manipulador. Este volumen está contenido por el área de trabajo en el que puede moverse el brazo el cual corresponde a  $\Delta r$  de 125mm y altura de 100 mm de radio de giro de 90°.

**c) Zona de la base del manipulador.**

Representa el área en la cual está soportada la carga debido al peso del brazo con todos los componentes y el peso de la pieza de trabajo, además debe soportar los movimientos y esfuerzos que son absorbidos por la estructura de la mesa

**d) Zona del tablero de control.**

Representa el área donde son colocados todos los dispositivos necesarios para activar los movimientos del brazo manipulador de forma manual.



## 4.0 FABRICACION DEL MANIPULADOR Y PROPUESTA DE GUIAS DE LABORATORIO

### 4.1 Descripción del Proceso de Fabricación del Manipulador.

#### 4.1.1 Descripción del Proceso de Fabricación

Para la realización del proyecto se procedió a la fabricación de cada una de las piezas analizadas en la etapa de diseño, para ello se busco un taller de mecánica industrial en el cual se alquiló la maquinaria por hora y se contó con la asesoría del dueño del taller para el uso de la misma.

Se maquinaron las piezas referentes al soporte del cilindro horizontal, la pieza deslizante que soporta el cilindro vertical, las cunas donde se colocaron los rodamientos, el eje, las bridas de soporte de la base del manipulador y el soporte que une el perfil con el eje el cual nos permitirá la transmisión del giro.



FIGURA 58. Piezas fabricadas en taller

Algunos de los elementos neumáticos utilizados en el proyecto se muestran a continuación, los pistones fueron seleccionados en la etapa de diseño, válvulas y accesorios se seleccionaron según el circuito de control establecido:



FIGURA 59. Equipo Neumático utilizado.

Luego de tener las piezas de taller maquinadas y con sus dimensiones y acabados correctos y los elementos neumáticos a utilizar en el sistema se procedió al ensamble de todos los elementos:



FIGURA 60. Manipulador Completo

#### 4.1.2 Presupuesto de Gasto de la Construcción del Manipulador

PRESUPUESTO DE GASTO PARTE MECANICA					
Nº	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Eje	acero 1020	1	\$ 8,00	\$ 8,00
2	Cunas	acero 1020	1	\$ 18,00	\$ 18,00
3	Perfil	aluminio	1	\$ 25,00	\$ 25,00
4	Guias	aluminio	1	\$ 10,00	\$ 10,00
5	Base, bridas	hierro negro	1	\$ 10,00	\$ 10,00
6	Tubo camisa de eje		1	\$ 6,00	\$ 6,00
7	Estructura Mesa	hierro negro	1	\$ 15,00	\$ 15,00
8	Recubrimiento Mesa	Madera	1	\$ 15,00	\$ 15,00
9	Rodamientos	---	1	\$ 25,00	\$ 25,00
10	Pernos y accesorios	hierro galvanizado	1	\$ 8,00	\$ 8,00
11	Pintura	---	1	\$ 10,00	\$ 10,00
12	Otros	---	1	\$ 50,00	\$ 50,00
13	Alquiler maquinaria/mano de obra	---	1	\$ 250,00	\$ 250,00
				Sub-total	\$ 450,00
				IVA	\$ 58,50
				<b>Total</b>	<b>\$ 508,50</b>

PRESUPUESTO DE GASTO PARTE NEUMATICA					
Nº	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Valvula 5/3 doble selenoide		1	\$ 70,00	\$ 70,00
2	Valvula 5/2 doble selenoide		1	\$ 70,00	\$ 70,00
3	Valvula mecanica de switch		2	\$ 70,00	\$ 140,00
4	Final de carrera		2	\$ 70,00	\$ 140,00
5	Manifold		1	\$ 14,00	\$ 14,00
6	Accesorios para Manifold		1	\$ 5,00	\$ 5,00
7	Unidad de Mantenimiento		1	\$ 32,00	\$ 32,00
8	Racores		20	\$ 1,40	\$ 28,00
9	Actuador Giratorio		1	\$ 150,00	\$ 150,00
10	Piston 16 mm x 100 mm		1	\$ 45,00	\$ 45,00
11	Piston 20 mm x 125 mm		1	\$ 50,00	\$ 50,00
12	Sensor para Piston		4	\$ 28,00	\$ 112,00
13	Abrazaderas para Sensor		4	\$ 1,50	\$ 6,00
14	Conector en Y para piston		1	\$ 5,00	\$ 5,00
15	Mts. De Manguera 4 mm		10	\$ 0,60	\$ 6,00
16	Ventosa		1	\$ 24,00	\$ 24,00
17	Sistema Generador de Vacio		1	\$ 55,00	\$ 55,00
18	Reguladores de Flujo		6	\$ 10,00	\$ 60,00
19	check en linea		2	\$ 10,00	\$ 20,00
				Sub-Total	\$ 1.032,00
				IVA	\$ 134,16
				<b>Total</b>	<b>\$ 1.166,16</b>

PRESUPUESTO DE GASTO TOTAL		
Nº	DESCRIPCION	PRECIO
1	Parte Mecanica	\$ 508,50
2	Parte Neumatica	\$ 1.166,16
3	Parte Electrica de Control	\$ 350,00
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>\$ 2.024,66</b>

## **4.2 Guías de Laboratorio.**

### **4.2.1 Laboratorio N° 1**

#### **Objetivo:**

Que el estudiante se familiarice con los dispositivos neumáticos y electro neumáticos ocupados en el equipo así como el funcionamiento del circuito mismo.

#### **Procedimiento:**

1. Identifique que elementos neumáticos y electro neumáticos están comprendidos en el equipo y dibujar cada uno de ellos.
2. Luego de identificar cada uno de los elementos del circuito proceder a la activación del mismo. Describir secuencia que este realiza.
3. Dibujar circuito neumático del sistema.

#### 4.2.2 Laboratorio N° 2

##### **Objetivo:**

Que el estudiante comprenda los diferentes tipos de manipuladores que hay, su morfología y su aplicación en la industria.

##### **Procedimiento:**

1. Al observar el manipulador determinar que tipo de estructura morfológica posee.

---

2. Determinar cuantos grados de libertad posee

---

3. Describir la secuencia que este realiza

---

---

---

---

4. Que otras secuencias podría realizar el equipo?

---

---

---

---

5. Mencione al menos 5 aplicaciones de los manipuladores en la industria.

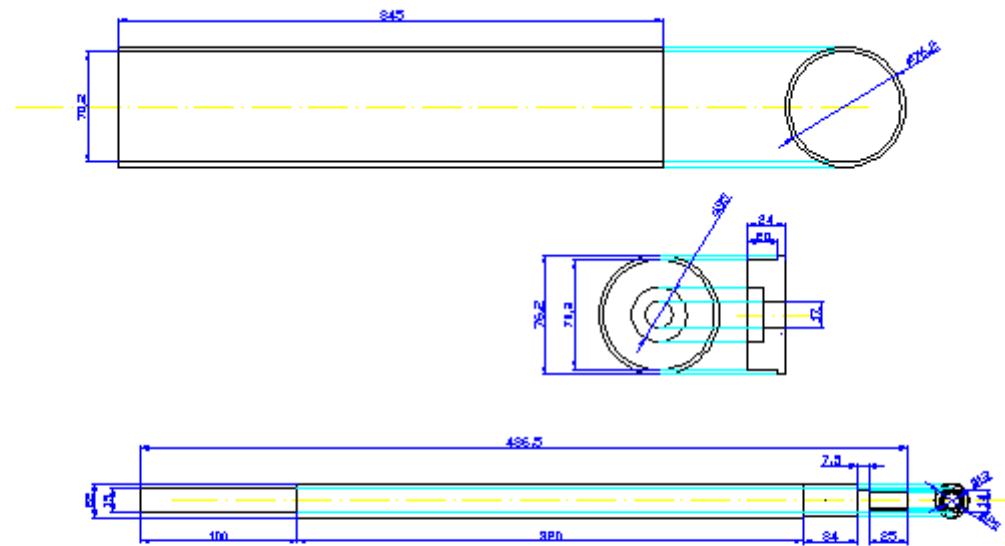
---

---

---

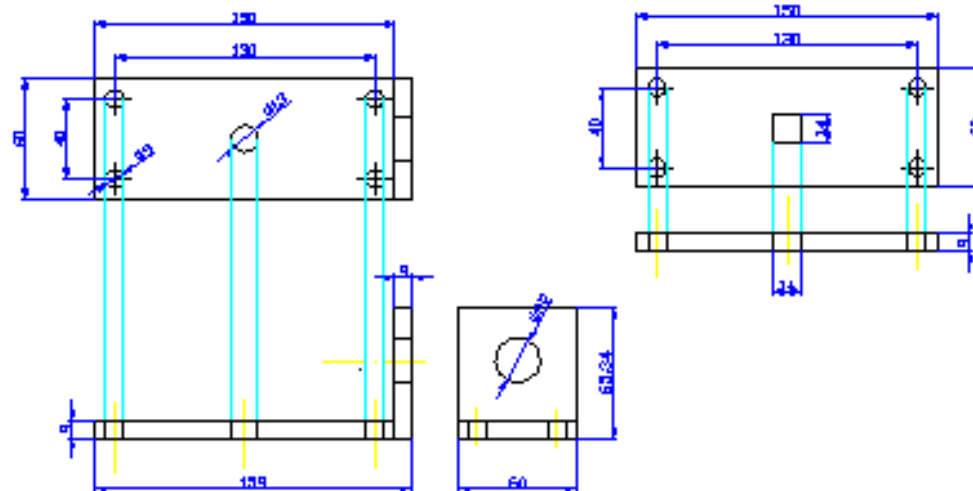
---




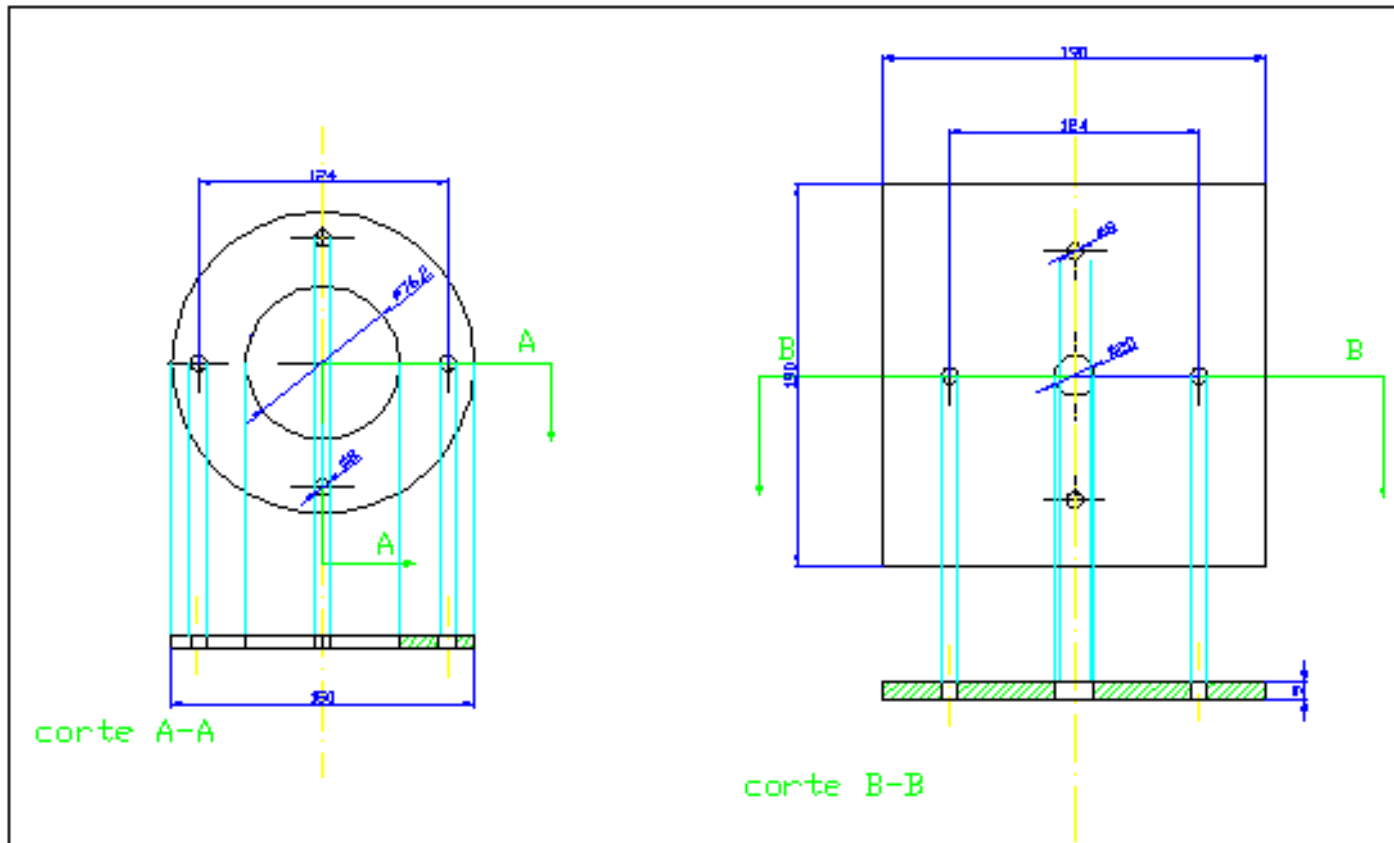


5	Tubo de Alivianación	1	AS2 1824	Acero al carbon
4	Eje de Transmision	1	AS2 1024	Acero P20
3	Porto Cojinete Adal	1	AS2 1820	Acero P20
No.	Denominacion	Cantidad	Norma	Materia
	Fecha	Nombre	Firma	Universidad de El Salvador
Dibujada	agosto 2000	Samuel Heredia		Facultad de Ingenieria y Arquitectura
Comprobado	agosto 2000	Samuel Heredia		Escuela de Ingenieria Mecanica
Esc uz	Piezas 3-5			 <b>PROYECTO DE TESIS</b> <small>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</small>





