

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT DE LIMPIEZA PARA FACHADAS VERTICALES

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERAS EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**MÓNICA LORENA CALLE JIMÉNEZ
MAGALY ALEXANDRA PÉREZ FELICITA**

DIRECTOR: ING. NELSON SOTOMAYOR

Quito, Marzo 2005

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mónica Lorena Calle Jiménez y Magaly Alexandra Pérez Felicita, bajo mi supervisión.

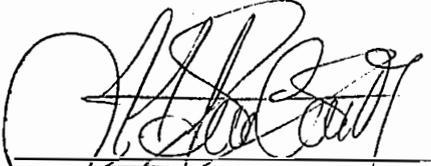


Ing. Nelson Sotomayor

DECLARACIÓN

Nosotros, Mónica Lorena Calle Jiménez y Magaly Alexandra Pérez Felicita, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Mónica Lorena Calle Jiménez



Magaly Alexandra Pérez Felicita

AGRADECIMIENTO

Doy infinitas gracias a Dios por la salud y vida, por los ánimos y fuerza que me ha regalado todos estos años.

A mis padres, Flavio y Angelita y a mi hermana Tania, por todo su apoyo y amor incondicional, porque han sido ellos quienes me han inculcado desde pequeña que en la vida se debe trabajar duro para cumplir con nuestros ideales y gracias a ellos hoy puedo culminar con mi carrera.

A mis primitas Alexandra, Lesly y Brenda, porque ellas con su inocencia han llenado mi hogar de alegría estos últimos años.

A Omar porque con su amor y comprensión ha sido un pilar muy importante en mi vida y en la realización de este proyecto.

Al Ing. Nelson Sotomayor y demás profesores de la Escuela Politécnica Nacional porque nunca me han negado su ayuda y han sido personas que me han ido formando profesionalmente en esta etapa tan importante de mi vida.

Mónica Lorena

Agradezco a mis padres y hermanos por todo su apoyo durante toda mi vida, y por el apoyo que me brindaron en particular para poder realizar mi sueño de terminar mi carrera.

A Patricio quien con su amor y apoyo ha llenado mi vida de felicidad y me ha ayudado a culminar mi sueño y a comenzar muchos otros.

A toda mi familia y en especial a mi tío Orlando por apoyarme y ayudarme siempre.

A todos mis profesores y compañeros quienes compartieron sus conocimientos y su vida conmigo para llegar a concluir esta meta.

Al Ing. Sotomayor por ayudarme a hacer realidad este proyecto.

Magaly Alexandra

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Flavio y Angelita porque han sido ellos el principal motivo de mi esfuerzo ya que con su apoyo y cariño nunca me han dejado desmayar y porque siempre han creído en mí, a mi hermana Tania porque ella me ha brindado su comprensión cuando lo he necesitado, a mis primitas Alexandra, Brenda y Lesly por que son la alegría de mi hogar, a Omar porque con paciencia y mucho amor el me ha dado fuerzas para culminar con este proyecto. Por todo esto y mucho más que Dios me los bendiga siempre.

Mónica Lorena

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Hilda y Víctor quienes con el amor, cariño y apoyo que siempre nos dieron me han ayudado a hacer realidad este sueño, a mis hermanos Gabriela y Víctor por su apoyo y cariño, a mis sobrinos Jhalmar y Mélaney por siempre darme alegría y cariño, a Patricio porque con su amor y apoyo me dio la fuerza que necesitaba para culminar mi sueño y porque siempre creyó en mi.

Magaly Alexandra

CONTENIDO

Resumen	iv
Presentación	vi

CAPITULO 1: FUNDAMENTOS BÁSICOS

1.1 Tratamiento del aire	1
1.1.1 Producción de aire comprimido	1
1.2 Generación de vacío	8
1.2.1 Sistema centralizado	9
1.2.2 Sistema descentralizado	10
1.2.3 Consumo de energía	11
1.2.4 Generadores de vacío o tobera de aspiración	12
1.2.5 Ventosas	14
1.3 Dispositivos neumáticos	23
1.3.1 Cilindros neumáticos	23
1.3.2 Electro válvulas y válvulas electromagnéticas	27
1.3.3 Unidad de mantenimiento	30
1.4 Dispositivos de control	33
1.4.1 Sensor micro swich o final de carrera	33
1.4.2 Sensor infrarrojo	33
1.5 Elementos mecánicos	35
1.5.1 Perfiles y láminas de aluminio	35
1.5.2 Sujetadores de rosca	37
1.5.3 Accesorios	38
1.6 Sistemas de limpieza	38
1.6.1 Limpieza automática ph/orp	38
1.6.2 Limpieza mediante rodillos	40
1.6.3 Limpieza mediante plumillas: limpiador de parabrisa	41
1.7 Elementos utilizados en la construcción del robot limpiador de fachadas verticales	44

CAPITULO 2: DISEÑO DEL PROTOTIPO

2.1	Diseño mecánico del prototipo	45
2.1.1	Consideraciones para el diseño mecánico del prototipo	45
2.2	Estructura mecánica del prototipo	54
2.3	Diseño neumático del prototipo	62
2.4	Hardware del prototipo	66
2.4.1	Sensores infrarrojos	67
2.4.2	Sistema microprocesado	70
2.4.3	Control para los cilindros neumáticos	72
2.4.4	Control de ventosas	73
2.4.5	Sistema de limpieza	74

CAPITULO 3: PROGRAMA DE CONTROL

3.1	Trayectoria seguida por el robot móvil	76
3.2	Programa del microcontrolador	80
3.2.1	Programa del microcontrolador pic 16F877	80
3.3	Diagrama de flujo del programa principal	84

CAPITULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1	Movimiento del prototipo	97
4.2	Sistema de limpieza y control	100
4.3	Lista de materiales del prototipo	103
4.4	Costo de ingeniería del prototipo	104

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	105
5.2	Recomendaciones	106

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

RESUMEN

Debido a que el hombre constantemente busca facilitar sus tareas y continuar con el estudio de nuevos sistemas que reduzcan el riesgo de accidentes y muertes, actualmente están incursionando en el diseño y construcción de robots que ayuden a estos propósitos.

Una clase de las clases de estos robots son los robots limpiadores de fachadas verticales, se ha visto la necesidad de su estudio y construcción porque la limpieza de fachadas verticales mediante andamios es peligrosa para el hombre.

En el presente trabajo se tiene como objetivo diseñar y construir un robot limpiador de fachadas verticales, el movimiento de este se lo hace sin necesidad de andamios, ni rieles y para su funcionamiento no se pone en peligro vidas humanas, se necesita únicamente un operador para que manipule el nivel de control, el cual está ubicado en un lugar seguro.

Dicho panel es muy fácil de operar y además consta de señales que indican el estado de todo el sistema.

El sistema de control se lo realiza utilizando un microprocesador PIC 16F877, a este llegan las señales de los sensores, las del panel de control, en base a estas señales el microcontrolador comanda el sistema de potencia que en este caso está formado por cilindros neumáticos.

El sistema de limpieza diseñado para este prototipo es la unión de varios sistemas utilizados en la limpieza manual de vidrios de ventanas y superficies lisas, para lograr un sistema automático que pueda moverse sin necesidad de

rieles, y que sea capaz de limpiar fachadas verticales sin necesidad de poner en peligro vidas humanas.

PRESENTACION

El presente trabajo es un robot móvil que tiene como objetivo realizar el control de sujeción, movimiento y limpieza de una plataforma vertical como es el caso del vidrio de una ventana, y desarrollar un programa en un microprocesador PIC16F877 el cual se encarga de controlar todos los movimientos que el robot realiza. El robot móvil está construido con elementos neumáticos debido a esto el control se lo hace por medio de aire a presión.

El presente trabajo está estructurado de la siguiente manera:

En el primer capítulo se tiene una breve descripción del tratamiento del aire comprimido, el funcionamiento y utilización de cilindros neumáticos de doble efecto, generadores de vacío, diferentes tipos de ventosas, compresores, electro válvulas, sensores infrarrojos y sistemas de limpieza.

Se presenta una descripción mecánica y neumática de la plataforma móvil robot limpiador de ventanas y el hardware electrónico, se muestra en el capítulo 2, donde se puede encontrar los diferentes circuitos utilizados para el acondicionamiento de los sensores infrarrojos, manejo de todos los elementos neumáticos, etc.

En el capítulo 3 se hace una explicación del movimiento que realiza el robot respecto a su punto inicial de partida, además se tiene una descripción del programa de control que se ejecuta en el microcontrolador del robot ya que este gobernará el sistema.

Los resultados obtenidos de el presente trabajo, se muestran en el capítulo 4.

En el último capítulo se presentan las conclusiones obtenidas de la realización de este trabajo y recomendaciones para futuros trabajos de robótica móvil.

Finalmente se incluye la sección con las referencias bibliográficos que se han tomado como referencia para la realización del presente trabajo y los anexos que contienen información tanto de los circuitos impresos como de los aspectos físicos de la plataforma móvil robot limpiador de ventanas.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS BÁSICOS

Uno de los principales objetivos de la robótica es el de diseñar y construir robots que faciliten el trabajo del ser humano en lugares de difícil acceso, por esta razón actualmente se está incursionando en la implementación de robots para limpieza, dentro de estos los robots limpiadores de ventanas. Estos son construidos para facilitar la limpieza de ventanas y fachadas de difícil acceso, en el presente capítulo se realizará un estudio de todos los elementos necesarios para la construcción de un robot limpiador de fachadas verticales, que es el objetivo principal del presente proyecto.

1.1 TRATAMIENTO DEL AIRE

1.1.1 PRODUCCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Los sistemas neumáticos de mando consumen aire comprimido, que debe estar disponible en el caudal suficiente y con una presión determinada según el rendimiento de trabajo, el grupo principal de una instalación productora de aire comprimido es el compresor, del que existen varios tipos para las distintas posibilidades de utilización.

1.1.1.1 Compresores

1.1.1.1.1 Definición y funcionamiento

Un compresor es una máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores a un valor de trabajo deseado. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor.

Los compresores se emplean para aumentar la presión de una gran variedad de gases y vapores para un gran número de aplicaciones como por ejemplo para

transporte, herramientas neumáticas, limpieza, procesos químicos, turbinas de gas y construcción [1].

1.1.1.1.2 Tipos de compresores

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción, se distinguen dos tipos básicos de compresores [2]:

- El primero trabaja según el principio de desplazamiento, la compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen, este principio se utiliza en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo).
- El segundo trabaja según el principio de la dinámica de fluidos, el aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).

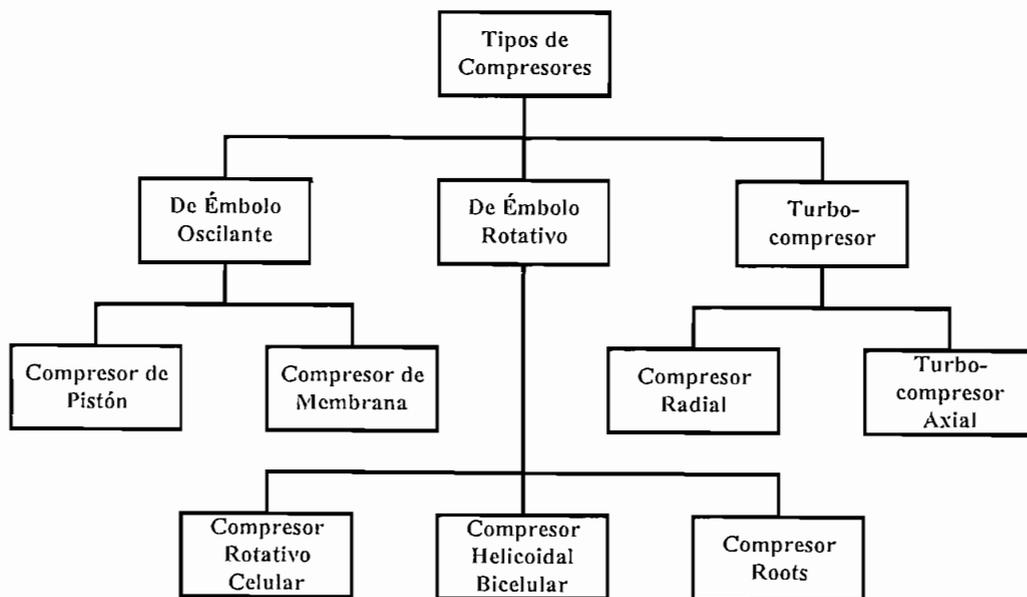


Figura 1.1 Tipos de Compresores

A continuación se explicará el funcionamiento de algunos de estos tipos de compresores.

1.1.1.1.3 Compresor de Émbolo

Los compresores de émbolo funcionan con el principio adiabático mediante el cual se introduce el gas en el cilindro por las válvulas de entrada, se retiene y comprime en el cilindro y sale por las válvulas de descarga, en contra de la presión de descarga. Estos compresores rara vez se emplean como unidades individuales, salvo que el proceso requiera funcionamiento intermitente, los compresores de émbolo tienen piezas en contacto, como los anillos de los pistones con las paredes del cilindro, resortes y placas o discos de válvulas que se acoplan con sus asientos y entre la empaquetadura y la biela. Todas estas partes están sujetas a desgaste por fricción [1].

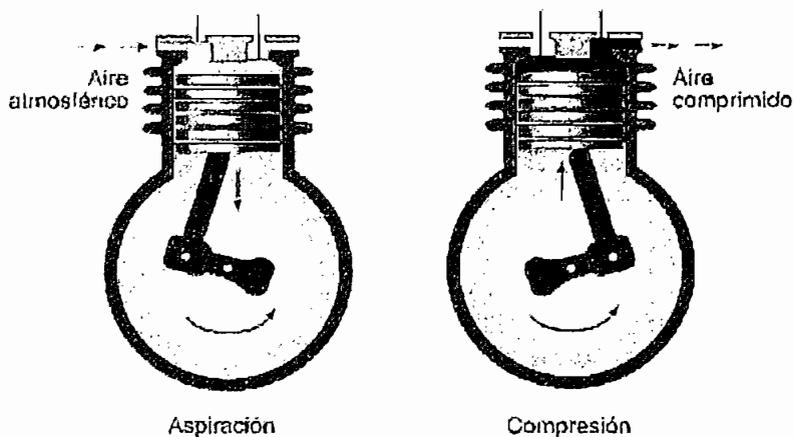


Figura 1.2 Sección de un compresor de émbolo

1.1.1.1.4 Compresor de pistón líquido

El compresor rotatorio de pistón líquido es una máquina con rotor de aletas múltiples girando en una caja que no es redonda, la caja se llena, en parte de agua y a medida que el rotor da vueltas lleva el líquido con las paletas formando una serie de bolsas. Como el líquido alternadamente sale y vuelve a las bolsas entre las paletas (dos veces por cada revolución), a medida que el líquido sale de la bolsa la paleta se llena de aire y cuando el líquido vuelve a la bolsa, el aire se comprime [1].

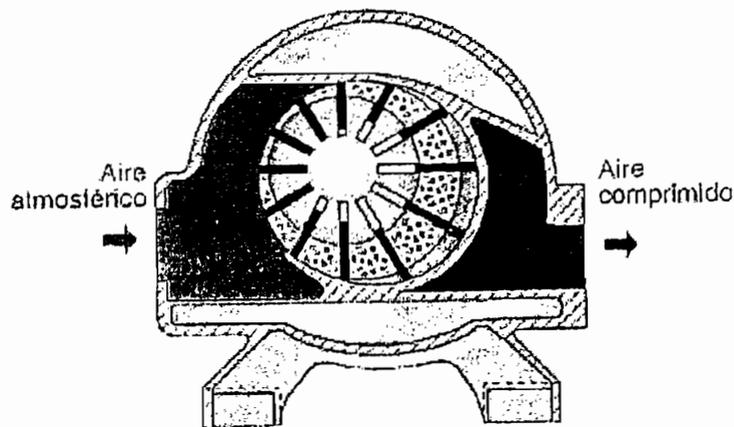


Figura 1.3 Sección del compresor de pistón líquido

1.1.2 PREPARACION DEL AIRE COMPRIMIDO

La calidad del aire comprimido desempeña un papel primordial, las impurezas en forma de partículas de suciedad u óxido, residuos de aceite lubricante dan origen a muchas averías en las instalaciones neumáticas y a la destrucción de los elementos neumáticos. Mientras que la mayor separación del agua de condensación tiene lugar en el separador, después de la refrigeración, la separación fina, el filtrado y otros tratamientos del aire comprimido se efectúan en el puesto de aplicación.

Hay que dedicar especial atención a la humedad que tiene el aire comprimido, el agua (humedad) llega al interior de la red con el aire que aspira el compresor, la cantidad de humedad depende de la humedad relativa del aire que a su vez depende de la temperatura del aire y de las condiciones climatológicas.

$$\text{Humedad Relativa} = \text{Humedad Absoluta} * 100\% / \text{Grado de Saturación}$$

La humedad absoluta es la cantidad de agua contenida en un metro cúbico de aire. El grado de saturación es la cantidad de agua que un metro cúbico de aire que puede absorber como máximo a la temperatura considerada.

En la Figura 1.4 se observa la característica de la humedad con respecto a la variación de temperatura en un metro cúbico de aire.

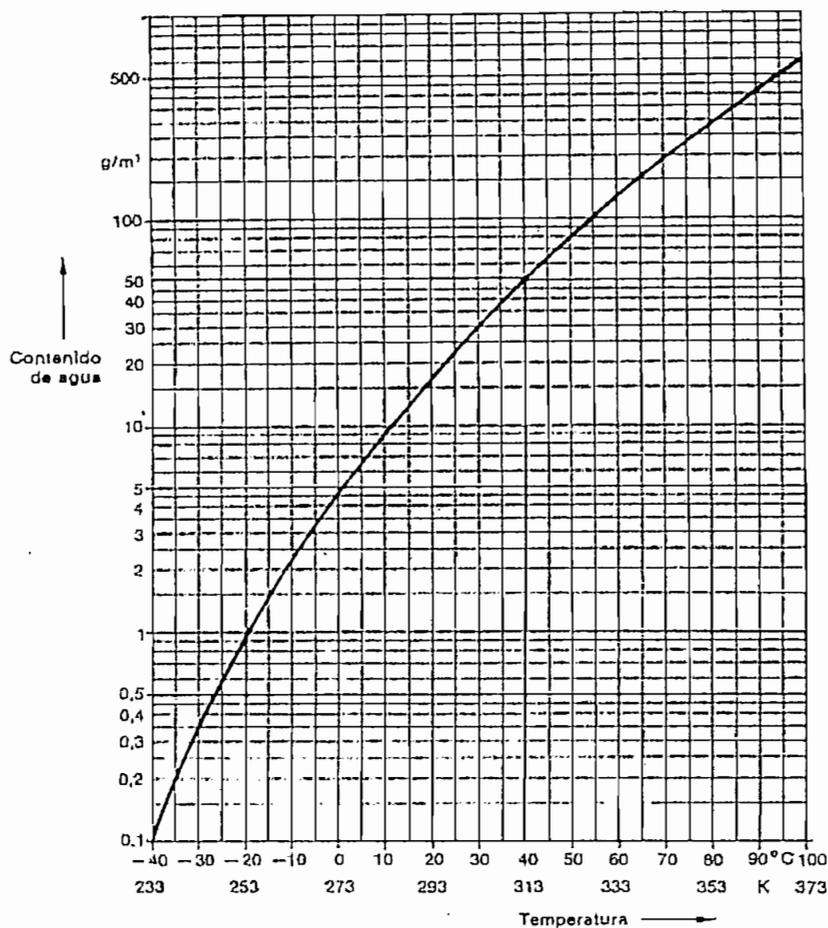


Figura 1.4 Característica de la humedad con respecto a la variación de la temperatura

Si el aire comprimido contiene humedad, habrá que someterlo a un proceso de secado que garantice que pueda ser utilizado, para esto existen varios procedimientos:

- Secado por absorción
- Secado por adsorción
- Secado por enfriamiento

1.1.2.1 Secado por absorción

El secado por absorción es un procedimiento puramente químico, el aire comprimido pasa a través de un lecho de sustancias secantes, en cuanto el agua

o vapor de agua entra en contacto con dicha sustancia, se combina químicamente con ésta y se desprende como mezcla de agua y sustancia secante. Esta mezcla tiene que ser eliminada regularmente del absorbedor, ya sea manual o automáticamente, al mismo tiempo, en el secador por absorción se separan vapores y partículas de aceite, no obstante, las cantidades de aceite (si son grandes) influyen en el funcionamiento del secador, por esto conviene montar un filtro fino delante de éste.

El procedimiento se distingue por la instalación simple, el reducido desgaste mecánico, el secador no tiene piezas móviles y no necesita aportación de energía exterior.

En la Figura 1.5 se observa el secado por absorción.

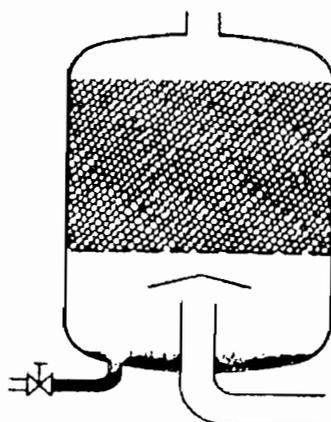


Figura 1.5 Secado por absorción

1.1.2.2 Secado por adsorción

Este principio se basa en un proceso físico, el material del secado es granuloso con cantos vivos o en forma de perlas, se compone de casi un 100% de dióxido de silicio, al cual se le da el nombre de gel el cual adsorbe el agua y el vapor de agua [3].

1.1.2.3 Secado por enfriamiento

Los secadores de aire comprimido por enfriamiento se basan en el principio de una reducción de temperatura del punto de rocío, se entiende por temperatura de punto de rocío aquella a la que hay que enfriar un gas para que se condense el vapor de agua contenido. El aire comprimido a secar entra en el secador pasando primero por el llamado intercambiador de calor de aire-aire, el aire caliente que entra en el secador se enfría mediante aire seco y frío proveniente del intercambiador de calor o vaporizador. El condensado de aceite y agua se evacua del intercambiador de calor, a través del separador, este aire preenfriado pasa por el grupo frigorífico o vaporizador y se enfría más hasta una temperatura de unos 274,7 K (1,7 °C) En este proceso se elimina por segunda vez el agua y aceite condensados.

Seguidamente se puede hacer pasar el aire comprimido por un filtro fino con el objeto de eliminar partículas de suciedad.

En la Figura 1.6 se muestra un secado por enfriamiento

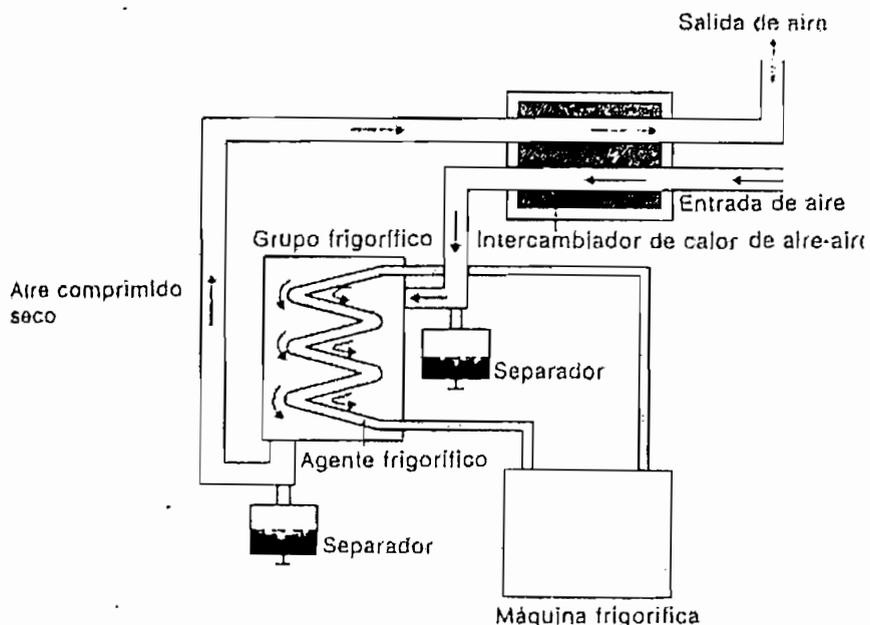


Figura 1.6 Secado por enfriamiento

1.2 GENERACIÓN DE VACÍO

La presión atmosférica es la fuerza que el aire ejerce sobre cada cm^2 de la superficie terrestre por efecto de la fuerza de gravedad, la presión atmosférica a nivel del mar y a temperatura de $0\text{ }^\circ\text{C}$ es de $1013\text{ mbar} = 101.3\text{ kPa}$ ($1\text{Pa} = 1\text{N}/m^2$). Esto significa que una columna de aire de 1 m^2 de sección ejerce sobre la tierra, a nivel del mar una fuerza de 101.325 N , entonces si se disminuye la presión en un recipiente cerrado evacuando el aire, se crea vacío. Entonces por diferencia de presión, la presión externa será la que genere sobre la pared del recipiente una fuerza, la magnitud de la fuerza depende del vacío que se genere en el interior del recipiente.

Por ejemplo en una ventosa se adhiere a la superficie por la mayor presión que la rodea.

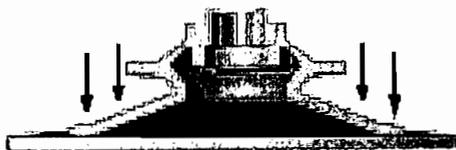


Figura 1.7 Ventosa

Se debe tener en cuenta el cálculo de la fuerza de la presión atmosférica en función de la altura del lugar de trabajo, con respecto al nivel del mar, así hasta 2000 m de altitud, la presión se reduce cerca de un 1% cada 100 m , esto significa que una aplicación de vacío calculada para elevar 100 kg a nivel del mar, a una altura de 1000 m , verá reducida su capacidad de elevación a aproximadamente 89 kg .

Es importante saber que en el campo de trabajo de vacío se subdivide en tres sectores principales que son:

<i>Nivel de vacío</i>	<i>Presión</i>	<i>Campo de trabajo</i>
Bajo vacío	0 – 20 kPa	Para ventilación, refrigeración, etc.
Vacío industrial	20 – 99 kPa	Para elevación, manipulación, automatización, etc.
Vacío de procesos	99 kPa	Alto vacío, para laboratorio, fabricación de micro-chips, revestimiento con depósito modular, etc.

Un sistema de vacío con múltiples ventosas puede proyectarse usando una única bomba de vacío para alimentar todas las ventosas (Sistema Centralizado), o con una bomba de vacío para cada ventosa, (Sistema Descentralizado). La elección, de uno u otro método, esta condicionada a la capacidad de carga deseada, al consumo de aire y al requerimiento de seguridad [4].

1.2.1 SISTEMA CENTRALIZADO

Cuando la válvula de la ventosa se abre, la evacuación del volumen de la misma hará caer el nivel de vacío en el depósito a un valor de 10 kPa (0.1 litros a 1 litro), debido a ello, el nivel de vacío en la ventosa será de 80 kPa y la bomba deberá reducir el nivel de vacío desde 80 kPa a 90 kPa antes del próximo ciclo. El tiempo de evacuación para este sistema será 5.1 seg [4]. (Véase Figura 1.9)

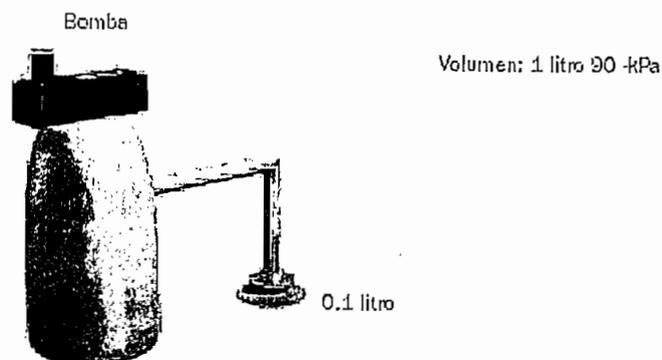


Figura 1.8 Sistema Centralizado

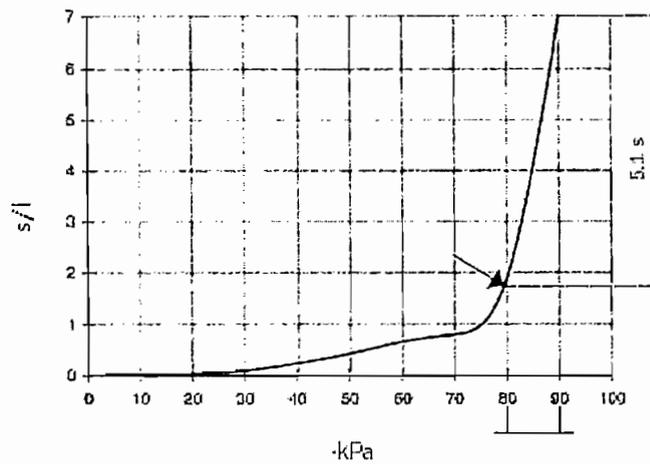


Figura 1.9 Diagrama del tiempo de evacuación

1.2.2 SISTEMA DESCENTRALIZADO

La bomba puede evacuar el volumen de la ventosa 0.1 litros, bajando hasta 80 kPa en cada ciclo, el tiempo de evacuación será de 0.19seg. (Véase Figura 1.11)

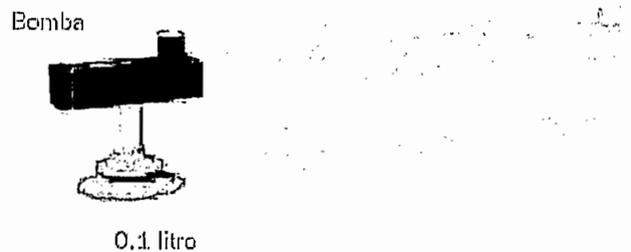


Figura 1.10 Sistema Descentralizado

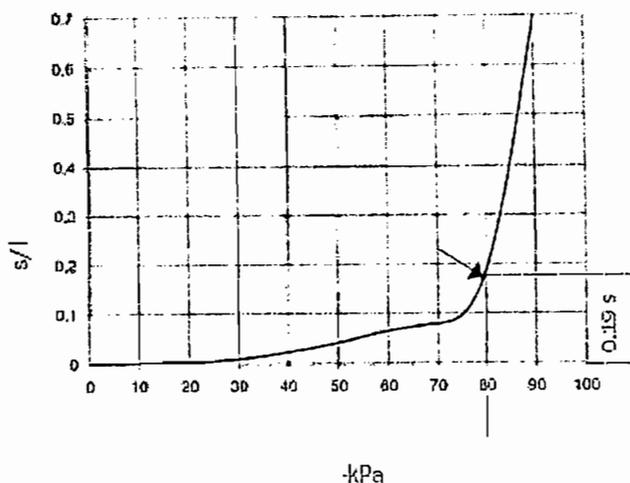


Figura 1.11 Diagrama del tiempo de evacuación

1.2.3 CONSUMO DE ENERGÍA

El consumo de energía para producir vacío aumenta asintóticamente hacia el infinito cuando aumenta el nivel del mismo, es importante para optimizar la relación energética trabajar con el menor nivel de vacío posible. Según la ley de Boyle, a temperatura absoluta constante (T), la presión absoluta (P) en un gas es inversamente proporcional al volumen (V) ocupado por el mismo. Si aumenta el volumen, aumenta la presión (ec. 1.1).

$$P * V = P_1 * V_1 \quad (\text{ec.1.1})$$

En la Figura 1.12 se muestra el incremento necesario de energía al aumentar el nivel de vacío, como se puede ver, la cantidad de energía aumenta drásticamente por encima de 90 kPa, es por esto que es aconsejable mantenerse por debajo de este valor.

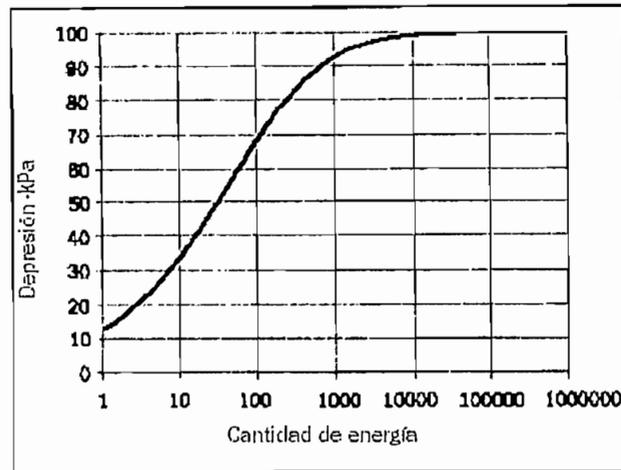


Figura 1.12 Incremento necesario de energía al aumentar el nivel de vacío

1.2.4 GENERADORES DE VACÍO O TOBERA DE ASPIRACIÓN

Esta tobera se emplea junto con la ventosa como elemento de transporte, con ella se pueden transportar las más diversas piezas para diferentes procesos. Su funcionamiento se basa en el principio de Venturi (depresión).

La presión de alimentación se aplica a la entrada P (ver Figura 1.13), por el estrechamiento de la sección, la velocidad del aire hacia R aumenta y en el empalme A (en la ventosa) se produce una depresión (efecto de succión).

Con este efecto se adhieren piezas y pueden transportarse. La superficie debe estar muy limpia, para conseguir un buen efecto de succión.

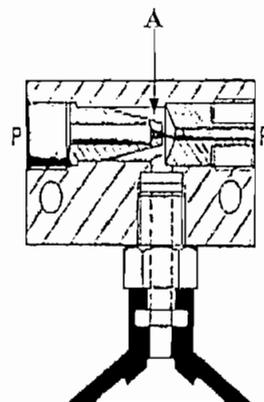


Figura 1.13 Generador de vacío

1.2.4.1 Cabezal de aspiración por depresión

El funcionamiento de este cabezal también se basa en el principio Venturi, se diferencia con el elemento anterior por un depósito incorporado adicionalmente. Este depósito se llena de aire durante el proceso de succión, al quitar la presión de la entrada, el aire de este depósito sale a través de una válvula de escape rápido, por encima de la ventosa, produciendo un golpe de presión y separando la pieza adherida a la ventosa. En la Figura 1.14 se muestra lo explicado.

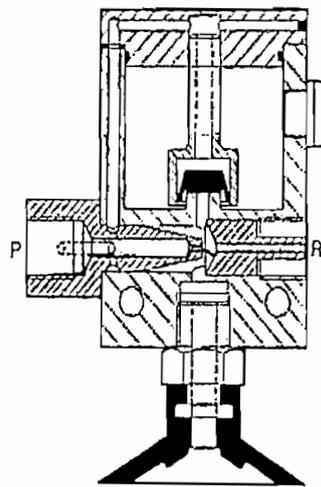


Figura 1.14 Generador de vacío con silenciador

Para encontrar una mayor depresión se necesita una mayor presión de alimentación a continuación en la Figura 1.15 se muestra las características que presentan estos elementos.

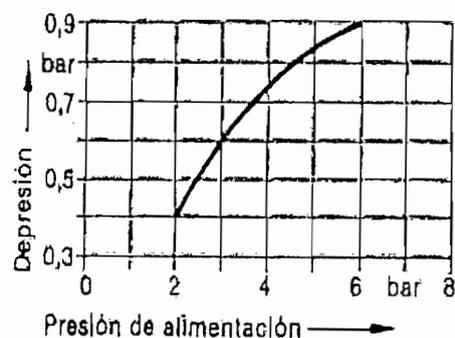


Figura 15 Características del generador

1.2.5 VENTOSAS

Las ventosas son elementos que tienen su sistema de fijación mediante vacío, son de fácil instalación, su mantenimiento es prácticamente nulo, no dañan los objetos, tienen rapidez de agarre y su precio es reducido, las limitaciones de estas son la fuerza la cual es limitada por la presión atmosférica y el posicionamiento que no es preciso. Estas son utilizadas para varias aplicaciones como por ejemplo: en la industria para la manipulación de materiales en forma segura; para sostener y fijar elementos de diferentes pesos en planchas de vidrio y sin dejar marcas, dependiendo de la aplicación se debe elegir la ventosa y sus dimensiones correctas; en el presente capítulo se describirá algunos tipos de ventosas y el modo en que se debe elegir la ventosa adecuadamente.

1.2.5.1 Principio de funcionamiento de las ventosas

La ventosa se adhiere a la superficie en el momento en que la presión circulante (presión atmosférica) es mayor que la presión existente bajo la superficie de la misma.