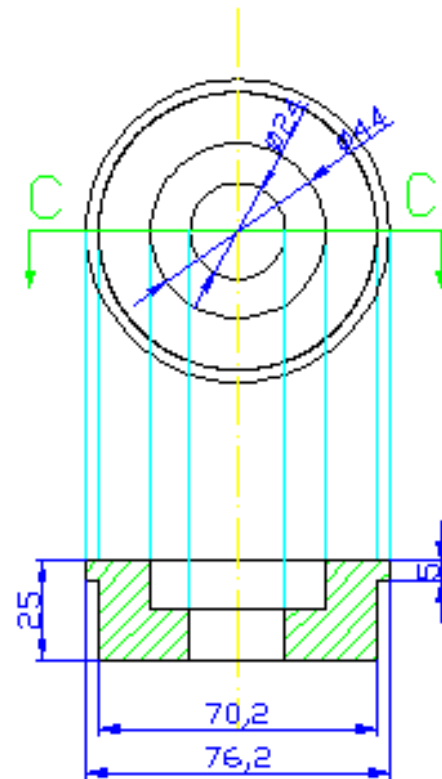
8	Soporte del Cilindro H.	1	AC308	Acero al carbon
7	Soporte del Perfil	1	AC308	Acero al carbon
No.	Denominacion	Cantidad	Norma	Material
	Fecha	Nombre	Firma	Universidad de El Salvador
Dibujado	agosto 2010	Murilo Miranda		Facultad de Ingenieria y Arquitectura
Comprobado	agosto 2010	Murilo Miranda		Escuela de Ingenieria Mecanica
Cad je	Piezas 7-8			 Proyecto de Tesis



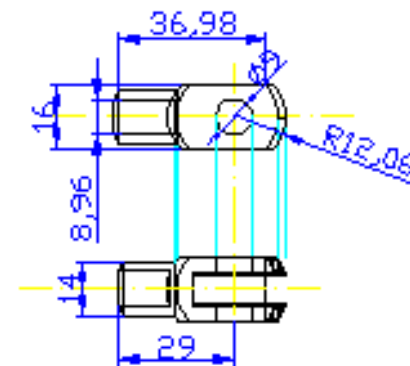
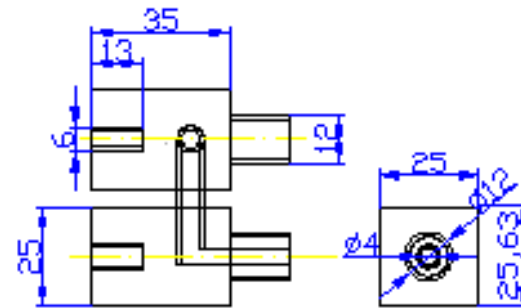
corte A-A

corte B-B

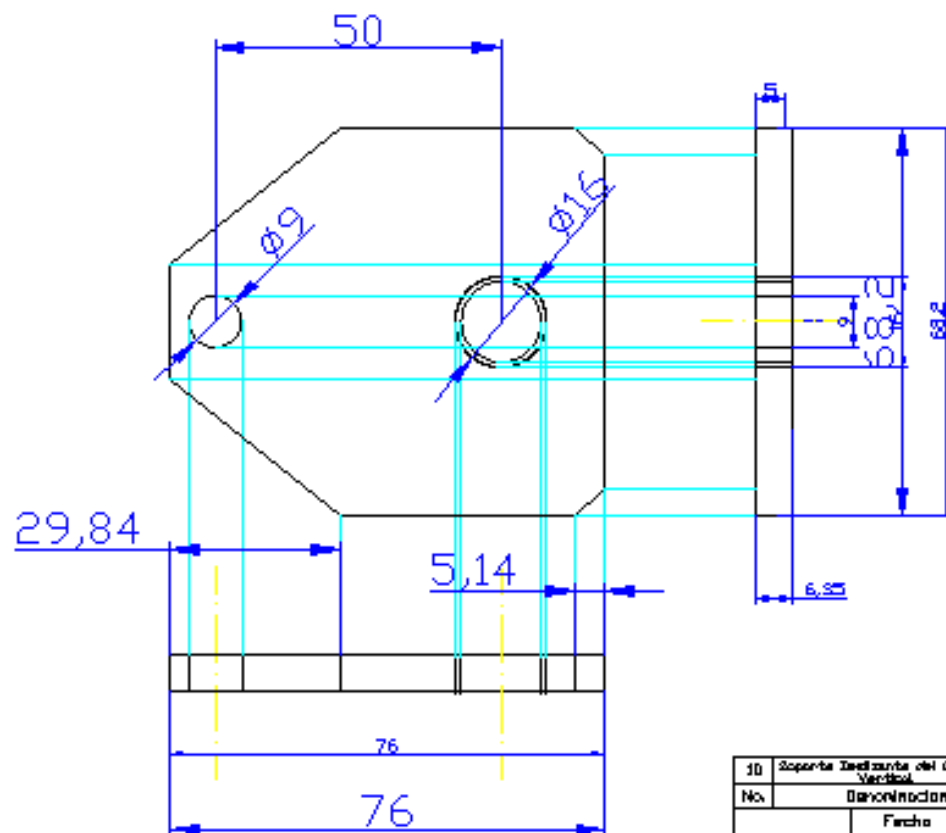
1	Placa Cuadrada Base	1	AST A36	Acero al carbon
2	Brida de Sujecion	1	AST A36	Acero al carbon
No.	Demonstracion	Cantidad	Norma	Material
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	Universidad de El Salvador Facultad de Ingenieria y Arquitectura Escuela de Ingenieria Mecanica
Comprobado	agosto 2000	Juanita Mendez Bosch Hernandez		
Esc 1:2	Piezas 1-2			 Proyecto de Tesis ESEM - Universidad

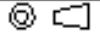


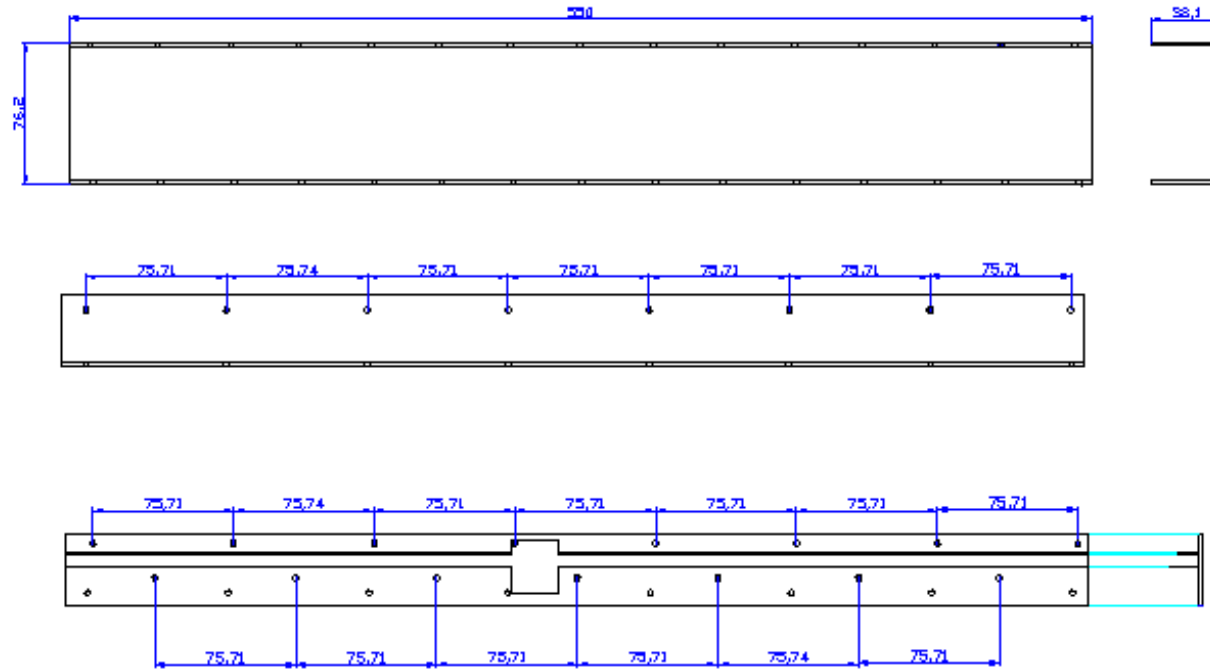
corte C-C



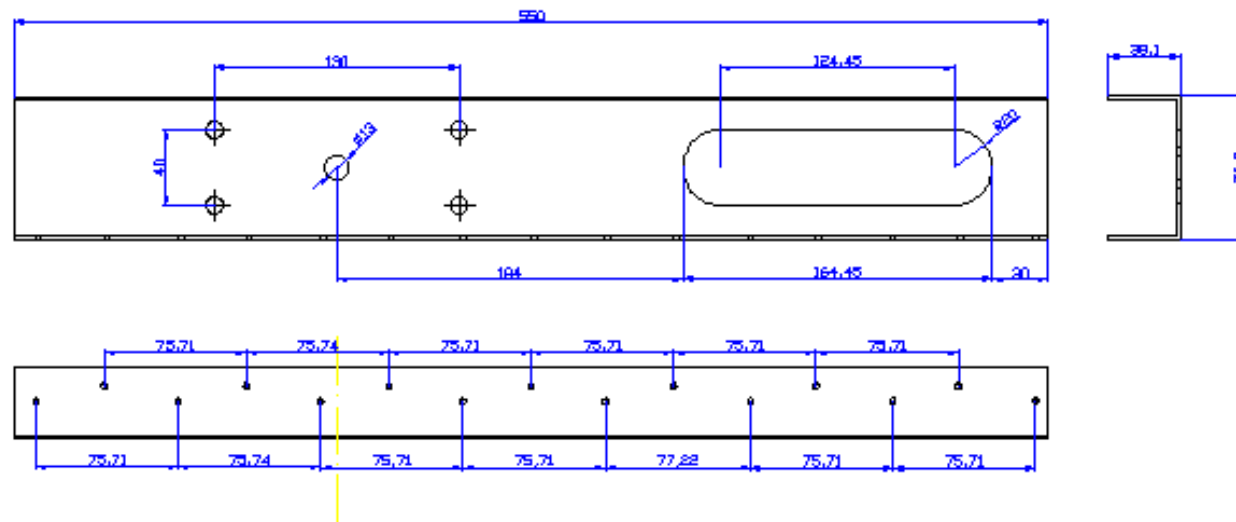
11	Conector de la Ventosa	L	ASTM A201	Aluminio
9	Conector Tipo Y	L	ASTM A201	Acero A201
8	Parrilla Cojinetes Radial	L	ASTM A201	Acero A201
No.	Denominación	Cantidad	Norma	Material
	Fecha	Nombre	Firma	Universidad de El Salvador
Dibujado	agosto 2010	Suzana Ramirez		Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Comprobado	agosto 2010	Suzana Ramirez		Escuela de Ingeniería Mecánica
Esc 10	Piezas 6,9 y 11			 Proyecto de Tesis



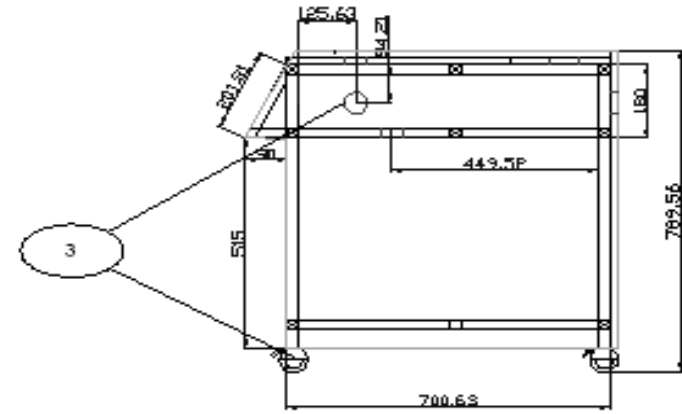
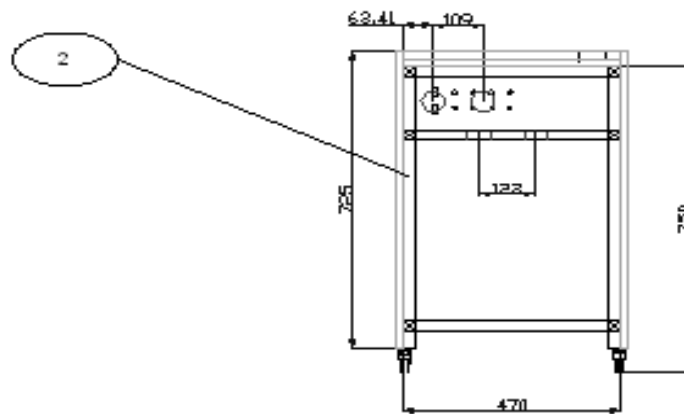
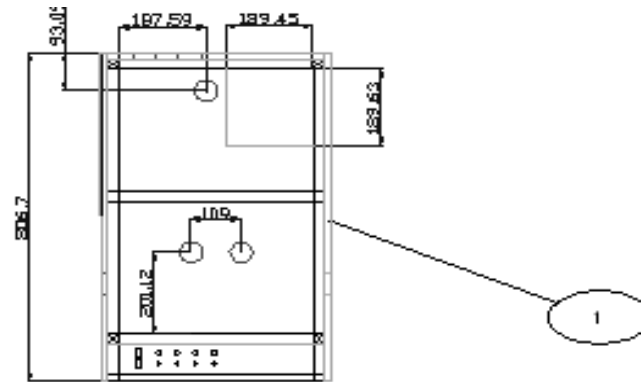
10	Soporte Vertical del Cilindro	L	STANDARD	NYLON
No.	Designación	Cantidad	Norma.	Materia.
Dibujo	Fecha	Nombre	Firma	Universidad de El Salvador
Comprobado	agosto 2000	Sandro Mendez		Facultad de Ingeniería y Arquitectura
	agosto 2000			Escuela de Ingeniería Mecánica.
Esc	Pieza 10			 Proyecto de Tesis <small>UNEP - 2000</small>



14	Perfl. C Topo	1	ASTM 6061	Aluminio
13	Perfl. Gufo	1	ASTM 6061	Aluminio
No.	Denominacion	Cantidad	Norma	Materia
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma	Universidad de El Salvador Facultad de Ingenieria y Arquitectura
Comprobado	agosto 2010	Isaura Mendez Marco Hernandez		Escuela de Ingenieria Mecanica
Esc 1:2	Plaza 13 y 14			 Proyecto de Tesis



12	Perfil Base	1	ASTM A36	Aluminio
No.	Denominación	Cantidad	Norma	Materia
Dibujada	Fecha	Nombre	Firma	Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Comprobada	Fecha	Nombre	Firma	Escuela de Ingeniería Mecánica
Esc 1e	Figura 12			 Proyecto de Tests



8	Rodas y Tornos de Aire	1	Plasticos	
2	Bastidor Metalico	1	Tubo Estructural	
1	Cubierta	1	plybud 1/2	
No.	Denominacion	Cantidad	Material	Fecha
	Fecha	Nombre	Firma	Universidad de El Salvador
Dibujado	agosto 2010	Osiris Mejia		
Comprobado	agosto 2010			Escuela de Ingenieria Mecanica
Esc 1:10	<b>BASTIDOR BASICO</b>			 Proyecto de Tesis

## CONCLUSIONES

- Se presento una breve reseña histórica de la neumática y los principios de la robótica.
- Se dio a conocer los componentes básicos utilizados en un circuito neumático.
- Se diseño un equipo de uso didáctico con el fin de que los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador tengan una mejor comprensión en el área de neumática y electro neumática de gran aplicación en la industria de nuestros días.
- Los elementos diseñados se caracterizan por su amplio factor de seguridad por lo tanto no fallaran si se ocupan con los parámetros con los cuales fueron diseñados.
- El dispositivo fue construido con la idea de anidarlo a otros proyectos de la misma índole, gracias a la estructura del banco se facilitará la instalación de módulos continuos y de esta forma hacer más complejo el circuito de trabajo.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el estudiante tenga los conocimientos básicos de los elementos a utilizar para así tener un mejor aprovechamiento a la hora de realizar las prácticas de laboratorio.
- Para la realización de la práctica es necesario tener en cuenta las normas de seguridad a la hora de trabajar con circuitos de aire comprimido. Se tiene que verificar que no se encuentren mangueras sueltas, que los racores estén en buen funcionamiento al igual que todo dispositivo a utilizar en dicha práctica.
- El peso máximo que podrá levantar el manipulador será de 1 kg por lo tanto se recomienda no exceder el mismo.
- Es recomendable manipular el PLC con el cual se controla el manipulador neumático con las manos limpias y con el cuidado necesario para evitar cualquier daño al mismo y siempre verificar el voltaje de la fuente de alimentación sea el adecuado antes de encenderlo.
- Se recomienda hacer un uso adecuado del manipulador, utilizándolo únicamente para el fin para el cual fue construido y así lograr una mayor durabilidad del mismo, se recomienda al terminar cada práctica colocar todos los elementos en posición inicial y guardar los accesorios en el lugar destinados para estos.

## **BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**

- **FUNDAMENTOS DE LA ROBOTICA.**  
Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñin,  
Carlos Balaguer, Rafael Aracil.  
McGraw-Hill  
ESPAÑA 1997
- **DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS.**  
Joseph Shigley, Charles R. Mischke  
Quinta Edicion  
McWraw-Hill
- **INTRODUCCION AL ANALISIS DE SISTEMAS DE CONTROL**
- **MANUAL DEL ESTUDIANTE.**  
Curso PN-2400 Electroneumatica Avanzada.  
Degem Systems  
Primera Edicion
- **AUTOMATIZAR CON NEUMATICA.**
- 
- **CATALOGO MINDMAN 2008-2009**
- **PAGINAS DE INTERNET.**

# **ANEXOS**

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA:**

**Actuadores:** Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

**Autómata:** Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.

**Automatización:** Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

**Bucle:** secuencia de instrucciones que se repite mientras se cumple una condición prescrita.

**Célula de Proceso:** conjunto de actividades y/o maquinaria para el maquinado de un producto dentro de un proceso de fabricación

**Compresor:** Es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores.

**Desbarbado:** eliminación de residuos de una pieza previamente maquinada

**Electroválvulas:** son dispositivos diseñados para controlar el flujo de aire a través de un conducto como puede ser una tubería.

**Embolo:** Pistón.

**Expelido:** Expulsado, excluido, eliminado.

**Grado de Libertad:** El número de grados de libertad que tiene un brazo robótico es el número de magnitudes que pueden variarse independientemente por lo general coincide con el número de articulaciones móviles.

**Inercia:** En física, la inercia es la propiedad de los cuerpos de resistirse al cambio del movimiento, es decir, es la resistencia al efecto de una fuerza que se ejerce sobre ellos.

**Manipulador:** Equipo que tendrá contacto directo en el desplazamiento

**Muelle:** Se conoce como muelle o resorte a un operador elástico capaz de almacenar energía y desprenderse de ella sin sufrir deformación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que es sometido.

**Neumática:** Es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

**Permutar:** se dice cuando la válvula o electroválvula cambia de una posición a otra

**Racor** es una pieza metálica con dos roscas internas en sentido inverso, que sirve para unir tubos u otros perfiles cilíndricos.

**Robótica:** es la ciencia y la tecnología de los robots. Se ocupa del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots

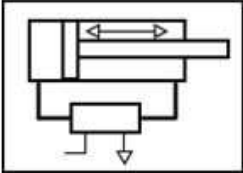
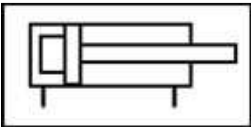
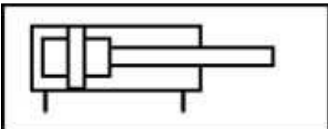
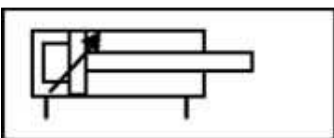
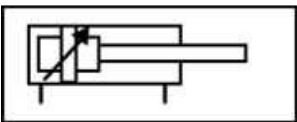
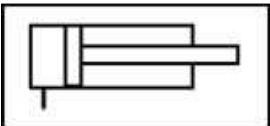
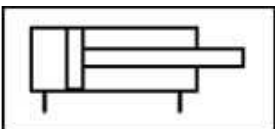
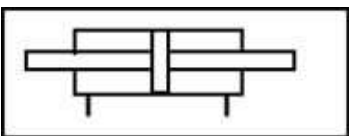
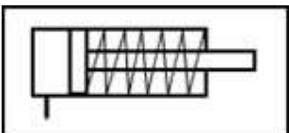
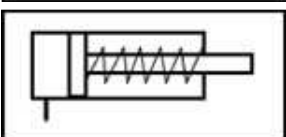
**Sensor:** Un sensor es un aparato capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas.

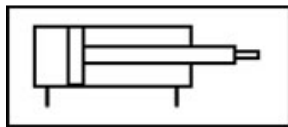
**Unidad de Mantenimiento (FRL):** El elemento que se encarga de Filtrar Regular y Lubricar adecuadamente el aire para su distribución; también conocida como conjunto FRL, que está formado por un filtro, un regulador de presión con manómetro y un lubricador.

**Válvula:** es un dispositivo que regula el paso del aire en uno o varios tubos o conductos.

**Simbología de Elementos Neumáticos y Electro neumáticos según Normas DIN / ISO / CETOP**

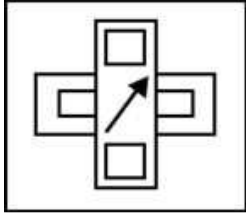
**SIMBOLOGIA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CILINDROS NEUMATICOS QUE EXISTEN**

	<b>Cilindro accionado automáticamente que cierra el aire.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cilindro simple no regulable, actúa en un solo sentido.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cilindro simple no regulable, con dos sentidos.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cilindro simple regulable, con un solo sentido.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cilindro simple regulable, con dos sentidos.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cilindro de simple efecto con un solo sentido, sin fuerza determinada en el retroceso.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cilindro con efecto en los dos sentidos.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cilindro de doble efecto y doble vástago.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cilindro de simple efecto con retroceso de muelle.</b>	<b>Símbolo Din/ISO.</b>
	<b>Cilindro de simple efecto con retroceso de muelle.</b>	<b>Símbolo CETOP.</b>



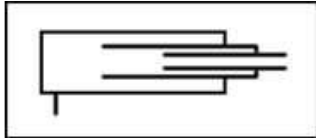
**Cilindro diferencial.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



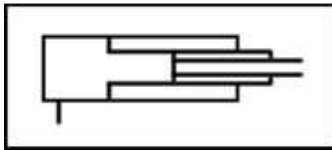
**Cilindro magnético, no tiene vástago.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



**Cilindro simple, telescópico.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



**Cilindro doble efecto telescópico.**

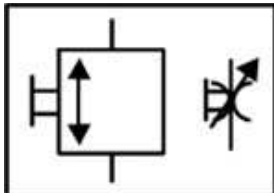
**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**

### SIMBOLOGIA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE VALVULAS QUE EXISTEN



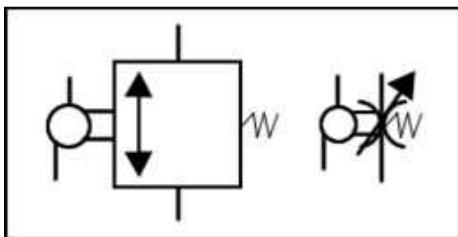
**Válvula de estrangulación.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



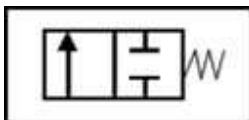
**Válvula de estrangulación, manual.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



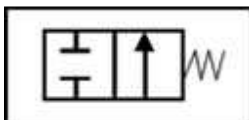
**Válvula de estrangulación, mecánico, retorno con muelle.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



**Válvula 2/2, cerrado.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



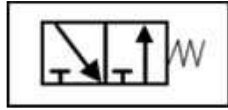
**Válvula 2/2, abierto.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



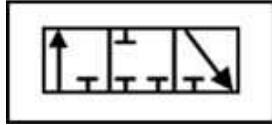
Válvula 3/2, cerrado.

Símbolo  
Din/ISO/CETOP.



Válvula 3/2, abierto.

Símbolo  
Din/ISO/CETOP.



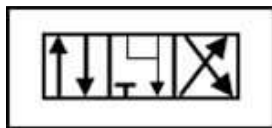
válvula 3/3, cerrada.

Símbolo  
Din/ISO/CETOP.



Válvula 4/2.

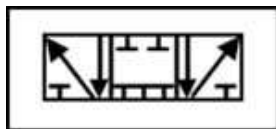
Símbolo  
Din/ISO/CETOP.



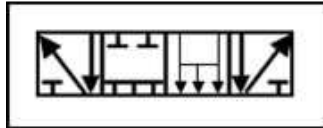
Válvula 4/3. Símbolo  
Din/ISO/CETOP.



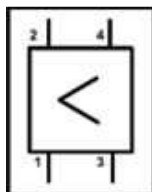
Válvula 5/2. Símbolo  
Din/ISO/CETOP.



Válvula 5/3, Símbolo  
cerrado. Din/ISO/CETOP.

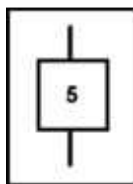


Válvula 5/4, Símbolo  
cerrado. Din/ISO/CETOP.



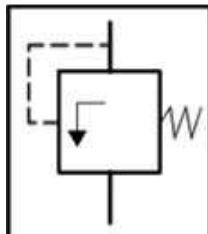
Válvula distribuidora 4/2  
simplificada.

Símbolo Din/ISO.



Válvula distribuidora 4/2  
simplificada.

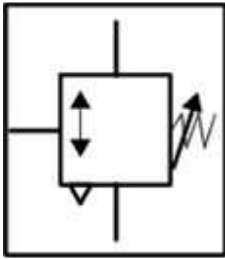
Símbolo CETOP.



Válvula, la salida depende de que se  
supere la presión de la entrada.

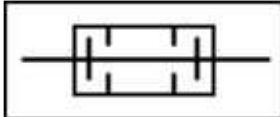
Símbolo  
Din/ISO/CETOP.





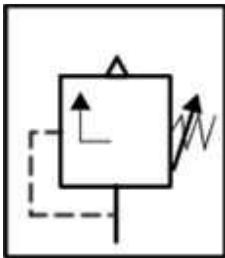
Válvula con escape, regulable y de 3/2 vías.

Símbolo Din/ISO/CETOP.



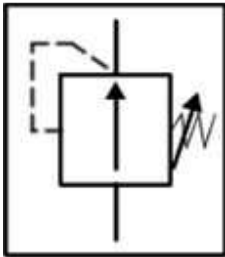
Válvula de simultaneidad, la salida solo funciona cuando entra aire por las dos entradas.