A fin de crear una depresión en el interior de la ventosa, ésta se conecta a una bomba de vacío, cuánto mayor es la depresión creada en el interior de la ventosa, es decir el vacío generado, mayor es la fuerza ejercida externamente sobre la ventosa debido a la presión que la rodea.

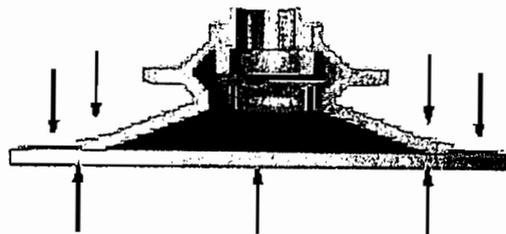


Figura 1.16 Fuerza sobre la superficie de la ventosa.

Los dispositivos realizados con ventosas constituyen un sistema eficaz, simple y económico para el movimiento del más variado material, a continuación se detallan algunas de las ventajas y desventajas de dichos dispositivos.

Entre las ventajas se tiene: fácil instalación, mantenimiento prácticamente inexistente, precio reducido, no dañan objetos, rapidez de agarre.

Como desventajas se tiene: fuerza limitada por la presión atmosférica, posicionamiento no preciso.

Además es importante conocer que las ventosas no deben estar expuestas innecesariamente a altos niveles de vacío, ya que causarán un deterioro en la ventosa y además necesitarán más energía, así por ejemplo con un aumento del nivel de vacío desde -60 kPa hasta -90 kPa hace que la fuerza aumente en un 20 – 40 %, mientras que las necesidades de energía aumentan con un factor de 10.

Puesto que la fuerza de elevación es directamente proporcional al área de la ventosa, es mejor mantener un nivel de vacío bajo y aumentar el área de la ventosa cuando se precisa más fuerza de elevación.

1.2.5.2 Clasificación de las ventosas

Las ventosas se clasifican por el tipo de material, por el diámetro, por el tipo de elemento que se va a manipular, y por el sistema de succión.

Por el tipo de material se refiere al material con el que son construidas esto se debe a que existen varios tipos de materiales para ser manipulados por ejemplo vidrio, bloques de piedra, cartón corrugado, entre otros, entonces se debe buscar materiales que sean: fuertes, elásticos, flexibles, con buena capacidad de sellado, alto coeficiente de fricción lo que minimiza fugas entre la ventosa y el producto a manipular esto contribuye a una mayor capacidad de elevación, resistencia al desgaste para que los intervalos de cambio se alarguen. Además una ventosa con durezas diferentes en el labio y fuelle/cuerpo, significa estabilidad y flexibilidad, dos características fundamentales para manipular y sellar superficies ásperas o irregulares.

El diámetro se elige dependiendo del peso del elemento a manipular y por ende de las fuerzas a las que estará sometida la ventosa durante su utilización. Por esta razón existen ventosas de varios diámetros. Se pueden manipular elementos de pocos gramos hasta varios centenares de kilos.

El sistema de succión puede ser por medio de bomba de vacío, o por presión manual sobre ellas; el tamaño de la bomba de vacío así como la baja o alta presión dependen del diámetro de la ventosa y del material que está construida la misma.

1.2.5.3 Características de las ventosas

Las ventosas pueden manipular objetos frágiles, difíciles de manejar, compactos o porosos, con superficies planas, redondeadas, en ángulo, abovedadas o irregulares. Sujetan toda clase de productos y materiales con el mismo cuidado, flexibilidad y seguridad, independientemente de su peso. Las ventosas se adhieren a un objeto cuando la presión entre la ventosa y el objeto, es inferior a la presión ambiente es decir la presión atmosférica. Para crear una depresión (vacío) en la ventosa, esta se conecta a un equipo que genere vacío, cuanto mayor sea el vacío mayor será la fuerza externa que mantendrá el objeto sujeto a la ventosa, esto da como resultado una mayor elevación.

Las ventosas son una técnica para el movimiento de materiales con enormes posibilidades, permiten manipular por ejemplo; baldosas de hormigón, bolsas, recoger componentes electrónicos, poner etiquetas, mantener inmóviles objetos sólidos, se las puede utilizar también para la sujeción y movilización de robots, etc.

1.2.5.4 Como elegir correctamente una ventosa

Las ventosas son adecuadas para levantar, transportar, posicionar, mantener e incluso separar objetos. Los campos de aplicación pueden ser encontrados, por ejemplo en, industria del empaquetado, industria del automóvil, industria gráfica, industria de la madera, industrias electrónicas y semiconductores, etc. En todas las industrias y campos de aplicación las exigencias en ventosas son diferentes, por lo que dependiendo de lo que se requiera a continuación se describe la manera correcta de elegir una ventosa. Entre otros parámetros, se debe considerar los mostrados en la Tabla 1.1 para seleccionar ventosas [5]:

Tabla 1. 1 Parámetros para elegir ventosas

Condiciones	Parámetros de la ventosa
Forma y superficie de los objetos a manipular	Modelo de ventosa, número de ventosas
Fuerza vertical en relación al peso del objeto	Dimensión de ventosa(s)
Fuerza horizontal debida a los movimientos en la manipulación	Dimensión de ventosa(s), alta fricción
Fuerza de ruptura debida a la carga dinámica cuando un objeto es manejado	Número de ventosas
Exigencia de un buen agarre (alta fricción)	Material de ventosas, refuerzo interior ventosa
Requerimientos medio ambientales	Material de ventosa
Requerimientos de temperatura	Material de ventosa
Exigencias para una manipulación libre de marcas	Material de ventosa
Los objetos delgados no pueden ser deformados	Refuerzos/soportes en ventosas
Conexión al equipo usado	Tipo de racor en ventosa
Partículas que pueden ser absorbidas dentro del sistema	Filtro de racores y ventosas
Ventosa aplicada fuera del objeto manejado	Ventosa con válvula

Además de estos parámetros de ventosas, se debe considerar también los accesorios, que pueden mejorar la fiabilidad y la funcionalidad del sistema, accesorios tales como, compensadores de nivel y juntas esféricas, los cuales se explicarán más adelante.

Para calcular la dimensión de una ventosa, el factor más importante es, sin duda, la fuerza de elevación requerida, para determinar la correcta dimensión es suficiente tener presente la siguiente relación:

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} \times \text{Superficie}$$

Conociendo el peso del objeto a manipular y asumiendo que el número de ventosas sea en función de la aplicación, el diámetro de las ventosas se puede conocer utilizando la ec. 1.2, se recomienda usar un factor de seguridad de al menos 2.

$$D = 11.2x \sqrt{\frac{mxc}{bxs}} \quad (\text{ec.1.2})$$

D = Diámetro de la ventosa - mm.

m = Masa - Kg.

c = Número de ventosas.

b = Vacío – bar.

s = Factor de seguridad (al menos 2).

Un factor de seguridad de al menos 2 para los levantamientos verticales debe ser usado para compensar las variables numéricas que rodean a las aplicaciones de levantamiento, mientras un factor de seguridad de al menos 4 puede ser usada para aplicaciones horizontales, inclinadas o de arriba – abajo.

1.2.5.5 Tipos de ventosas

A continuación se muestran algunos tipos de ventosas que existen en el mercado dentro de los cuales se elegirá las apropiadas para la realización del proyecto.

1.2.5.5.1 Ventosa Plana con refuerzo interior (F)

Características [5]:

- Adecuada para superficies planas.
- Buena estabilidad y poco movimiento inherente.
- Los refuerzos impiden que el objeto sea succionado al interior de la ventosa y deformado.
- Apropiaada para ambas elevaciones paralela y vertical, ya que los refuerzos ofrecen un aumento de fricción.
- La ventosa F puede ser provista con una válvula cónica para aumentar la seguridad y la rapidez de funcionamiento.

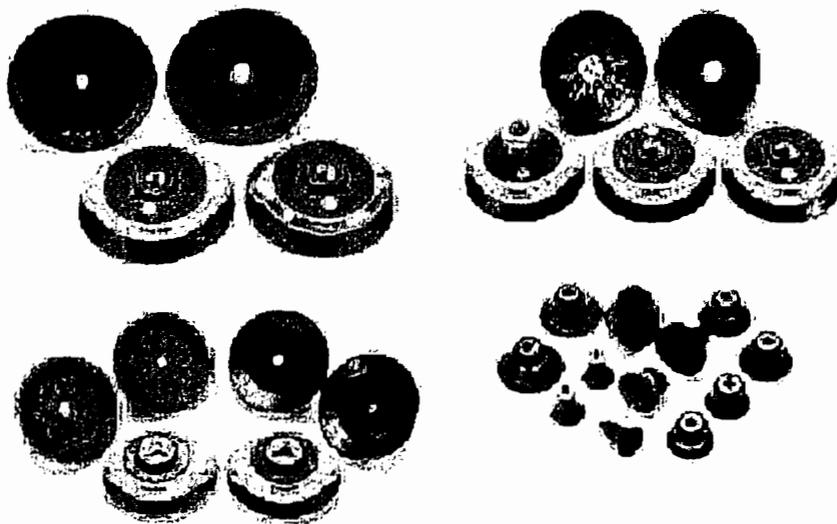


Figura 1.17 Ventosa plana con refuerzo interior

1.2.5.5.2 Ventosa Plana (F-MF y F-MF-M)

Características [5]:

- Adecuada para superficies planas.
- Buena estabilidad y poco movimiento inherente.
- Los refuerzos impiden que el objeto sea succionado al interior de la ventosa y deformado.

- Apropriada para ambas elevaciones paralela y vertical, ya que los refuerzos ofrecen un aumento de fricción.
- F-MF-M: Montaje sin racor. El cuello completo facilita el montaje en los conectores de vacío del tipo tubo.

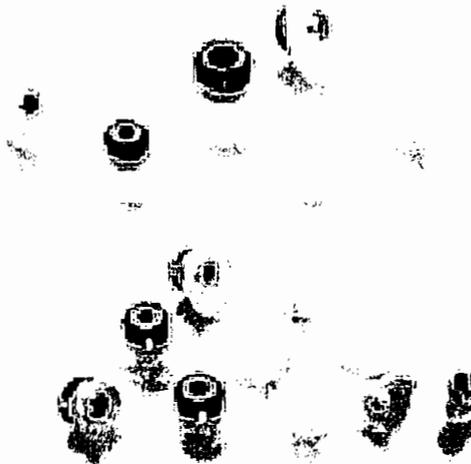


Figura 1.18 Ventosa Plana

1.2.5.6 Accesorios de las ventosas

La fiabilidad de un sistema de ventosas, se traduce en que el montaje de las ventosas esté adaptado correctamente a la aplicación. A continuación se indican algunos accesorios que pueden adaptarse a la mayoría de las situaciones.

1.2.5.6.1 Compensadores de nivel

Los compensadores de nivel se utilizan para ajustar las diferencias de niveles, especialmente en aparatos de elevación con varias ventosas en una placa, cuando la ventosa se utiliza en un robot manipulador o en un aparato similar, un compensador de nivel es a menudo ventajoso, ubicado en un lugar que demanda un posicionamiento vertical exacto. El compensador de nivel también proporciona un cierto grado de amortiguación [5].

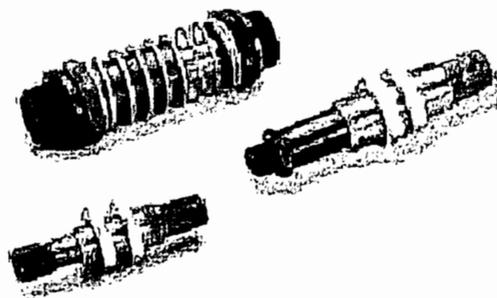


Figura 1.19 Compensadores de Nivel

1.2.5.6.2 Junta esférica

El esfuerzo puede producir fácilmente flexión en la ventosa cuando se levantan objetos pesados, para evitar esto, la ventosa puede ir equipada con una junta esférica para adaptarla a los diversos ángulos. Las juntas esféricas son necesarias cuando se levanta una lámina con un aparato que utiliza diversas ventosas, esto permite que las ventosas se adapten a la curvatura causada por el peso de la lámina [5].

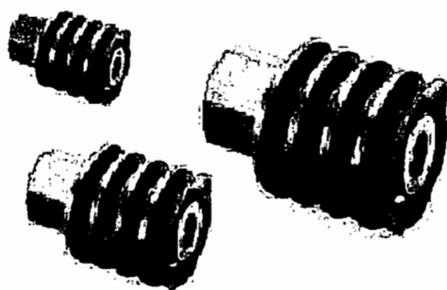


Figura 1.20 Junta Esférica

1.2.5.6.3 Adaptadores de ángulo

Los adaptadores de ángulo facilitan las conexiones de vacío cuando el espacio y la altura libre son limitados, estos también pueden ser utilizados como conectores T. Las ventosas $\phi 20 - 50\text{mm}$ [5]: las versiones multipuesto 5xM5 hembra o 5xNPSF1/8" pueden ser utilizadas como adaptadores de ángulo, también son adecuadas para conectar una serie de ventosas [5].

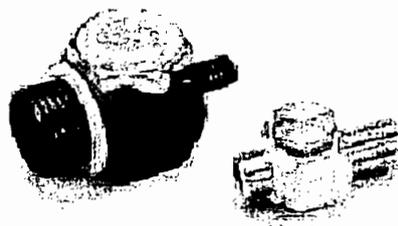


Figura 1.21 Adaptadores de ángulo

1.2.5.6.4 Racores

Según el tamaño y el modelo de la ventosa diferentes roscas machos o hembras desde la M2,5 hasta la G3/4, están disponibles. Para ventosas de $\phi 20$ a 50mm, está disponible una versión multipuerto como alternativa. Los materiales utilizados para los racores son el aluminio o materiales compuestos. Están disponibles muchas versiones con filtro de red de acero inoxidable, para evitar que el polvo y otras pequeñas partículas fluyan hacia el sistema [5].

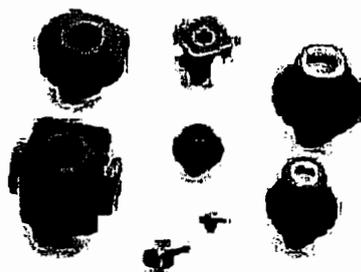


Figura 1.22 Racores

1.3 DISPOSITIVOS NEUMÁTICOS

1.3.1 CILINDROS NEUMÁTICOS

La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro. Los cilindros neumáticos son elementos con un movimiento rectilíneo, la generación de dicho movimiento rectilíneo con elementos mecánicos combinados con accionamientos eléctricos supone gastos considerables, mientras que con elementos neumáticos el costo se reduce.

1.3.1.1 Partes constitutivas de los cilindros neumáticos

Las partes de un cilindro neumático genérico se detallan a continuación [6]:

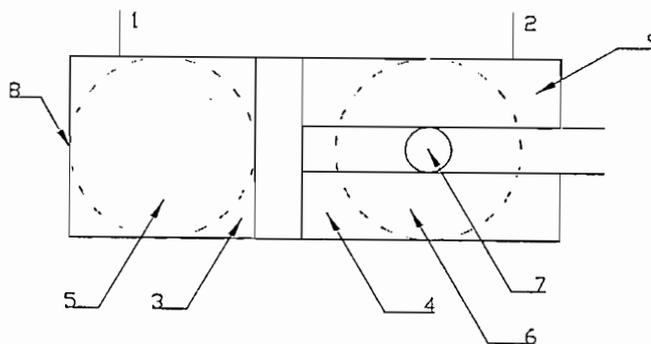


Figura 1.23 Partes de un cilindro genérico

1. Conexión para la entrada/salida del aire
2. Conexión para la entrada/salida del aire
3. Cara de fondo
4. Cara de la cubierta
5. Cara del émbolo
6. Área anular
7. Área del vástago
8. Fondo
9. Cubierta

1.3.1.2 Tipos de cilindros neumáticos

Existen varios tipos de cilindros dependiendo de las necesidades que se quieran satisfacer a continuación se presentan algunos de estos tipos de cilindros neumáticos, y su principio de funcionamiento:

- Cilindro de simple efecto
 - Cilindro de émbolo
 - Cilindro de membrana
 - Cilindro de membrana arrollable

- Cilindro de doble efecto
 - Cilindro con amortiguación interna
 - Cilindro de doble vástago
 - Cilindro tándem
 - Cilindro multiposicional

- Cilindros de ejecuciones especiales

1.3.1.2.1 Cilindro de simple efecto

Los cilindros de simple efecto tienen una sola conexión de aire comprimido, los trabajos que puede realizar son en un solo sentido, es decir que el desplazamiento del émbolo por la presión del aire comprimido tiene lugar en un solo sentido, pues el retorno a su posición inicial se realiza por medio de un muelle recuperador que lleva incorporado el cilindro o por medio de una fuerza externa. La carrera de este tipo de cilindros está limitada por la longitud del muelle, por esta razón la carrera no sobrepasa los 100mm, este tipo de cilindros se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, etc. [7].

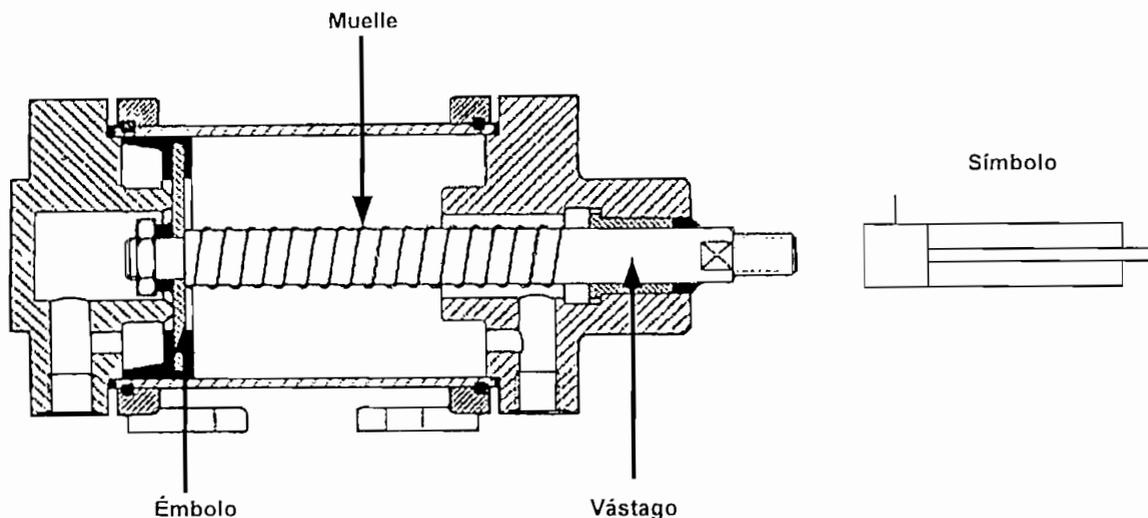


Figura 1.24 Cilindro de simple efecto

1.3.1.2.2 Cilindro de doble efecto

En los cilindros de doble efecto tanto en la salida como en la entrada del émbolo se utiliza aire comprimido, por lo que consta de dos tomas de aire comprimido situadas a ambos lados del émbolo, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los dos sentidos de movimiento. El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los cilindros de simple efecto, incluso si no es necesario ejercer una fuerza en ambos sentidos, debido a que la carrera de este tipo de cilindros es muy amplia, el cilindro de doble efecto se construye siempre en forma de cilindro de émbolo. Al aplicar el aire a presión en la cámara posterior y comunicar la cámara anterior con la atmósfera a través de una válvula, el cilindro realiza la carrera de avance. La carrera de retroceso se efectúa introduciendo aire a presión en la cámara anterior y comunicando la cámara posterior con la atmósfera, igualmente a través de una válvula para la evacuación del aire contenido en esa cámara de cilindro. Para una presión determinada en el circuito, el movimiento de retroceso en un cilindro de doble efecto desarrolla menos fuerza que el movimiento de avance, ya que la superficie del émbolo se ve ahora reducida por la sección transversal del vástago [7]. Las partes de un cilindro neumático de doble efecto se detallan a continuación;

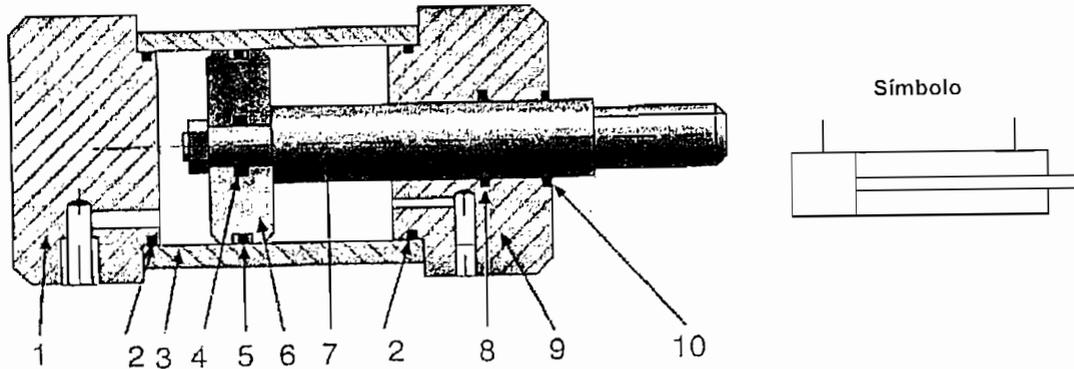


Figura 1.25 Cilindro de doble efecto

1. Tapa posterior
2. Juntas
3. Camisa
4. Juntas estáticas del pistón
5. Junta dinámica
6. Émbolo
7. Vástago
8. Junta dinámica del vástago
9. Tapa delantera
10. Anillo rascador

Los cilindros de doble efecto pueden ser:

- Sin amortiguación
- Con amortiguación

En la práctica el uso de uno u otro depende de la carga y velocidad de desplazamiento, los cilindros con amortiguación se usan cuando las cargas son grandes y el objeto es evitar un choque brusco, el sistema de amortiguación entra en acción momentos antes de alcanzar el final de carrera, antes de alcanzar la posición final, un émbolo amortiguador corta la salida directa del aire al exterior o se dispone de una sección de escape pequeña a menudo ajustable, debido a esto el émbolo se desliza lentamente hasta su posición final.

Los cilindros de doble efecto presentan las siguientes ventajas sobre los cilindros de simple efecto:

- Posibilidad de realizar trabajo en los dos sentidos
- No se pierde fuerza para dejar de comprimir al muelle
- No se aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro como carrera útil.

1.3.2 ELECTROVÁLVULAS O VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS

Estas válvulas se utilizan cuando la señal de accionamiento proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico o mandos electrónicos. Se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas o cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o mando indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro luz pequeño, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios serían demasiado grandes.

Las válvulas eléctricas se clasifican según la cantidad de puertos (entradas o salidas de aire) y la cantidad de posiciones de control que poseen. Por ejemplo, una válvula 3/2.

- 3 = Número de Puertos
- 2 = Número de Posiciones

1.3.2.1 Válvula Distribuidora 3/2 (de mando electromagnético)

Esta válvula tiene 3 orificios o puertos y permite dos posiciones diferentes, tienen el siguiente funcionamiento: al conectar el imán (inducido) es atraído hacia arriba venciendo la resistencia del muelle, se unen los empalmes P y A. El núcleo obtura, con su parte trasera, la salida R, al desconectar el electroimán, el muelle empuja al núcleo hasta su asiento inferior y cierra el paso de P hacia A, el aire de la tubería de trabajo A puede escapar entonces hacia R. Esta válvula tiene

soplado; el tiempo de conexión es muy corto. En la Figura 1.26 se indica lo explicado [8].

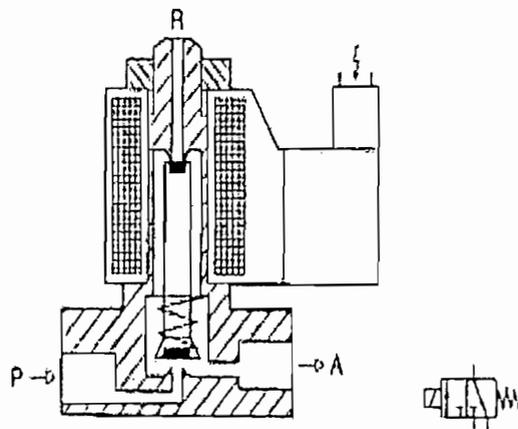


Figura 1.26 Válvula distribuidora 3/2

Por lo general, los distribuidores de tres vías son de dos posiciones -3/2 vías- aunque también pueden ser de tres -3/3 vías- quedando en su posición central o de reposo todas las vías cerradas.

Normalmente, se emplean para el mando de cilindros de simple efecto, finales de carrera neumáticos, como válvulas de puesta en marcha y paro de la instalación o válvulas piloto para el accionamiento de válvulas de tamaño mayor.

1.3.2.2 Válvula Distribuidora 5/2 (de mando electromagnético)

Para gobernar un cilindro de doble efecto, harían falta dos distribuidores de tres vías ya que, además de comunicar con la fuente de presión y cerrar el escape de una de las entradas del cilindro, hay que hacer simultáneamente la operación inversa por la otra entrada, pero en la práctica se utiliza un distribuidor de cinco vías y dos posiciones. La válvula de cinco vías consta de un orificio para la entrada, dos salidas para utilización y los dos escapes correspondientes. Todas las válvulas de cinco vías son de émbolo deslizante [8]. Cada desplazamiento de éste comunica la entrada con una u otra salida, quedando la otra salida conectada al exterior mediante el escape correspondiente. Se utiliza para el control de

cilindros de doble efecto o para accionamiento de válvulas piloto de mayor tamaño.

Aparte de los distribuidores 5/2, existen dos versiones de 5/3 vías: una con ambas salidas a escape en posición central, que deja el cilindro libre y puede usarse para hacer la descarga previa, y otra con todas las vías cerradas para dejar el cilindro inmovilizado o bloqueado en posición central.

Para las mismas funciones que los distribuidores de cinco vías se fabrican distribuidores de cuatro vías. La diferencia fundamental es que los dos orificios de escape se reducen a uno solo. Todos los distribuidores neumáticos que permiten el escape de aire a la atmósfera producen ruidos. Para disminuir el nivel acústico del escape de aire a la atmósfera existen unos elementos, llamados silenciadores, que ayudan a insonorizar el escape del aire.

En la Figura 1.27 se observa las rutas de fluido con una válvula 5/2, conectado a un cilindro de doble efecto.

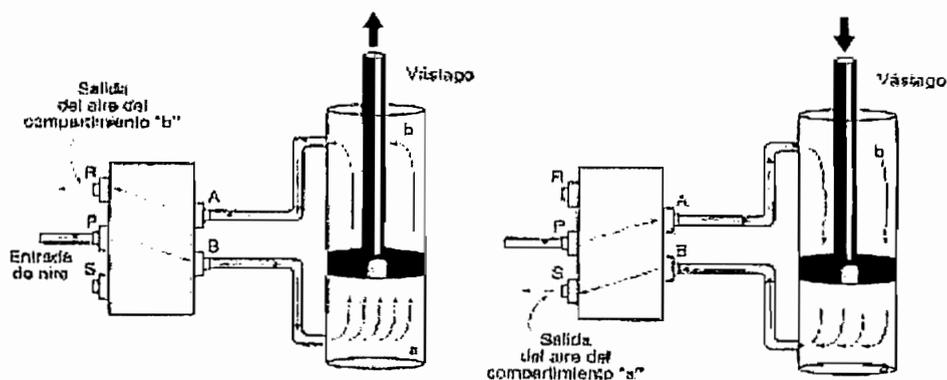


Figura 1.27 Rutas de fluido de una válvula 5/2

A continuación se muestra en la Figura 1.28 la representación de diferentes tipos de válvulas electromagnéticas.

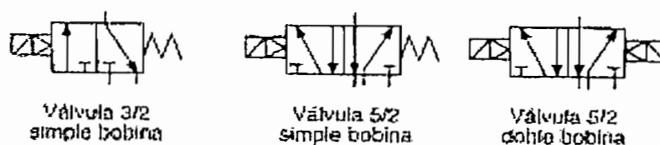


Figura 1.28 Representación de las electroválvulas

1.3.2.3 Caudal de las válvulas

Los datos de pérdida de presión y de caudal de aire de válvulas neumáticas son muy interesantes para la persona que las aplique. Para la elección de las válvulas deben conocerse [8]:

- Volumen y velocidad del cilindro
- Cantidad de conmutaciones exigidas
- Caída de presión admisible

Es indispensable, marcar las válvulas neumáticas con su caudal nominal VN, en el cálculo de los valores de paso deben tenerse en cuenta diversos factores.

En la medición, el aire fluye a través de la válvula en un solo sentido. Se conoce la presión de entrada, y puede medirse la de salida. La diferencia entre estos dos valores es igual a la presión diferencial Ap.

1.3.3 UNIDAD DE MANTENIMIENTO

La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos:

- Filtro de aire comprimido
- Regulador de presión
- Lubricador de aire comprimido

Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

1. El caudal total de aire en m^3/h es decisivo para la elección del tamaño de unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por eso, es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante.
2. La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad y la temperatura no deberá ser tampoco superior a 50 grados centígrados (valores máximos para recipiente de plástico).

En la Figura 1.29 se observa el símbolo de la unidad de mantenimiento y en la Figura 1.30 se observa la unidad de mantenimiento.

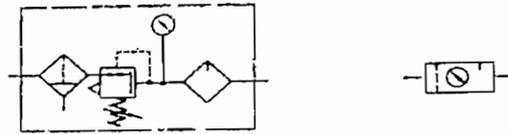


Figura 1.29 Símbolo de la unidad de mantenimiento

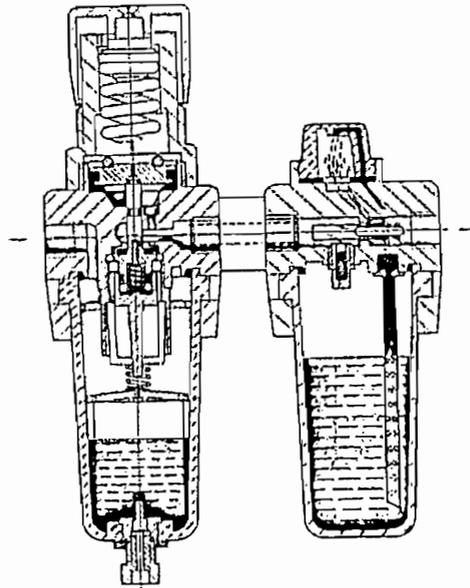


Figura 1.30 Unidad de mantenimiento

1.3.3.1 Filtrado de Aire Comprimido

El filtro es el elemento que tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada.

Para este proceso el aire comprimido tiene que atravesar una chapa deflectora en la que se somete a un movimiento de rotación, los componentes líquidos y las partículas grandes de suciedad se desprenden por efecto de la fuerza centrífuga y se acumulan en la parte inferior del recipiente, en la capa filtradora sigue la depuración del aire comprimido, este separa otras partículas de suciedad. El aire comprimido limpio pasa entonces por el regulador de presión y llega a la unidad de lubricación y de aquí a los consumidores. En la Figura 1.31 se observa el proceso de filtrado.

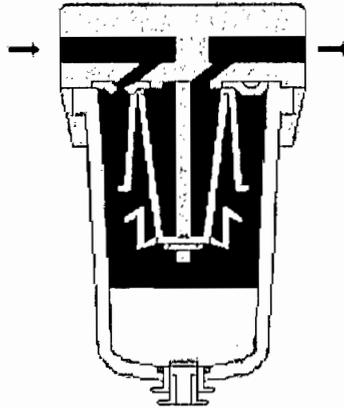


Figura 1.31 Proceso de Filtrado

1.3.3.2 Regulador de Presión

El regulador de presión es el elemento que se encarga de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de aire.

Este pertenece a la etapa de regulación, a continuación en la Figura 1.32 se observa un regulador de presión.

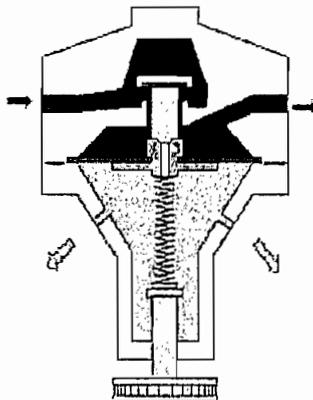


Figura 1.32 Regulador de presión

1.3.3.3 Lubricador de Aire

Los lubricantes son sustancias aplicadas a las superficies de rodadura, deslizamiento o contacto de las máquinas para reducir el rozamiento entre las partes móviles. Los lubricantes naturales pueden ser fluidos o semifluidos (como

los aceites orgánicos y minerales), semisólidos, como la grasa o sólidos como el grafito. En la Figura 1.33 se observa un lubricador de aire comprimido.

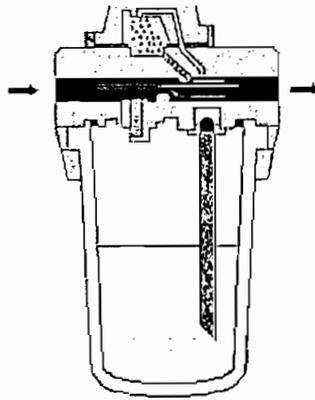


Figura 1.33 Lubricador de aire comprimido

1.4 DISPOSITIVOS DE CONTROL

1.4.1 SENSOR MICRO SWICH O FINAL DE CARRERA

Este tipo de elementos están equipados de dos contactos inductivos, eléctricos o neumáticos, que envían una señal al sobrepasar por arriba o por abajo un valor límite ajustado. En la Figura 1.34 se muestra un sensor final de carrera.

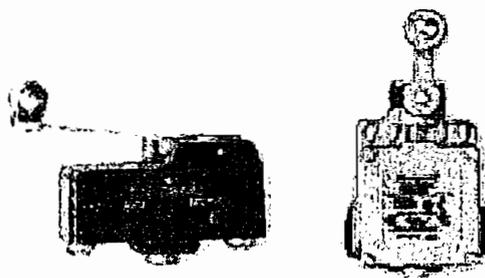


Figura 1.34 Finales de carrera

1.4.2 SENSOR INFRARROJO

El sensor infrarrojo es un dispositivo capaz de transformar una variable física en otra, este sensor se basa en un conjunto emisor – receptor , cuando un objeto se encuentra frente a este conjunto este recepta parte de la luz emitida por el objeto

la misma que es reflejada y demodulada para activar la salida, esto sucede cuando la señal captada es lo suficientemente fuerte.

Los sensores infrarrojos tiene algunas limitaciones, pueden recibir algunas interferencias tanto de luz ambiente como de fuentes de calor, sin olvidar los diversos tipos de telemandos que existen en las casas, por lo que los sensores infrarrojos cuya señal no está demodulada deben limitar la distancia hasta unos 10cm de distancia del dispositivo que genera la señal.

En caso de no estar modulada la señal la capacidad de recibir interferencias es bastante alta aunque si se emplean emisor- receptor que actúen a la misma frecuencia y el receptor se oculta de interferencias externas el circuito es extremadamente estable y sensible únicamente a las señales propias.

Se entiende que el funcionamiento es por rebote, como siempre la señal que dispara el rebote es un microcontrolador y la señal de retorno la recibe este.

En la Figura 1.35 se muestra el esquema del rebote

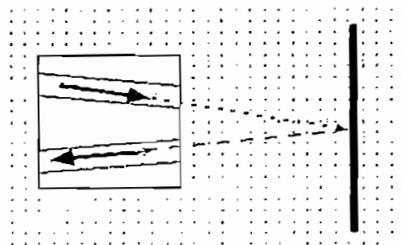


Figura 1.35 Esquema del rebote

1.4.2.1 Sensor Reflexivo IS471F

Este es un sensor basado en el dispositivo SHARP IS471F inmune a la interferencia de la luz normal. Este sensor incorpora un modulador- demodulador integrado en su carcasa y a través de su patilla 4 controla un diodo LED de infrarrojos externo, modulando la señal que este emitirá para ser captada por el IS471F que contiene el receptor. Cuando un objeto se encuentra en frente del conjunto emisor- receptor parte de la luz emitida es reflejada y demodulada para activar la salida en la patilla 2 que pasará a nivel bajo si la señal captada es suficiente fuerte. El uso de luz modulada tiene por objeto hacer al sensor relativamente inmune a las interferencias causadas por la luz normal de una

bombilla o a la luz del sol. El sensor se alimenta por sus patillas 1 y 3 y estas corresponden a Vcc y Gnd respectivamente, la patilla 2 es la salida del detector y la patilla 4 es la salida que modula al led emisor externo. En la Figura 1.36 se observa el sensor reflexivo IS471F [9].