Símbolo Din/ISO/CETOP.



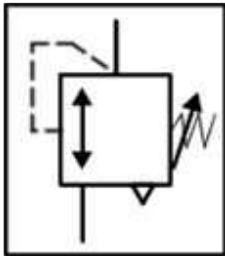
Válvula limitadora con presión regulable.

Símbolo Din/ISO/CETOP.



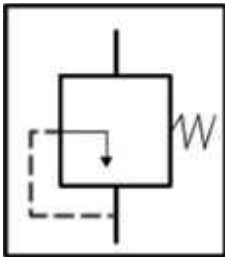
Válvula reguladora.

Símbolo Din/ISO/CETOP.



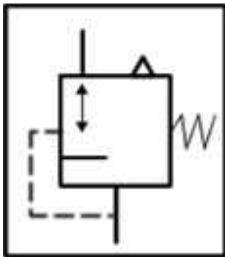
Válvula reguladora con escape.

Símbolo Din/ISO/CETOP.



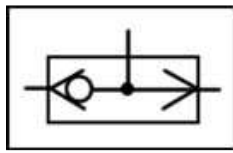
Válvula reguladora.

Símbolo Din/ISO/CETOP.



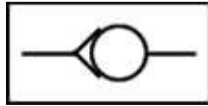
Válvula reguladora, con escape.

Símbolo Din/ISO/CETOP.



**Válvula selectora.**

**Símbolo CETOP.**



**Válvula antirretorno.**

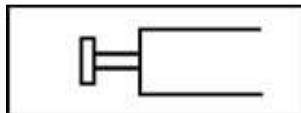
**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



**Válvula antirretorno con muelle.**

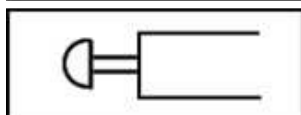
**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**

**SIMBOLOGIA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ACCIONAMIENTO PARA VALVULAS QUE EXISTEN**



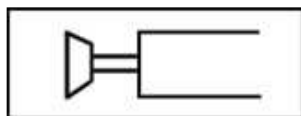
**Accionamiento por pulsador.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



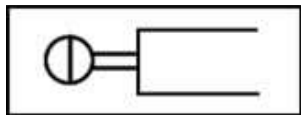
**Accionamiento por pulsador tipo seta.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



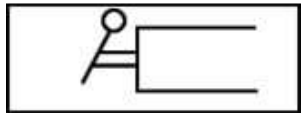
**Accionamiento por pulsador tipo seta extractora.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



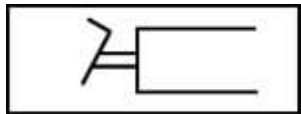
**Accionamiento por pulsador tipo seta tractora.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



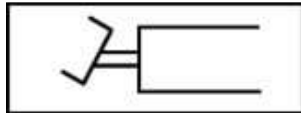
**Accionamiento por palanca.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



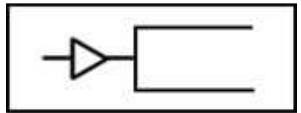
**Accionamiento por pedal.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



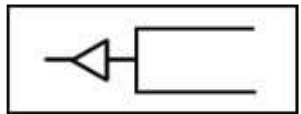
**Accionamiento por pedal basculante.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



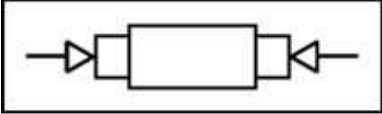

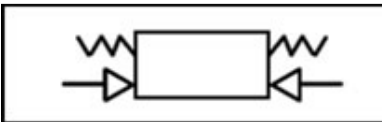
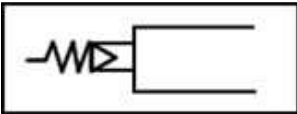
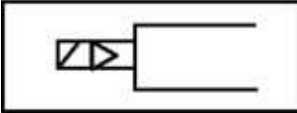
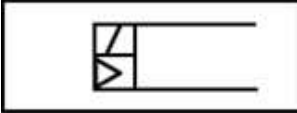
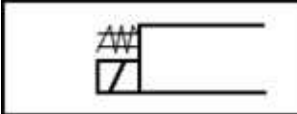
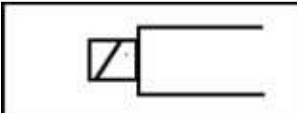
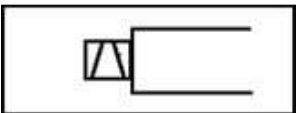
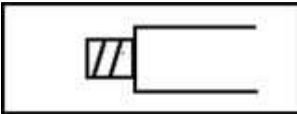
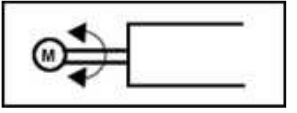
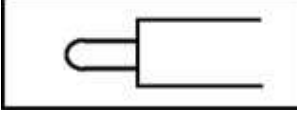
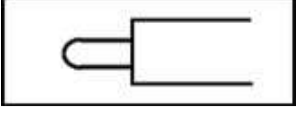
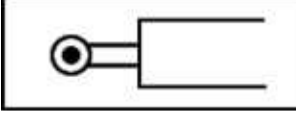
**Accionamiento por presión directa, neumático.**

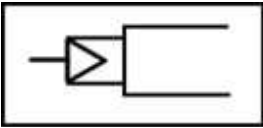
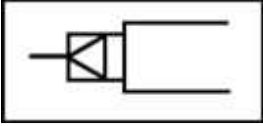
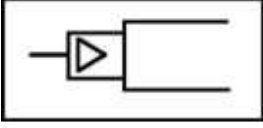
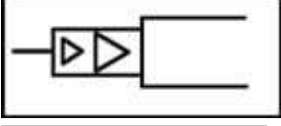
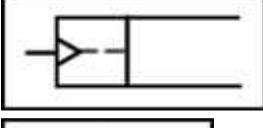
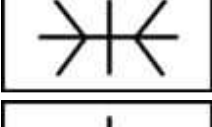
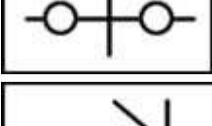
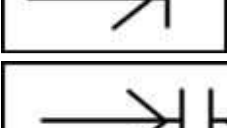


**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**



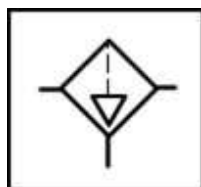
**Accionamiento por depresión, neumático.**

**Símbolo  
Din/ISO/CETOP.**

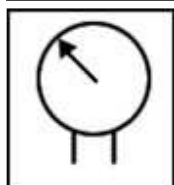
	Accionamiento por diferencial de presión.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por centrado de presión.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Centrado por muelles.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por palpador.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por presión y electroiman.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por presión o electroiman.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por electroiman o manual.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por una bobina de electroiman.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por dos bobinas de electroiman.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por electroiman con mismo sentido.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por motor.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento mecánico, símbolo general.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por muelle.	Símbolo Din/ISO/CETOP.
	Accionamiento por rodillo.	Símbolo Din/ISO/CETOP.

	<b>Accionamiento por presión indirecta positiva.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Accionamiento por presión indirecta negativa.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Amplificador de presión de pilotaje.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Amplificador de presión baja, pilotaje.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Mando divisor binario.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Unión sin válvulas, abre mecánicamente.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Unión con válvula antirretorno, abre mecánicamente.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Desacoplamiento, final abierto.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Desacoplamiento abierto.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Desacoplamiento, final cerrado por válvula.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>

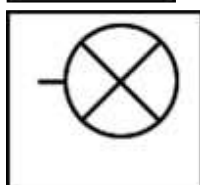
**SIMBOLOGIA DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS DE ADECUAMIENTO Y MEDICION UTILIZADOS EN UN CIRCUITO NEUMATICO**



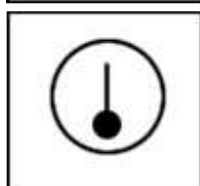
**Filtro con purga automática. Símbolo Din/ISO/CETOP.**



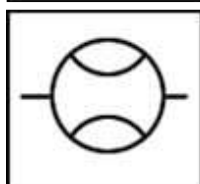
**Manómetro diferencial. Símbolo Din/ISO/CETOP.**



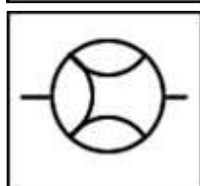
**Indicador de presión. Símbolo Din/ISO/CETOP.**



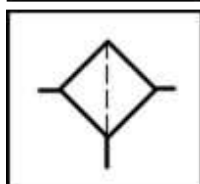
**Termómetro. Símbolo Din/ISO/CETOP.**



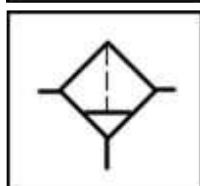
**Medidor de caudal. Símbolo Din/ISO/CETOP.**



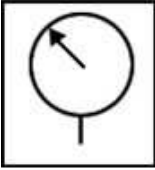
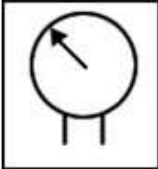
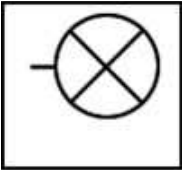
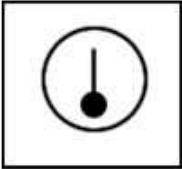
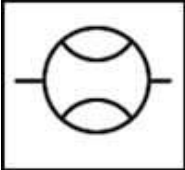
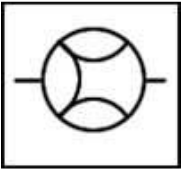
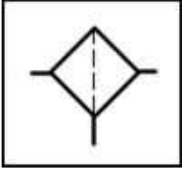
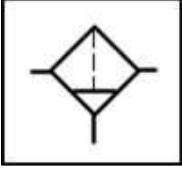
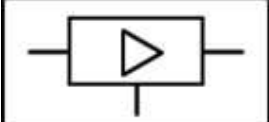
**Medidor de volumen. Símbolo Din/ISO/CETOP.**

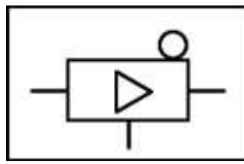


**Filtro. Símbolo Din/ISO/CETOP.**



**Filtro con secador. Símbolo Din/ISO/CETOP.**

	<b>Manómetro.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Manómetro diferencial.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Indicador de presión.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Termómetro.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Medidor de caudal.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Medidor de volumen.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Filtro.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Filtro con secador.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Amplificador.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>



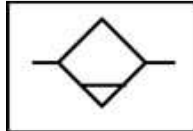
**Amplificador de caudal.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



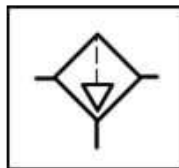
**Regulador, tiene solo paso en un sentido, en el otro estrangula.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



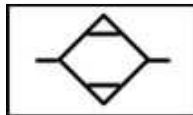
**Purga manual.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



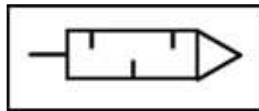
**Purga automática.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



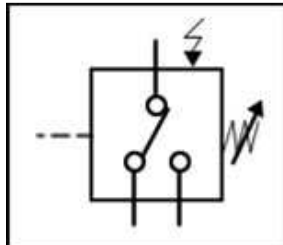
**Secador de aire.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



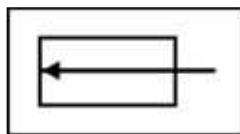
**Silenciador.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



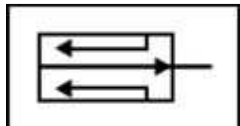
**Presostato.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



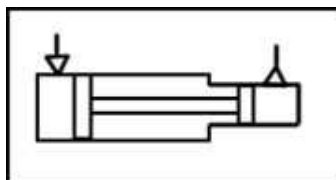
**Emisor del detector de paso.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



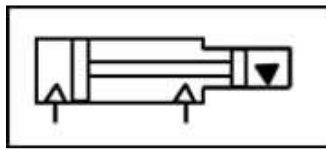
**Receptor del detector de paso.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



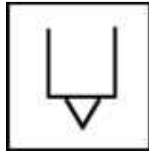
**Amplificador de presión.**

**Símbolo CETOP.**



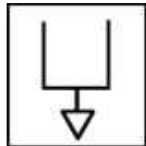
**Amplificador de aire líquido.**

**Símbolo Din/ISO.**



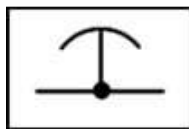
**Orificio de salida. No tiene dispositivo de conexión.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



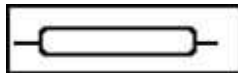
**Orificio de salida. Incorpora una rosca de conexión.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



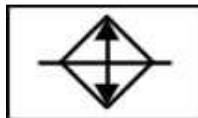
**Purga de aire, zona de escape.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



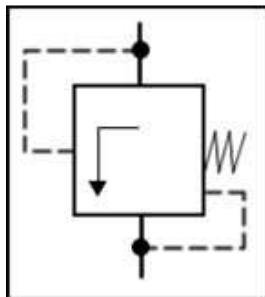
**Depósito de aire.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



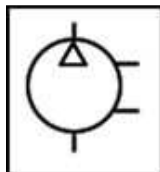
**Refrigerador de aire.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



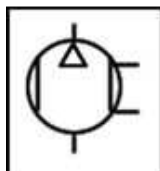
**Regulador de presión diferencial, la presión de salida depende de la presión de entrada.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



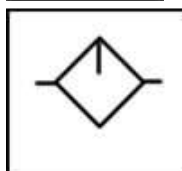
**Compresor.**

**Símbolo Din/ISO.**



**Compresor.**

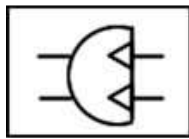
**Símbolo CETOP.**



**Dispositivo lubricador, película de aceite.**

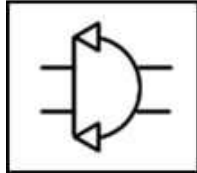
**Símbolo Din/ISO/CETOP.**





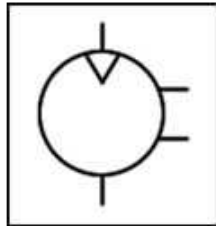
**Motor neumático, con giro limitado.**

**Símbolo Din/ISO.**



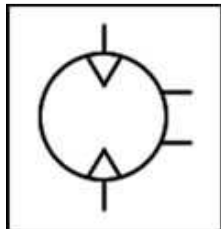
**Motor neumático, con giro limitado.**

**Símbolo CETOP.**



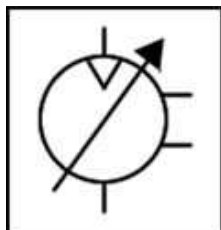
**Motor, desplazamiento constante, un sentido de flujo.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



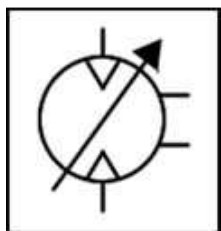
**Motor, desplazamiento constante, dos sentidos de flujo.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



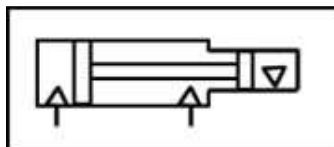
**Motor, desplazamiento variable, un sentido de flujo.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



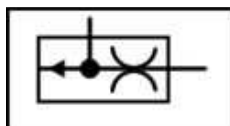
**Motor, desplazamiento variable, dos sentidos de flujo.**

**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



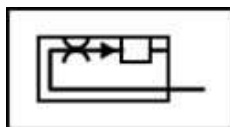
**Amplificador de presión.**

**Símbolo Din/ISO.**



**Detector, lo hace por obturación de fuga.**

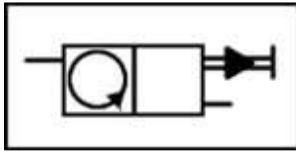
**Símbolo Din/ISO/CETOP.**



**Detector de paso.**

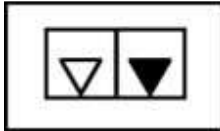
**Símbolo Din/ISO/CETOP.**

	<b>Detector de proximidad de imán.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Detector de proximidad eléctrico, con imán.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Fuente de presión.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Fuente de presión.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Completo kit de mantenimiento.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cierre de válvula.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Escape rápido.</b>	<b>Símbolo Din/ISO.</b>
	<b>Escape rápido.</b>	<b>Símbolo CETOP.</b>
	<b>Estrangulador regulable.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Contador de impulsos.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cuenta por sustracción.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>
	<b>Cuenta por diferencia.</b>	<b>Símbolo Din/ISO/CETOP.</b>



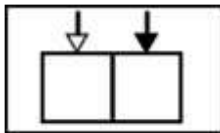
Cuenta por adición.

Símbolo  
Din/ISO/CETOP.



Convertidor.

Símbolo Din/ISO.



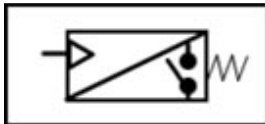
Convertidor.

Símbolo CETOP.



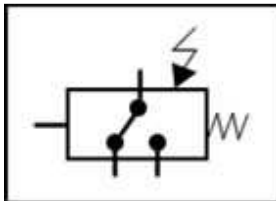
Convertidor de señal eléctrico-  
neumático.

Símbolo  
Din/ISO/CETOP.



Convertidor de señal neumático-  
eléctrico.

Símbolo  
Din/ISO/CETOP.



Convertidor de señal neumático-  
eléctrico.

Símbolo  
Din/ISO/CETOP.

## PROPIEDADES MECANICAS DE LOS METALES

*Tabla de propiedades de los materiales No ferrosos.* Extractada de Referencia[2]

Material	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Módulo de elasticidad [Gpa]	Resistencia a fluencia [Mpa]	Resistencia a la rotura [Mpa]	Ductilidad % alarg. en 2 pulgadas	coeficiente de Poisson	Conduct. Térmica [W/m-°C]	Coef. de dilatación (°C)· 10 <sup>-6</sup>
Aluminio puro	2710	69	17	55	25	0.33	231	23.6
Aluminio (aleación)	2800	72	97	186	18	0.33	192	22.5
Cobre puro	8940	110	69	220	45	0.35	398	16.5
Latón (70Cu-30Zn)	8530	110	75	303	68	0.35	120	20.0
Bronce (90Cu-8Sn)	8800	110	152	380	70	0.35	62	18.2
Magnesio puro	1740	45	41	165	14	0.29	122	27.0
Molibdeno puro	10220	324	565	655	35	--	142	4.9
Níquel	8900	207	138	483	40	0.31	80	13.3
Plata	10490	76	55	125	48	0.37	418	19.0
Titanio	4510	107	240	330	30	0.34	17	9.0

*Tabla de Módulos de Elasticidad.* Tabla extractada de Referencia[2]

Material	GPa	Mpsi
Aceros. aleaciones bajas	196	28.4
aceros aleaciones altas	200	29.0
Aluminio y sus aleaciones	70	10.2
Babbitt. metal blanco con base estaño	52	7.5
Bronce fosforoso	110	16.0
Bronce poroso	60	8.7
Hierro fundido	170	24.7
Cobre	124	18.0
Latones	100	14.5

<b>PROPIEDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>NYLON</b>
Alargamiento a la rotura	%	>50
Conductividad Térmica	W/Km	0,28
Coefficiente de dilatación Térmica de 20°C a 50°C	m/m K	85·10-6
Coefficiente de Fricción		0,3
Densidad	g/cm <sup>2</sup>	1,14
Dureza a la bola	N/mm <sup>2</sup>	136
Dureza "Shore"		D75
Módulo de elasticidad	N/mm <sup>2</sup>	2.850
Punto de fusión	°C	220
Resistencia Superficial		5·1010
Resistencia al impacto	KJ/m <sup>2</sup>	3,8
Resistencia a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	78
Temperatura máxima de utilización	°C	90
	°C	150
Temperatura mínima de uso	°C	-40

<b>PLACAS NYLON (Poliamida)</b>	
<b>ESPESOR (mm)</b>	<b>Kg/M (Peso Teórico)</b>
4	4,79
6	7,18
8	9,57
10	11,97
12	14,36
15	17,95
20	23,94
25	29,93
30	35,91
40	47,88
50	59,85
60	71,82
70	83,79
80	95,76
90	107,73
100	119,70

**TABLA UTILIZADAS EN EL CÁLCULO DE VOLUMENES E INERCIAS.**

<b>PESO ESPECIFICO DE DIVERSOS MATERIALES</b>	
<b>Material</b>	<b>Peso específico (Kg./dm<sup>3</sup>)</b>
<b>1. Rocas</b>	
Arenisca	2.60
Arenisca porosa y caliza porosa	2.40
Calizas compactas, pizarra y mármol	2.80
Granito, sienita,	3.80
<b>2. Prefabricados y cerámicos</b>	
Adobe	1.60
Baldosa cerámica	1.80
Baldosa de gres	1.90
Baldosa hidráulica	2.10
Hormigón ordinario	2.20
Ladrillo cerámico macizo (0 a 10% de huecos)	1.80
Ladrillo cerámico perforado (20 a 30% de huecos)	1.40
Ladrillo cerámico hueca (40 a 50% de huecos)	1.00
<b>C. Maderas</b>	
Maderas resinosas: (Pino, pinabete, abeto,)	0.60
Pino tea	0.80
Maderas frondosas: (Castaño, roble, cerezo, nogal, fresno...)	0.80
<b>3. Metales</b>	
Hierro	7.85
Aluminio	2.70
Bronce	8.50
Cobre	8.90
Estaño	7.40
Latón	8.50
Plomo	11.40
Zinc	7.20
<b>E. Materiales diversos</b>	
Alquitrán	1.20
Asfalto	1.30
Caucho	1.70
Papel	1.10
Plástico (los más comunes)	2.10
Vidrio	2.60

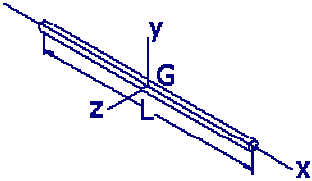
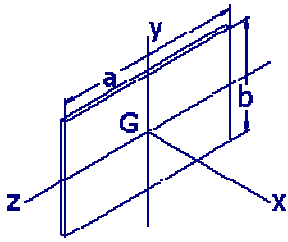
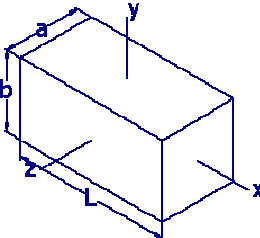
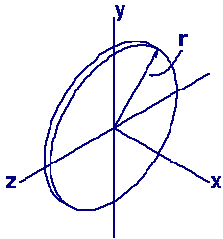
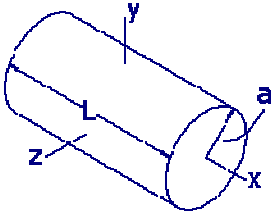
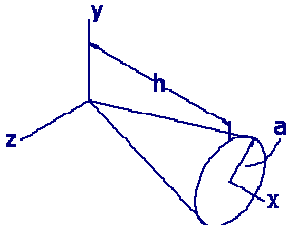
**TABLA DE DENSIDADES DE LOS METALES MÁS CORRIENTES A 15 °C**

<b>METAL</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>METAL</b>	<b>DENSIDAD</b>
<b>ALUMINIO</b>	2,70 grs/ml	<b>COBRE</b>	8,93 grs/ml
<b>CINC</b>	7,10 "	<b>CROMO</b>	7,10 "
<b>ESTAÑO</b>	7,29 "	<b>HIERRO</b>	7,87 "
<b>NÍQUEL</b>	8,90 "	<b>PLATA</b>	10,50 "
<b>PLOMO</b>	11,30 "	<b>MERCURIO</b>	13,50 "
<b>ORO</b>	19,30 "	<b>PLATINO</b>	21,50 "

**CLASIFICACION DE LA CALIDAD DEL AIRE SEGUN ISO 8573**

Clase de Calidad	Suciedad Tamaño de Partículas	Presión del Agua Punto de Rocío °C (ppm vol.) a 7 bar g	Aceite (incluido vapor) mg/m <sup>3</sup>
1	0,1	-70 (0,3)	0,01
2	1	-40 (16)	0,1
3	5	-20 (128)	1
4	40	+3 (940)	5
5	—	+7 (1 240)	25
6	—	+10 (1 500)	—

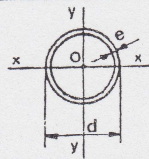
**TABLAS DE INERCIA DE ALGUNAS FIGURAS**

<p><b>Varilla circular</b></p>		$I_y = I_z = \frac{1}{12} mL^2$
<p><b>Placa rectangular</b></p>		$I_x = \frac{1}{12} m (a^2 + b^2)$ $I_y = \frac{1}{12} ma^2$ $I_z = \frac{1}{12} mb^2$
<p><b>Prisma rectangular</b></p>		$I_x = \frac{1}{12} m (a^2 + b^2)$ $I_y = \frac{1}{12} m (a^2 + L^2)$ $I_z = \frac{1}{12} m (b^2 + L^2)$
<p><b>Disco</b></p>		$I_x = \frac{1}{2} mr^2$ $I_y = I_z = \frac{1}{4} mr^2$
<p><b>Cilindro</b></p>		$I_x = \frac{1}{2} ma^2$ $I_y = I_z = \frac{1}{12} m (3a^2 + L^2)$
<p><b>Cono</b></p>		$I_x = \frac{3}{10} ma^2$ $I_y = I_z = \frac{3}{5} m \left( \frac{1}{4} a^2 + h^2 \right)$