Figura 1.36 Sensor Reflexivo IS471F

1.5 ELEMENTOS MECÁNICOS

1.5.1 PERFILES Y LÁMINAS DE ALUMINIO

1.5.1.1 Perfiles de aluminio

Existen varios modelos y tamaños de perfiles de aluminio, los mismos que se escogen de acuerdo al uso que se le vaya a dar como por ejemplo perfiles en U. En la Figura 1.37 se observa algunos de los diferentes perfiles de aluminio que se encuentran en el mercado.

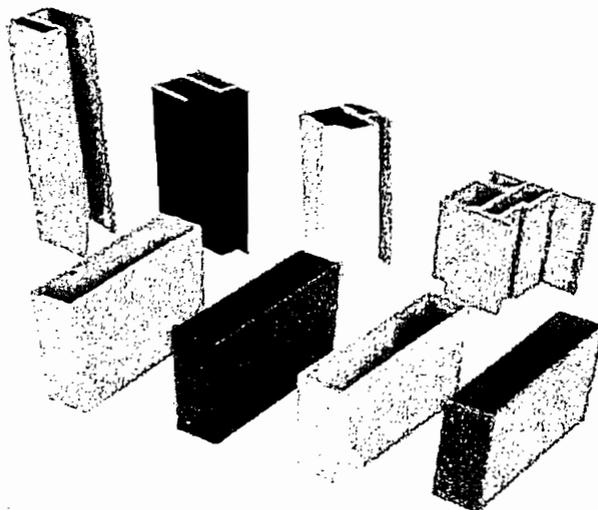


Figura 1.37 Perfiles de aluminio

1.5.1.1.1 Perfiles en U

Estos perfiles son muy utilizados en todo tipo de vivienda pre-fabricada y en puertas de baño y puertas antimosquitos.

En la Figura 1.38 se muestra los perfil diferentes tipos de perfiles en U que se utilizan en la industria.

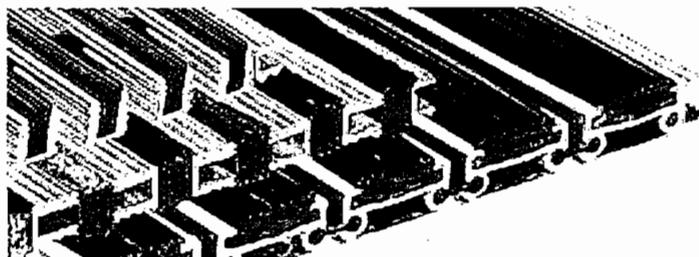


Figura 1.38 Perfiles en U

En la Figura 1.39 se muestra los diferentes tipos de perfiles en simple, doble y triple U que se encuentra en el mercado.

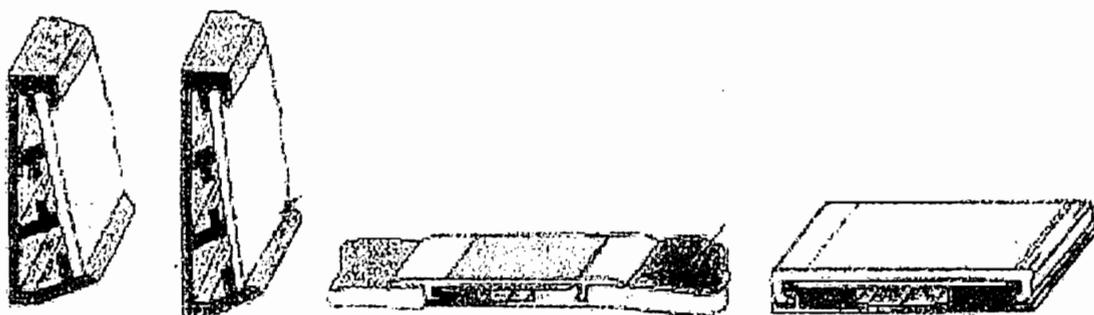


Figura 1.39 Perfiles en U dobles y triples

1.5.1.2 Láminas de aluminio

Son utilizadas por su peso reducido, por su facilidad de corte y manipulación cuando se construye una determinada pieza.

1.5.2 SUJETADORES DE ROSCA

Los sujetadores de rosca son importantes en la construcción de todo tipo de maquinaria y dispositivos utilizados en procesos y proyectos, existe dos clases básicas de sujetadores: permanentes (remaches, soldaduras, etc.) y desmontables (pernos, tornillos, tuercas, etc.).

1.5.2.1 Pernos y Tornillos

Un perno es un sujetador roscado externamente, diseñado para ser introducido entre agujeros de piezas ensambladas, normalmente se aprieta o se afloja aplicando un momento de torsión a la tuerca.

Un tornillo es un sujetador roscado externamente capaz de ser introducido en los agujeros de piezas ensambladas, casando con una rosca interna performada o formando su propia rosca de case (rosca que va formando el tornillo por sí mismo) y se aprieta o se afloja aplicando un momento de torsión a su cabeza [10].

1.5.2.2 Tornillos Aterrajantes

Los tornillos aterrajantes se diseñan para tallar o formar una rosca de case en metal, plástico u otros materiales, estos sujetadores de una pieza permiten una instalación rápida, ya que no se utilizan tuercas y se requiere únicamente acceso por un lado de la junta. La rosca tallada por el tornillo aterrajante ajusta apretadamente con la rosca del tornillo, este ajuste mantiene apretado al tornillo aún con condiciones vibratorias y previene el aflojamiento del tornillo. Los tornillos aterrajantes pueden o no necesitar un agujero aterrajado para su montaje.

Los agujeros aterrajados se realizan creando en la primera pieza a sujetar un agujero del diámetro mayor del tornillo y en la segunda un agujero del diámetro menor del tornillo, con lo que en el primer agujero el tornillo pasa libremente y en el segundo forma la rosca case.

1.5.3 ACCESORIOS

1.5.3.1 Accesorios Roscados

Se usan generalmente en todo tipo de instalaciones en las que se necesite acoplamiento de varias piezas, estos accesorios pueden ser: T macho y hembra, nipples, etc.

Una T macho y hembra consta de dos roscas hembras y de una rosca macho, facilita el acople de varios accesorios roscados.

Nipples son mangas de tubos con roscas en sus dos extremos, se encuentran disponibles en diferentes materiales.

1.5.3.2 Rulimanes

Son utilizados para reducir la fricción que se genera al realizar un movimiento entre dos superficies, de esta manera el movimiento se puede realizar con la menor fuerza posible.

1.6 SISTEMAS DE LIMPIEZA

1.6.1 LIMPIEZA AUTOMATICA pH/ORP

El monitoreo de sistemas pH/ORP consiste en un sensor pH/ORP, un monitor electrónico y accesorios de hardware. El sensor se encarga de medir el pH de la superficie que se quiera limpiar y dependiendo de este valor se expulsará aire comprimido para limpieza, mediante un compresor pequeño y unos dispositivos adaptados al sistema [11].

1.6.1.1 Sensor pH / ORP

Los sensores pH son de junta doble de vidrio prensado, los sensores ORP son cada uno de doble junta de plata u oro, la diferencia de estos radica en el material del que están contruidos por ende soportan diferentes condiciones de

trabajo. El sensor puede ser montado en dos partes o dos módulos, dando un módulo de sensor total, el control de este sistema será rápido y fácil para el servicio, además intercambiando los módulos de reserva se puede dar una breve solución cuando exista algún daño en el equipo.

El sensor pH/ORP puede ser reemplazado por un sistema integrado para limpieza automática que consiste de un sensor liviano de acero que se encuentra inmerso en el sistema integrado. La frecuencia de limpieza será programada en el monitor electrónico para cada 4 horas o para cada 24 horas mediante el software utilizado. El sistema de limpieza automático ejecuta la limpieza mediante un electrodo usando aire comprimido cogiendo el electrodo la acción limpiadora acumulando depósitos en él, todo esto utilizando las salidas análogas y digitales del controlador. El sistema de limpieza puede no requerir de un operador activo porque el sistema es automático pero si debe ser asignado un operador para la supervisión del sistema y para la secuencia si se desea [11].

1.6.1.2 Monitor pH/ORP

El monitor pH/ORP aloja un NEMA 4X Fiberglass [11] que debe estar colocado a la salida de una puerta. Una mejor limpieza de una ventana puede hacerse accediendo a un control visual externo en caso de necesitarse (en este caso el monitor).

El monitor puede estar dispuesto de un display digital o de un display LCD, este display alterna la visualización de datos de temperatura, setpoints de alarmas y valores de salidas análogas, además se puede mostrar estos datos en el panel frontal. La cubierta del sistema puede ser realizada mediante un software y toda la configuración del programa puede ser protegido por un código de acceso.

El monitor puede ser implementado de dos alarmas programables independientes con control de relés, los valores de estos sensores se setean en un rango completo de un instrumento y pueden ser programados cada uno como baja o alta alarma, adicionalmente pueden ser programados con tiempos diferentes uno del otro. Una tercera alarma puede ser implementada con los dos valores seteados que ya se tenía uno para bajo pH y otro para alto pH. El monitor puede estar dispuesto de un display digital o de un display LCD, este display alterna la

visualización de datos de temperatura, setpoints de alarmas y valores de salidas análogas, además se puede mostrar estos datos en el panel frontal. La cubierta del sistema puede ser realizada mediante un software y toda la configuración del programa puede ser protegido por un código de acceso.

Las dos salidas proveen una señal de 4 – 20 mA, cada salida puede ser programada según el uso o según la temperatura a la que se encuentre el sensor de pH, ambas salidas pueden ser designadas con diferentes escalas de valores de pH. La medida de un dato de pH puede ser programada en un rango mínimo de 0 - 1.00 pH o un máximo de 0 - 14.00 pH.

1.6.1.3 Ensamblaje Monitor pH/ORP

Por cada monitor pH/ORP es necesario proveer de un kid especial, es decir equipos estándares que soporte el monitor de pH/ORP, además de los LCD de 4 pines. Montando soportes que pueden ser de aluminio y un hardware que puede tener cubierta de acero [11].

1.6.1.4 Montaje del sensor pH / ORP

La cubierta del sensor deberá ser de aluminio para que soporte los agentes corrosivos que puedan existir. Los cables deben ser llevados por tubería PVC [11].

1.6.2 LIMPIEZA MEDIANTE RODILLOS

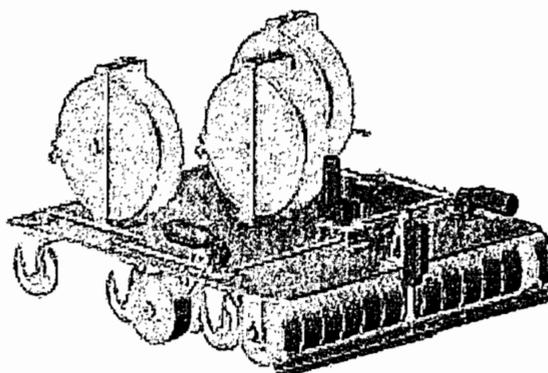


Figura 1.40 Limpieza con rodillos

La limpieza mediante rodillos se basa en el acondicionamiento del material que posee el rodillo para que este pueda absorber de manera eficiente la cantidad de líquido enviado por el dosificador. En la Figura 1.40 se observa la implementación del sistema de limpieza mediante rodillos y sujetado por poleas. Cabe aclarar que el dosificador se encontraría sujetado de manera independiente al sistema de rodillos y está compuesto de un compresor que es el que se encarga de enviar la cantidad de líquido limpiador hacia un cilindro de material no oxidable encargado de distribuir el líquido, en la Figura 1.41 se muestra lo expuesto.

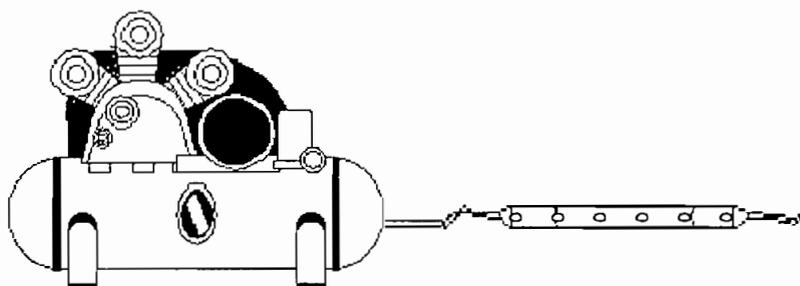


Figura 1.41 Acople de limpieza

1.6.3 LIMPIEZA MEDIANTE PLUMILLAS: LIMPIADOR DE PARABRISA

Los limpiadores de parabrisas están montados en la parte frontal del vehículo y son usados para limpiar la lluvia o la nieve asegurando al conductor un buen campo de visión. El sistema limpiador consiste de una unidad de motor que genera potencia, una conexión que transmite la potencia, los brazos limpiadores, que barren adelante y atrás cruzando el vidrio y las plumillas limpiadoras, que se ponen en contacto con el propio vidrio. El sistema lavador de ventanas mejora el cumplimiento de los limpiadores de parabrisas por pulverización del mismo con fluido lavador para quitar el polvo, insectos y otros materiales del vidrio cuando funciona el limpiador. Casi todos los sistemas lavadores de ventanas son electrónicos, consisten en un motor lavador que bombea el fluido lavador y un tanque que sostiene el fluido lavador y toberas que pulverizan el fluido sobre los parabrisas.

1.6.3.1 Elementos del limpiador

1.6.3.1.1 Plumillas Limpiadoras

Las plumillas limpiadoras son hechas de una conexión que amolda la forma de la plumilla a la curvatura del parabrisas y una plumilla de jebe soportada por la conexión que hace la verdadera limpieza de la superficie del vidrio. Las propiedades de la plumilla de jebe es que están diseñadas para lograr un balance entre las propiedades de dureza, forma y presión del jebe.

1.6.3.1.2 Brazos Limpiadores

El brazo limpiador se encuentra anexo a la conexión del limpiador y tiene la plumilla limpiadora anexo a este. Este mueve la plumilla limpiadora hacia atrás y adelante cuando el sistema limpiador opera. Un resorte es instalado entre el brazo y la cabeza del brazo que aplica presión para mantener la plumilla presionada contra la superficie del vidrio tan uniformemente como sea posible.

1.6.3.1.3 Motor Limpiador

Este motor limpiador es un motor de DC que opera los limpiadores del parabrisa. Se usa mecanismo de interruptor para interrumpir al motor entre dos velocidades, esto hace posible cambiar de velocidad al limpiador.

1.6.3.1.4 Motor Lavador

Este motor es de corriente continua, es un motor pequeño, el cual es montado en la parte inferior del tanque del lavador. Un impulsor interior gira el motor haciendo que el fluido salga hacia fuera del tanque.

1.6.3.1.5 Fluido Lavador

Este es un fluido que se encuentra formado principalmente por alcohol y con agua, un limpiador con agentes anti-oxidantes y otras sustancias añadidas, esto se debe a que debe tener propiedades que protegen de la penetración al jebe o a la pintura.

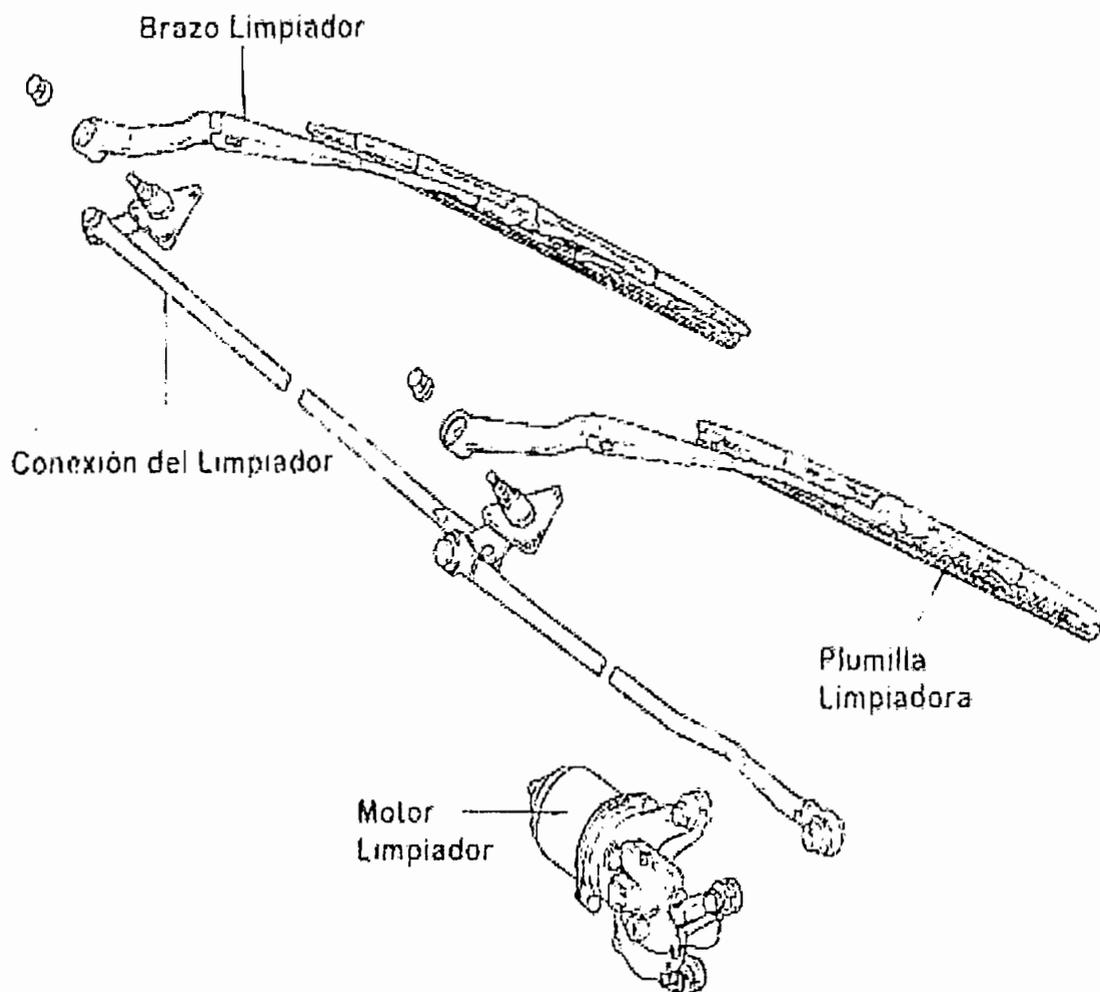


Figura 1.42 Limpieza con plumillas

1.7 ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DEL ROBOT LIMPIADOR DE FACHADAS VERTICALES

En los siguientes capítulos se describirá la construcción de un robot limpiador de fachadas verticales para lo cual se ha escogido un sistema de ventosas y generadores de vacío para la suspensión, un sistema de cilindros para el movimiento del mismo, para este sistema neumático se necesita alimentación de aire comprimido el cual será provisto por un compresor, para la estructura se han escogido láminas y perfiles de aluminio en U y U dobles además de todos los accesorios de acople tanto neumáticos como mecánicos, el sistema de limpieza utilizado es mediante plumillas y rodillos fijos. El control se realizará mediante un sistema inteligente a base de un microcontrolador PIC 16F877, compuesto por sensores infrarrojos, sensores micro-switch, sensor de nivel y electroválvulas.

CAPITULO 2

DISEÑO DEL PROTOTIPO

El diseño que a continuación se describirá, fue realizado en base a una serie de consideraciones necesarias para el funcionamiento del prototipo. Dichas consideraciones fueron tomadas en cuenta luego del estudio de diversas alternativas de movimiento, de sujeción, de control y de limpieza, puestas en funcionamiento en robots de limpieza existentes.

Una consideración importante es el peso y el tamaño del prototipo, debido a que la sujeción del prototipo es perpendicular a la superficie de contacto que en este caso es el vidrio de una ventana o de una fachada vertical, a continuación se describe el diseño de dicho prototipo.

2.1 DISEÑO MECÁNICO DEL PROTOTIPO

2.1.1 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO MECÁNICO DEL PROTOTIPO

La primera consideración de diseño para el prototipo es el peso, se partió de el hecho de que el robot no exceda el peso máximo de 10Kg, dicha consideración fue tomada del previo estudio de otros prototipos ya existentes, los cuales tienen un promedio de 10Kg de peso debido a que funcionan en ventanas o fachadas de un tamaño mínimo de 2m de lado. Bajo el hecho de que el peso total del robot es 10Kg, se eligió el tamaño de las ventosas, la fuerza de los cilindros, material del que va a ser construido el prototipo y el tamaño del robot. El tamaño del robot se consideró que sea de 40 x 30 cm, siendo esta junto con el peso consideraciones básicas para comenzar el diseño del prototipo. Con estas dos consideraciones básicas a continuación se detalla la forma en la que se eligió todos los parámetros y sistemas que conforman el mismo.

Los parámetros y sistemas para el diseño mecánico del prototipo son las siguientes:

- Sistema de sujeción
- Sistema de movimiento
- Sistema de limpieza
- Tamaño del prototipo
- Forma del prototipo
- Peso del prototipo

2.1.1.1 Sistema de sujeción

El sistema de sujeción elegido para el prototipo es mediante ventosas y generadores de vacío los cuales generan el vacío suficiente para que las ventosas puedan funcionar.

Las ventosas funcionan en dos tiempos para lograr el movimiento del robot sobre la ventana o fachada, es decir para que el robot sea capaz de caminar, un juego de 4 ventosas funcionan como soporte principal y dos ventosas sirven como soporte de movimiento. Cuando el soporte principal esta funcionando, es decir el juego de cuatro ventosas esta plantado en el vidrio, el robot cumple su ciclo de limpieza. El tamaño de las ventosas fue elegido bajo la primera consideración de diseño del prototipo, es decir el peso de 10Kg, además las características de las ventosas debían permitir que el robot se plantara perpendicular a la superficie de contacto de las ventosas, es decir la fuerza de fricción debería ser alta. En la Tabla 2.1 se muestran las características de las ventosas utilizadas para el prototipo.

Tabla 2. 1 Características de las ventosas

Funcionamiento	Tipo de ventosa	Características
- Soporte principal (se cumple el ciclo de limpieza)	Ventosas F-50	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Adecuada para superficies planas. ➤ Buena estabilidad y poco movimiento inherente. ➤ Los refuerzos impiden que el objeto sea succionado al interior de la ventosa y deformado.
- Soporte de movimiento (el robot se traslada)	Ventosa F-50 Ventosa F-75	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apropiaada para ambas elevaciones paralela y vertical, ya que los refuerzos ofrecen un aumento de fricción.

Las características técnicas de las ventosas se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2. 2 Datos técnicos de las ventosas

Modelo	Fuerza de elevación vertical a la superficie, N, a nivel de vacío			Fuerza de elevación paralela a la superficie, N, a nivel de vacío		
	20-KPa	60-KPa	90-KPa	20-KPa	60-KPa	90-KPa
F50	36	74	96	24	40	50
F75	80	200	270	60	110	140

En este caso se trabaja con alrededor de -60KPa y las ventosas trabajan perpendicular a la superficie de contacto, entonces se tiene que las ventosa F-50 es capaz de soportar un peso máximo de 4Kg y la ventosa F-75 soporta un peso máximo de 11Kg.

El soporte principal está compuesto de un juego de cuatro ventosas tipo F-50 las cuales como se indicó anteriormente soportan de manera individual 4Kg,

entonces el conjunto de las cuatro ventosas soporta un peso máximo de 12Kg, el soporte de movimiento está formado por una ventosa F-75 (se eligió la ventosa F-75 debido a que aproximadamente soporta el peso que en conjunto soportan las cuatro ventosas F-50 utilizadas en el soporte principal, es decir 11Kg) y una ventosa F-50, entonces el soporte de movimiento en total soporta un peso máximo de 15Kg.

El soporte de movimiento consta de dos ventosas debido a que la ventosa F-75 soporta el peso total del robot y la ventosa F-50 le da estabilidad a la ventosa F-75, con esto aumenta la estabilidad así como la superficie de contacto del robot en el momento en que este se traslada. En la Figura 2.1 se muestra las ventosas utilizadas en el prototipo.



Figura 2. 1 a) Ventosa F-75 y b) Ventosa F-50

Los generadores de vacío se eligieron debido a su peso y a su tamaño reducidos ya que para que generen el vacío suficiente para que las ventosas se peguen correctamente a la superficie de contacto sin que exista peligro de que el robot resbale o se despegue causando la caída del mismo, deben estar lo más cerca posible de las ventosas, lo que quiere decir que deben estar situados en el robot.

Las características de los generadores de vacío son:

- Trabajan desde 2 a 6 bares
- Generan un vacío de hasta -60KPa

En la figura 2.2 se muestra el generador de vacío, utilizado en el prototipo.

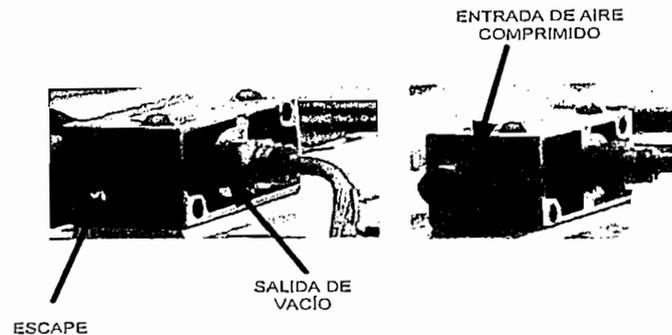


Figura 2. 2 Generadores de vacío

2.1.1.2 Sistema de movimiento

En el prototipo se eligió para el sistema de movimiento cilindros neumáticos de doble efecto debido a que se necesita aire comprimido para generar el vacío necesario para que las ventosas puedan plantarse al vidrio, la carrera de los cilindros se eligió debido a la consideración de tamaño del prototipo (40 x 30 cm), y la fuerza se eligió en base al peso del prototipo (10Kg). El prototipo tiene tres movimientos: movimiento en x, en y, y en z, por esta razón existen tres cilindros uno para cada movimiento, a los cuales se les ha nombrado como A, B, y C dependiendo de su carrera es decir A es el de carrera más larga y el C el de carrera más corta.

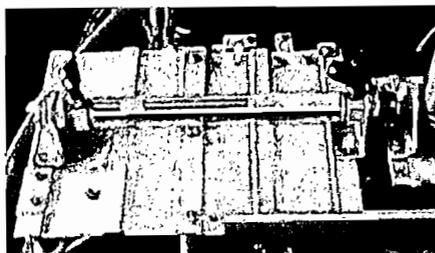
Para el movimiento en x existe el cilindro B el cual tiene una carrera de 100mm, para el movimiento en y el cilindro A con una carrera de 120mm, y para el movimiento en z el cilindro C con carrera de 50mm. En la Tabla 2.3 se describen las características de los cilindros utilizados en el robot limpiador.

Tabla 2. 3 Características de los cilindros utilizados en el prototipo

Cilindros (doble efecto)	Movimiento	Diámetro (mm)	Carrera (mm)	Fuerza de salida (N)	Fuerza de retorno (N)	Peso que mueve (Kg)
A	X	16	120	106	91	10
B	Y	16	100	106	91	10
C	Z	25	50	260	218	20



a)



b)



c)

Figura 2. 3 a) Cilindro A, b) Cilindro B, c) Cilindro C

Los cilindros A y B tienen un diámetro de 16mm debido a que son capaces de mover un peso máximo de 10Kg y son livianos, el cilindro C en cambio es de 25mm de diámetro debido a que sobre el vástago de este se encuentra situado todo el peso del robot en el momento en que este se desprende para poder trasladarse, de esta manera el robot mantiene su estabilidad. Debido a que el vástago gira con respecto a la cámara, el cilindro C (movimiento z) tiene un sistema antigiro el cual está formado por tres placas y dos varillas de acero inoxidable, dos de las placas sirven de guía para las varillas las cuales evitan que el cilindro gire al momento en que el soporte principal (juego de cuatro ventosas)

se desprende, con este sistema antigiro se evita que el prototipo gire, la tercera placa sirve como sujeción del sistema al prototipo además sirve de guía para las varillas.

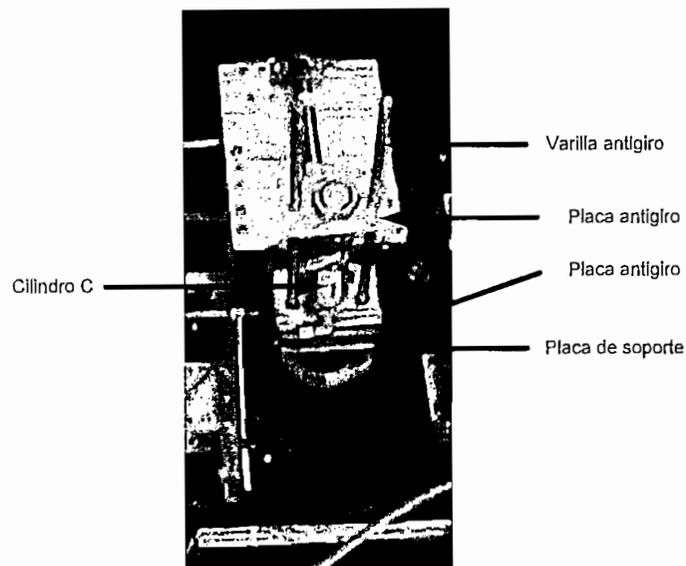


Figura 2. 4 Sistema antigiro

2.1.1.3 Sistema de limpieza

El sistema de limpieza fue diseñado debido a que luego de varias pruebas fue la mejor alternativa tomando en cuenta el movimiento del mismo, el tamaño y la forma. El sistema de limpieza está formado por una plumilla, un soporte para la esponja la cual tiene la función de humedecer el vidrio para que la plumilla pueda limpiar y un tanque de agua, el cual tiene un sensor de nivel y además una bomba para que el agua pueda llegar hasta la esponja que se encuentra en el prototipo, el tanque de agua no está sobre el prototipo. Para el montaje del sistema de limpieza se utilizó placas de aluminio. En la Figura 2.5 se muestra el sistema de limpieza.

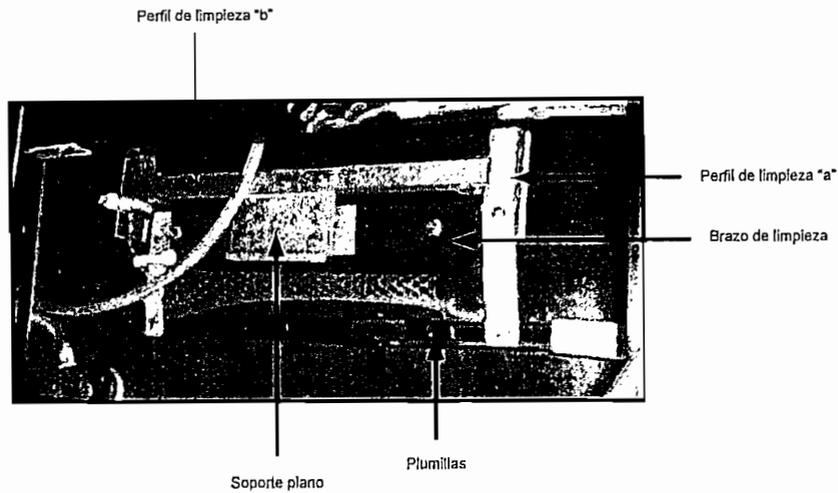


Figura 2. 5 Sistema de limpieza

2.1.1.4 Tamaño del prototipo

El tamaño del prototipo fue diseñado debido al previo estudio de otros tipos de robots limpiadores, también a la distancia que el robot debería desplazarse sin que sufriera inestabilidad y a la superficie que el prototipo iría limpiando cuando plante el soporte principal (juego de cuatro ventosas), este tamaño es de 40 cm de largo por 30 cm de ancho.

2.1.1.5 Forma del prototipo

La forma del prototipo se diseño debido a que el sistema de movimiento se realiza mediante cilindros, los cuales deben tener un movimiento fluido y sin obstáculos, por esta razón el armazón del robot es como el de una ventana.

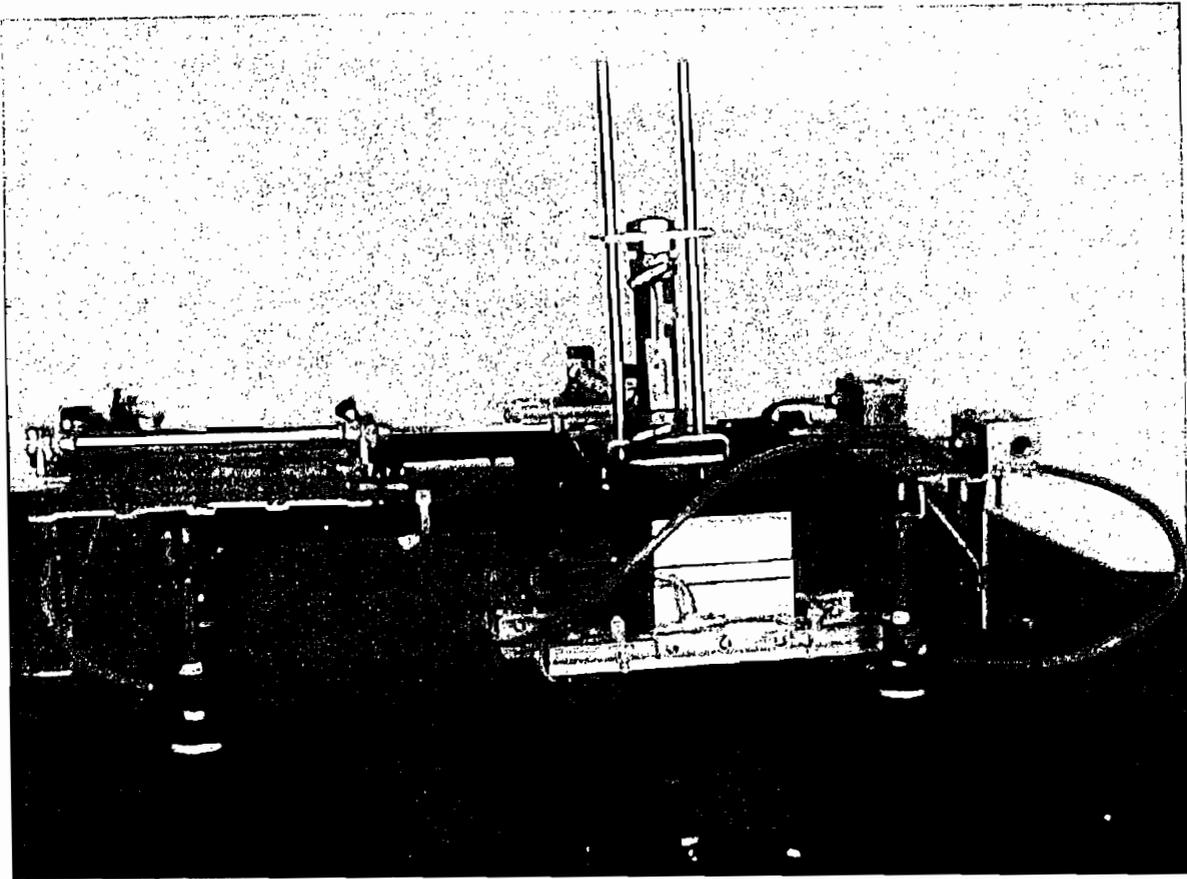


Figura 2. 6 Prototipo del robot limpiador

2.1.1.6 Peso del prototipo

El peso del prototipo como se dijo anteriormente se dimensionó bajo la consideración de que no sobrepasara los 10Kg, dicha consideración parte del estudio de otros tipos de robots limpiadores existentes, el peso total del prototipo esta compuesto por el peso del material del que fue construido, del sistema de movimiento, del sistema de sujeción y del sistema de limpieza. El material elegido para la construcción del prototipo es el aluminio debido a que es un material resistente y liviano, además se lo puede perforar y cortar con facilidad, una característica importante del aluminio es que mantiene su forma, si no es expuesto a golpes muy fuertes. El prototipo está construido en base de perfiles de aluminio en U, de perfiles de aluminio en U dobles, y de láminas de aluminio, los cuales son utilizadas para los marcos del robot y para la sujeción de los cilindros respectivamente, para las patas del robot se utilizó nepløş de cobre y para sujetar

las patas ángulos de hierro, además de conectores de cobre para sujetar las ventosas. Para el sistema antigiro del prototipo se utilizó acero inoxidable debido a que este tipo de material no se dobla y aunque es más pesado que el aluminio, no le genera un peso excesivo al robot, el sistema de limpieza esta compuesto por plumillas y un soporte para la esponja o rodillo estático para la sujeción del sistema se utilizó placas de aluminio.

El prototipo construido tiene un peso aproximado de 5Kg, en el diseño se estimó un peso máximo de 10Kg, por cuanto los cilindros pueden manejar un peso máximo de 10Kg, y las ventosas pueden soportar sin resbalar ni desprenderse un máximo de 12 Kg, el prototipo entonces está dentro de los límites de diseño en cuanto al parámetro peso.

2.2 ESTRUCTURA MECÁNICA DEL PROTOTIPO

El prototipo está construido principalmente de aluminio, y consta de dos marcos un principal y un secundario, estos son la base del prototipo, todos los elementos están montados sobre dichos marcos. El marco principal está compuesto por perfiles en U dobles, el marco secundario está compuesto por perfiles en U, los perfiles están unidos mediante tornillos y remaches, este último corre dentro del marco principal, con esto se tiene el movimiento "y" del prototipo, dentro del marco secundario hay una guía la cual esta hecha de lámina de aluminio, para que la guía corra tiene rulimanes que facilitan su movimiento dentro del marco secundario, así se tiene el movimiento "x", y el movimiento "z" lo realiza el cilindro C al entrar y retornar su vástago. En el marco principal a uno de sus lados está ubicado un soporte hecho de lámina de aluminio sobre el cual se monta el cilindro A mediante unos pies de montaje exclusivos para este tipo de cilindro y sujeción horizontal, al otro lado está ubicada una lámina de aluminio sobre la cual se montan los generadores de vacío, en el marco secundario se monta un soporte también de lámina de aluminio sobre el cual está montado el cilindro B, con una sujeción idéntica a la del cilindro A, dichas camas se unen a los marcos mediante tornillos aterrajantes. El vástago del cilindro A está sujeto a un lado del marco secundario mediante la pieza de unión horizontal hecha de aluminio, la sujeción es mediante tuercas, mientras que el vástago del cilindro B está sujeto a un lado

de la guía C mediante la pieza de unión vertical del mismo modo la sujeción es mediante tuercas.

Sobre la guía C se monta el cilindro C el cual está sujeto a dicha guía mediante tuercas exclusivas para este tipo de cilindro, sobre este cilindro se monta el sistema antigiro el cual consta de tres placas y dos varillas de acero inoxidable, dos de las placas denominadas como placas antigiro se sitúan tanto en la culata como en el frente del cilindro sujetadas al mismo mediante tuercas exclusivas para este tipo de cilindro y una tercera denominada placa de soporte está ubicada en el vástago del cilindro C unida al mismo mediante un conector en cruz el cual consta de cuatro roscas hembra, para reforzar esta unión se tiene una rodela plana, las placas antigiro tienen agujeros para el paso de las dos varillas que impiden el giro del vástago con respecto a la cámara, mientras que la placa de soporte tiene agujeros un poco más pequeños para ajustar las varillas, dichas varillas son roscadas en un extremo y mediante tuercas se sujetan a la placa de soporte. A los cuatro lados del marco principal se ubican ángulos de hierro los cuales están unidos mediante tornillos aterrajantes, en dichos ángulos se unen neplos los cuales forman las patas del robot, los neplos están unidos a los ángulos mediante tuercas las que están ubicadas a los dos lados del ángulo y mediante contra torque se sujetan al ángulo, al otro lado de los neplos están ubicadas T que tienen 2 roscas hembra y una rosca macho, mediante las cuales se unen las ventosas F-50, que son el soporte principal.

La unión de la ventosa F-75 y de la ventosa F-50 del soporte de movimiento se hace mediante uniones roscas y conectores en cruz, la unión entre ellas es mediante una varilla de acero inoxidable denominada varilla de conexión.

En la Tabla 2.4 se muestra los elementos utilizados en la construcción del prototipo.

Tabla 2. 4 Elementos que componen el prototipo

Elemento	Material	Función
Perfil en U	Aluminio	Construcción del marco secundario
Perfil en U doble	Aluminio	Construcción del marco principal
Láminas	Aluminio	Soportes
Neplos	Cobre	Uniones
Ángulos	Hierro	Uniones
Sistema antigiro	Acero inoxidable	No giro de cilindro
Conectores	Cobre	Uniones
Ventosas	Diversos materiales	Sujeción
Cilindro "A"	Acero inoxidable	Movimiento
Cilindro "B"	Acero inoxidable	Movimiento
Cilindro "C"	Acero inoxidable	Movimiento
Soporte para la esponja	Plástico	Sistema de limpieza
Plumillas		Sistema de limpieza
Generadores de vacío	Acero inoxidable	Sujeción

En los siguientes diagramas se describirá el montaje de todos los elementos del prototipo.

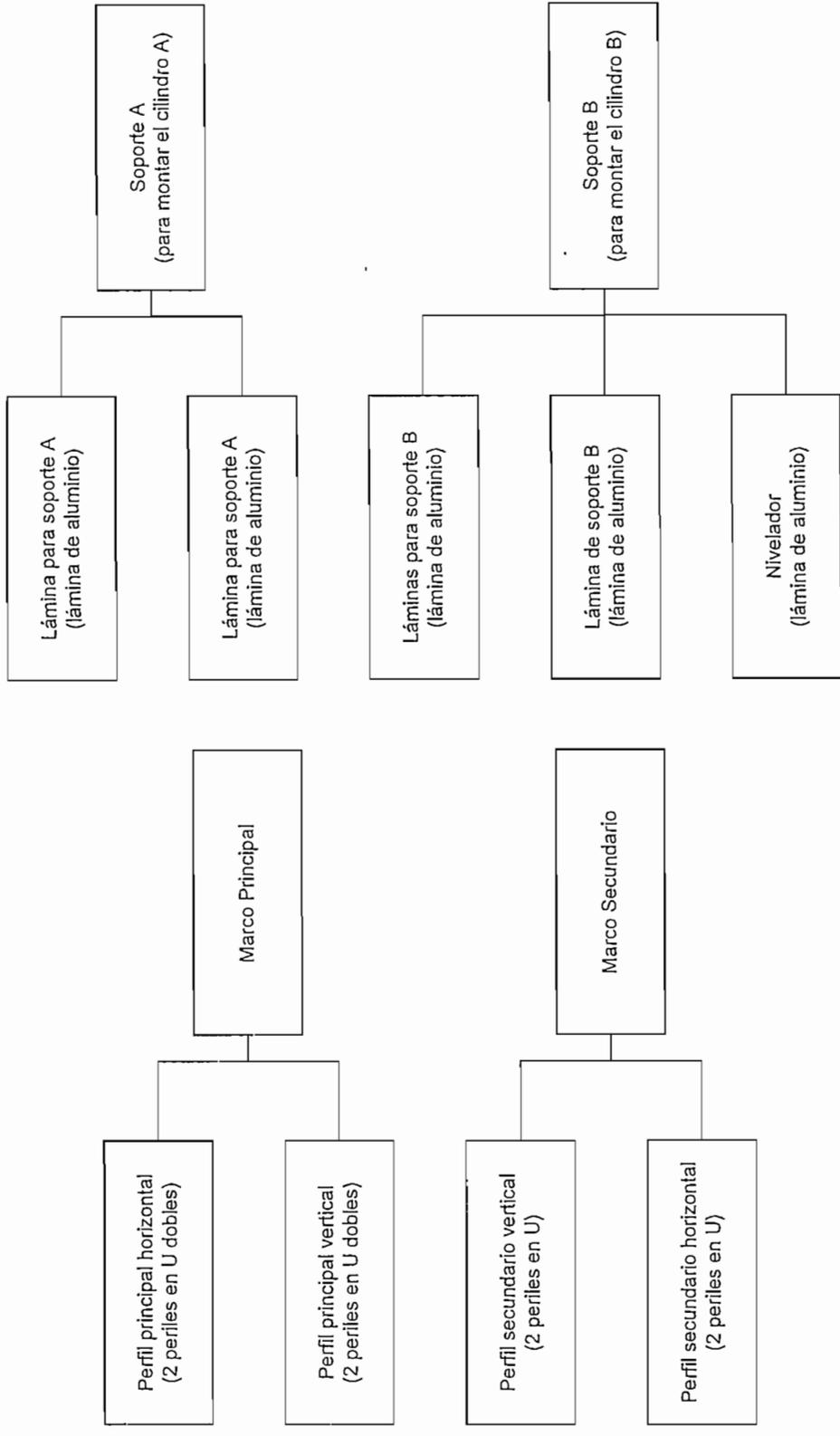


Figura 2. 7 Esquema de marcos y soportes del prototipo

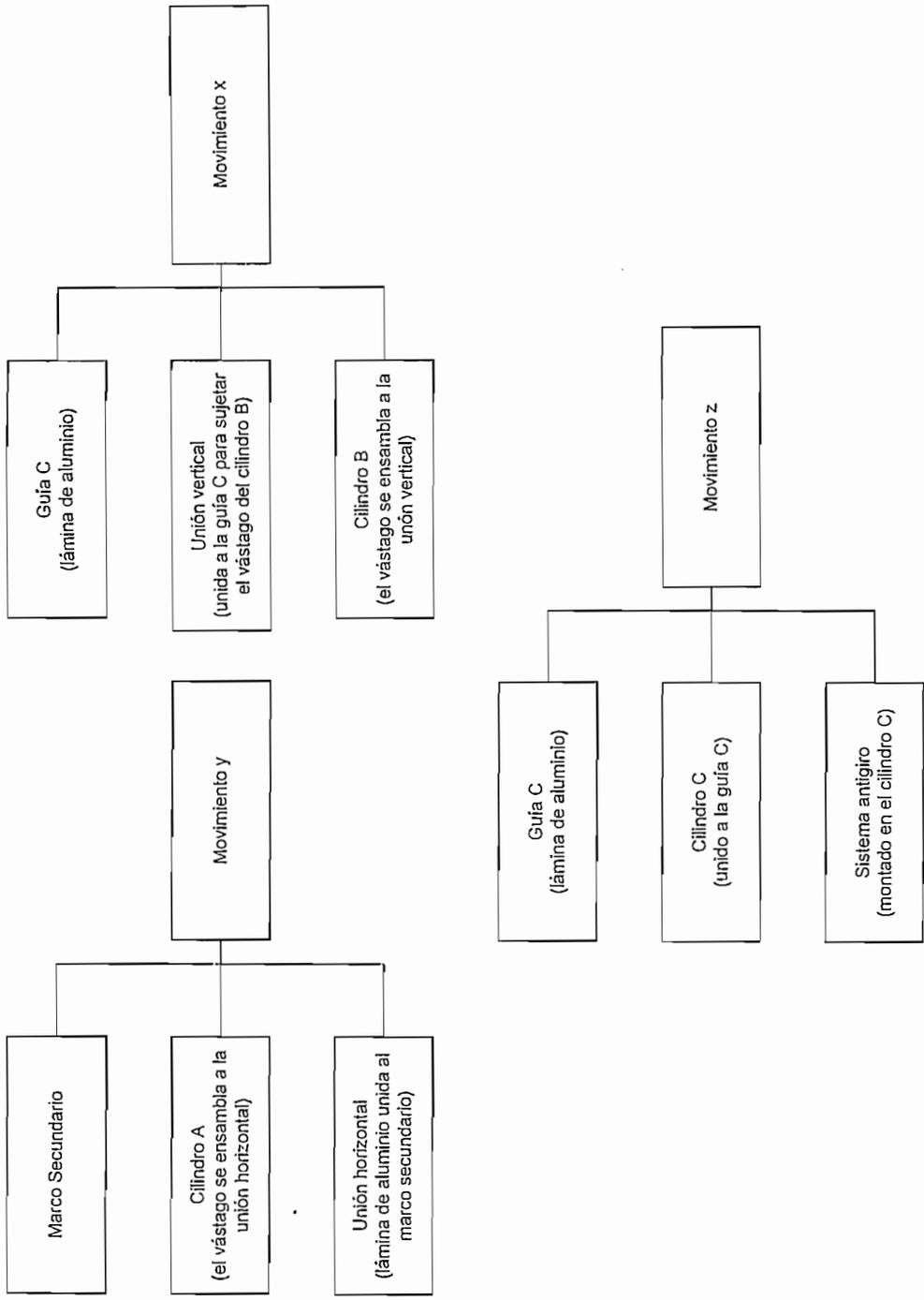


Figura 2. 8 Esquema de los movimientos del prototipo

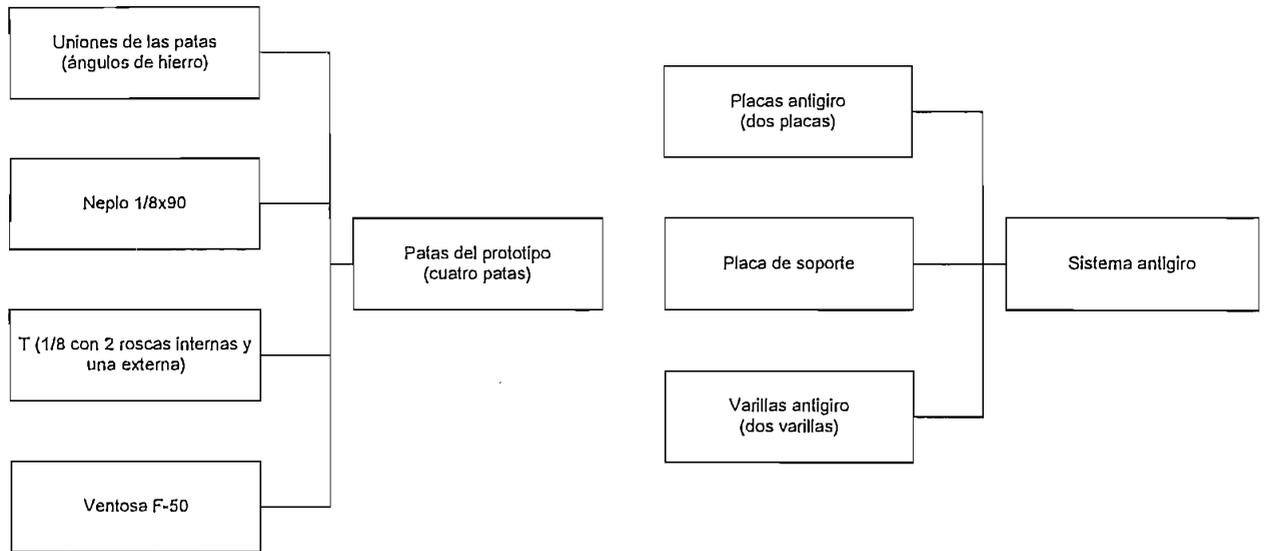


Figura 2. 9 Esquema de las patas y del sistema antigiro

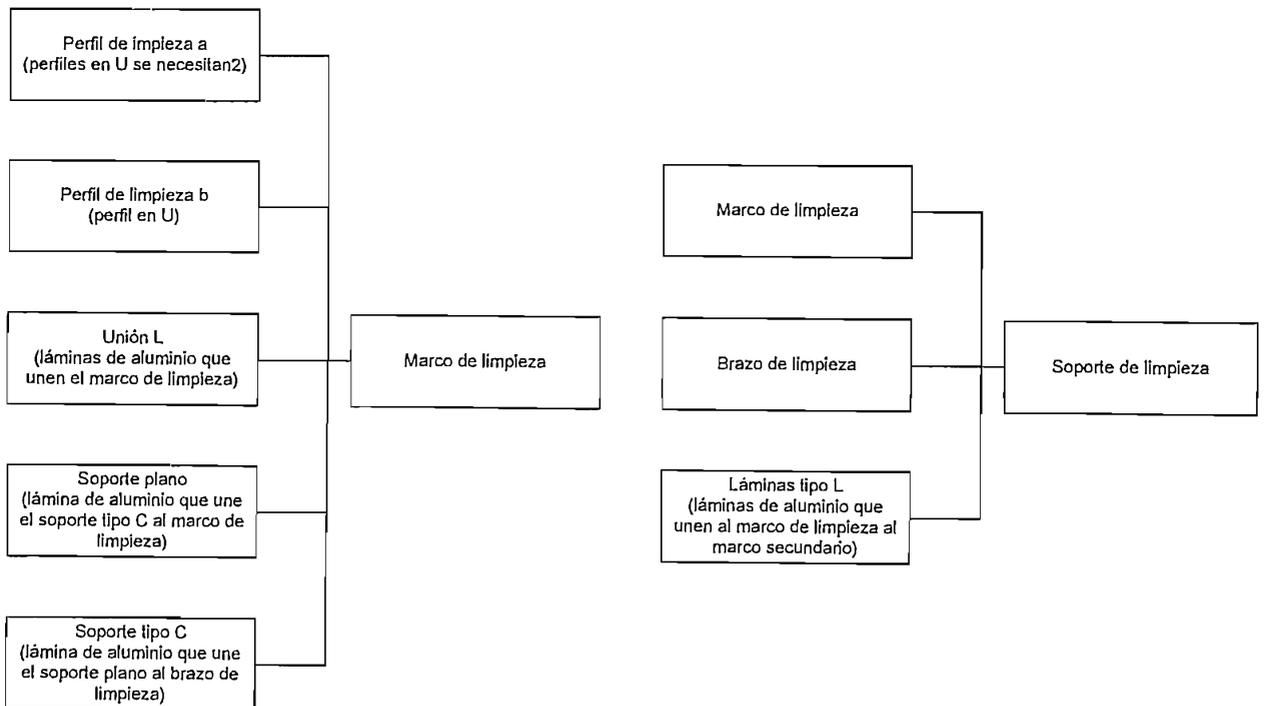


Figura 2. 10 Esquema del sistema de limpieza

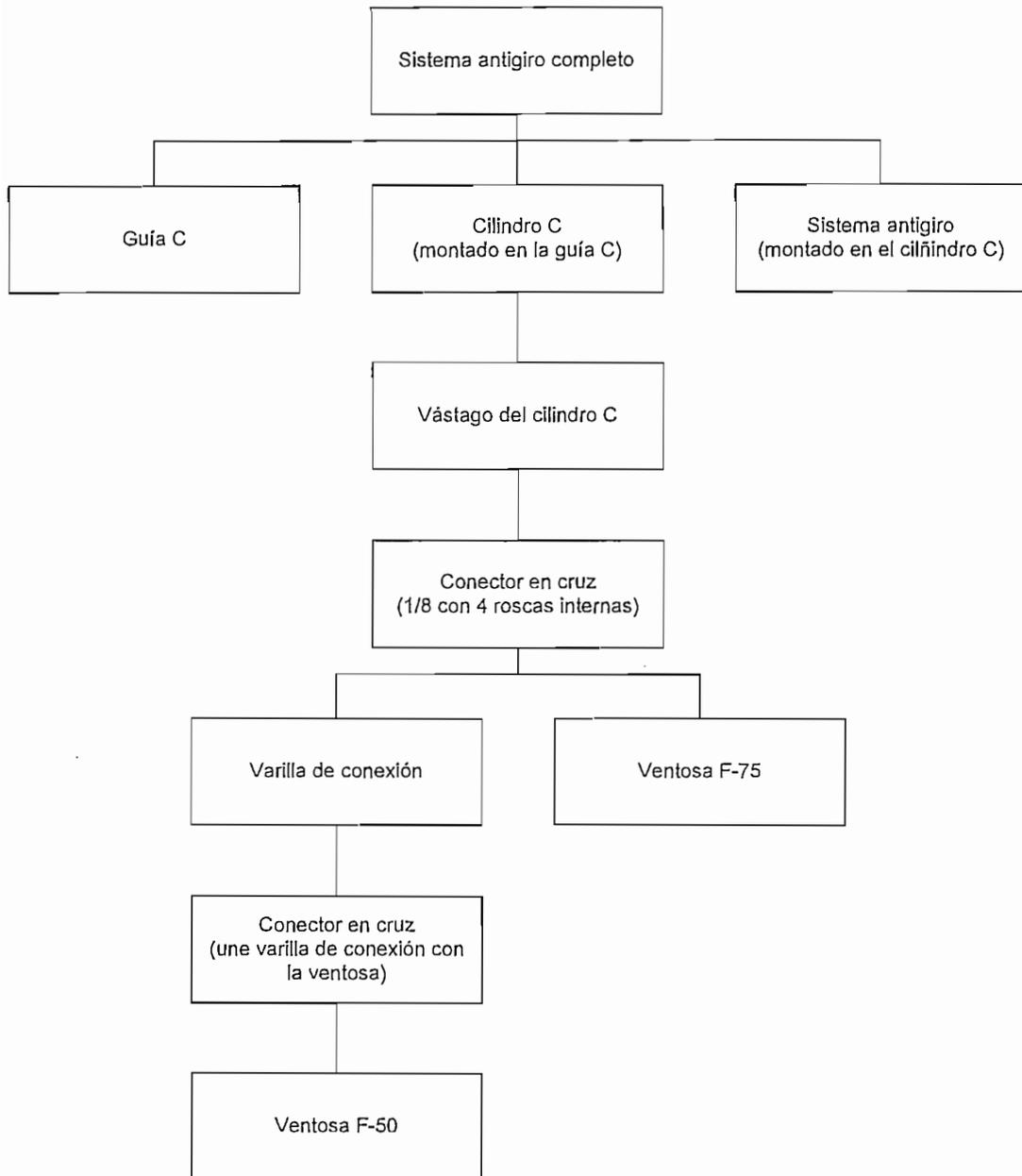


Figura 2. 11 Esquema del sistema antigiro completo

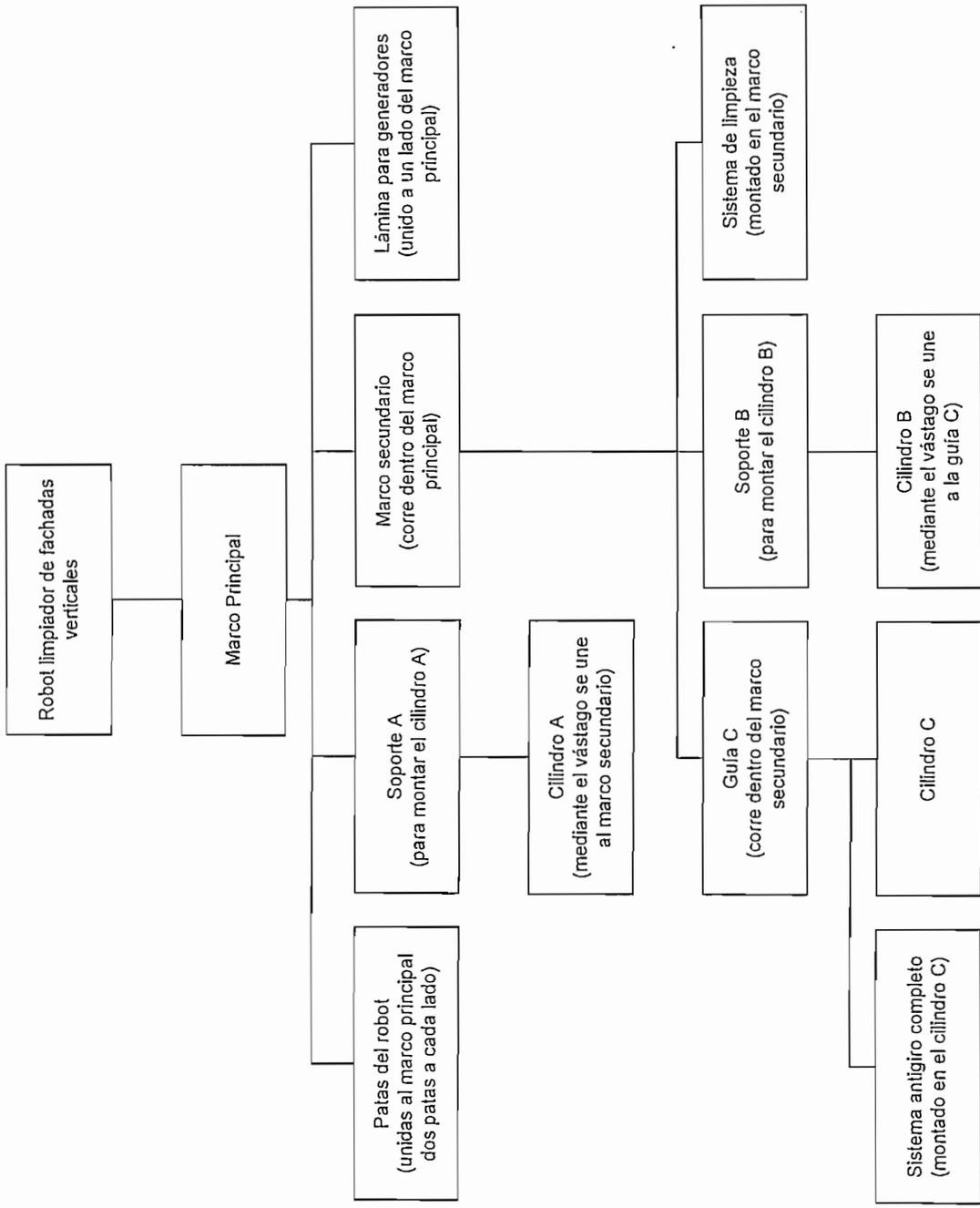


Figura 2. 12 Esquema del prototipo

2.3 DISEÑO NEUMÁTICO DEL PROTOTIPO

Como se dijo anteriormente el prototipo funciona mediante un sistema neumático, formado de tres cilindros de doble efecto, dos generadores de vacío, cinco ventosas F-50, una ventosa F-75, dos electroválvulas 5/2, dos electroválvulas 3/2, una electroválvula 5/3 con centro cerrado, y tres válvulas reguladoras. Para operar el cilindro A se necesita una electroválvula 5/2, para el cilindro B una electroválvula 5/2, para operar el cilindro C una electroválvula 5/3, para operar los generadores dos electroválvulas 3/2.

Las electroválvulas 3/2 son llamadas así porque constan de tres vías y dos posiciones, su accionamiento es mediante una señal eléctrica a la bobina, electroválvulas 5/2 constan de cinco vías y dos posiciones, su accionamiento con señal eléctrica, electroválvula 5/3 constan de cinco vías y tres posiciones, su accionamiento se lo realiza con señal eléctrica, una característica especial es que este tipo de electroválvula tiene dos bobinas.

En la Tabla 2.5 se muestran las características de cada una de estas electroválvulas y de los elementos usados para en el diseño neumático del prototipo.

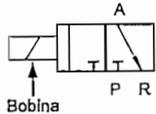
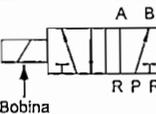
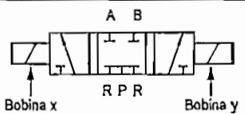
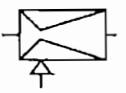
En los símbolos de las electroválvulas aparecen las letras A, B, P, R, las cuales tienen la siguiente descripción:

- A, B = Conexión de utilización
- P = Alimentación de presión
- R = Escape

Además de representar a las vías de una electroválvula con letras también se las puede representar mediante números así por ejemplo:

- 1 = Alimentación de presión
- 2, 4, 6 = Conexión de utilización
- 3, 5, 7 = Escapes

Tabla 2. 5 Electroválvulas y válvulas utilizadas en el diseño neumático del prototipo

Elemento	Función	Características	Accionamiento	Símbolo
Electroválvula 3/2	Accionan los generadores de vacío	- Tres vías y dos posiciones - Una bobina	Eléctrico	
Electroválvula 5/2	Accionan los cilindros A y B	- Cinco vías y dos posiciones - Una bobina	Eléctrico	
Electroválvula 5/3	Acciona el cilindro C	- Cinco vías y tres posiciones - Dos bobinas	Eléctrico	
Silenciador	Elimina el ruido en los escapes			
Generadores de vacío	Generan vacío para las ventosas	Efecto venturi (depresión)		
Válvula reguladora	Regulan el paso del aire		Manual	

En todas las electroválvulas se utilizó silenciadores para los escapes y en el caso del cilindro C debido a que la salida y el retorno se lo hace en dos tiempos se utilizó para los escapes reguladores para escapes con silenciadores, también para eliminar el golpe que existe en el cilindro A cuando el robot se mueve y limpia debido a la gravedad (por la posición del robot), se utilizó los mismos reguladores para escapes. En la Figura 2.13 se muestran las válvulas y los silenciadores utilizados en el prototipo.

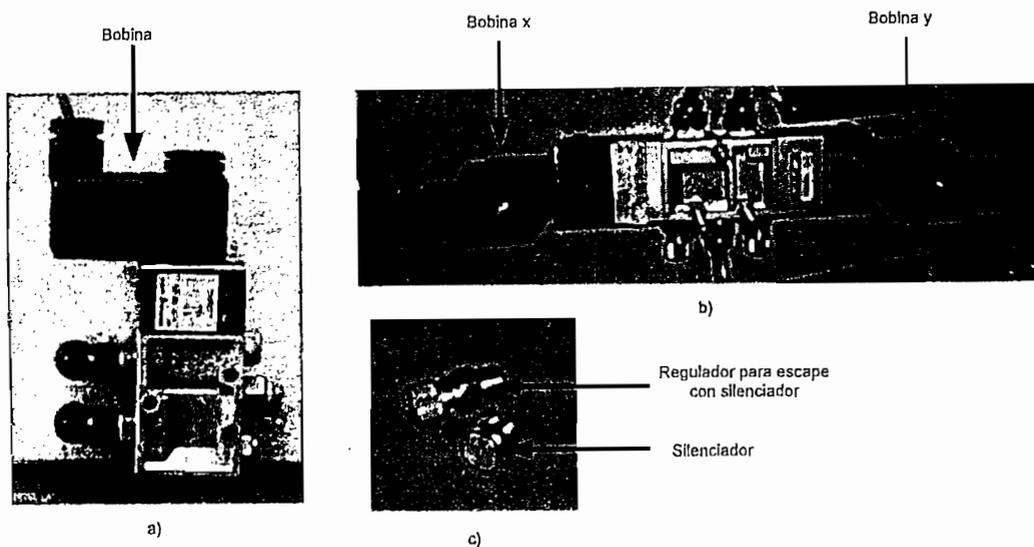


Figura 2.13 a) Electroválvula 5/2, b) Electroválvula 5/3, c) Silenciador y regulador

Para la numeración continua dentro de un grupo como la que se muestra en el diagrama anterior se tiene las siguientes equivalencias:

- .0 Órganos de trabajo (cilindros, motores, etc.).
- .1 Órganos de potencia.
- .2, .4, .6,... Elementos que mandan la fase activa del elemento de trabajo (salida del vástago).
- .3, .5, .7,... Elementos que mandan la fase pasiva del elemento de trabajo (retorno del vástago).
- 0.1, 0.2,... Para elementos de regulación situados entre el órgano de potencia y el elemento de trabajo.

En la Figura 2.14 se muestra el diagrama del diseño neumático del prototipo.

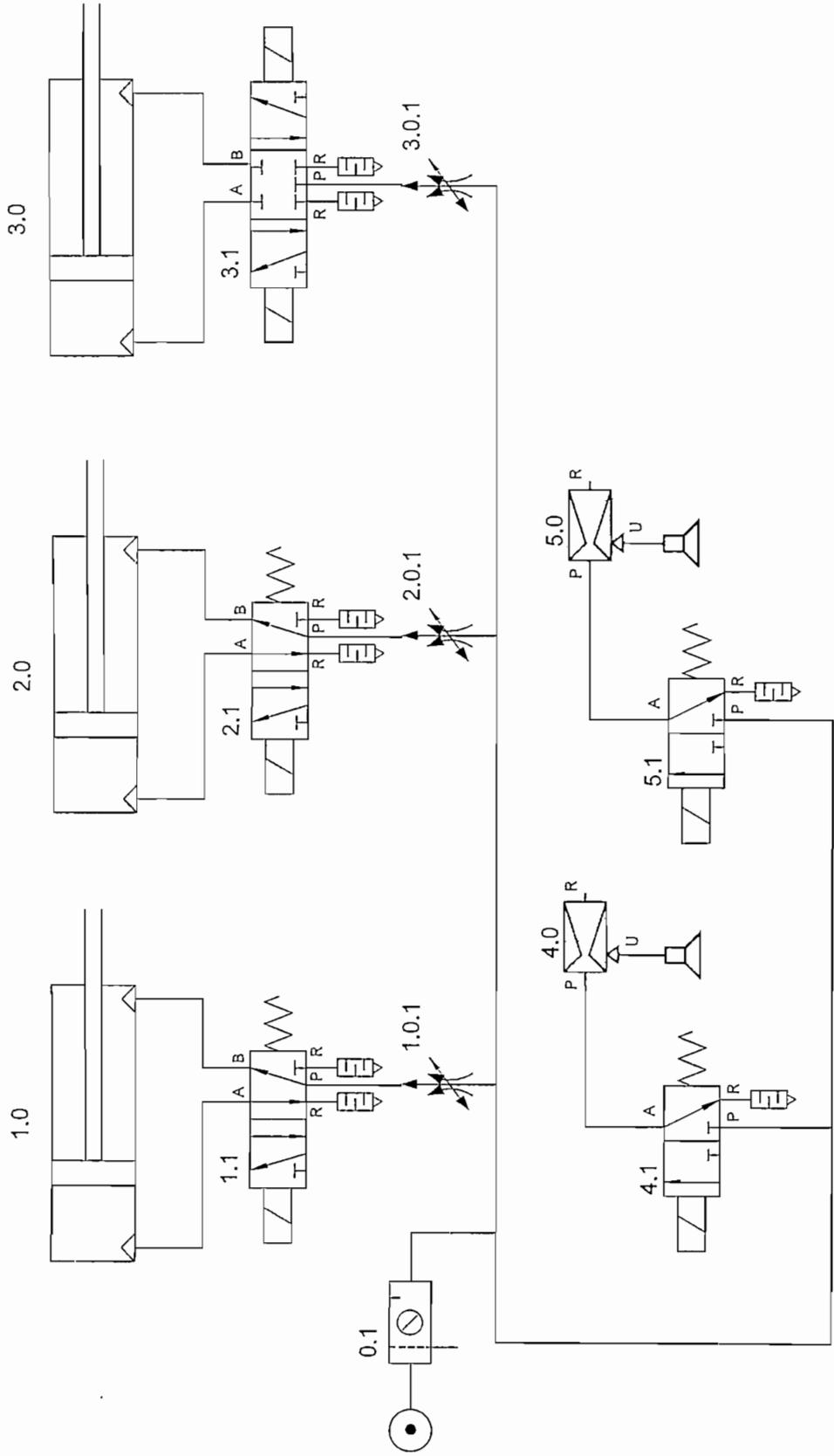


Figura 2. 14 Diagrama del diseño neumático

En la Tabla 2.6 se indican las equivalencias de la numeración que aparece en la Figura 2.14.

Tabla 2. 6 Equivalencias de numeración

Numeración	Elemento
1.0	Cilindro A
2.0	Cilindro B
3.0	Cilindro C
4.0	Ventosas F-50
5.0	Ventosas F-75 y F-50
1.1	Electroválvula 5/2
2.1	Electroválvula 5/2
3.1	Electroválvula 5/3
4.1	Electroválvula 3/2
5.1	Electroválvula 3/2
1.0.1	Válvula reguladora
2.0.1	Válvula reguladora
3.0.1	Válvula reguladora
0.1	Unidad de mantenimiento

2.4 HARDWARE DEL PROTOTIPO

Este proyecto ha sido realizado sobre una plataforma móvil Limpiador de Ventanas, la cual se mueve gracias a un sistema neumático de ventosas y cilindros, impulsado por un compresor que genera aire a presión. El robot necesita una fuente general de 13V que se obtiene a partir de una fuente regulada, de la cual se derivan dos fuentes, una fuente de 5V para alimentación de la tarjeta de control y para alimentación de el sistema de limpieza una fuente de 12V y otra de 110VAC para alimentación de las electro válvulas. Ver Figura 2.15

A través de un sistema de sensores infrarrojos, el robot Limpiador de Ventanas es capaz de detectar las diferentes paredes u obstáculos que se atraviesen en su

camino, estas señales son enviadas mediante un bus de datos al sistema de control y en base a esa información el sistema microprocesado comanda los cilindros para evitar colisiones con la pared al terminarse la ventana. Además de los sensores infrarrojos, la plataforma móvil tiene finales de carrera acoplados en sus cuatro lados que se comunican a través de un bus de datos hacia la tarjeta de control para proteger las ventosas y los cilindros en caso de que fallen los sensores. Para controlar las electro válvulas se tiene una tarjeta de relés llamada tarjeta de potencia.