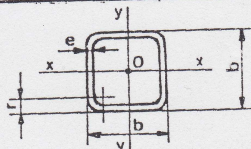
# HOJAS TECNICAS

Productos de acero laminados **PERFILES HUECOS REDONDOS** TABLA 14 . 6



Perfil O mm	A cm <sup>2</sup>	P kg/m	Dimensiones			Términos de sección					Suministro	Perfil O mm	A cm <sup>2</sup>	P kg/m	Dimensiones			Términos de sección					Suministro		
			d	e	u	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>T</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm					d	e	u	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm			
40	2	2,39	1,88	40	2	126	1,44	0,66	4,33	2,16	1,35	P	80	2	4,90	3,85	80	2	251	6,09	74,6	37,3	9,33	2,76	C
	3	3,49	2,74	40	3	126	2,05	12,0	6,01	3,00	1,31	P		3	7,26	5,70	80	3	251	8,90	108	53,9	13,5	2,72	C
	4	4,52	3,55	40	4	126	2,60	14,8	7,42	3,71	1,28	C		4	9,55	7,50	80	4	251	11,6	138	69,1	17,3	2,69	C
45	2	2,70	2,12	45	2	141	1,85	12,5	6,26	2,78	1,52	P	90	3	8,19	6,43	90	3	283	11,4	155	77,6	17,3	3,07	P
	3	3,96	3,11	45	3	141	2,65	17,5	8,77	3,90	1,49	P		4	10,8	8,48	90	4	283	14,8	200	100	22,3	3,04	P
	4	5,15	4,04	45	4	141	3,37	21,8	10,9	4,84	1,45	C		5	13,4	10,5	90	5	283	18,1	242	121	26,9	3,01	P
50	2	3,02	2,37	50	2	157	2,30	17,4	8,70	3,48	1,69	P	100	3	9,14	7,17	100	3	314	14,1	215	108	21,5	3,43	P
	3	4,43	3,47	50	3	157	3,31	24,5	12,2	4,91	1,66	P		4	12,1	9,47	100	4	314	18,4	278	139	27,8	3,39	P
	4	5,78	4,53	50	4	157	4,23	30,8	15,4	6,16	1,53	P		5	14,9	11,7	100	5	314	22,6	338	169	33,8	3,36	P
55	2	3,33	2,61	55	2	173	2,81	23,4	11,7	4,25	1,87	C	125	3	9,14	7,17	100	3	314	14,1	215	108	21,5	3,43	P
	3	4,90	3,85	55	3	173	4,06	33,2	16,6	6,04	1,84	C		4	12,1	9,47	100	4	314	18,4	278	139	27,8	3,39	P
	4	6,41	5,03	55	4	173	5,21	42,0	21,0	7,64	2,01	C		5	14,9	11,7	100	5	314	22,6	338	169	33,8	3,36	P
60	2	3,64	2,86	60	2	188	3,36	30,6	15,3	5,11	2,05	P	155	4	15,2	11,9	125	4	393	29,3	557	279	44,6	4,28	C
	3	5,37	4,21	60	3	188	4,87	43,7	21,8	7,29	2,01	P		5	18,8	14,8	125	5	393	36,0	680	340	54,4	4,24	C
	4	7,04	5,52	60	4	188	6,27	55,4	27,7	9,24	1,98	P		6	22,4	17,6	125	6	393	42,5	796	398	63,7	4,21	C
65	2	3,96	3,11	65	2	204	3,97	39,4	19,7	6,06	2,23	C	175	5	23,5	18,5	155	5	487	56,2	1330	663	85,5	5,30	C
	3	5,84	4,58	65	3	204	5,78	56,2	28,1	8,65	2,19	C		6	28,1	22,1	155	6	487	66,6	1560	781	101	5,27	C
	4	7,67	6,02	65	4	204	7,46	71,6	35,8	11,6	2,16	C		8	36,9	29,0	155	8	487	86,5	2000	1000	129	5,21	C
70	2	4,27	3,35	70	2	220	4,62	49,4	24,7	7,05	2,41	P	200	5	26,7	21,0	175	5	550	72,3	1330	966	110	6,01	C
	3	6,31	4,95	70	3	220	6,73	71,0	35,5	10,1	2,37	P		6	31,9	25,0	175	6	550	85,7	2280	1140	130	5,98	C
	4	8,29	6,51	70	4	220	8,72	90,6	45,3	12,9	2,34	C		8	42,0	33,0	175	8	550	112	2940	1470	168	5,92	C
75	2	4,58	3,60	75	2	236	5,33	61,1	30,5	8,15	2,58	P	200	5	30,6	24,0	200	5	628	95,1	2920	1460	146	6,91	C
	3	6,78	5,32	75	3	236	7,78	88,0	44,0	11,7	2,54	P		6	36,6	28,7	200	6	628	113	3440	1720	172	6,86	C
	4	8,92	7,00	75	4	236	10,1	113	56,3	15,0	3,51	P		8	48,3	37,9	200	8	628	148	4460	2230	223	6,79	C

Productos de acero laminados **PERFILES HUECOS CUADRADOS** TABLA 15 . 6



Perfil □ mm	A cm <sup>2</sup>	P kg/m	Dimensiones				Términos de sección					Suministro	Perfil □ mm	A cm <sup>2</sup>	P kg/m	Dimensiones				Términos de sección					Suministro		
			b	e	r	u	I <sub>T</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm					b	e	r	u	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm			
40	2	2,90	2,28	40	2	5	151	11,3	2,04	6,60	3,40	1,53	P	80	3	8,93	7,01	80	3	8	307	140	12,8	86,6	21,7	3,11	P
	3	4,13	3,24	40	3	8	147	15,6	2,80	9,01	4,51	1,48	P		4	11,6	9,11	80	4	10	303	180	16,3	109	27,2	3,06	P
	4	5,21	4,09	40	4	10	143	18,9	3,40	10,5	5,26	1,42	P		5	14,1	11,1	80	5	13	299	217	19,3	128	32,0	3,01	P
45	2	3,30	2,59	45	2	5	171	16,3	2,63	9,94	4,42	1,74	C	90	6	16,5	13,0	80	6	15	294	250	22,4	144	36,0	2,95	C
	3	4,73	3,71	45	3	8	167	22,9	3,65	13,4	5,95	1,68	C		3	10,1	7,95	90	3	8	347	202	16,4	126	37,9	3,52	P
	4	6,01	4,72	45	4	10	163	28,2	4,49	15,9	7,07	1,63	C		4	13,2	10,4	90	4	10	343	281	21,1	159	35,4	3,47	P
50	2	3,70	2,91	50	2	5	191	22,7	3,30	13,9	5,57	1,94	P	100	5	16,1	12,7	90	5	13	339	316	25,3	189	41,9	3,42	P
	3	5,33	4,18	50	3	8	187	32,0	4,62	19,0	7,59	1,89	P		6	18,9	14,9	90	6	15	334	366	29,2	214	47,6	3,36	P
	4	5,81	5,35	50	4	10	183	39,9	5,73	22,9	9,15	1,83	P		3	11,3	8,89	100	3	8	387	279	20,1	175	35,0	3,93	P
55	2	4,10	3,22	55	2	5	211	30,5	4,04	18,9	6,86	2,14	C	120	4	14,8	11,6	100	4	10	383	363	26,4	223	44,6	3,88	P
	3	5,93	4,66	55	3	8	207	43,4	5,70	25,9	9,43	2,09	C		5	18,1	14,2	100	5	13	379	440	31,9	266	53,1	3,83	P
	4	7,61	5,97	55	4	10	203	54,5	7,12	31,6	11,5	2,04	C		6	21,3	16,7	100	6	15	374	513	37,0	304	60,7	3,77	P
60	2	4,50	3,33	60	2	5	231	39,9	4,86	24,8	8,28	2,35	P	140	4	18,0	14,1	120	4	10	463	638	38,9	397	66,2	4,70	P
	3	6,53	5,13	60	3	8	227	57,1	6,89	34,4	11,5	2,30	P		5	22,1	17,4	120	5	13	459	780	47,2	478	79,6	4,64	P
	4	8,41	6,60	60	4	10	223	72,2	8,66	42,3	14,1	2,24	P		6	26,1	20,5	120	6	15	454	913	55,1	551	91,8	4,59	C
70	2	5,10	3,66	70	2	5	251	49,9	5,68	28,8	10,5	2,49	P	160	5	26,1	20,5	140	5	13	539	260	65,6	780	111	5,46	P
	3	7,73	6,07	70	3	8	267	92,6	9,60	56,6	16,2	2,73	P		6	30,9	24,3	140	6	15	534	480	76,8	905	129	5,41	P
	4	10,0	7,86	70	4	10	263	118	12,5	70,4	20,1	2,65	P		8	40,0	31,4	140	8	20	526	890	87,5	1130	161	5,30	P
75	2	5,30	4,16	75	2	5	271	64,1	6,71	40,3	11,5	2,76	P	170	5	30,1	23,7	160	5	13	619	1901	86,9	1190	149	6,29	P
	3	7,73	6,07	75	3	8	267	92,6	9,60	56,6	16,2	2,73	P		6	35,7	28,0	160	6	15	614	2240	102	1390	173	6,23	P
	4	10,0	7,86	75	4	10	263	118	12,5	70,4	20,1	2,65	P		8	46,4	36,5	160	8	20	609	2890	131	1740	218	6,12	P
80	2	5,73	4,44	80	2	5	291	80,1	7,81	44,3	12,5	2,91	P	170	5	32,1	25,2	170	5	13	659	2290	98,7	1440	169	6,69	C
	3	8,29	6,43	80	3	8	287	142	11,1	82,0	21,1	2,87	P		6	38,1	29,9	170	6	15	654	2710	116	1680	198	6,64	C
	4	10,8	8,48	80	4	10	283	174	13,1	94,0	23,1	2,83	P		8												



Series 367

## BELLOWS TYPE SUCTION CUPS

10 to 85 mm diameter



### GENERAL

Bellows type suction cups are particularly suitable for lifting objects :

- with inclined surfaces (maximum angular compensation 30° with 2 1/2 corrugations)
- of which the surfaces are not flat
- of different heights (stroke compensations, C1 or C2 max., see "Dimensions"),
- which are fragile (shock-absorber function)

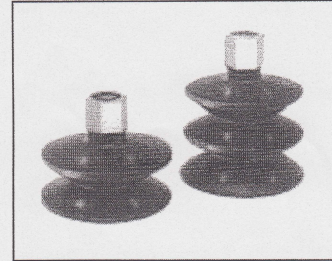
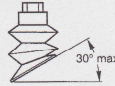
Two versions of bellows type suction cups are available :  
1 1/2 and 2 1/2 corrugations, for vertical connection.

This type of suction cup is not suitable for lifting workpieces oriented vertically.

Ambient temperature range : 0°C to +50°C

**LIFT FORCE** : identical to plain suction cups.

See table and information relating to plain suction cups.

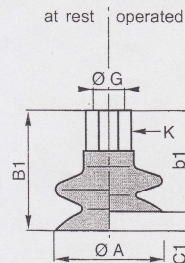


### SELECTING NITRILE (NBR) SUCTION CUPS

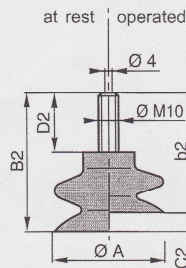
suction cup diameter (mm)	connection size	CATALOGUE NUMBERS to specify in order	
		1 1/2 corrugation cups, vertically connected	2 1/2 corrugation cups, vertically connected
<b>TAPPED CONNECTION</b>			
10	G 1/8	-	367 01 080
14	G 1/8	-	367 01 081
18	G 1/8	-	367 01 082
30	G 1/4	367 01 104	367 01 108
40	G 1/4	367 01 105	367 01 084
50	G 1/4	367 01 077	367 01 109
60	G 1/4	367 01 106	367 01 085
85	G 1/4	367 01 078	367 01 086
<b>M10 THREADED CONNECTION</b>			
40	M10	367 01 088	367 01 091
60	M10	367 01 089	367 01 092
85	M10	367 01 090	367 01 093

### DIMENSIONS AND WEIGHTS

#### 1 1/2 CORRUGATION CUPS

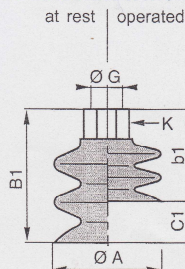


Ø A	B1	b1	C1	K*	Ø G	(g)
18	28	24	4	14	G 1/8	4
30	41	35	6	17	G 1/4	9
40	45	38	7	17	G 1/4	19
50	47	38	9	17	G 1/4	30
60	49	39	10	17	G 1/4	41
85	65	57	8	17	G 1/4	146

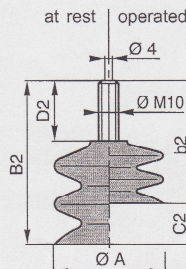


Ø A	B2	b2	C2	D2	(g)
40	51	43	8	15	18
60	57	50	7	15	40
85	74	63	11	15	160

#### 2 1/2 CORRUGATION CUPS



Ø A	B1	b1	C1	K*	Ø G	(g)
10	27	24	3	14	G 1/8	3
14	35	26	9	14	G 1/8	4
18	35	26	9	14	G 1/8	4
30	52	43	9	17	G 1/4	11
40	60	44	16	17	G 1/4	25
50	65	48	17	17	G 1/4	35
60	70	52	18	17	G 1/4	62
85	93	60	33	17	G 1/4	207



Ø A	B2	b2	C2	D2	(g)
40	64	48	16	15	25
60	80	52	28	15	60
85	100	69	31	15	210

\*hex-connection fitting, dimension K is across flats.