El prototipo se ha construido mediante un sistema de sensores infrarrojos, un sistema mecánico, un sistema neumático y un sistema electrónico, a continuación se presenta el hardware electrónico que el robot posee.

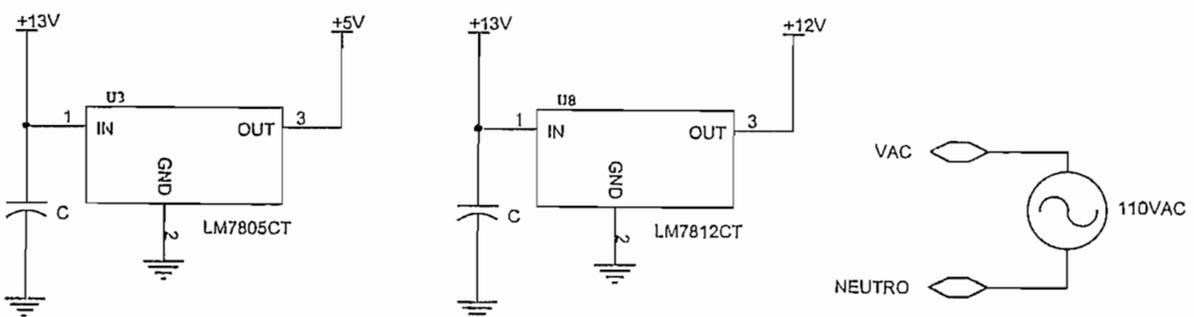


Figura 2.15 Diagrama de Fuentes

2.4.1 SENSORES INFRARROJOS

Este sensor es basado en el dispositivo SHARP IS471F inmune a interferencias de luz normal, en el cual viene el receptor separado del emisor que será un diodo LED de infrarrojos externo.

En la Figura 2.16 se muestra el sensor IS471F.

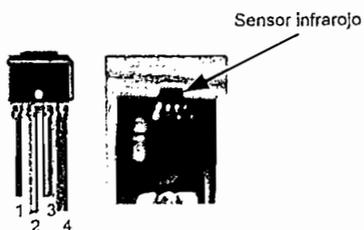


Figura 2. 16 Sensor IS471F

Este sensor a través de su patilla 4 controla un diodo LED de infrarrojos externo, modulando la señal que este emitirá, para ser captada por el IS471F que contiene el receptor, cuando un objeto se sitúa en frente del conjunto emisor/receptor parte de la luz emitida es reflejada y demodulada para activar la salida en la patilla que pasará a un nivel bajo si la señal captada es suficientemente fuerte.

La señal de salida de estos sensores se amplifica mediante transistores para utilizar niveles TTL y enviarlas al microcontrolador, el mismo que al detectar un cambio de estado en el sensor envía una señal de obstáculo como puede ser una pared y el robot regresa a la posición anterior en la que se encontraba.

La Figura 2.17 muestra la ubicación de los sensores infrarrojos en el robot limpiador de ventanas.

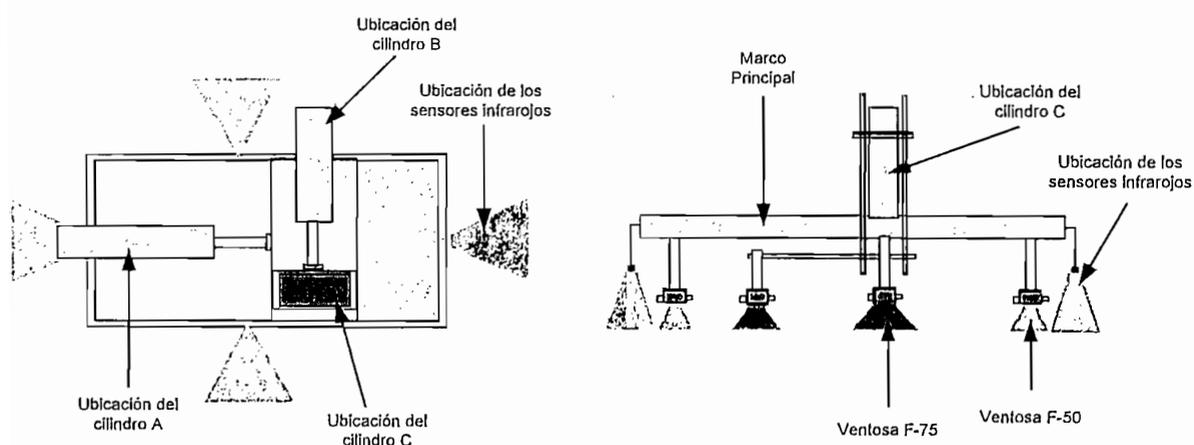


Figura 2. 17 Ubicación de los sensores infrarrojos

El sensor IS471F se alimenta por sus patitas 1 y 3 Vcc y Gnd respectivamente, la patita 2 es la salida del detector y la patita 4 es la salida que modula al led emisor externo, mediante el potenciómetro P1 se varía la distancia a la que es detectado el objeto, este circuito de acondicionamiento se muestra en la Figura 2.18

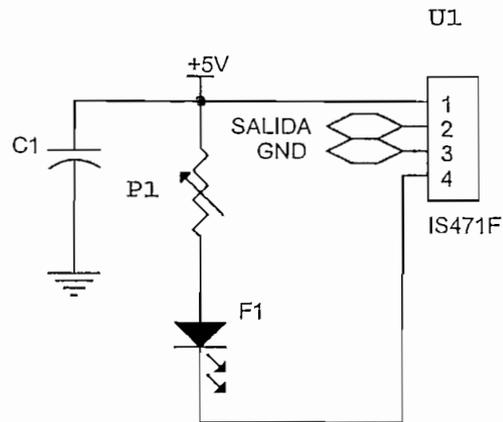


Figura 2. 18 Acondicionamiento para los sensores infrarojos

Finalmente, para tener el dato resultante en niveles TTL y amplificar la corriente se usa el circuito mostrado en la Figura 2.19, para que el microcontrolador reciba la información de los sensores por los pines RB0, RB1, RB2, RB3.

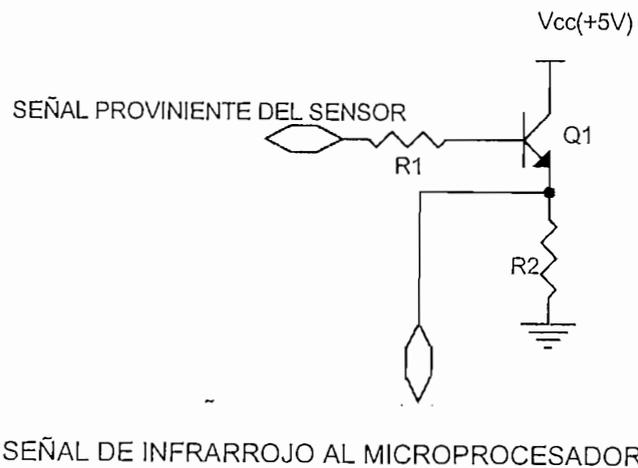


Figura 2. 19 Circuito para transformar a niveles TTL y amplificar la corriente

2.4.2 SISTEMA MICROPROCESADO

El sistema microprocesado esta hecho en base a un microcontrolador PIC 16F877, las principales características de este microcontrolador son:

- Frecuencia máxima de operación: 20MHz.
- Memoria de programa: Memoria Flash de 8K, instrucciones de 14 bits.
- Memoria RAM de datos: 368 bytes.
- Memoria de datos EEPROM: 256 bytes.
- Número de Interrupciones: 14
- Puertos de entrada/salida: A, B, C, D, E
- Número de timers: 3
- 2 Módulos CCP (Compare/Capture/PW)
- Comunicación Serial: MSSP
- Comunicación en paralelo: PSP.
- Módulo de conversión A/D: 8canales, 10 bits.
- Set de instrucciones: 35 instrucciones.
- Watch Dog Timer interno.

El Pic viene en un encapsulado de 40 pines, cuya distribución se puede observar en la Figura 2.20

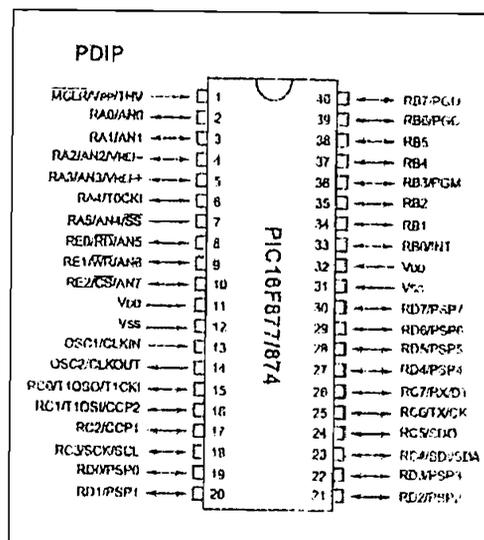


Figura 2. 20 Diagrama de pines del PIC16F877

A continuación se muestra la Tabla 2.7 de recursos utilizados por el microprocesador.

Tabla 2.7 Recursos utilizados en el microprocesador

PIN	ENTRADA	SALIDA
(1) MCLR	Reset	
(2) RA0	Inicio	
(3) RA1		Indicador bajo nivel de agua
(4) RA2		Indicador Obstáculo
(5) RA3		Indicador vacío suficiente
(6) RA0	Sensor de nivel	
(7)RA5,(8)RE0	Pines no utilizados	
(9)RE1,(10)RE2	Pines no utilizados	
(11) VDD	Vcc	
(12) VSS	Gnd	
(13),(14) OSC	Cristal Oscilador	
(15)RC0,(16)RC1	Pines no utilizados	
(17) RC2	Pulsador vacío de ventosas	
(18)RC3,(19)RD0	Pines no utilizados	
(20) RD1		Cilindro C_bobina Y
(21) RD2		Soporte principal
(22) RD3		Soporte de movimiento
(23) RC4	F_carrer5	
(24) RC5	F_carrer6	
(25) RC6	F_carrer7	
(26) RC7	F_carrer8	
(27) RD4		Cilindro A
(28) RD5		Cilindro B

(29) RD6		Cilindro C_bobina X
(30) RD7		Sistema de limpieza
(31) VSS	Gnd	
(32) VDD	Vcc	
(33) RB0	Sensor Infrarrojo_Superior	
(34) RB1	Sensor Infrarrojo_Derecha	
(35) RB2	Sensor Infrarrojo_Inferior	
(36) RB3	Sensor Infrarrojo_Izquierda	
(37) RB4	F_carrer1	
(38) RB5	F_carrer2	
(39) RB6	F_carrer3	
(40) RB7	F_carrer4	

2.4.3 CONTROL PARA LOS CILINDROS NEUMÁTICOS

Para el control de los cilindros el robot móvil tiene una tarjeta que controla la salida y entrada de cada uno de los tres cilindros, cada uno de estos tienen tiempos de funcionamiento distintos.

Esta tarjeta es manejada por un microcontrolador, el cual envía señales para dos cilindros que controlan el movimiento en dos planos en tiempos diferentes a través de los pines RD4 y RD5, mientras que por los pines RD1 y RD6 se controla la salida y entrada en pasos del cilindro que comanda la suspensión del robot en el vidrio.

Este control se lo hace por medio de electro válvulas 3/2 para los cilindros referidos al movimiento y una electro válvulas 5/3 para el cilindro que comanda la suspensión del robot en la fachada vertical, las mismas que se activan mediante relés de bobina de 5V y contactos de 110VAC, estos se encuentran en una tarjeta de potencia comunicados con la tarjeta de control mediante un bus de datos.

Cuando existe una señal que proviene del sistema microprocesado, esta pasa por un amplificador de corriente y luego activa la bobina del relé haciendo que se

cierre el contacto y de paso a la alimentación de la electro válvula que comanda al cilindro. A continuación se muestra en la Figura 2.21 lo explicado.

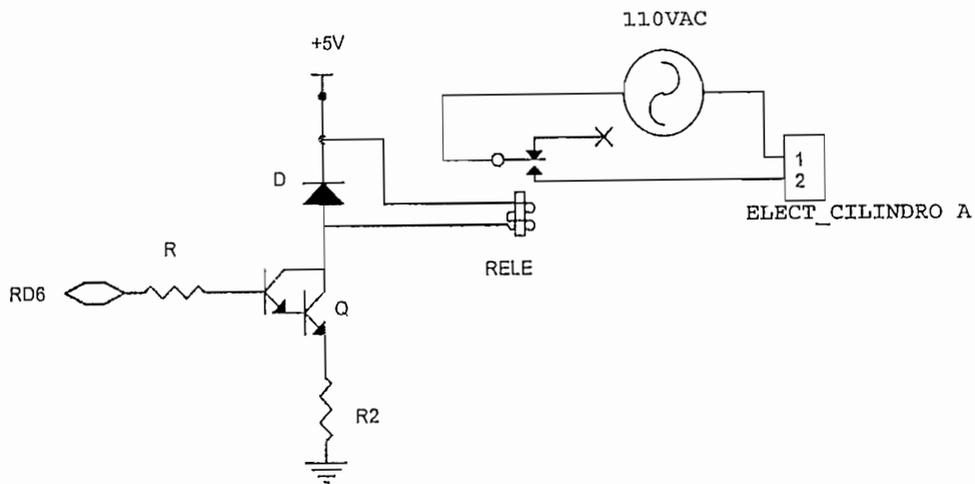


Figura 2. 21 Circuito de manejo de relés y control de electroválvulas

2.4.4 CONTROL DE VENTOSAS

Para el control de las ventosas, el robot móvil comparte la tarjeta de control utilizada para los cilindros.

El procedimiento de esta tarjeta es el siguiente: a través de las señales que envíe el microcontrolador por los pines RD2 y RD3 se activan electro válvulas 3/2 que dan paso al aire comprimido hacia el generador de vacío, este vacío que se produce permite que las ventosas se adhieran a la superficie de contacto, cabe recalcar que existen dos sistemas de ventosas que funcionan en tiempos diferentes, uno para soporte principal y otro para el soporte de movimiento.

La señal que proviene del sistema microprocesado, pasa por un amplificador de corriente y luego activa la bobina del relé, el mismo que se encuentra en la tarjeta de potencia comunicada por un bus datos con la tarjeta de control, de manera que se cierre el contacto y de paso a la alimentación de la electro válvula que comanda al sistema de ventosas. En la Figura 2.21 se muestra el control de un relé.

2.4.5 SISTEMA DE LIMPIEZA

Para el control del sistema de limpieza el robot utiliza el pin RD7 del microprocesado de la tarjeta de control, el mismo que envía una señal a través de un bus de datos hacia la tarjeta en la que se encuentra el relé, al dar la señal el microprocesador, se activa la bobina de 5V y por ende el contacto de 12V que son necesarios para el funcionamiento de este sistema. Al enviar la alimentación de 12V se activa la bomba que existe en el tanque de líquido limpiador y este sale por medio de una manguera que llega hasta el robot.

En el tanque se encuentran ubicados tres sensores, uno para nivel bajo con el cual el robot no funciona, un nivel medio y un nivel alto, estos dos permiten el normal funcionamiento del robot limpiador. El acondicionamiento de estos sensores se basa en la consideración de que el agua tiene una resistencia y se la utiliza como tal. Se muestra en la Figura 2.22 lo explicado.

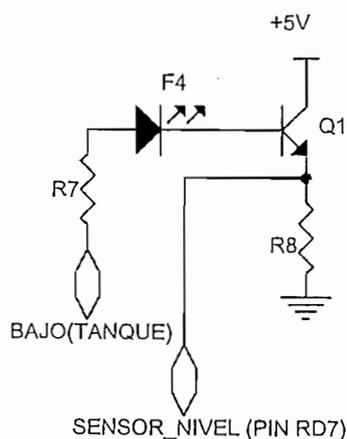


Figura 2. 22 Diagrama del sensor de nivel

En el siguiente capítulo se trata con detalle el programa de control de la plataforma móvil Robot de limpieza de fachadas verticales.

CAPÍTULO 3

PROGRAMA DE CONTROL

El sistema de control del robot limpiador se basa en un microprocesador PIC16F877, el cual en función de la formación de los sensores comanda a la tarjeta de potencia con los que se consigue el movimiento del robot.

En la Figura 3.1 se muestra la arquitectura de todo el sistema de control.

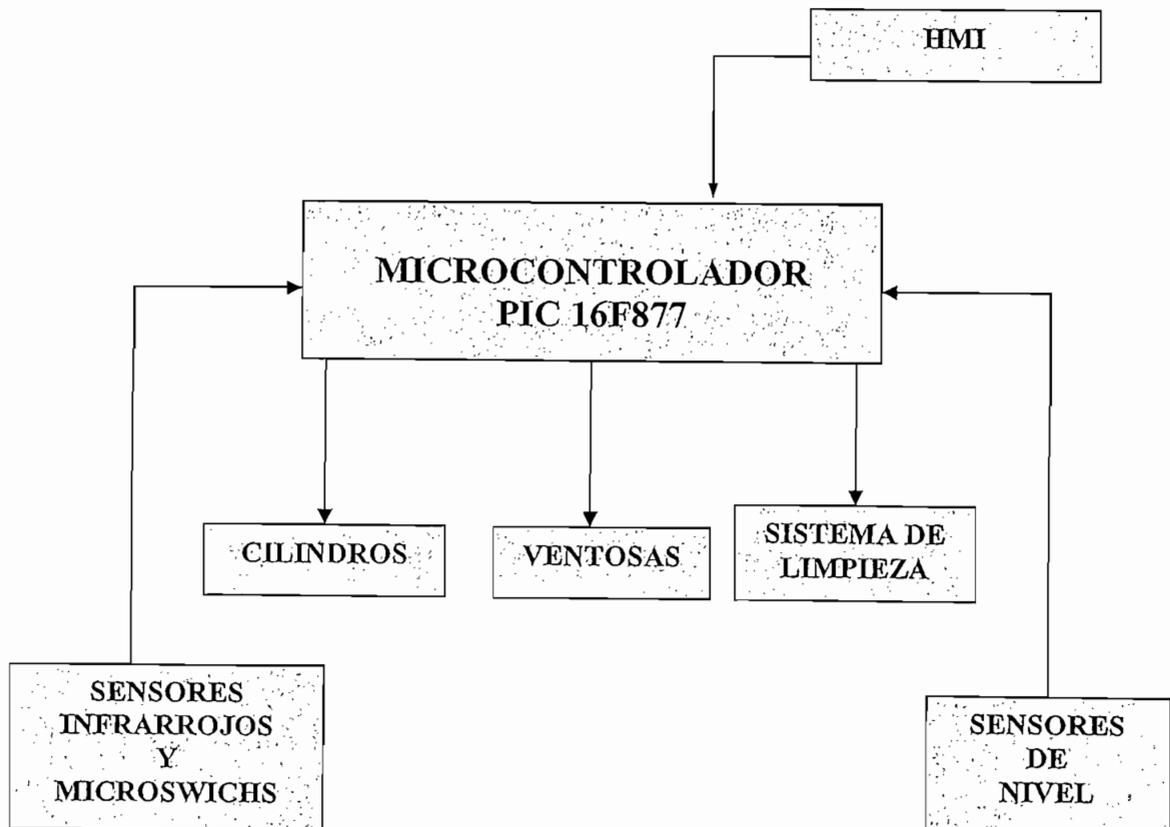


Figura. 3.1 Arquitectura del sistema de control

3.1 TRAYECTORIA SEGUIDA POR EL ROBOT MÓVIL

Para poder tener un conocimiento de la trayectoria del robot dentro del ambiente en el que debe desplazarse, es necesario utilizar un eje de coordenadas X – Y que permitan el movimiento horizontal y vertical del robot respecto a la posición inicial de éste, además es necesario un desplazamiento en el eje de coordenadas Z de una parte del robot móvil que se lo utiliza para sujeción en la fachada a la cual se adhiere en el momento en que va a realizar un movimiento, ya sea este en el eje X o en el eje Y.

Cabe recalcar que el robot móvil tiene su funcionamiento sobre una fachada vertical es decir una ventana, en la cual se debe conocer que el desplazamiento horizontal se lo hace en el eje X y el desplazamiento vertical se lo hace en el eje Y.

En la Figura 3.2 se muestra los ejes de coordenadas que utiliza el robot móvil para su desplazamiento.

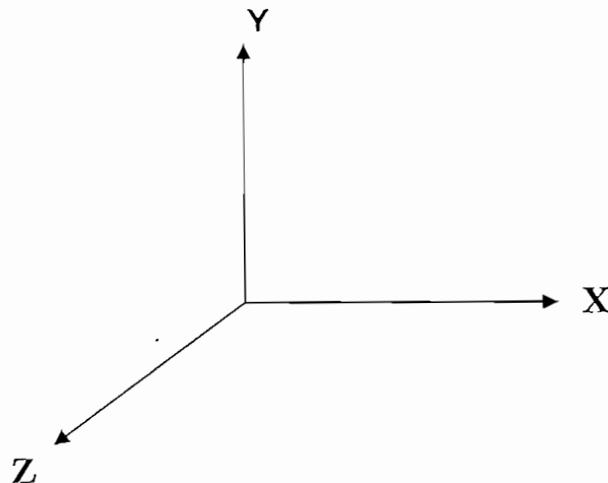


Figura 3.2 Ejes de coordenadas utilizados para el desplazamiento del robot móvil

Se ha considerado que el robot móvil parte desde una posición $P = (0,0)$, la orientación inicial del robot con respecto al eje X es $\theta = 90^\circ$.

El movimiento se lo realiza mediante los 3 cilindros, cilindro A para el movimiento en el eje Y, cilindro B para el movimiento en el eje X, cilindro C para el movimiento en el eje Z y la sujeción en dos tiempos por medio de los dos sistemas de ventosas, uno soporte principal y otro soporte de movimiento,

además se considera la posición de los diferentes sensores infrarrojos debidamente colocados de acuerdo a su movimiento, no se ha colocado sensor en la parte lateral izquierda tal como se indica en la Figura 3.3, debido a que el robot limpiador no realiza movimiento en el eje X negativo.

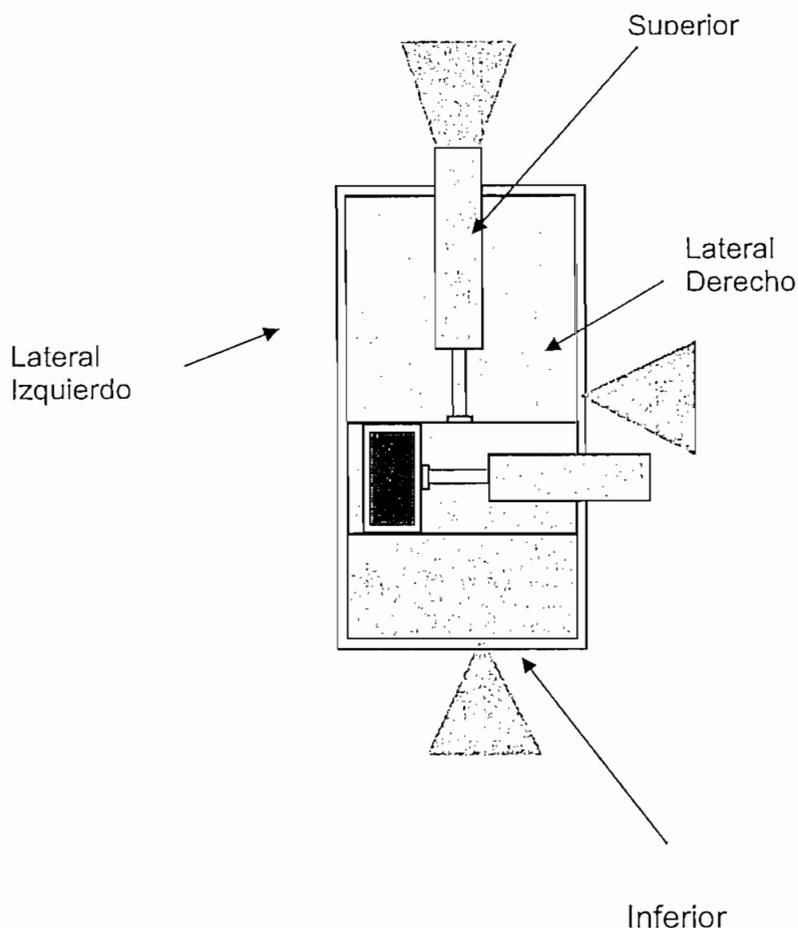


Figura 3.3 Posición de los sensores utilizados para el movimiento

Inicialmente los tres cilindros A, B, C empiezan totalmente cerrados, al iniciar se acciona el soporte principal, se revisa que el sistema de limpieza posea líquido limpiador suficiente y se procede a la limpieza a cargo del cilindro A, este en forma vertical mueve las plumillas repetidamente retirando el líquido limpiador que se ha esparcido mediante un rodillo, luego de realizar esto entra en funcionamiento el soporte de movimiento y trabaja el cilindro C haciendo que su vástago salga en tres tiempos, en el primer tiempo se adhiera a la superficie, ya adherido se procede a quitar el soporte principal y los dos tiempos siguientes hacen que la estructura del robot móvil salga hacia el eje Z,

el siguiente paso es que el cilindro A que se encarga del movimiento en el eje Y negativo tomando como referencia el punto $P = (0,0)$ del cual se parte, al recibir la orden de que el vástago del cilindro C a terminado de salir, saque su vástago completamente, revisando en este intervalo que no haya obstáculo o que haya terminado la ventana. Luego se repite esta secuencia hasta que se encuentre con el final de la ventana en forma vertical.

Al llegar al tope inferior de la ventana el robot móvil realiza un movimiento hacia el eje X positivo de la siguiente manera, cuando el robot recibe señal del sensor infrarrojo que se encuentra en la parte inferior del robot móvil, este se regresa a la posición anterior y coloca el soporte de limpieza, en este momento sale totalmente el vástago del cilindro C haciendo que el robot móvil salga hacia el eje Z para facilitar el movimiento, en seguida sale el vástago del cilindro B permitiendo que el robot se mueva un espacio, horizontalmente, revisando constantemente que no exista obstáculo porque de existir, el robot regresa a su posición anterior y se queda en ese lugar, ocurrido este desplazamiento el robot se mueve verticalmente hacia arriba con la ayuda del cilindro A hasta encontrar un nuevo obstáculo o hasta llegar al tope superior de la ventana, en el momento en que el robot detectó obstáculo mediante el sensor infrarrojo superior este regresa a su posición anterior y realiza un desplazamiento horizontal positivo mediante la ayuda del cilindro B, siempre revisando que no exista obstáculo dentro del desplazamiento que realiza, de no existir vuelve a empezar como la primera vez, con un funcionamiento vertical hacia abajo con la ayuda del cilindro A.

Cabe recalcar que el robot se desplaza una sola vez en el eje X cada vez que encuentra obstáculo tanto superior como inferior y retoma su movimiento vertical hacia arriba o hacia abajo dependiendo donde se encuentre, cuando el sensor infrarrojo lateral derecho detecta obstáculo el robot móvil entiende que se ha acabado la dimensión de la ventana en la que se encuentra y por lo tanto regresa a su posición anterior y no realiza ningún trabajo más.

En la Figura 3.4 se muestra trayectoria que sigue el robot móvil

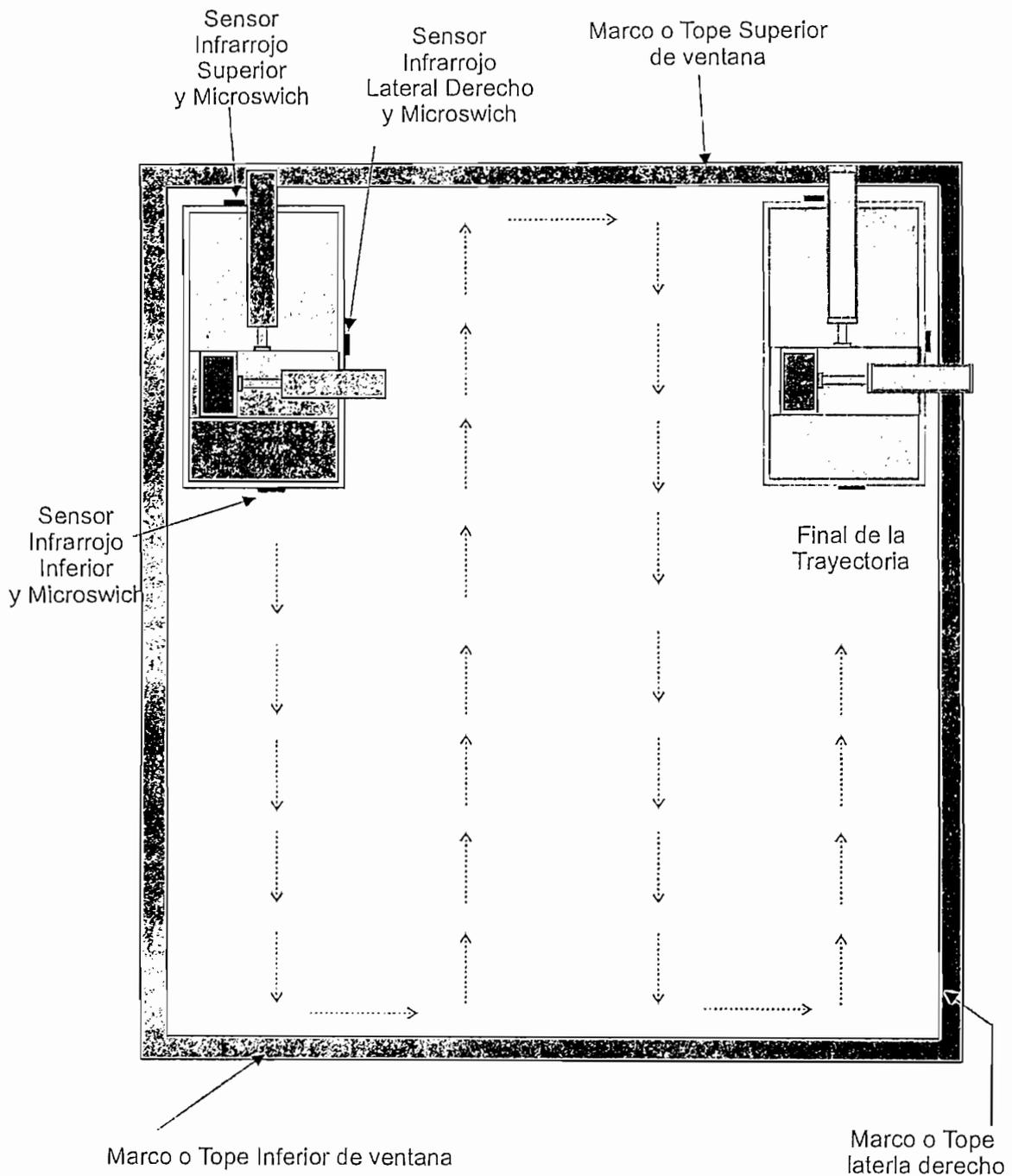


Figura 3.4 Trayectoria que presenta el robot móvil

3.2 PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

A continuación se describen el programa principal y subrutinas desarrolladas para el microcontrolador PIC16F877.

3.2.1 PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR PIC16F877

Este programa se lo realizó en lenguaje ensamblador y se lo compiló por medio del software MPLAB, que es proporcionado por Microchip para simular y ensamblar programas de sus microcontroladores PIC.

El PIC16F877 del robot limpiador de limpieza es la parte central del sistema de control, ya que es la máxima autoridad y es el encargado de integrar a todos los elementos que componen el sistema robot limpiador de ventanas, se encarga de manejar todo el hardware de éste, es decir, controla: cilindros, ventosas, sistema de limpieza, sensores infrarrojos, finales de carrera o micro swichs, sensores de nivel y tarjeta de potencia.

En memoria de programa del PIC16F877 están ubicadas al inicio las configuraciones de los diferentes puertos, registros, luego de éstas están todas las subrutinas de retardo del programa y finalmente un lazo infinito que lo realiza hasta encontrar la señal del sensor que indica fin, dentro de este lazo el microcontrolador discrimina la instrucción de movimiento ya sea horizontal o vertical según esto trabajan los relés activando las diferentes electro válvulas que comandan los elementos que dan el sentido de movimiento del robot móvil.

Los micro swichs que indican la salida o entrada total del vástago de cada uno de los cilindros son 4, 2 para el cilindro A, y 2 para el cilindro B, el cilindro C se controla con un tren de retardos, estos se encuentran conectados en los bits más significativos del puerto C del microcontrolador, RC4 (cilindro A totalmente abierto), RC5 (cilindro A totalmente cerrado), RC6 (cilindro B totalmente abierto), RC7 (cilindro B totalmente cerrado).

Los micro swichs ubicados en la pared exterior utilizados para detectar pared se conectan en los bits más significativos del puerto B del microcontrolador, RB4 (lateral derecho), RB5 (inferior), RB7 (superior).

Los sensores infrarrojos se encuentran en la parte exterior, que son utilizados para detectar tope de ventana se ubican en los bits menos significativos del puerto B del microcontrolador, RB0 (lateral derecho),RB1 (inferior),RB3 (superior).

En el puerto D del microcontrolador se encuentran las salidas hacia los elementos controladores del robot móvil (electro válvulas).

Al ejecutarse el programa del microcontrolador primero se configuran los puertos y registros de las diferentes herramientas utilizadas en el programa, se ejecuta el trabajo en el cual se adhiere el robot al vidrio de la ventana mediante su soporte principal y además, se revisa si existe suficiente líquido limpiador para el correcto funcionamiento del sistema de limpieza, esto sucede siempre y cuando el microcontrolador reciba la señal que es enviada desde el control principal manejado por el usuario. Realizando la inicialización el programa revisa que todas las electro válvulas a excepción de la del soporte principal estén cerradas, al cumplir esto se enciende el motor del sistema de limpieza, expandiendo líquido limpiador en todo el rodillo, esto sucede hasta cumplirse un retardo necesario para que la esponja este empapada, pasado este tiempo se apaga el motor, esto se lo realiza una vez cada que termina de limpiar y moverse en una franja vertical de la ventana, en este momento el microcontrolador espera la orden para empezar dada por el usuario a través de un pulsador colocado en la caja de control, esta orden recibida es única en todo el proceso.

Cabe recalcar que los sensores de nivel detectan nivel bajo, medio y alto, los mismos que se visualizan en la caja de control, en caso de que el sensor no detecte ningún nivel el microcontrolador no realiza ninguna instrucción hasta que no se solucione el problema.

La limpieza se realiza con la ayuda del cilindro A el mismo que se mueve según la señal de los micro swichs, que se encuentran de tal modo que se activan en el momento que el vástago del cilindro se abre o cierra completamente.

Al terminar la rutina de limpieza se realiza la rutina de movimiento vertical, dentro de esta se subdividen varias subrutinas internas, en las que se controla el movimiento en el eje Z del cilindro C que el micro lo realiza mediante un control de tiempos y distancias, el incremento de vacío en el soporte de movimiento que se la realiza mediante el control del generador de vacío, el control del soporte principal con la ayuda de un tren de retardos que proporciona el micro y el movimiento en el eje Y con la ayuda del cilindro A que se lo realiza en base a las señales que los micro swichs envían al microcontrolador, dentro de esta última instrucción el micro revisa constantemente si al salir el vástago del cilindro A no ha detectado señal de obstáculo o de fin de ventana, información que le proporciona el sensor infrarrojo y el micro swich, de suceder esto el microcontrolador envía esta señal a la caja de control, y cambia a la subrutina BAJAR. Caso contrario el micro sigue en el lazo, donde vuelve a limpiar el espacio ocupado y a realizar otro desplazamiento vertical.

En la subrutina BAJAR el microcontrolador da instrucciones para que regrese el robot a condiciones iniciales de cilindros y soporte principal, en este momento activa la electro válvula del cilindro B para realizar un desplazamiento en el eje X positivo activando también el soporte de limpieza y desactivando el soporte principal para poder extender la carrocería del robot hacia el eje Z activando el cilindro el C, luego de esto realiza el movimiento revisando constantemente si se recibe un dato del sensor infrarrojo o del micro swich que indican obstáculo, el microcontrolador realiza esta actividad una sola vez y luego da instrucciones para empezar a trabajar verticalmente hacia arriba. En caso que el micro reciba un dato del sensor infrarrojo o micro swich el robot sabrá que encontró obstáculo o tope lateral derecho de la ventana, entonces el micro saltará a FIN donde terminará su funcionamiento.

En el momento en que el microcontrolador entiende que el robot se ha desplazado una vez hacia la derecha, este da la orden en la subrutina REGRESO de encender la bomba de agua para agregar líquido en el rodillo de limpieza esperar un retardo hasta que este se encuentre empapado y luego da señal para apagar la bomba de líquido limpiador, en este momento el

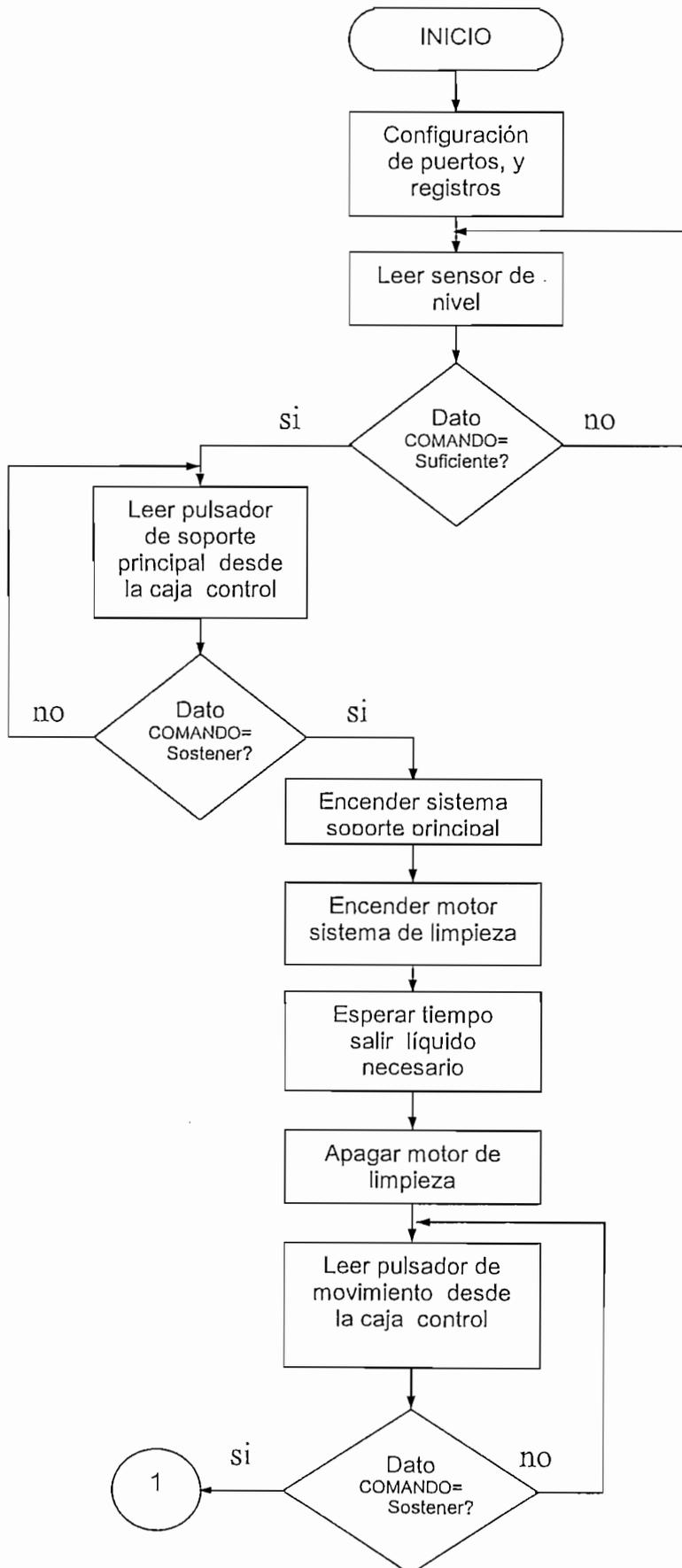
microcontrolador realiza un lazo repetitivo de limpieza y movimiento hasta encontrar un dato del sensor infrarrojo o del micro swich que signifique obstáculo o tope superior de la ventana, estos datos los revisa solo en el momento de ejecutar el desplazamiento.

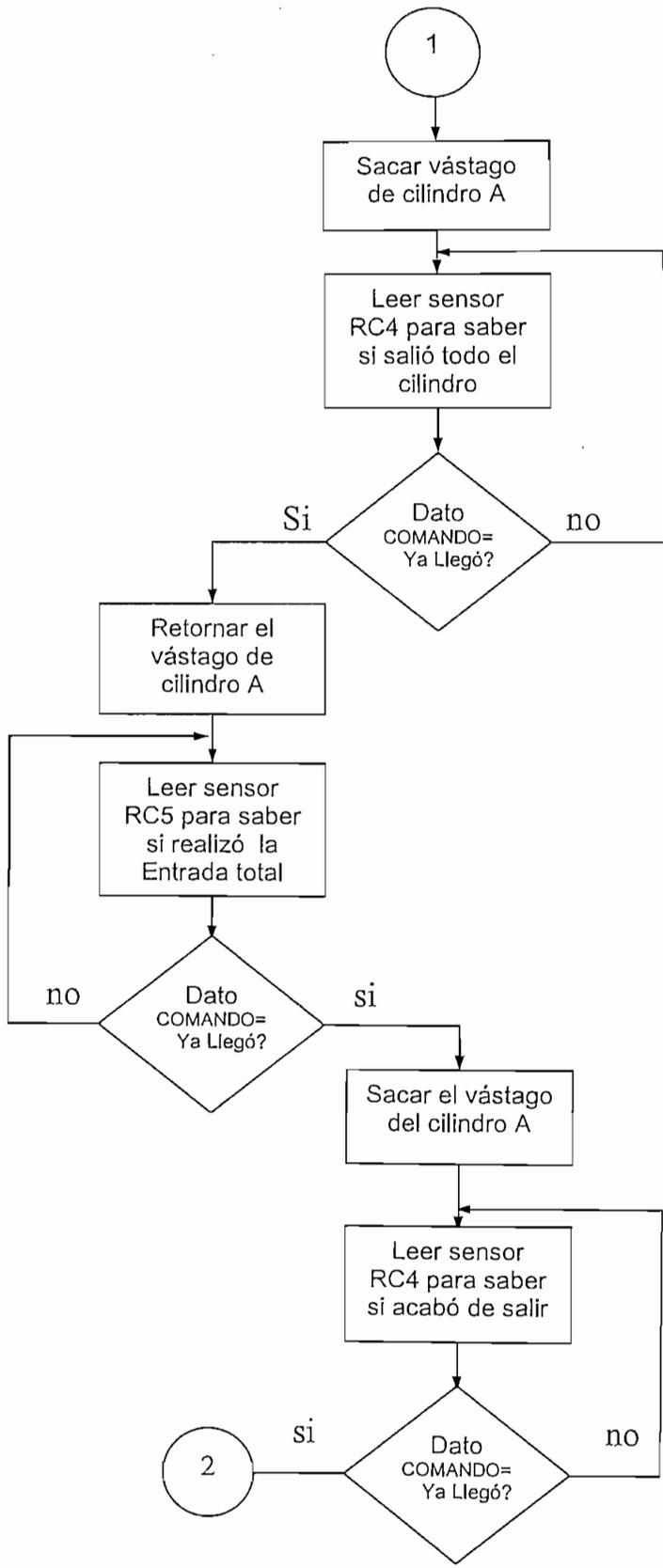
Ocurrido el desplazamiento en la totalidad de la franja vertical de la ventana el microcontrolador realiza un salto hacia BAJAR en donde vuelve a dar la orden para el movimiento en el eje X positivo, este trabajo lo realiza una sola vez revisando constantemente si existe un dato del sensor infrarrojo o del micro swich. Luego de realizar el movimiento el robot se encuentra en las mismas condiciones de la posición inicial, entonces el micro realiza un salto hacia ROBOT que es donde empieza nuevamente la secuencia.

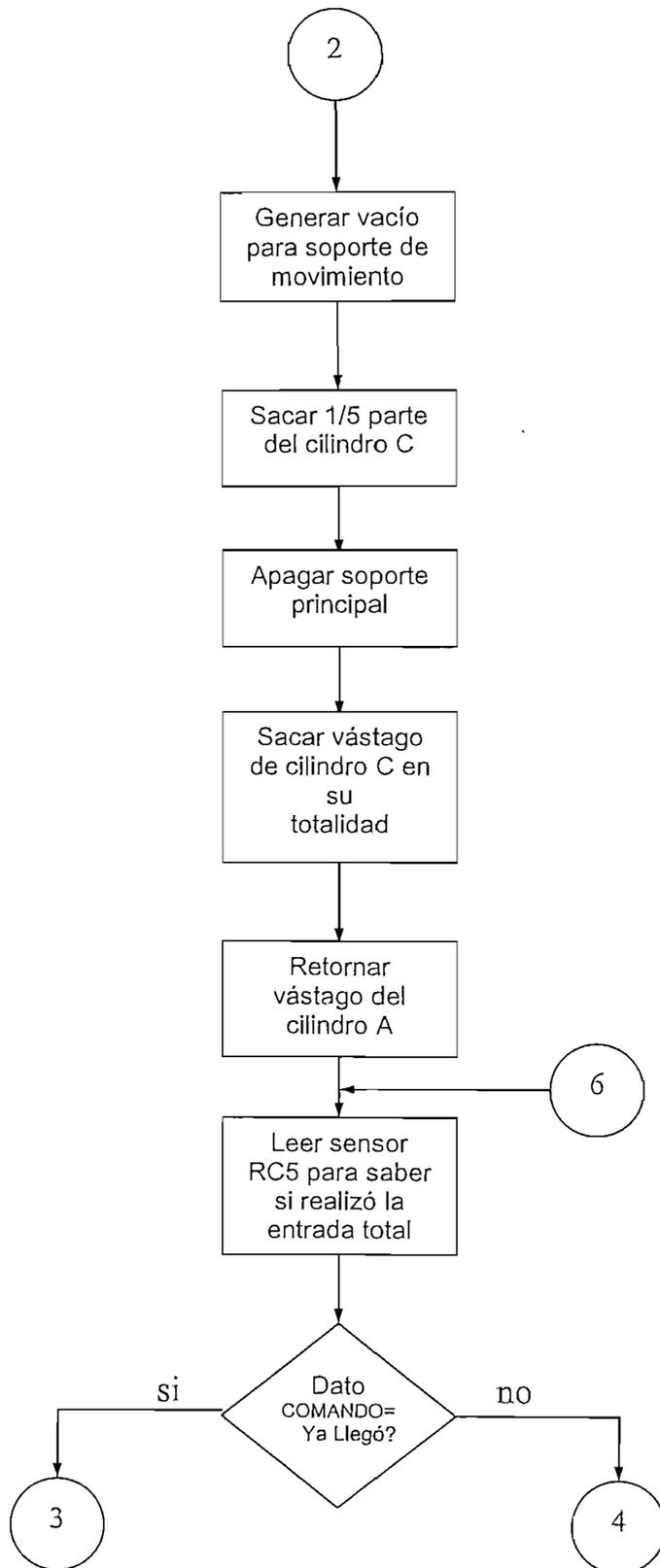
Cabe recalcar que el robot móvil realiza el trabajo mientras no detecte un dato enviado por el sensor infrarrojo o el micro swich de la parte lateral derecha del robot , ya que esta indica de que ha terminado de moverse y limpiar por toda la ventana.

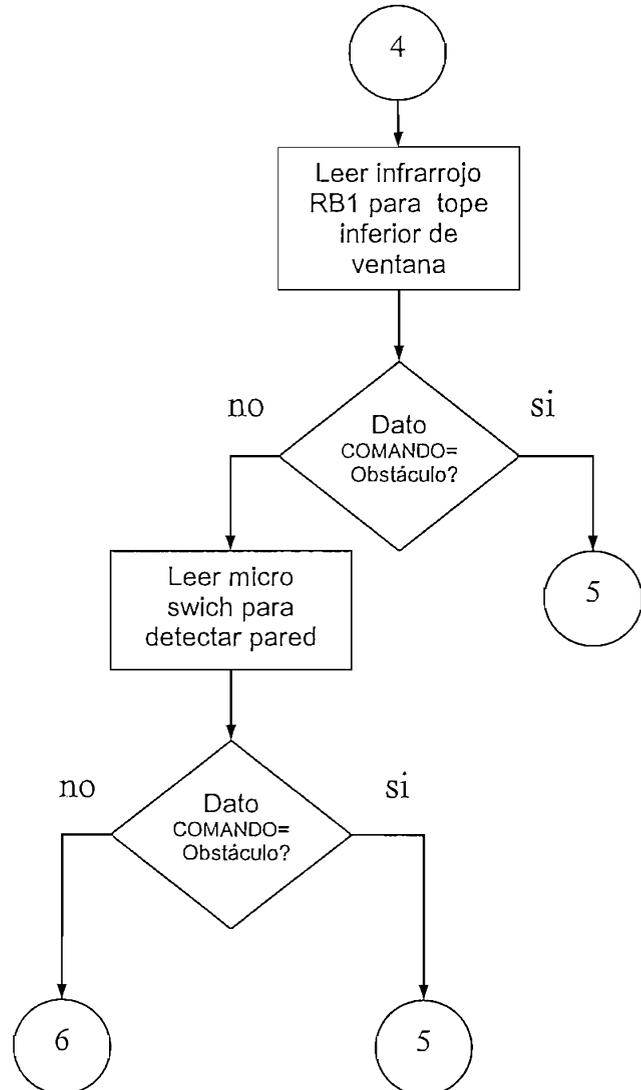
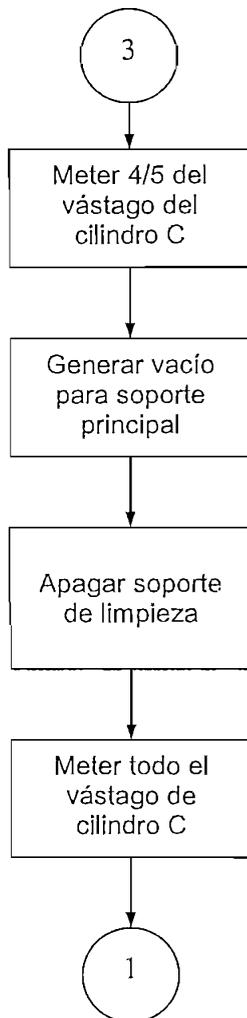
A continuación se presenta el diagrama de flujo del programa del PIC16F877:

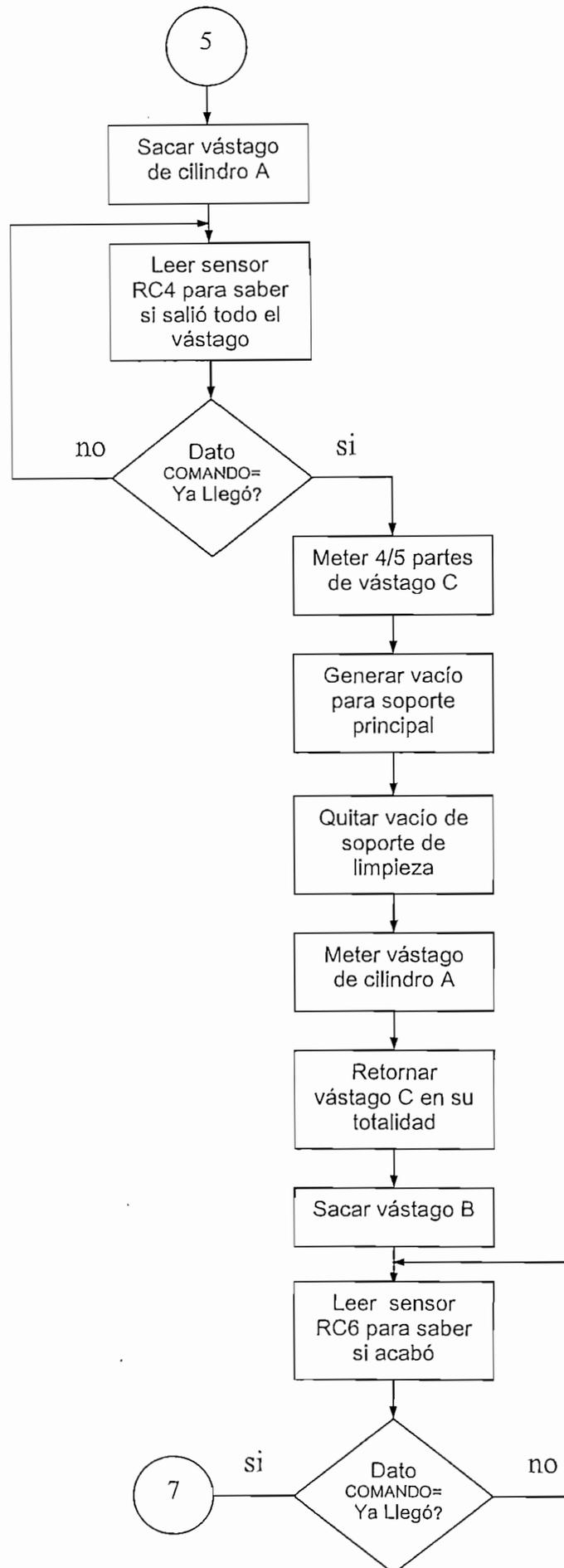
3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL

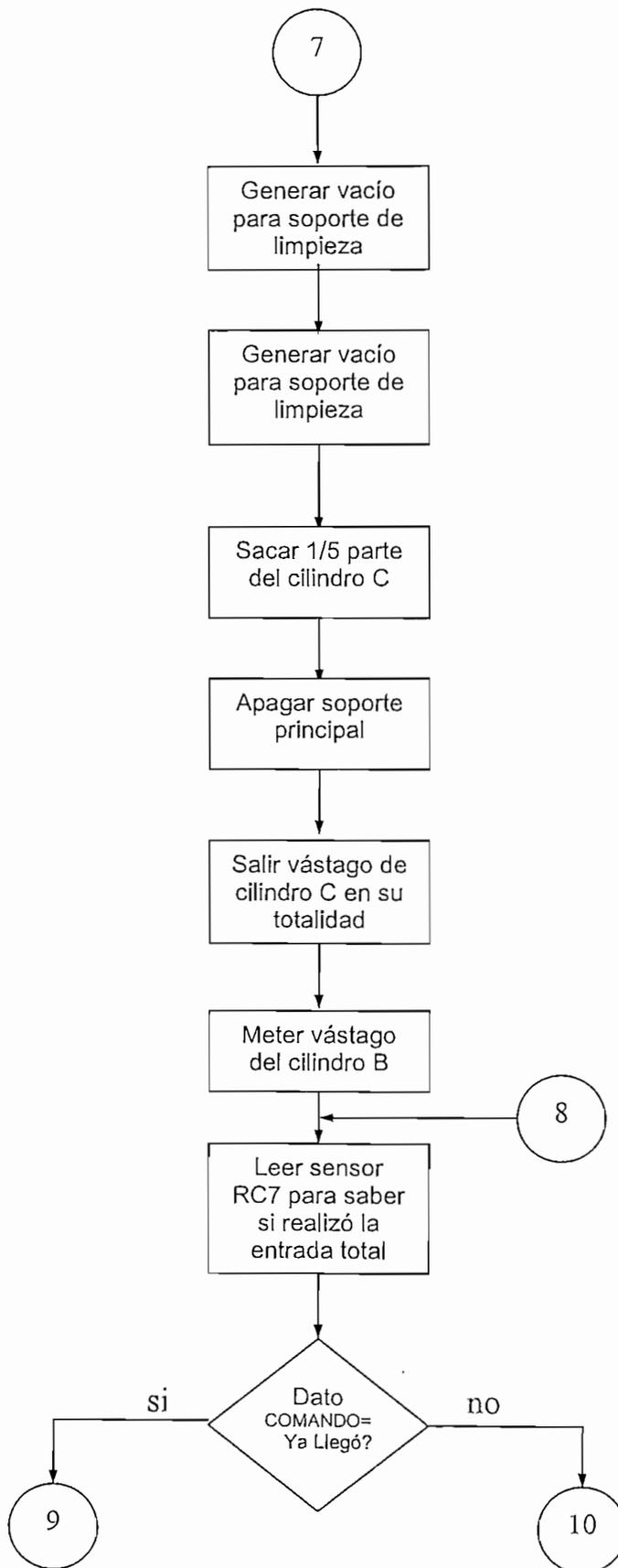


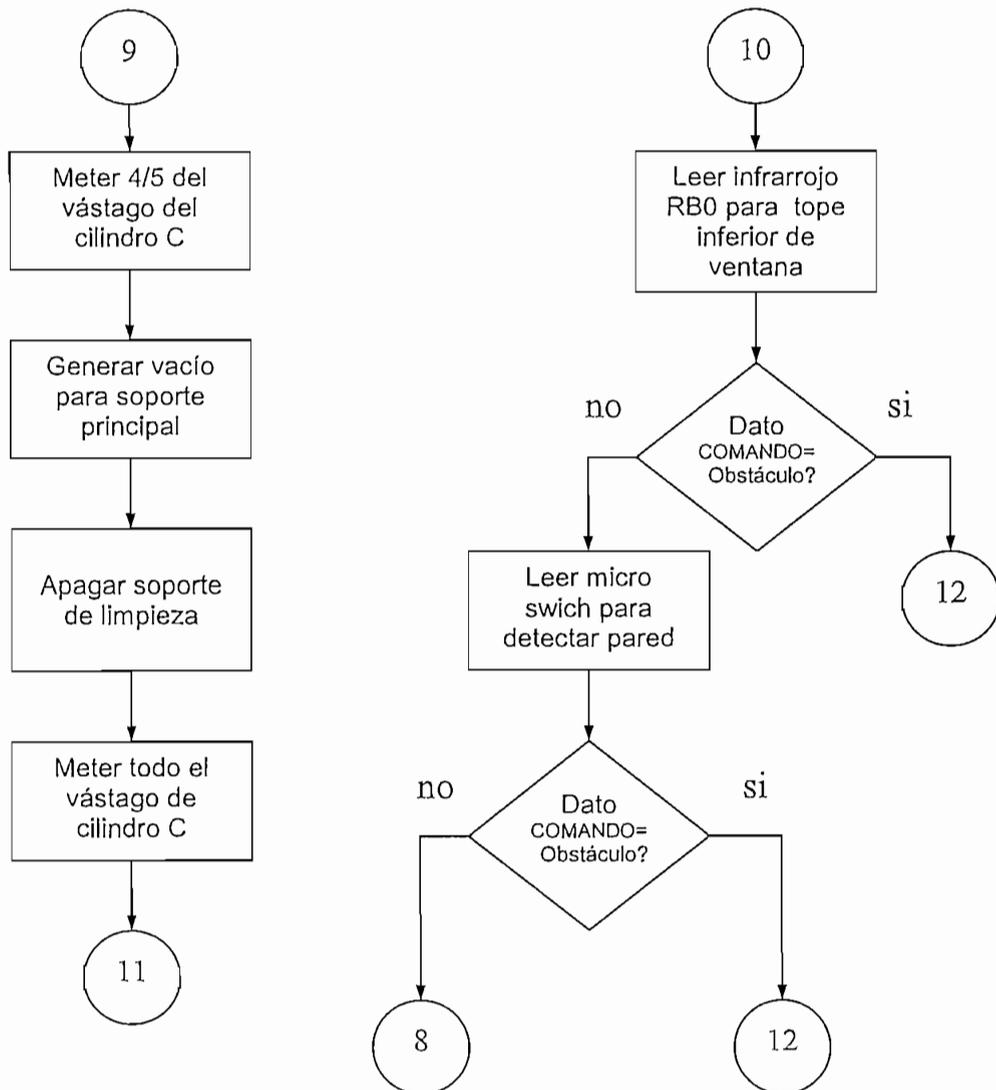


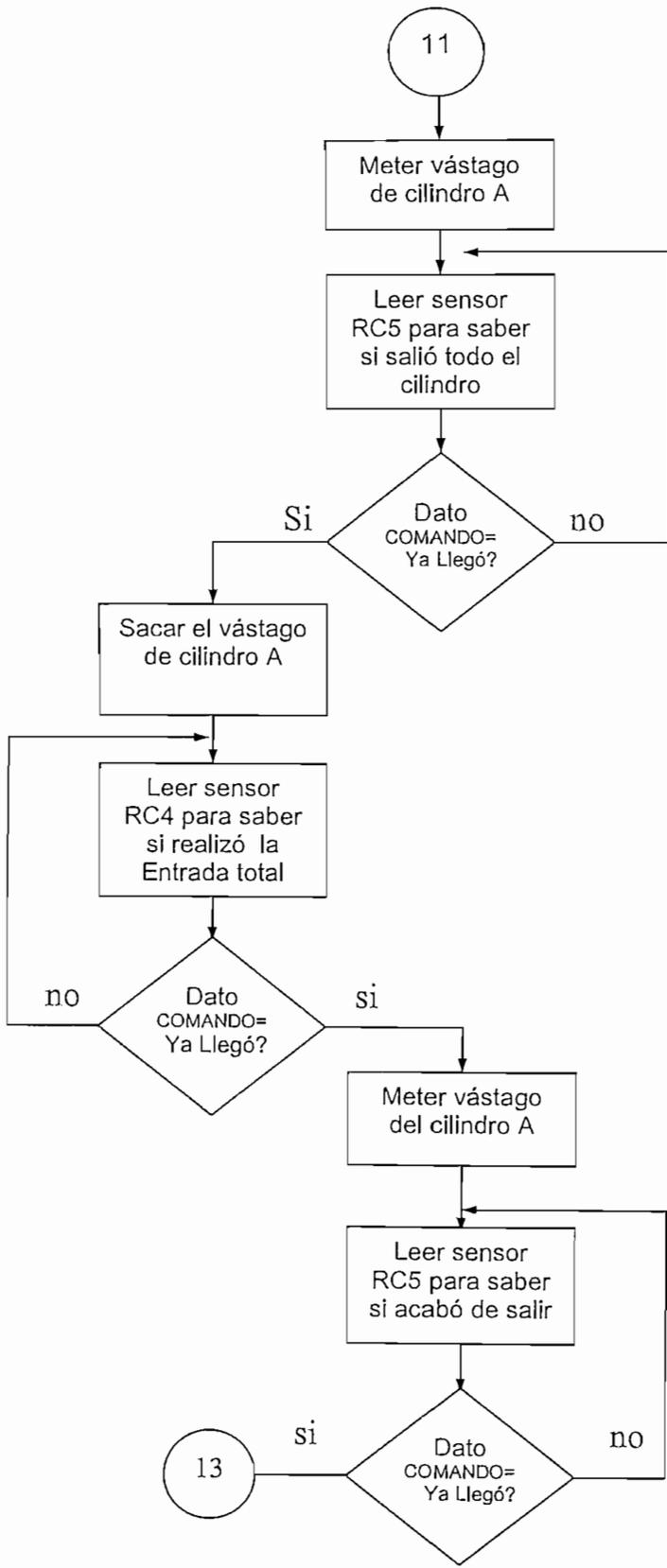


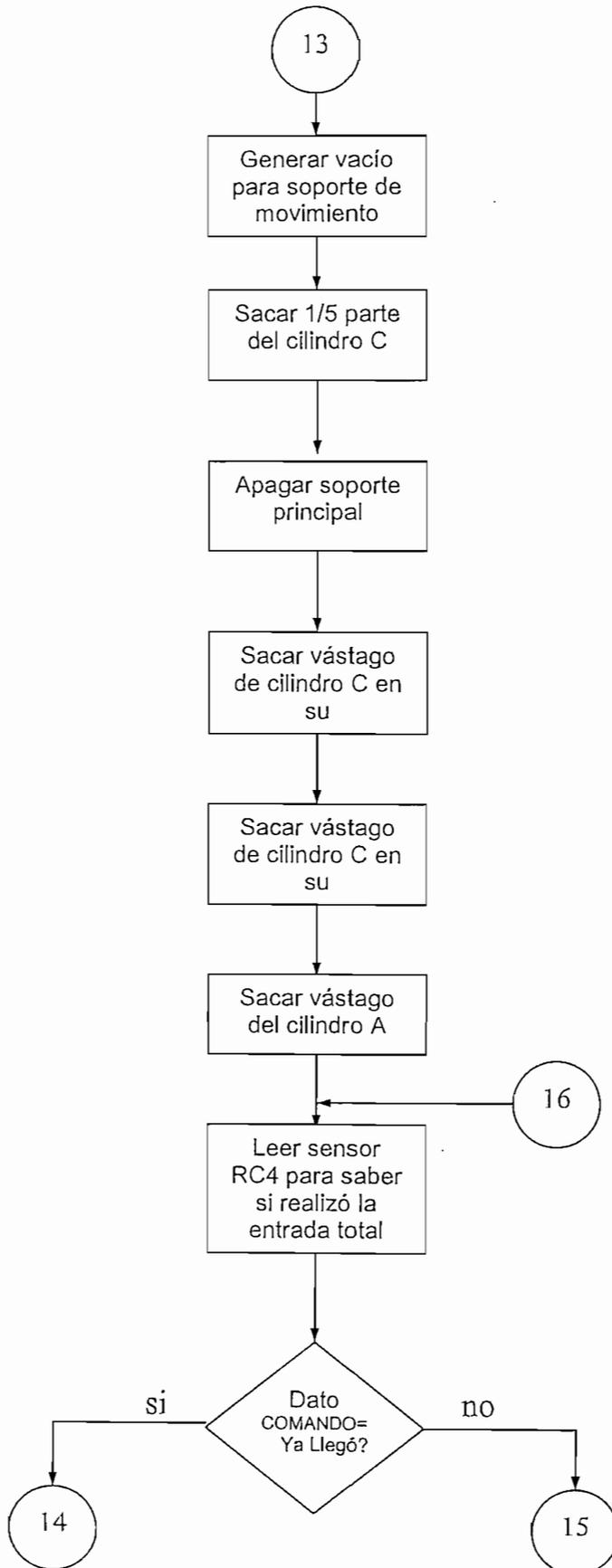


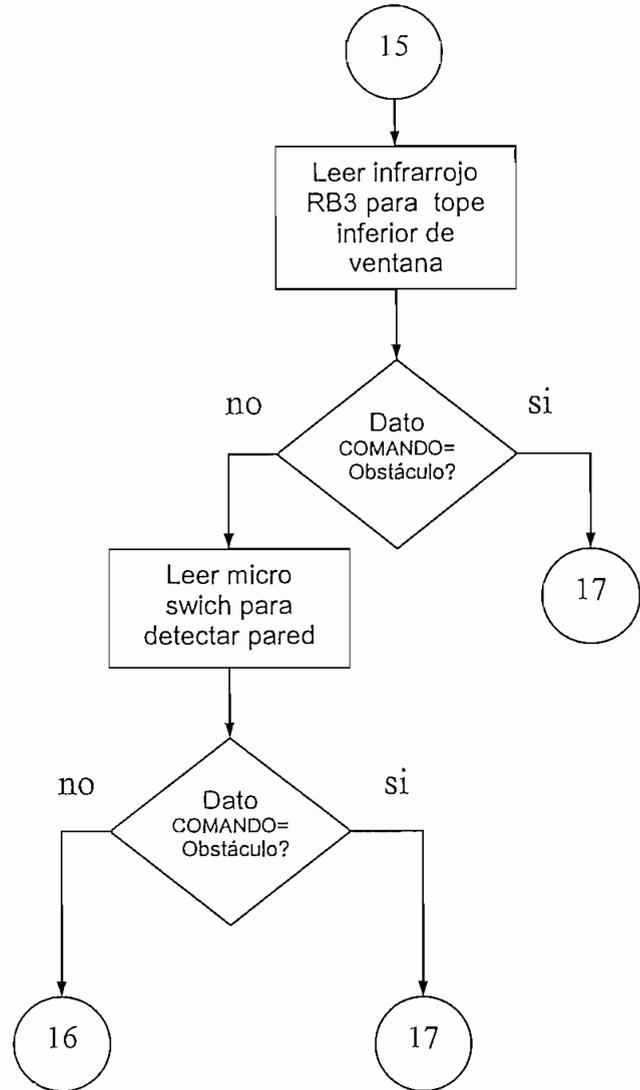
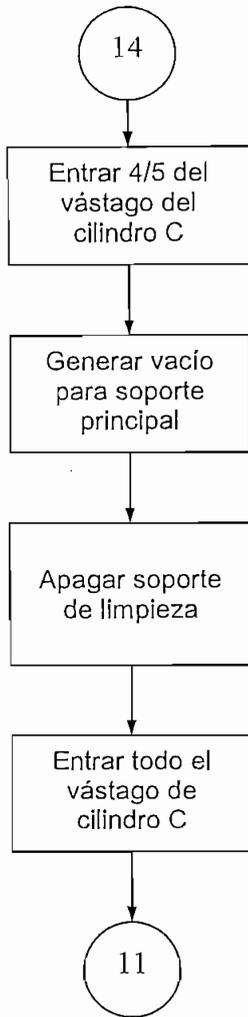