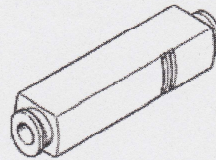
XLII



# Hoja de datos - Tobera aspiradora por vacío VN-07-M-I3-PQ2-VQ2 - 193553

FESTO

Función

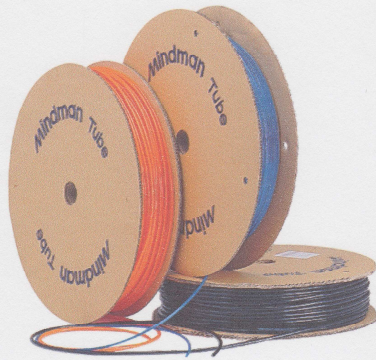


Caracter.	Propiedades
Diámetro nominal de la tobera Laval	0,7 mm
Patrón	13 mm
Posición de montaje	indistinto
Característica del eyector	Alto vacío Inline
Construcción	Forma recta
Presión de funcionamiento para caudal de aspiración máximo	7 bar
Presión de funcionamiento	1 - 8 bar
Presión de funcionamiento para vacío máximo	5,8 bar
Vacío máximo	86 %
Presión nominal de funcionamiento	6 bar
Caudal de aspiración máx. contra atmósfera	13,5 l/min
Fluido	Aire comprimido seco, filtrado y sin lubricación
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Temperatura del medio	0 - 60 °C
Temperatura ambiente	0 - 60 °C
Peso del producto	16 g
Tipo de fijación	Montaje del conducto
Conexión neumática 1	QS-6
Conexión neumática 3	sin escape común
Conexión de vacío	QS-6
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE
Información sobre el material de las juntas	NBR
Información sobre el material de la tobera	POM
Información sobre el material del cuerpo	POM reforzado
Información sobre el material de la tobera	Aleación forjable de aluminio



# UM\* / TPU\* series

PU TUBE



Order example:

UM0425 - 100 - B

MODEL

EACH ROLL

COLOR

### Specification:

Model	UM* / TPU*
Medium	Air
Operating pressure range	0~100psi (0~0.7MPa)
Working vacuum	-29.5in.Hg (-100kPa)
Ambient temperature	-5~140℉ (-15~60℃) (No freezing)

### Mindman brand PU tube

Model no.	ID x OD(mm)	Each roll(m)	Available color
UM0425	2.5 x 4	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T
UM0640	4 x 6	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T
UM0850	5 x 8	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T
UM1065	6.5 x 10.0	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T
UM1280	8 x 12.0	100	B, BU, CB, O, G, Y, R, T

Available color :

● Black(B), ● Blue(BU), ● Light blue(CB), ● Orange(O), ● Green(G),  
● Yellow(Y), ● Red(R), ○ Transparent(T)

### Taiwan made PU tube

Model no.	ID x OD(mm)	Each roll(m)	Available color
TPU0420	2 x 4	200	B, BU, O, T
TPU0425	2.5 x 4	200	B, BU, O, G, Y, T
TPU0503	3 x 5	200	B, BU, O, G, Y, T
TPU0604	4 x 6	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU0850	5 x 8	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU0806	6 x 8	200	B, BU, O, G, Y, T
TPU0906	6.5 x 9.5	200	B, BU, O, G, Y, T
TPU1065	6.5 x 10.0	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU1108	8.0 x 11	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU1208	8.0 x 12.0	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU1296	9.6 x 12.7	100	B, BU, O, G, Y, T
TPU1613	13 x 16	100	B, BU, O, G, Y, T

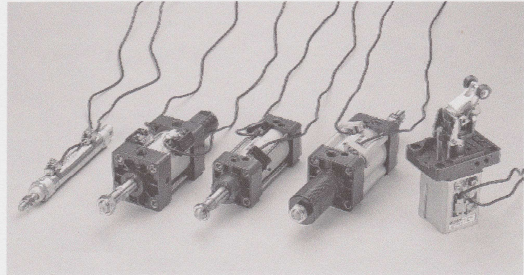
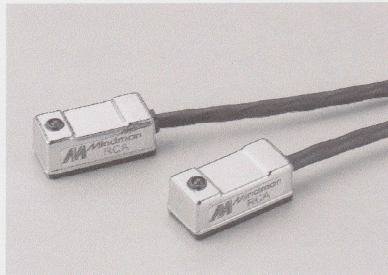
Available color :

● Black(B), ● Blue(BU), ● Orange(O), ● Green(G), ● Yellow (Y),  
○ Transparent(T)



# RCA series

## SENSOR SWITCH



### Order example:

RCA - □

MODEL

C: Reed Switch  
N: NPN  
P: PNP

Blank: Lead wire  
QD: Connector

### Switch holder / band:

HV1

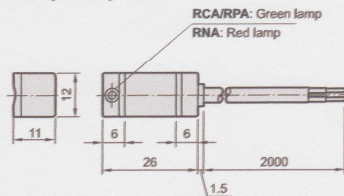
SWITCH  
HOLDER

HA\*: for MCQA  
HV\*: for MCQV  
HS\*: for MSB\* -  $\phi$ 50

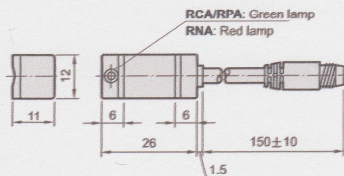
BA\*: for MCMA, MCMB, MCMII  
BGA\*: for MCCG, MCCN  
BGS\*: for MCMA, MCMB, MCMII  
PN-A\*: for MCKA

### Dimension:

RCA/RNA/RPA



RCA-QD/RNA-QD/RPA-QD



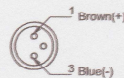
### Specification:

Model	RCA	RNA	RPA
Wiring method	2 wire	3 wire	
Switching logic	SPST normally open	Solid state output, normally open	
Switch Type	Reed switch	NPN current sinking	PNP current sourcing
Operating voltage	5-240V DC/AC	5-30V DC	
Switching current	100mA max.	200mA max.	
Switching rating	10W max.	6W max.	
Current consumption	—	15 mA@24V DC max.	
Voltage drop	2.5V max.	1.5V max.	
Leakage current	—	0.01mA max.	
Indicator	Green LED	Red LED	Green LED
Cable	4 $\phi$ , 2C, PVC	4 $\phi$ , 3C, PVC	
Magnet frequency ( $\pm$ 1.)	70 Gauss	60 Gauss	
Temperature range	-10-70°C (No freezing)		
Shock ( $\pm$ 2.)	30G	50G	
Vibration ( $\pm$ 3.)	9G		
Enclosure classification	IEC 529 IP67		
Protection circuit	None	Power source reverse polarity, Surge suppression	
Connect diagram			

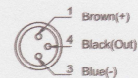
※ 1. Measuring standard target:  $\phi$  15.5x $\phi$  8x5(Antisotropy rubber magnet).  
 ※ 2. Sin wave / X,Y,Z. 3 directions / 3 times each direction / 11ms each time.  
 ※ 3. Double amplitude 1.5mm / 10Hz-55Hz-10Hz(Sweep 1min) / X,Y,Z. 3 directions / 1 hour each time.

### Wiring of the QD:

● 2 wire QD wiring



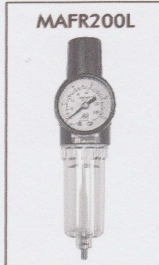
● 3 wire QD wiring



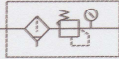


# MAFR200 series

AIR UNITS (F.R.UNIT)



Symbol:



### Specification:

Model	MAFR200	
Bore No.	6A	8A
Port size	PT 1/8	PT 1/4
Medium	Air	
Operating pressure range	0-9.9 kgf/cm <sup>2</sup> (0-0.99 MPa)	
Test pressure	15 kgf/cm <sup>2</sup> (1.5 MPa)	
Effective orifice	7 mm <sup>2</sup>	13 mm <sup>2</sup>
Regulated pressure range	0.5-8.5 kgf/cm <sup>2</sup> (0.05-0.85 MPa)	
Ambient temperature	-5~+60°C (No freezing)	
Filter element	Standard: 40 μm Option: 5 μm	
Attachment	Pressure gauge (PG-40), bracket	
Weight	257 g, 226 g (MAFR200L)	

### Order example:

MAFR200L - 6A - 1K - □ - BSP

MODEL

BORE SIZE  
6A: PT 1/8  
8A: PT 1/4

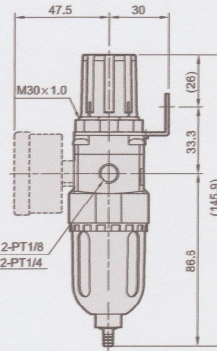
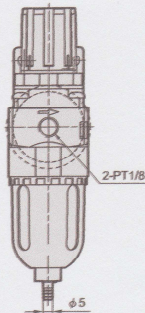
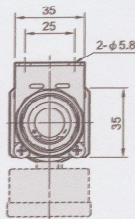
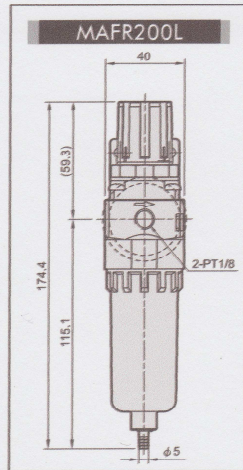
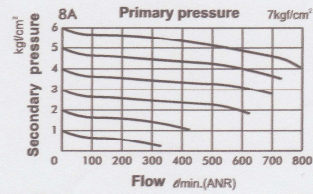
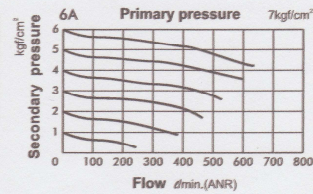
Adjustable Press. Range  
Blank: Standard Type  
1K: 0-1 kgf/cm<sup>2</sup>  
2K: 0-2 kgf/cm<sup>2</sup>  
3K: 0-3 kgf/cm<sup>2</sup>  
4K: 0-4 kgf/cm<sup>2</sup>

FILTER ELEMENT  
Blank: 40 μm  
5u: 5 μm

Blank: standard type  
L: Longer case, no case guard

PORT THREAD  
Blank: PT thread  
BSP: BSP thread  
NPT: NPT thread

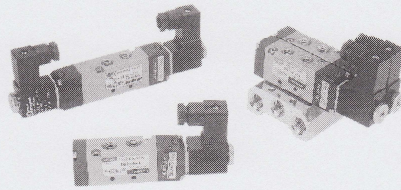
### Flow feature:





# MVSC/D-180 series

SOLENOID VALVE

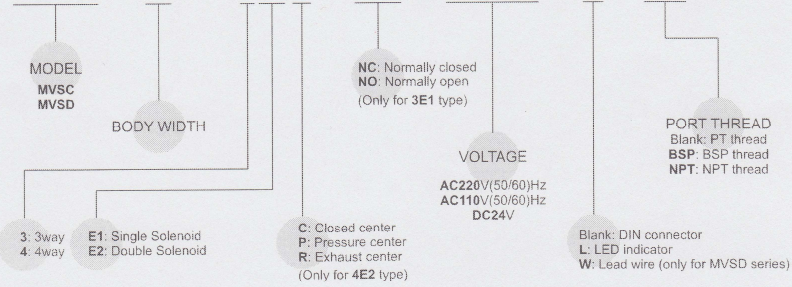


## Specification:

Model	MVSC/D-180 -3E1,E2	MVSC/D-180 -4E1,E2	MVSC/D-180 -4E2C.P.R
Bore No.	6A		
Port size	PT 1/8		
No. of port	3	5	
No. of position	2	2	3
Medium	Air		
Operating pressure range	1.5~8 kgf/cm <sup>2</sup>		2~7 kgf/cm <sup>2</sup>
Proof pressure	10 kgf/cm <sup>2</sup>		
Effective orifice	12 mm <sup>2</sup>	12 mm <sup>2</sup>	9 mm <sup>2</sup>
Response time	30 ms		
Ambient temperature	-5~+50°C (No freezing)		
Voltage	AC110V, 220V (50/60)Hz, DC24V		
Power consumption	AC=3.7/ 3.1VA, DC=2.9W		
Available voltage range	±10%		
Insulation class	F class		
Weight	120 g	172 g	124 g 176 g 190 g

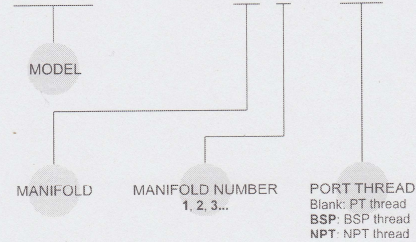
### Order example of valve:

MVSC - 180 - 4E2C - NC - AC110 - L - BSP



### Order example of manifold:

**3 way**  
MVSC - 180 - 3B3 - BSP



**4 way** ※Use the same manifold with MVSA.  
MVSA - 180 - 5B3 - BSP





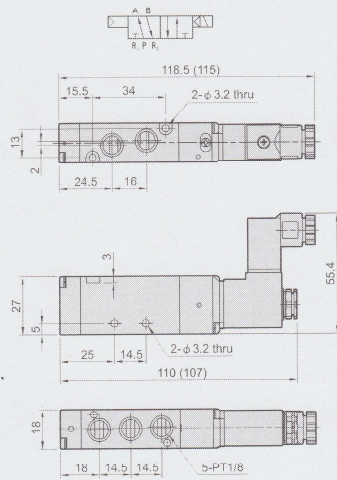
# MVSC/D-180

SOLENOID VALVE

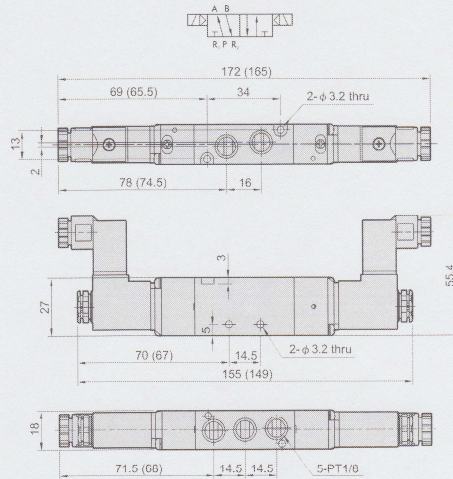


## Dimensions:

### MVSC/D-180-4E1

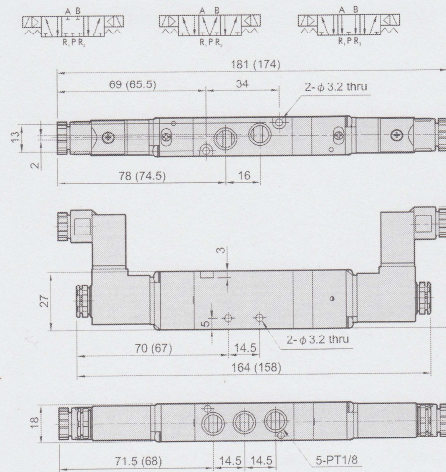


### MVSC/D-180-4E2

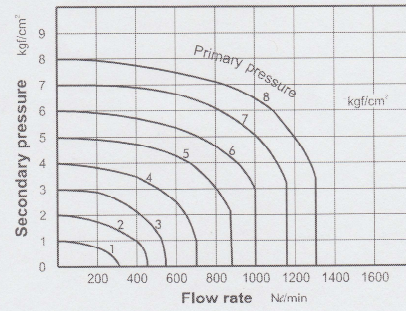


### MVSC/D-180-4E2C.P.R

MVSC/D-180-4E2C MVSC/D-180-4E2P MVSC/D-180-4E2R



## Flow features:

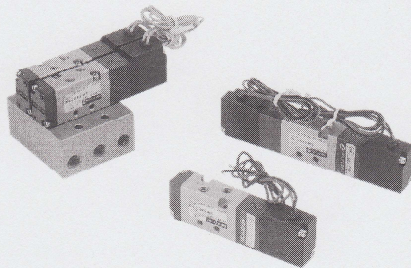


( ) : Dimension for MVSD



# MVSA-150 series

SOLENOID VALVE

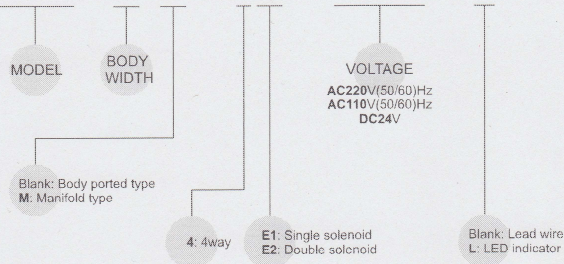


### Specification:

Model	MVSA-150-4E1	MVSA-150-4E2
Bore No.	M5	
Port size	M5 × 0.8	
No. of port	5	
No. of position	2	
Medium	Air	
Operating pressure range	1.5~8 kgf/cm <sup>2</sup>	
Proof pressure	10 kgf/cm <sup>2</sup>	
Effective orifice	3.8 mm <sup>2</sup>	
Response time	30 ms	
Ambient temperature	-5~+50°C (No freezing)	
Voltage	AC110V, 220V (50/60)Hz, DC24V	
Power consumption	AC=2.1/1.8VA, DC=1.6W	
Available voltage range	±10%	
Insulation class	B class	
Weight	76 g	115 g