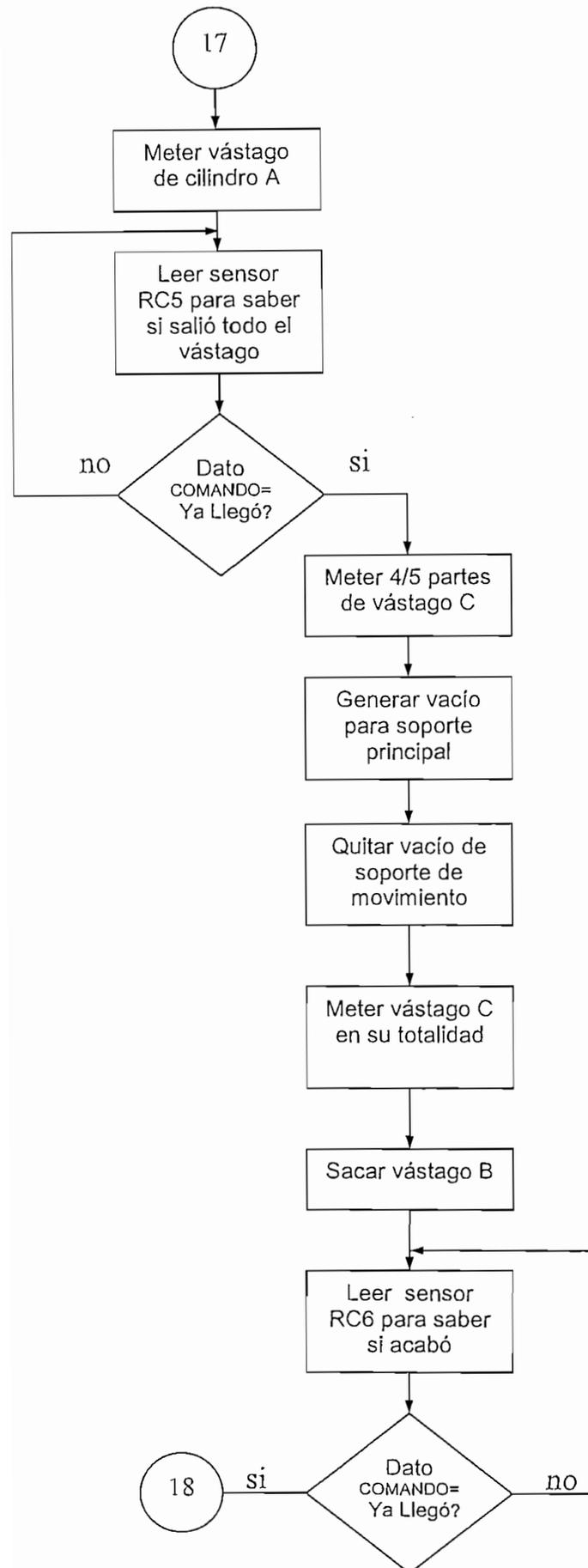


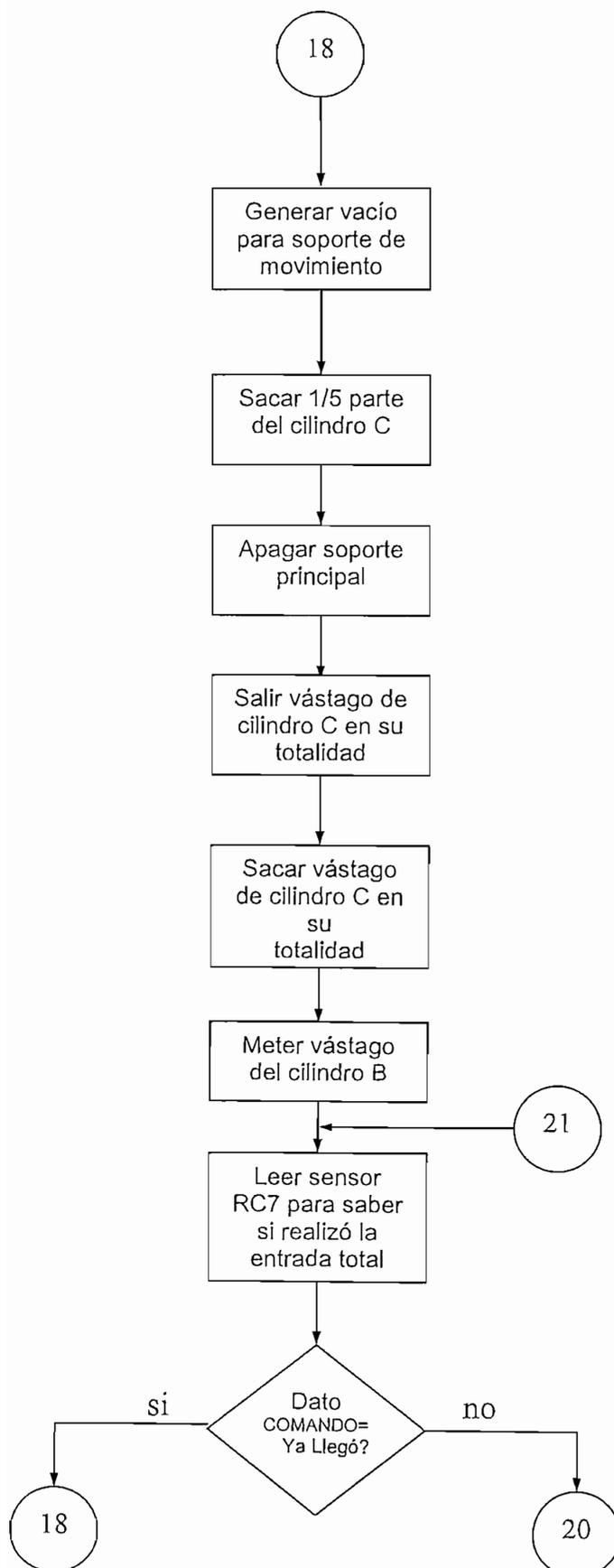












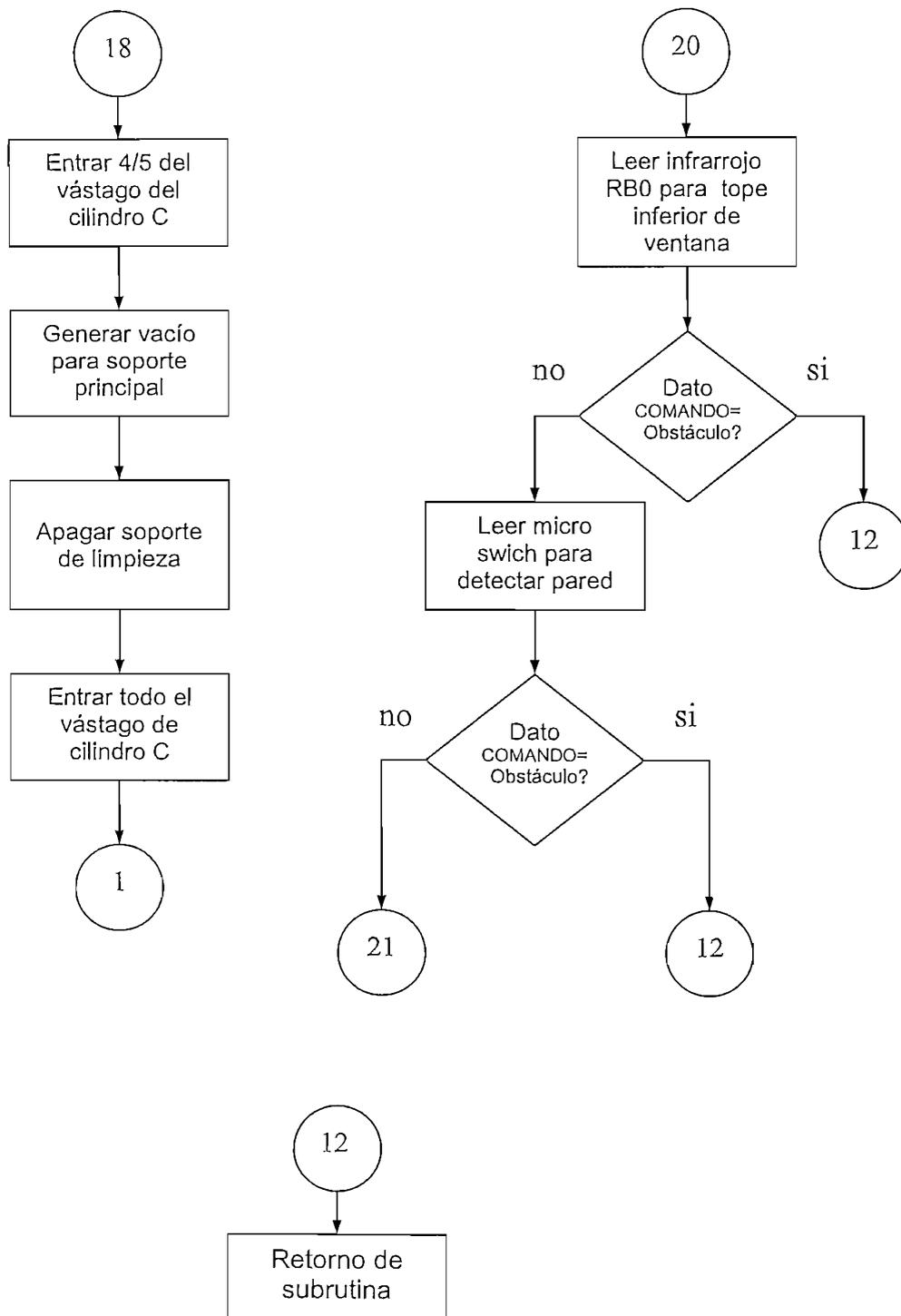


Figura 35 Diagrama de flujo del programa principal del PIC16F877

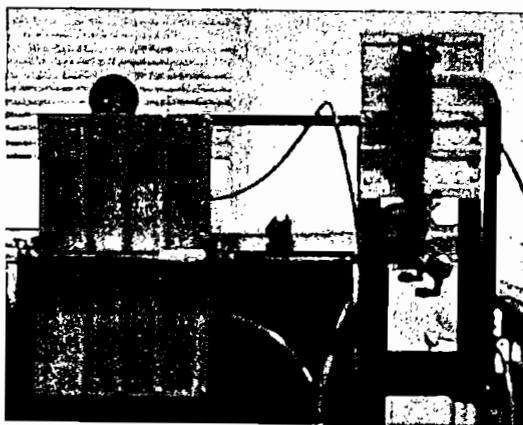
CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez terminado el diseño y la construcción del prototipo del robot limpiador de fachadas verticales, tanto en la parte mecánica como la parte de control, se procedió a realizar las pruebas necesarias para comprobar el correcto funcionamiento del prototipo. Para poder llegar al modelo del prototipo que funciona dentro de los parámetros planteados al comienzo de este proyecto se realizó varios cambios, que a continuación se detallan.

4.1 MOVIMIENTO DEL PROTOTIPO

Cabe indicar que antes de realizar las pruebas se diseñó dos tipos de secuencias de movimiento para el prototipo, la primera secuencia, con el prototipo en posición horizontal y el movimiento se lo hacía de izquierda a derecha y derecha a izquierda, y la segunda secuencia con el prototipo en posición vertical y para el movimiento arriba-abajo y abajo-arriba, en la Figura 4.1 se muestra las posiciones del prototipo, y en la Figura 4.2 las secuencias.



a)



b)

Figura 4. 1 Primer prototipo, a) Posición horizontal, b) Posición vertical

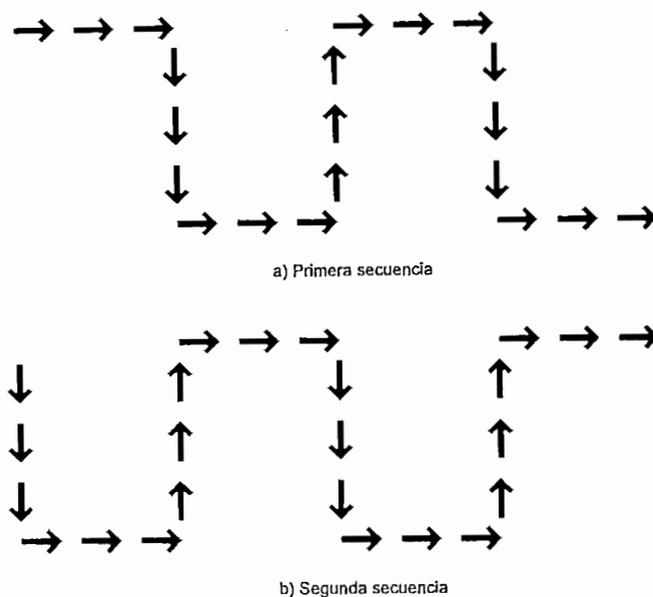


Figura 4. 2 Secuencias de movimiento

El primer prototipo constaba del mismo soporte principal que el del prototipo actual, y el soporte de movimiento en este caso estaba formado únicamente por el cilindro C montado en la guía C, y la ventosa F-75, con este modelo el prototipo logró su movimiento de trabajo (movimiento de limpieza) exitosamente, pero al momento de trasladarse a la siguiente sección de la ventana, este no pudo mantener su posición y como consecuencia giró, esto sucedió debido a que el vástago del cilindro C gira con respecto a su cámara y como el vástago está sujeto a la ventosa F-75 y el cuerpo del cilindro está sujeto a la guía C, en el momento en que el prototipo se mueve, la ventosa está sujeta al vidrio y para moverse el juego de las cuatro ventosa debe estar despegado, entonces bajo estas condiciones el marco principal giró con respecto a la ventosa. Se probó las dos secuencias de movimiento pero en las dos el prototipo giraba, cabe resaltar que en la segunda secuencia el giro fue menor, esto es debido a que la masa del robot está más centralizada en esta posición. De esta prueba se eligió la posición y la secuencia de movimiento que debería cumplir el prototipo.

Para corregir este problema se incluyó un sistema antigiro compuesto por tres placas, y dos varillas de acero inoxidable, una de estas placas llamada placa de soporte va unida al vástago del cilindro, y las otras dos placas llamadas placas antigiro van unidas a los lados del cilindro tanto en la culata como en el frente de este, con lo que se evita que el vástago gire con respecto a la cámara. Entonces

se procedió a realizar otra prueba más para el prototipo, el giro del robot se redujo pero no se corrigió del todo debido a que la ventosa F-75 comenzó a girar un poco a pesar de que no se soltó, en este caso el robot ya lograba avanzar a la siguiente sección pero no mantenía su posición, sino que llegaba pero con un giro de aproximadamente 30° con respecto al filo superior de la ventana, para corregir este problema se instaló una ventosa F-50 más, la cual ayuda a la ventosa F-75 aumentando el punto sobre el cual se sostiene el prototipo cuando se traslada, la nueva ventosa se instaló mediante una varilla de acero inoxidable denominada varilla de conexión, en la Figura 4.3 se muestra dicha conexión.

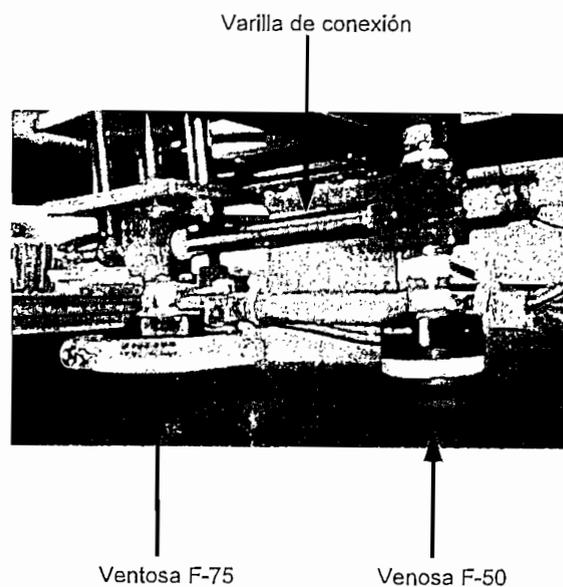


Figura 4. 3 Conexión de las ventosa F-75 y F-50

La siguiente prueba se realizó ya con esta nueva conexión, en este caso el prototipo aumentó su estabilidad y redujo en gran parte el giro a más o menos unos 5° con respecto al filo superior de la ventana. El prototipo final entonces consta de un sistema antigiro y de cinco ventosas F-50 y una ventosa F-75, para realizar el movimiento.

En la siguiente prueba se notó que el movimiento del prototipo tenía un pequeño ángulo de giro debido a que los marcos que lo componen deben estar un poco separados el uno del otro para que puedan correr con libertad, este problema se

logro corregir colocando a los lados del marco secundario unas pequeñas guías hechas de placas de aluminio, el prototipo final tiene un pequeño giro el cual se debe a que en determinados momentos el punto de apoyo del soporte de movimiento (ventosas F-50 y F-75) ya no se encuentra en el centro de masa del robot.

Al principio el prototipo no levantaba las ventosas para el movimiento, estas debían tocar la superficie de la ventana de lo contrario no podían pegarse al vidrio, como consecuencia el prototipo arrastraba las ventosas, esto a veces funcionaba y otras no debido a que la fricción que se producía no permitía que el prototipo se mueva, y en ocasiones las ventosas se doblaban, lo que no permitía el correcto avance del robot, para corregir este error se cambió la electroválvula 5/2 que controlaba el cilindro C, por una electroválvula 5/3 con centro cerrado para lograr que las ventosas en el momento en que el prototipo avanza no tengan contacto con la superficie, con esta electroválvula se logra que el cilindro salga en dos pasos, es decir que el soporte de movimiento, cuando el vástago del cilindro C está dentro de la cámara, no se encuentre en contacto con la superficie. El soporte de movimiento, para que el prototipo se traslade, baja hasta llegar a la misma altura del soporte principal en el primer paso de salida del cilindro C, en este momento el vacío en las ventosas que forman el soporte de movimiento se activa y en las ventosas del soporte principal se desactiva, como siguiente paso el cilindro C termina de salir, con esto se logra que las ventosas no tengan contacto con la superficie de la ventana al momento en que el prototipo se traslada, además para lograr que el cilindro salga en dos pasos se colocó en los escapes de la electroválvula reguladores con silenciadores, esto para que tanto la salida como el retorno del vástago se realicen en un tiempo prolongado y no golpeen la estructura del prototipo, estos reguladores también fueron colocados en los escapes de la electroválvula que controla el cilindro A.

4.2 SISTEMA DE LIMPIEZA Y CONTROL

Para el sistema de limpieza se probó en primer lugar con un sistema de dos brazos de limpieza, los cuales constan cada uno de una esponja y un caucho, en este caso la esponja es la encargada de humedecer la superficie de la ventana y

el caucho limpia y retira el líquido limpiador para lograr la limpieza de la misma, con este sistema se tubo el problema de que las dos esponjas humedecían demasiado a la superficie de la ventana y por esta razón los cauchos no lograban retirar todo el líquido, por consiguiente la ventana no quedaba limpia ya que al secarse el exceso de líquido dejaba marcas, además el líquido limpiador abundante resbalaba por el vidrio. Por estas razones este sistema de limpieza fue descartado. En la Figura 4.4 se muestra el primer sistema de limpieza probado.

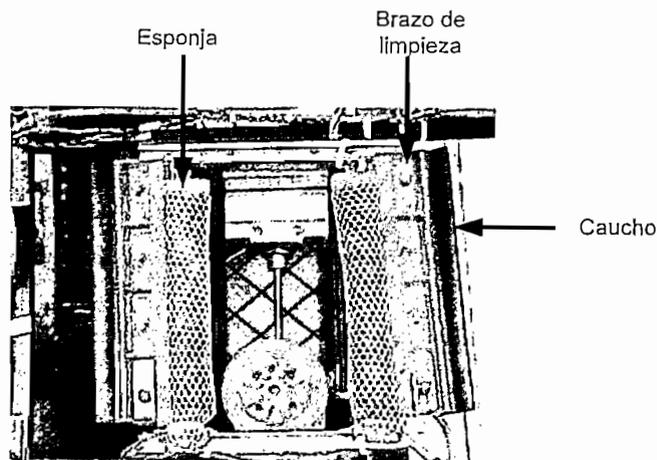


Figura 4. 4 Primer sistema de limpieza

Para la siguiente prueba el sistema de limpieza elegido fue con un solo brazo de limpieza para la sujeción de la esponja la cual va humedeciendo la superficie y para que limpie y retire una plumilla, la cual sin necesidad de mucha presión realiza en forma correcta su trabajo, cabe indicar que las ventosas no dejan huella en la superficie de la ventana, y que con este sistema de limpieza se logra que el prototipo limpie en forma satisfactoria la superficie. En la Figura 4.5 se muestra el sistema de limpieza que se usa en el prototipo final.

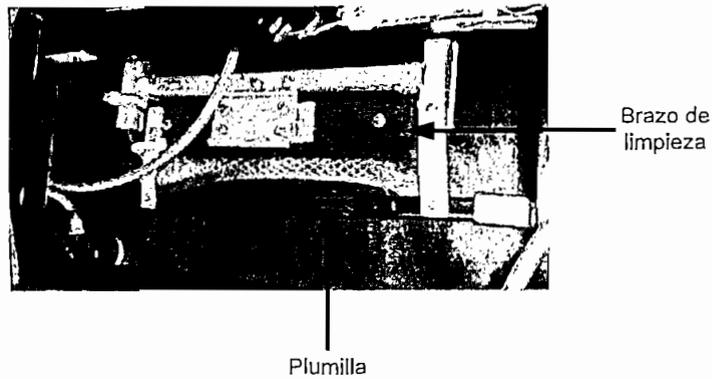


Figura 4. 5 Sistema de limpieza final

El sistema de control del prototipo consta de un microcontrolador PIC16F877, sensores infrarrojos, micro-switch y electroválvulas. En la primera prueba del funcionamiento de este sistema se observó que el prototipo a veces cumplía la secuencia programada y otras no, lo que se debía a que las señales de los micro-switch necesitaban de un tiempo de retardo para eliminar los rebotes, corregido este problema se procedió a probar nuevamente, en este caso el funcionamiento de los micro-switch fue satisfactorio. En el caso de los sensores infrarrojos se los colocó a una distancia ya determinada por el valor de la resistencia del circuito, la cual fue diseñada previamente con respecto a la altura del prototipo, con las señales de los sensores no se produjo ningún error. Las electroválvulas funcionan de manera adecuada cerrando y abriendo el paso del aire comprimido conforme a las órdenes del microcontrolador.

A continuación la Tabla 4.3 en la que se presenta los costos de este proyecto, la moneda en la que se ha evaluado es el dolar.

4.3 LISTA DE MATERIALES DEL PROTOTIPO

TABLA 4.1 Lista de Materiales y Costos

ITEM	ELEMENTO	CANT.	V.UNIT. (\$)	V. TOTAL (\$)
1	MINICILINDRO D.E. 20cm. DE CARRERA	1	40,32	40,32
2	MINICILINDRO D.E. 12cm. DE CARRERA	1	39,38	39,38
3	MINICILINDRO D.E. 10cm. DE CARRERA	1	59,30	59,30
4	ELECTROVALVULA 5/2 TOMA 1/8 NPT	4	36,37	145,48
5	ELECTROVALVULA 5/3 TOMA ¼ NPT	1	97,80	97,80
6	EXTRANGULADOR DE CAUDAL	4	6,70	26,80
7	REGULADOR DE PRESION	3	25,00	75,00
8	GENERADOR DE VACIO	2	35,60	71,10
9	VENTOSAS 4cm. DE DIÁMETRO EXT.	5	31,20	156,00
10	VENTOSAS 8cm. DE DIÁMETRO EXT.	1	97,80	97,80
11	SISTEMA DE LIMPIEZA PARA VIDRIOS	1	17,43	20,00
12	SENSOR INFRAROJO	4	5,20	23,00
13	IMPRESIÓN Y PERFORACIÓN DE PLACAS	3	9,50	28,50
14	ACCESORIOS NEUMATICOS			70,00
15	ACCESORIOS MECANICOS			110,00
16	ELEMENTOS ELECTRONICOS			50,00
	TOTAL			1101,48

4.4 COSTO DE INGENIERIA DEL PROTOTIPO

El costo total de materiales es de 1005,43 dólares, debido a que este robot es un prototipo se ha utilizado para el estudio y construcción del mismo 930 horas. Tomando en cuenta que se ha realizado una investigación previa para este trabajo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones que a continuación se presentan fueron obtenidas de la investigación y la construcción del presente proyecto de titulación.

5.1 CONCLUSIONES

- El estudio de los robots limpiadores de fachadas verticales resulta muy útil debido a que con estos se trata de reducir el riesgo de accidentes, al intentar limpiar sitios demasiado altos o donde es imposible montar andamios, es decir donde al hombre le resulta peligroso e incómodo llegar.
- El estudio de sistemas de limpieza adecuados para esta clase de superficies ha permitido lograr un sistema compuesto que funciona para este prototipo, tomando en cuenta su construcción y sus secuencias de movimiento y limpieza.
- Con la construcción de este prototipo se logró el diseño de un sistema que depende básicamente de aire comprimido, provisto por un compresor, el cual debe poder suplir un mínimo de 6 bares, esto debido a que es este el valor que los generadores de vacío deben tener a la entrada para poder generar el vacío necesario, para que las ventosas se peguen a la superficie de la ventana en forma adecuada.
- Para el diseño mecánico del robot se utilizó aluminio como material base, debido a su peso reducido y a que es un material que no se deforma fácilmente.
- Con el diseño de la parte de control realizado mediante un microcontrolador PIC 16F877, electroválvulas, y sensores, se logro un

sistema que responde de manera rápida y satisfactoria en el funcionamiento de este prototipo.

- El uso de cilindros neumáticos para el movimiento del robot hace que dichos movimientos sean fluidos y totalmente controlables por el microcontrolador.
- El sistema mediante el cual el robot puede moverse y plantarse en la superficie de las ventanas está hecho a base de ventosas, esto garantiza que no se necesita colocar ni andamios, ni riles, esto debido a que la sujeción del robot se la hace mediante ventosas, las cuales se encuentran en dos juegos y funcionan alternadamente, logrando así que el prototipo camine.
- El prototipo consta de un panel de control en el cual es posible visualizar el estado del tanque de líquido limpiador, del vacío necesario, de la presencia de obstáculo, y además por medio de dicho panel se da la orden para que el robot comience su funcionamiento, y para que el sistema sea reseteado.

5.2 RECOMENDACIONES

- Previamente a la utilización del prototipo se recomienda que el compresor este cargado al valor de 6 bares, esto para garantizar que las ventosas se peguen bien a la superficie y el robot no resbale, ni caiga.
- Se recomienda verificar en el panel de control que el tanque de líquido limpiador este lleno, esto debido a que el sistema no puede comenzar si no recibe la señal del sensor de nivel.
- La posición en la que es colocado el robot debe ser la indicada en capítulos anteriores, de lo contrario el funcionamiento no será el esperado y además se lo debe colocar recto para que el prototipo se mueva correctamente.

- Verificar que tanto la alimentación del panel de control como el de las electroválvulas sea el correcto.
- Se recomienda que para futuros trabajos en base a este proyecto, la estructura mecánica debe ser estudiada para verificar si la reducción o aumento de peso en la misma puede generar que el prototipo al moverse tienda a curvarse.
- Se recomienda la continuidad en el estudio de este prototipo para su mejor funcionamiento, haciendo énfasis en la parte mecánica del mismo.

ANEXO A

ANEXO B

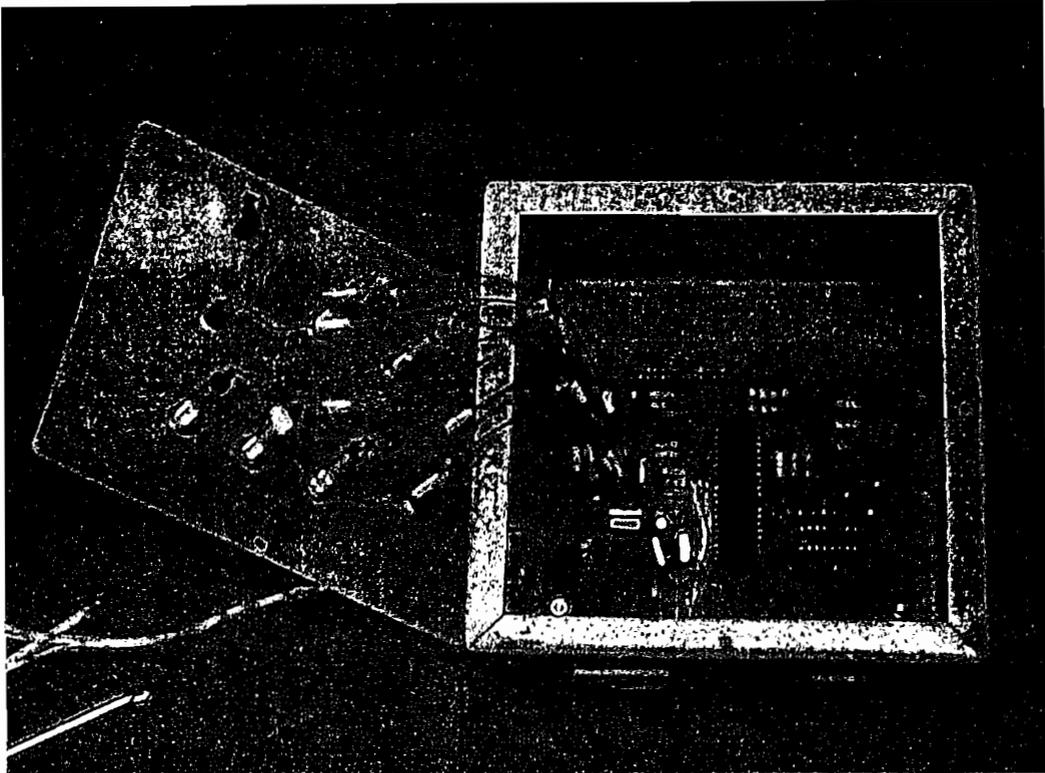


Figura B1: Caja de Control del robot

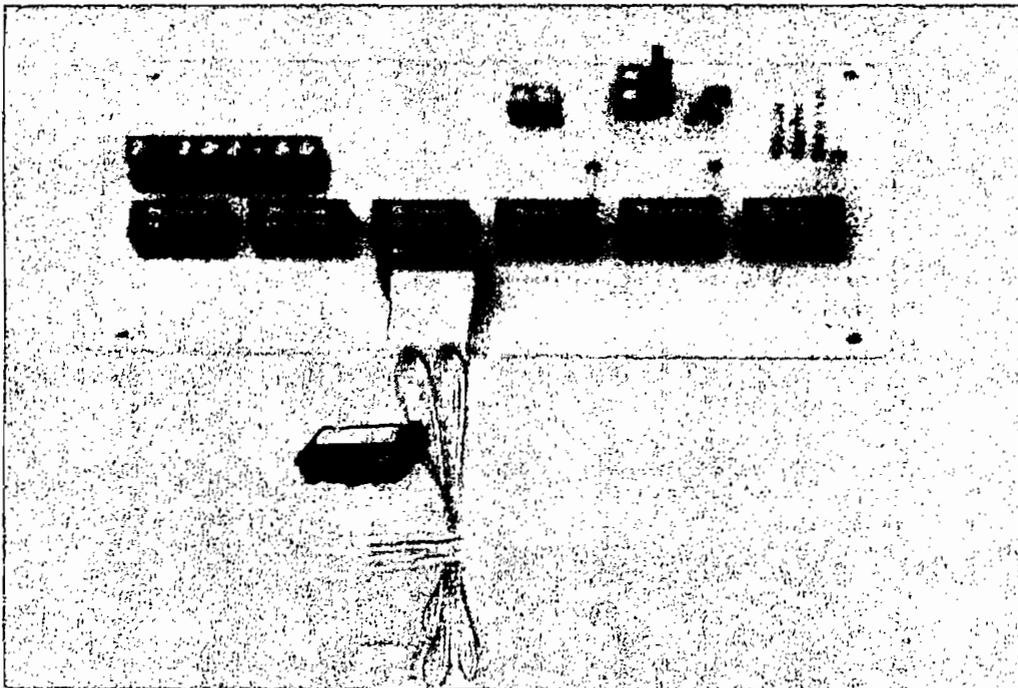


Figura B2: Tarjeta de Potencia

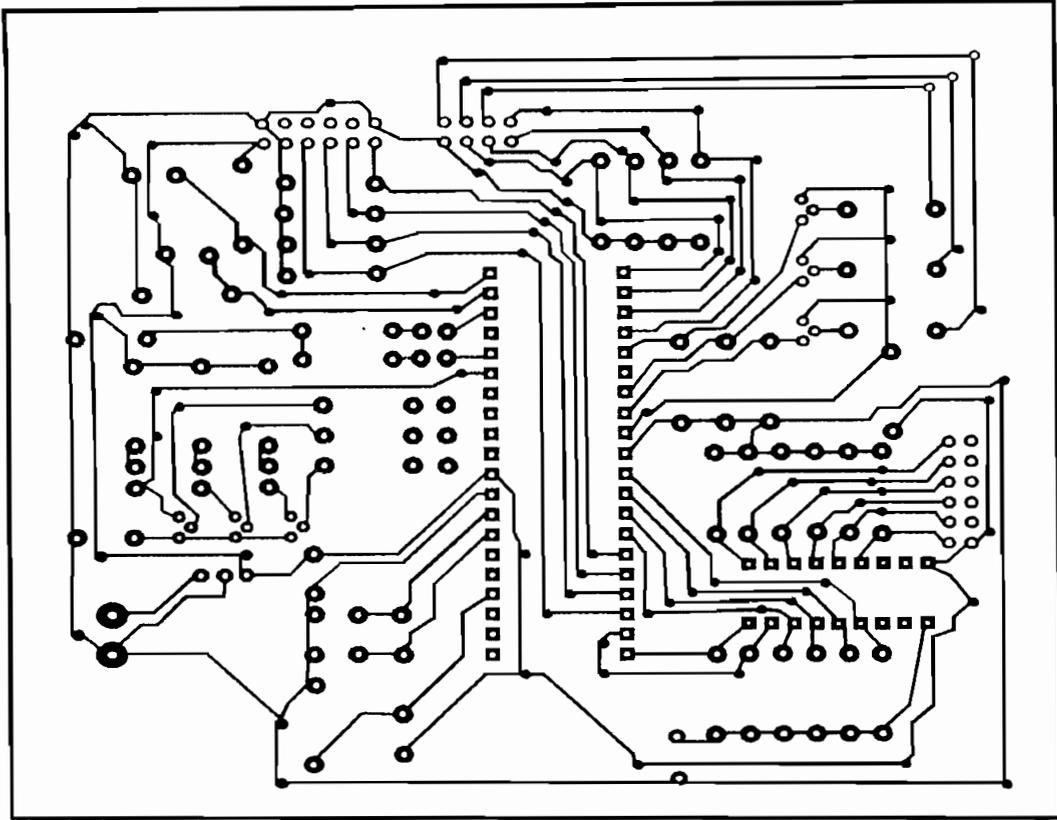


Figura B3: Tarjeta del sistema microprocesado

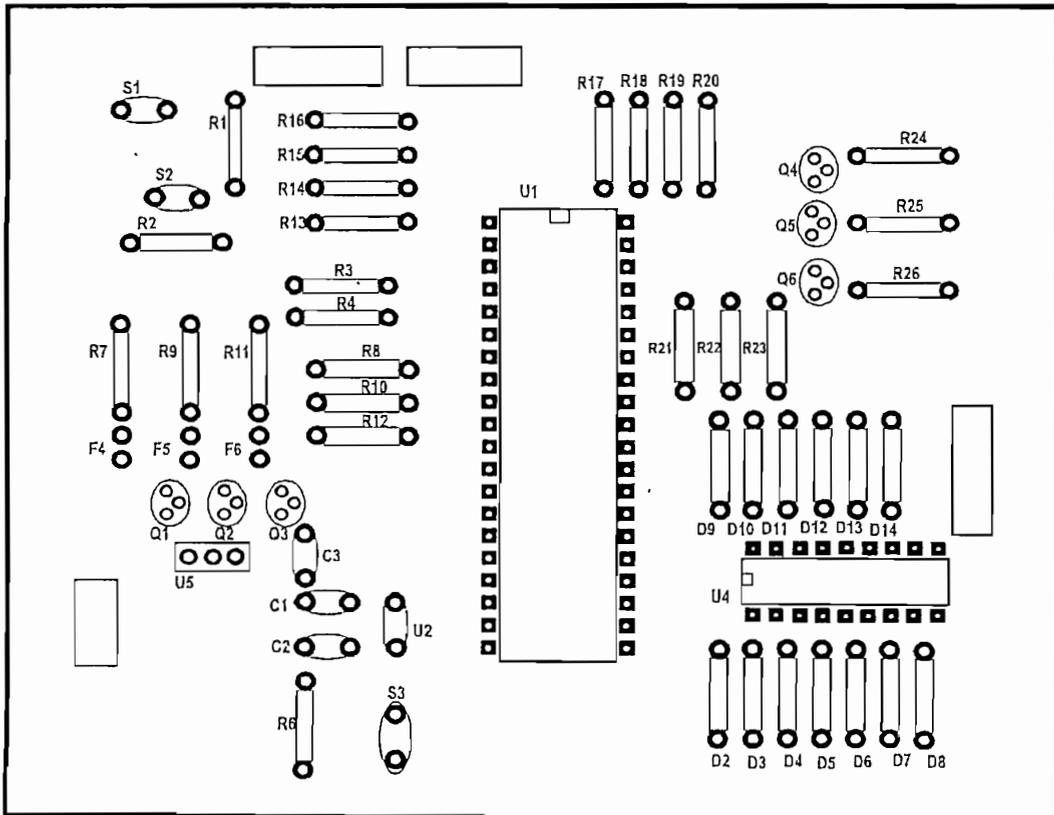


Figura B4: Tarjeta del microprocesado. Ubicación de elementos

TABLA B1: Lista de elementos y valores

ELEMENTO	VALOR	DESCRIPCION
R1,R2,R6	10K Ω	Resistencia ¼ W
R3,R4,R5, R7,R9,R11	1K Ω	Resistencia ¼ W
R13,R14,R15,R16,R17,R18	1K Ω	Resistencia ¼ W
R19,R20,R24,R25,R26	1K Ω	Resistencia ¼ W
R8,R10,R12,R21,R22,R23	220 Ω	Resistencia ¼ w
C1,C2	0,022 μ F	Capacitor cerámico
C3	1 μ F	Capacitor Electrolítico
D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7	1N4048	Diodo Rectificador
D8,D9,D10,D11,D12,D13	1N4048	Diodo Rectificador
D14,D15	1N4048	Diodo Rectificador
Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6	2N3904	Transistor NPN
F1,F2,F3,F4,F5,F6	Led	Fotodiodo LED
U1	PIC16F877	Microcontrolador
U2	Cristal	Cristal Oscilador de 20Mhz
U3	LM7805CT	Regulador de 5 voltios
U4	LM3598	Amplificador Darlinwton

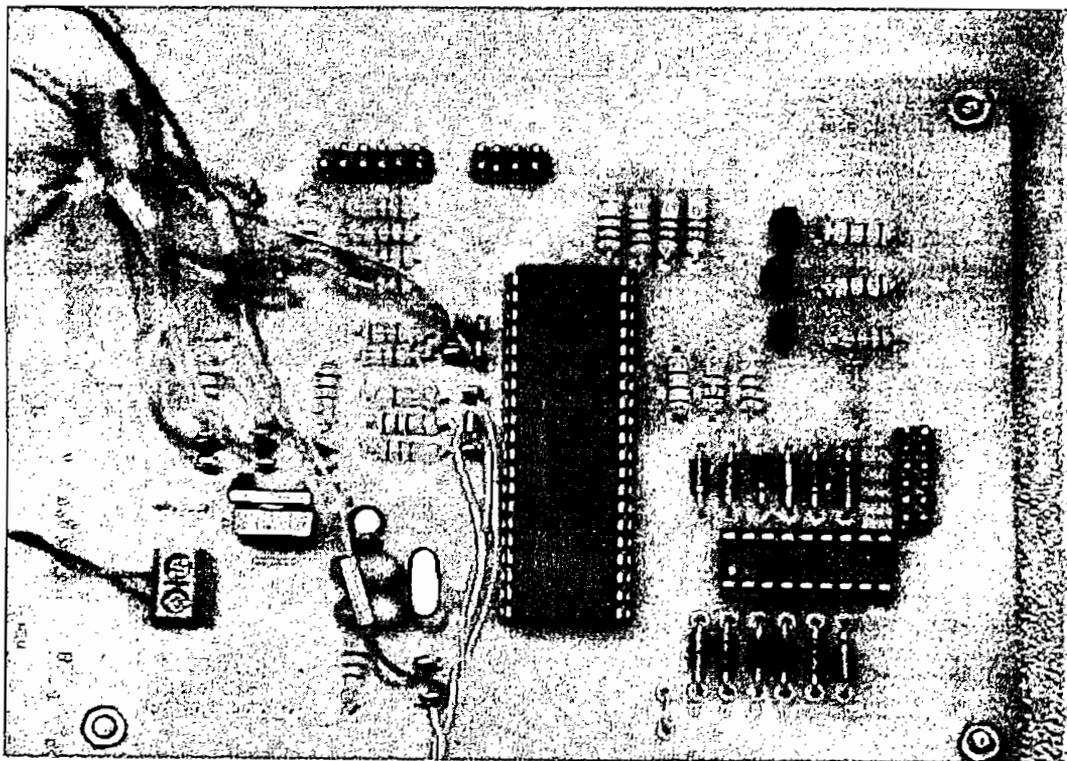


Figura B5: Tarjeta del microprocesado.