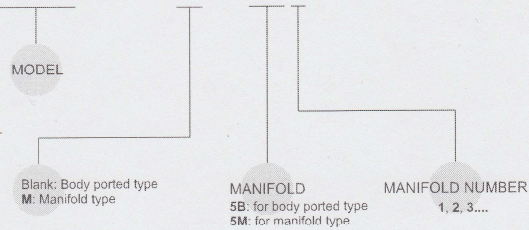
### Order example of valve:

MVSA - 150M - 4E2 - AC110 - L



### Order example of manifold:

MVSA - 150M - 5M3





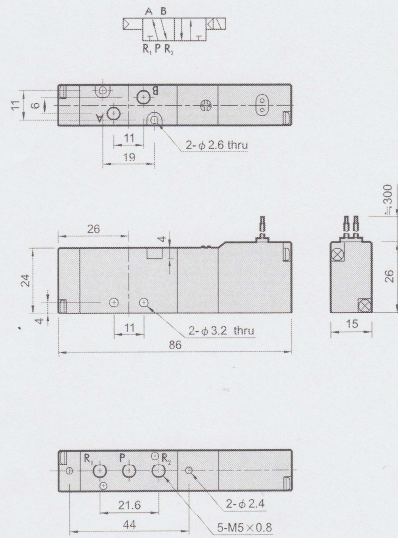
# MVSA-150

SOLENOID VALVE

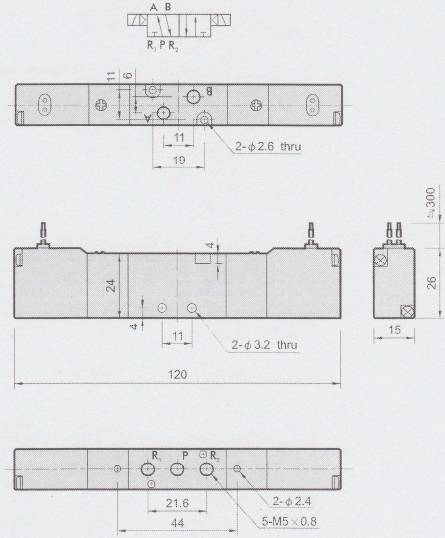


Dimensions:

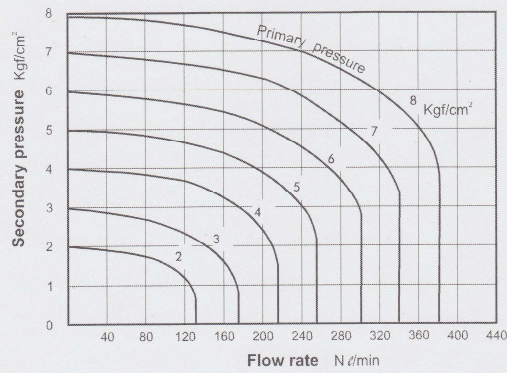
MVSA-150-4E1



MVSA-150-4E2



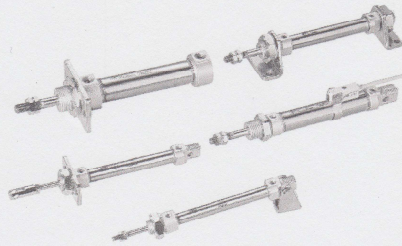
Flow features:





# MCFI series

ISO-6432 MINIATURE CYLINDERS / NON-PIVOT TYPE MINIATURE CYLINDERS



### Features:

- **Non lubrication:**  
Special housing and bushing enables self lubrication of piston rod.
- **High quality long service life:**  
Hard anodised stainless steel cylinder tubes offer a high resistance to corrosion and low internal friction.
- **Cylinder mountings:**  
Available with a comprehensive range of accessories for rigid or flexible mounting.
- **ISO-6432 standard:**  
Enables world-wide inter-changeability.
- **Magnetic as standard.**

Table for standard stroke

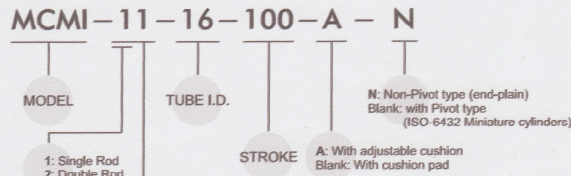
	Tube I.D.	Stroke (mm)	Max. stroke
Single acting	φ 16	15, 25, 50, 75, 100	
	φ 20, 25	15, 25, 50, 75, 100, 125, 150	
Double acting	φ 8, 10	10, 25, 40, 50, 80, 100	200
	φ 12	10, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200	200
	φ 16	15, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	900
	φ 20, 25	15, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	900

- Stroke out of specification is also available.
- Please consult us if stroke out of specification.

Model	MCFI					
Tube I.D. (mm)	8	10	12	16	20	25
Port size	M5 x 0.8			G 1/8		
Medium	Air					
Max. operating pressure kgf/cm <sup>2</sup>	7					
Min. operating pressure kgf/cm <sup>2</sup>	1	0.8		0.6		
Test pressure	10 kgf/cm <sup>2</sup>					
Ambient temperature	-5~+60°C (No freezing)					
Available speed range	50~500 mm/sec					
Lubricator	Not required					
Sensor switch (band)	RCA (Matching the BA20,BA25 band)					
	RCA (Matching the BGS20,BGS25 band)					
	RCM (Matching the BM16-BM25 band)					
	RCS (Matching the BJ8-BJ16 band)					

● The code of sensor switch band is BM16. \*16" represents the tube I.D.

### Order example:

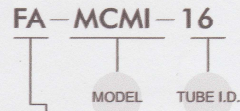


### STYLE:

Code	Symbol	Description
1 1		Double acting / Male thread
1 3		Single acting / Normally extended male thread
1 5		Single acting / Normally returned male thread
2 1		Double rod / Male thread
2 7		Double rod / Adjustable male thread Please mark "adjustable distance(mm)" at order list

Single acting type: Please consult us.

### Mounting accessories:



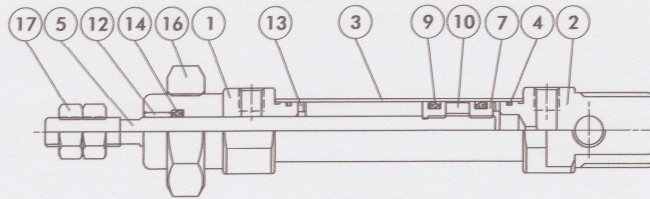
### MOUNTING TYPE

	LB
	FA
	FB
	SDB
	Y
	I

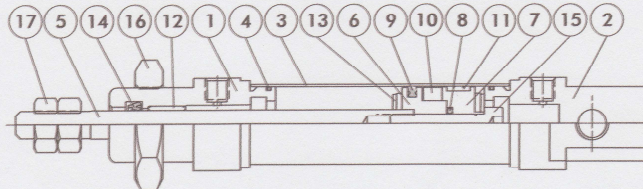


Double acting

$\phi 8 \sim \phi 12$



$\phi 16 \sim \phi 25$



**Material**

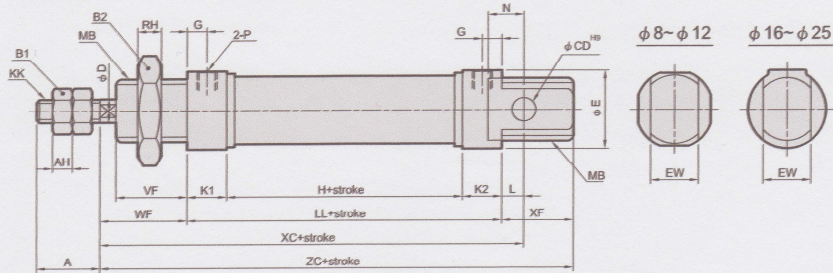
No.	Part name	Material	Note
1	Rod cover	Aluminum alloy	
2	Head cover	Aluminum alloy	
3	Tube	Stainless steel	
4	Cover ring	NBR	
5	Piston rod	Stainless steel	$\phi 20, \phi 25$ : Medium carbon steel
6	Piston-R	Aluminum alloy	$\phi 25$ With cushion pad - Polyurethane
7	Piston-H	Aluminum alloy	$\phi 25$ With cushion pad - Polyurethane
8	Piston gasket	NBR	
9	Piston packing	NBR	
10	Magnet ring	Magnet material	
11	Wear ring	Teflon	
12	Rod bush	Copper	
13	Cushion gasket	NBR	
14	Rod packing	NBR	
15	Piston lock bolt	SCM	
16	Tie nut	Carbon steel	
17	Rod front nut	Carbon steel	



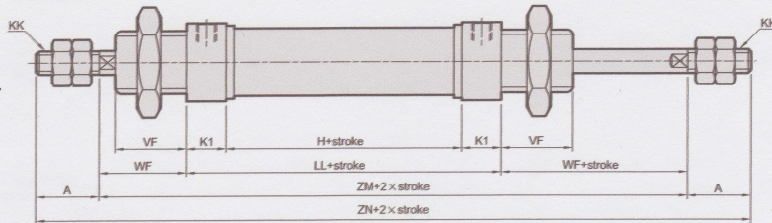
**MCMI Dimensions / Double acting  $\phi 8\sim\phi 25$**   
**ISO-6432 MINIATURE CYLINDERS**



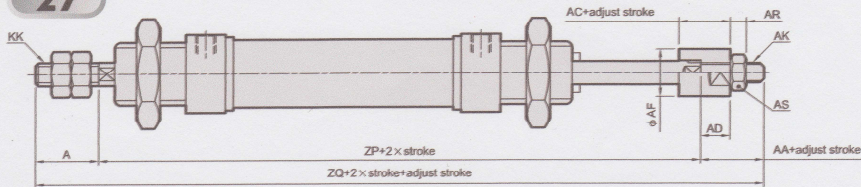
**11**



**21**



**27**



Code Tube L.D.	A	AA	AC	AD	AF	AH	AK	AR	AS	B1	B2	CD	D	E	EW	G	H	KK	K1	K2	L	LL	MB	N
8	12	-	-	-	-	3.2	-	-	-	7	19	4	4	16.7	8 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.4</sub>	6	24	M4×0.7	11	11	2	46	M12×1.25	6
10	12	-	-	-	-	3.2	-	-	-	7	19	4	4	16.7	8 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.4</sub>	6	24	M4×0.7	11	11	2	46	M12×1.25	6
12	16	-	-	-	-	5	-	-	-	10	24	6	6	19.7	12 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.4</sub>	6	28	M6×1.0	11	11	3	50	M16×1.5	9
16	16	16	13	7.5	12	5	M5×0.8	4	8	10	22	6	6	19.7	12 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.4</sub>	5	34.5	M6×1.0	10	10	5.5	54.5	M16×1.5	9
20	20	19	15	9.5	16	5	M8×1.25	5	13	13	30	8	8	29.7	16 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.4</sub>	8	38	M8×1.25	15	15	3	68	M22×1.5	12
25	22	19	15	9.5	16	5	M6×1.25	5	13	17	30	8	10	29.7	16 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.4</sub>	7.5	37	M10×1.25	15	15	9	67	M22×1.5	12

Code Tube L.D.	P	RH	VF	WF	XC	XF	ZC	ZM	ZN	ZP	ZQ
8	M5×0.8	6	12	16	64	12	74	-	-	-	-
10	M5×0.8	6	12	16	64	12	74	-	-	-	-
12	M5×0.8	8	17	22	75	17	89	-	-	-	-
16	M5×0.8	6	18	22	82	18	94.5	98.5	130.5	102	134
20	G 1/8	6	20	24	95	20	112	116	156	119	158
25	G 1/8	6	22	28	104	22	117	123	167	124.5	165.5