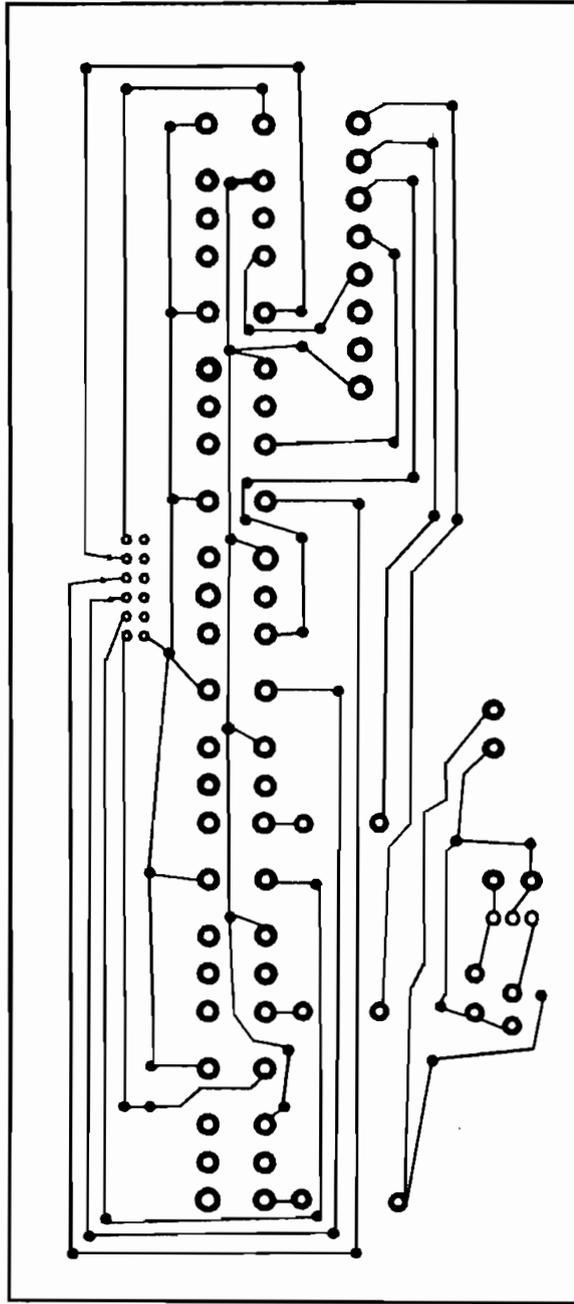


Figura B6: Tarjeta de Relés para control de Electro válvulas

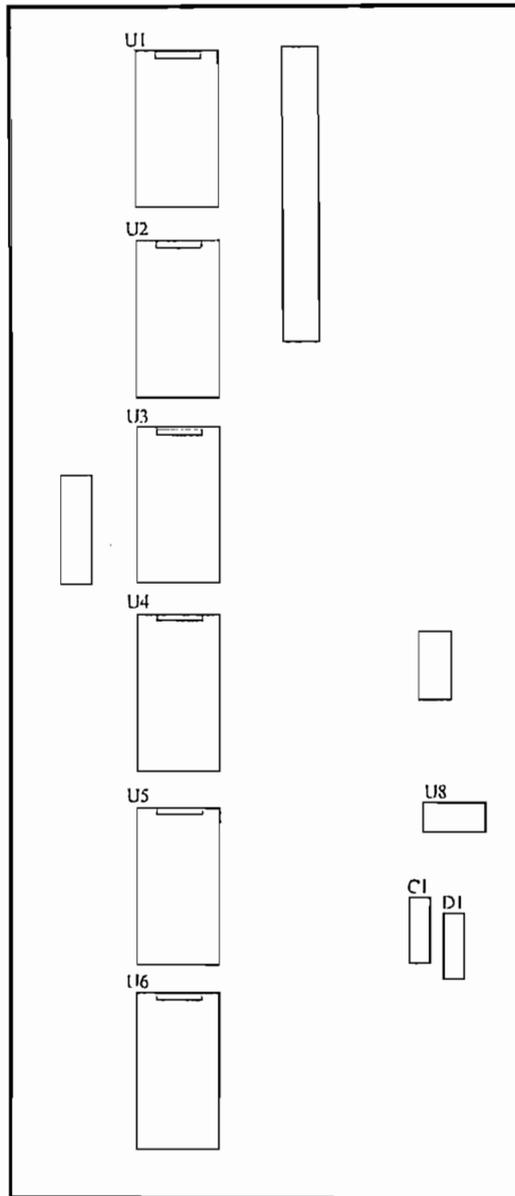


Figura B7: Tarjeta de Relés para control de Electro válvulas
Ubicación de Elementos

TABLA B2: Lista de elementos y valores

ELEMENTO	VALOR	DESCRIPCION
U1,U2,U3,U4,U5,U6	Relé	Relé
U8	LM7812CT	Regulador de 12V
C1	1uF	Capacitor electrolítico
D1	1N4048	Diodo Rectificador

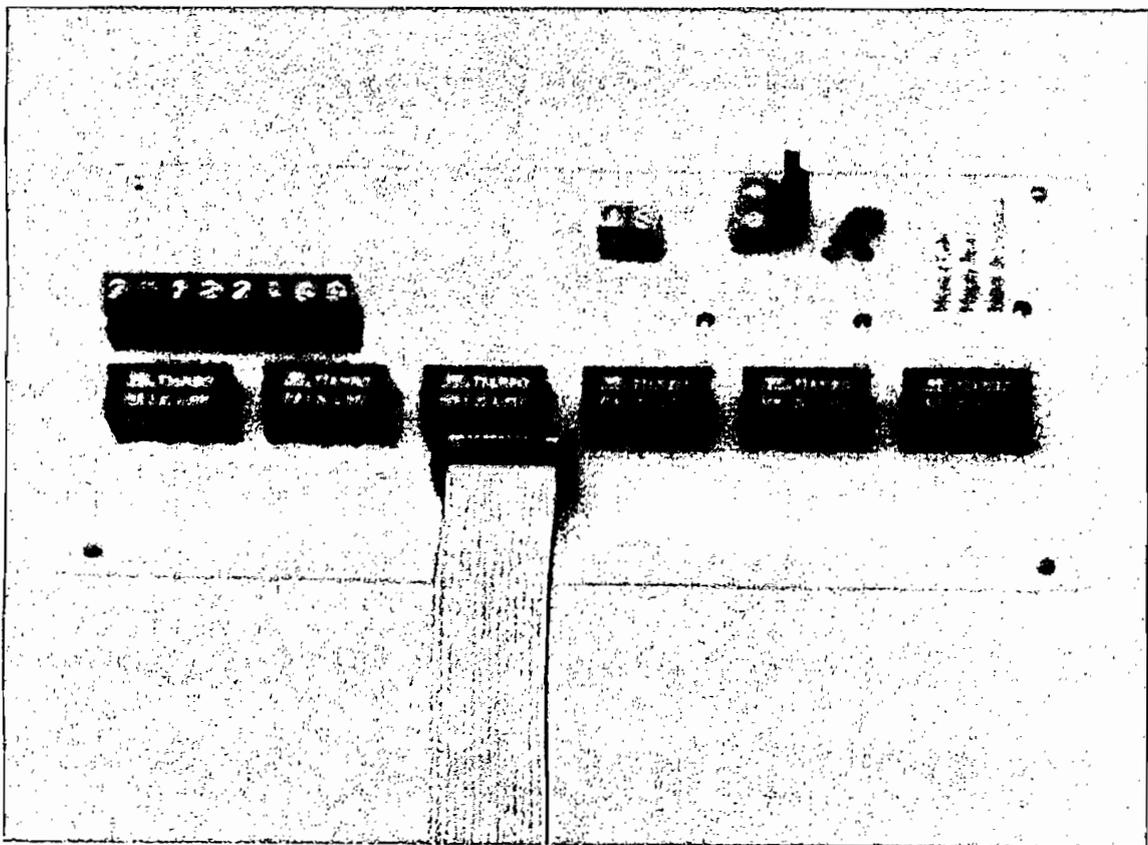


Figura B8: Tarjeta de Relés

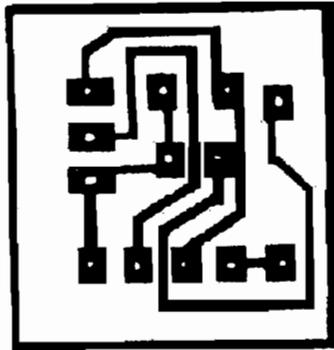


Figura B9: Tarjeta del sensor infrarrojo

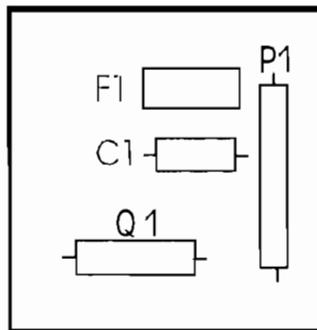


Figura B10: Tarjeta del sensor infrarrojo. Ubicación de Elementos

Tabla B3: Lista de elementos y valores

ELEMENTO	VALOR	DESCRIPCION
P1	1K Ω	Potenci3metro 1/4 W
C1	330uF	Capacitor cer3mico
Q1	IS471F	Sensor Infrarrojo
F1	LED	Led infrarrojo



Figura B11: Tarjeta de sensor infrarrojo (lado inferior)

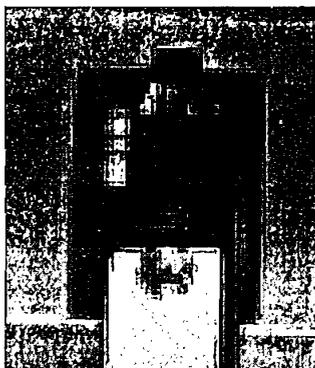


Figura B12: Tarjeta de sensor infrarrojo (lado superior)

ANEXO C

MICRO 10
Serie 518

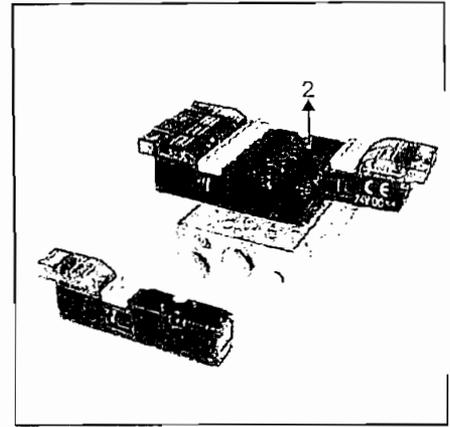
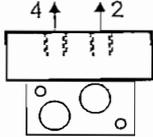
MICRO-DISTRIBUIDORES
de mando electroneumático
cuerpo roscado Ø M3 - adaptable sobre bases múltiples

3/2-5/2-5/3

orificios / posiciones

ESPECIFICACIONES

FLUIDO : Aire o gas neutro, no lubricado, filtrado a 5 µm
 PRESIÓN DE UTILIZACIÓN : 2 a 8 bar
 TEMPERATURA ADMISIBLE : + 5 °C a + 50 °C
 Ø DE PASO : 1,6 mm
 CAUDAL (Qv a 6 bar) : ver cuadro abajo
 MANDO MANUAL : De impulsión y con enclavamiento (mantenido)
 PARTICULARIDAD : Estos distribuidores roscados Ø M3 se adaptan por igual en bases múltiples con orificios 1 y (3-5) comunes recordables sobre base y utilizaciones 2 y 4 en distribuidores, en la parte superior



CONSTRUCCIÓN

CUERPO : Aleación de aluminio
 PIEZAS INTERNAS : Aleación de aluminio + latón + acero inoxidable
 JUNTAS : Nitrilo (NBR) + PU

1 = Presión
 2,4 = Utilizaciones
 3,5 = Escapes

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tensión	Consumo	Clase de aislamiento	Grado de protección	Conexión eléctrica
24V= (+10%, -15%) (12 V = bajo demanda)	1 W	F	IP 40	Mediante conector enclavable con 2 conductores 0,5 mm ² + LED y protección eléctrica integradas

5

Las electroválvulas están previstas para la puesta con tensión permanente en los límites de temperatura ambiente máxima.

SELECCIÓN DEL MATERIAL

Símbolos Funciones	Órganos de pilotaje		Caudal		Tiempo de respuesta (ms)		CÓDIGOS*		
	Mando	Retorno	a 6 bar (l/min) ANR	Coef. KV	con tensión	sin tensión			
3/2 NC 	Diferencial	Resorte	100	1,43	9	25	518 00 001		
	Diferencial	Resorte			9	25	518 00 003		
5/2 	Diferencial	Resorte			9	25	518 00 020		
	Electro-neumático Impulsión	Electro-neumático Impulsión			6	—	518 00 022		
5/3 	Centro cerrado W1 Mandos electroneumáticos				80	1,15	8	15	518 00 030
	Centro abierto W3 Mandos electroneumáticos						8	15	518 00 032

* Los conectores se solicitan por separado precisando las cantidades y códigos a elegir :
 conector con 2 conductores - longitud 0,5 m - código : 881 18 801
 - longitud 1,5 m - código : 881 18 802
 - longitud 3 m - código : 881 18 803



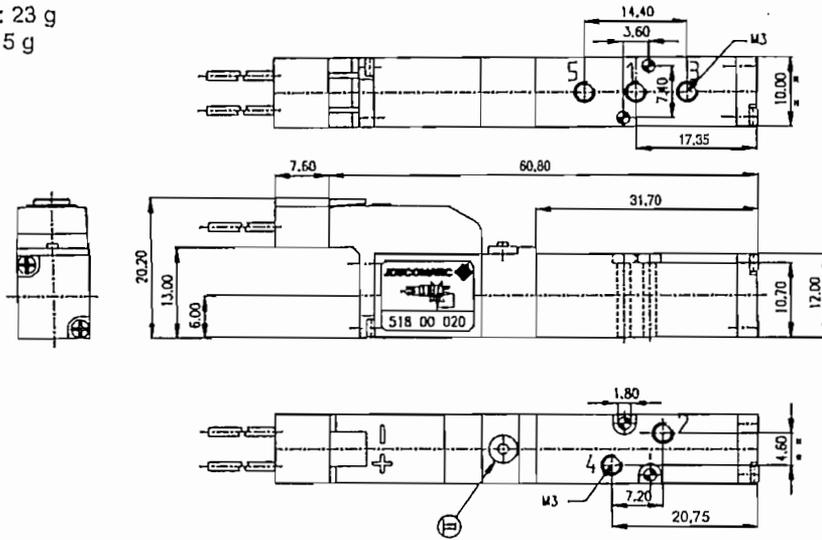
BASES : ver páginas siguientes

: Los códigos en gris corresponden a los productos de aplicación corriente, disponibles en plazo reducido

DIMENSIONES

MICRODISTRIBUIDORES 3/2 - 5/2 Códigos 518 00 001 , 518 00 003, 518 00 020

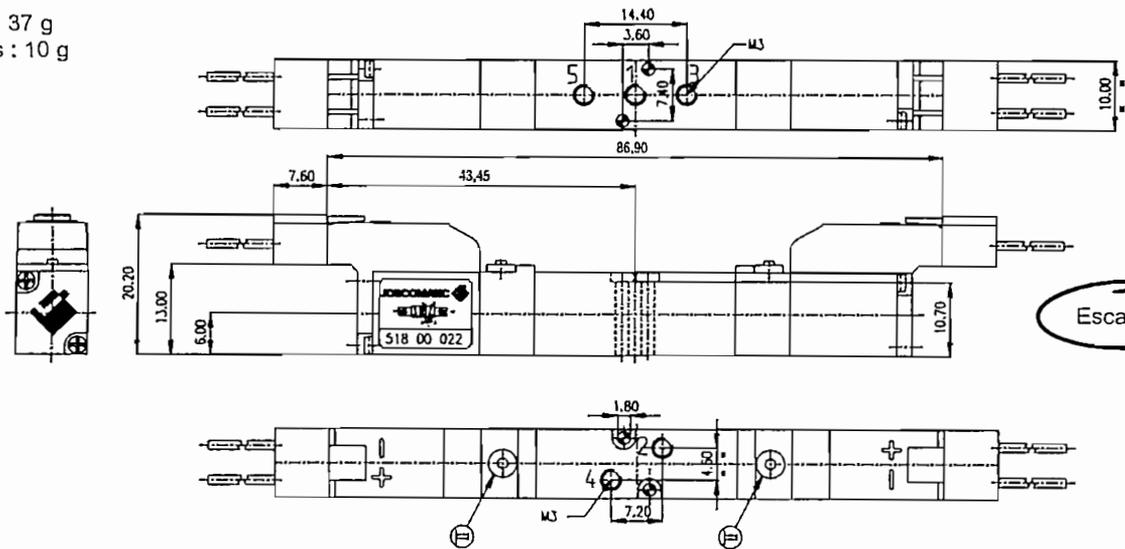
Pesos :
 Distribuidor : 23 g
 1 conector : 5 g



Escala 1

MICRODISTRIBUIDOR 5/2 DE IMPULSIÓN Código 518 00 022

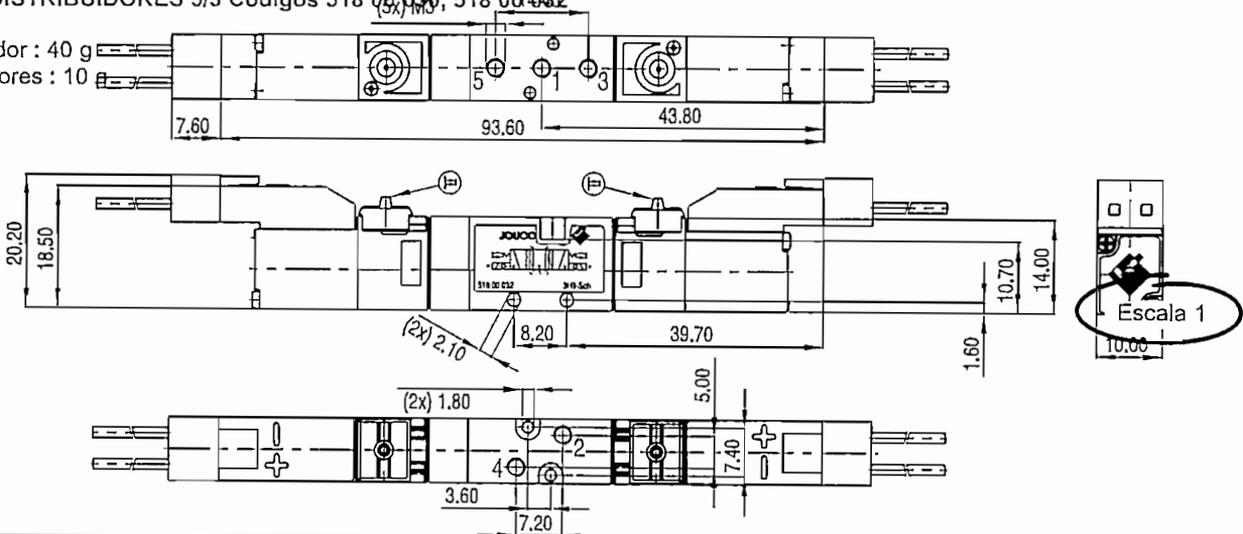
Pesos :
 Distribuidor : 37 g
 2 conectores : 10 g



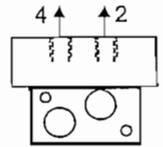
Escala 1

MICRODISTRIBUIDORES 5/3 Códigos 518 00 030, 518 00 042

Pesos :
 Distribuidor : 40 g
 2 conectores : 10 g

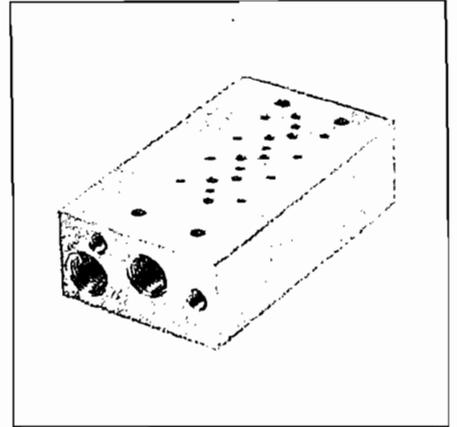


Escala 1



CONSTRUCCIÓN

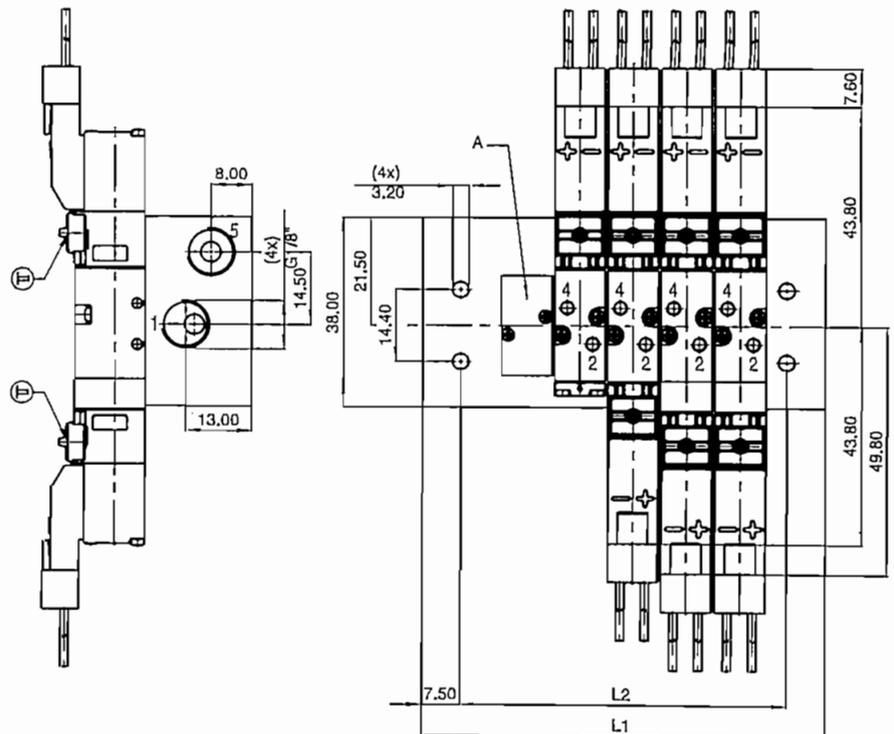
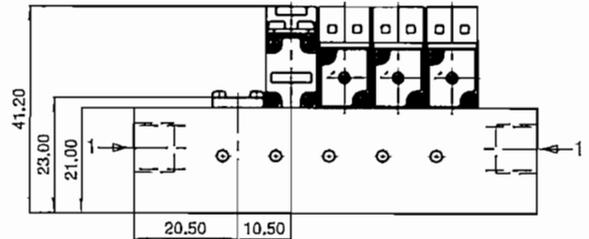
Racordaje de las utilizations (2-4) : ØM3 (en la parte superior de los distribuidores)
 Material : Aleación de aluminio
 Racordaje canalizados : Presión - G 1/8 (1)
 Escape - G 1/8 (5)
 Escape de los pilotajes canalizados Ø M5 (82/84)
 Los orificios 1-5-82-84 están conectados a los 2 extremos - Bases suministradas con tapones de obturación



DIMENSIONES

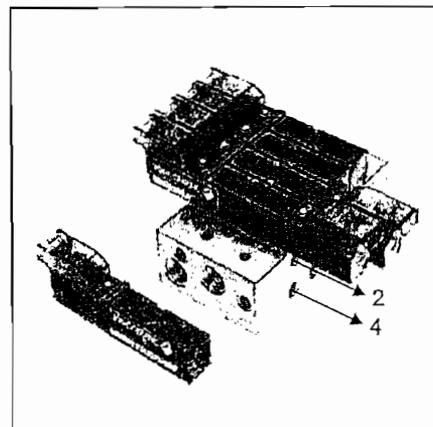
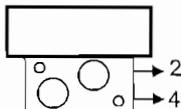
CÓDIGO	Nº de distribuidores	Longitudes		Peso bases (en g)
		L1	L2	
355 00 232	2	47,5	32,5	98
355 00 233	3	58	43	123
355 00 234	4	68,5	53,5	146
355 00 235	5	79	64	172
355 00 236	6	89,5	74,5	195
355 00 237	7	100	85	220
355 00 238	8	110,5	95,5	245
355 00 239	9	121	106	270
355 00 240	10	131,5	116,5	293

A - Placa de obturación : Código 881 35 533



ESPECIFICACIONES

FLUIDO : Aire o gas neutro, no lubricado, filtrado a 5 µm
 PRESIÓN DE UTILIZACIÓN : 2 a 8 bar
 TEMPERATURA ADMISIBLE : + 5 °C a + 50 °C
 Ø DE PASO : 1,6 mm
 CAUDAL (Qv a 6 bar) : ver cuadro abajo
 MANDO MANUAL : De impulsión



CONSTRUCCIÓN

CUERPO : Aleación de aluminio
 PIEZAS INTERNAS : Aleación de aluminio + latón + acero inoxidable
 JUNTAS : Nitrilo (NBR) + PU
 RACORDAJE : De aplicación

1 = Presión
 2,4 = Utilizaciones
 3,5 = Escapes

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tensión	Consumo	Clase de aislamiento	Grado de protección	Conexión eléctrica
24V= (+10%, -15%) (12 V = bajo demanda)	1 W	F	IP 40	Por conector enclavable con 2 conductores 0,5 mm ² + LED y protección eléctrica integradas

Las electroválvulas están previstas para la puesta con tensión permanente en los límites de temperatura ambiente máxima.

SELECCIÓN DEL MATERIAL

	Símbolos Funciones	Órganos de pilotaje		Caudal		Tiempo de respuesta (ms)		CÓDIGOS*
		Mando	Retorno	a 6 bar (l/min) ANR	Coef. KV	con tensión	sin tensión	
3/2	NC	Electro-neumático	Resorte	100	1,43	9	25	518 00 002
	NA	Electro-neumático	Resorte			9	25	518 00 004
5/2	NC	Electro-neumático	Resorte			9	25	518 00 021
	Impulsión	Electro-neumático	Electro-neumático			6	—	518 00 023
5/3	Centro cerrado W1	Mandos electroneumáticos		80	1,15	8	15	518 00 031
	Centro abierto W3	Mandos electroneumáticos				8	15	518 00 033

5

* Los conectores se solicitan por separado precisando las cantidades y códigos a elegir :
 conector con 2 conductores - longitud 0,5 m - código : 881 18 801
 - longitud 1,5 m - código : 881 18 802
 - longitud 3 m - código : 881 18 803

BASES : ver páginas siguientes

: Los códigos en gris corresponden a los productos de aplicación corriente, disponibles en plazo reducido

Serie 518

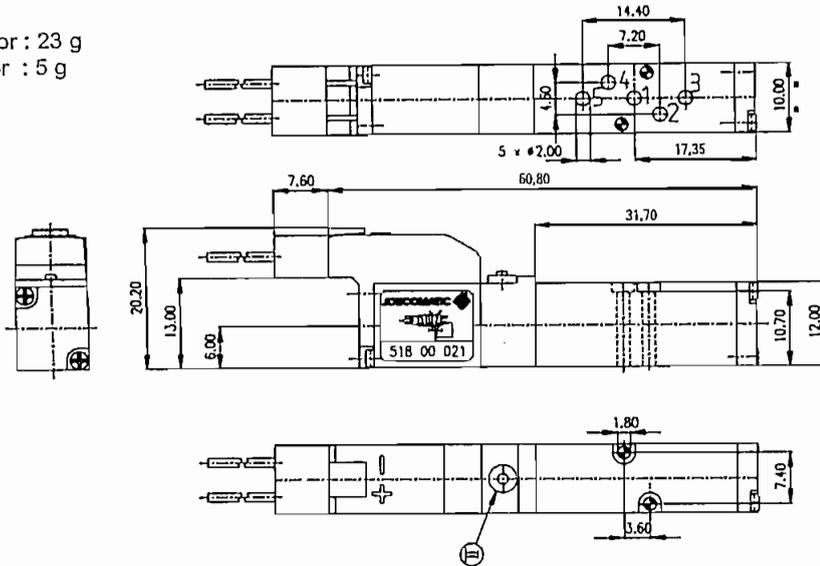
DIMENSIONES

MICRODISTRIBUIDORES 3/2 ; 5/2 Códigos 518 00 002, 518 00 004, 518 00 021

Pesos :

Distribuidor : 23 g

1 conector : 5 g



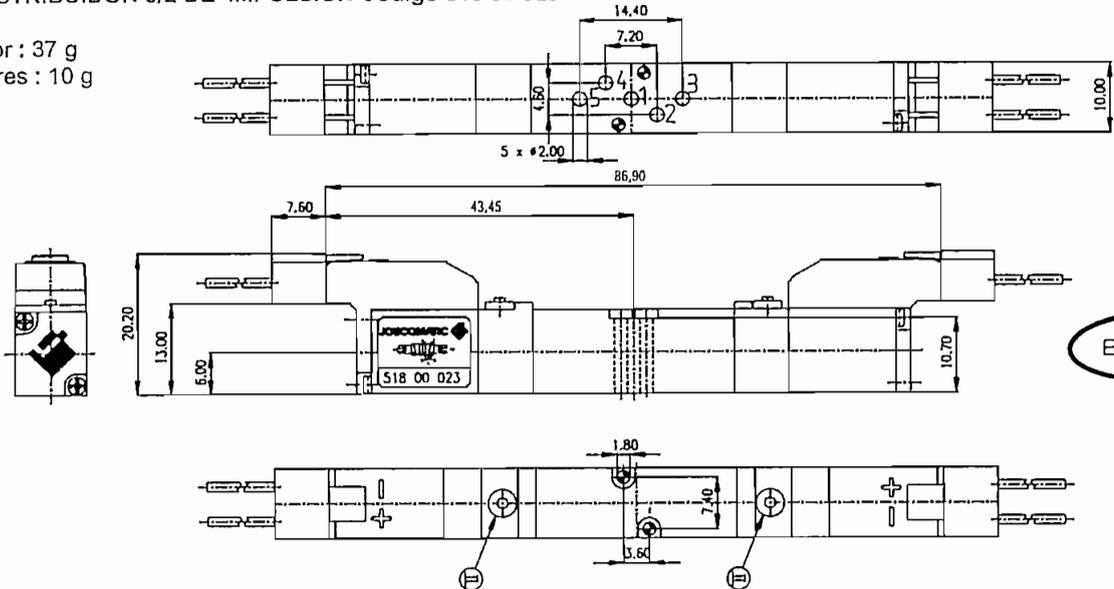
Escala 1

MICRODISTRIBUIDOR 5/2 DE IMPULSIÓN Código 518 00 023

Pesos :

Distribuidor : 37 g

2 conectores : 10 g



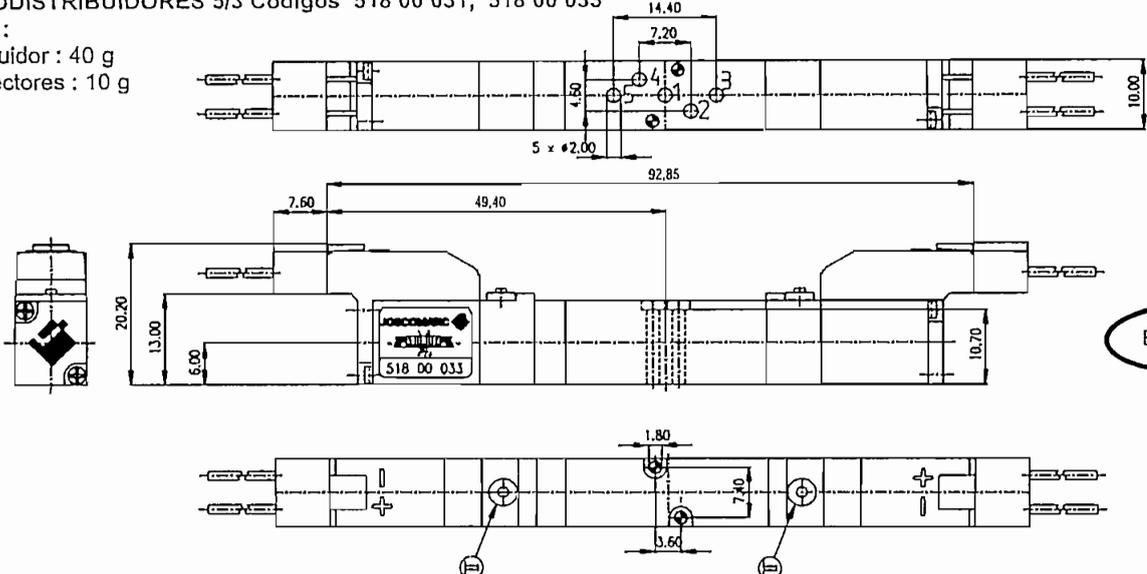
Escala 1

MICRODISTRIBUIDORES 5/3 Códigos 518 00 031, 518 00 033

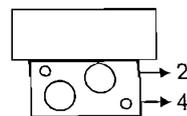
Pesos :

Distribuidor : 40 g

2 conectores : 10 g



Escala 1

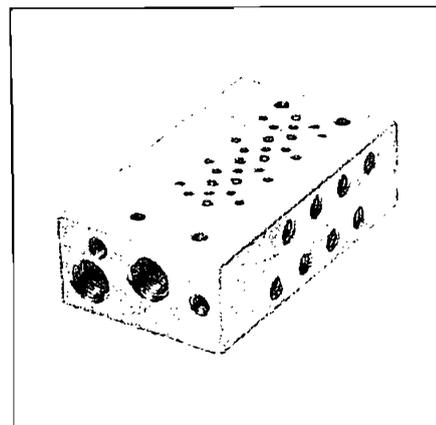


CONSTRUCCIÓN

Racordaje de las utilizations (2-4) : Ø M5 (lateral)
Material : Aleación de aluminio

CODIFICACIÓN DE LAS BASES

Tipo de bases	Nº de distrib.	CÓDIGOS bases	Pesos bases (en g)	Racordaje de los orificios				
				1	3	5	2-4	82-84
Base simple	1	355 00 251	16	M5	M5	M5	M5	M3
Bases múltiples	2	355 00 252	92	G1/8	-	G1/8 (3-5)	M5	M5
	3	355 00 253	120					
	4	355 00 254	142					
	5	355 00 255	165					
	6	355 00 256	190					
	7	355 00 257	213					
	8	355 00 258	236					
	9	355 00 259	260					
	10	355 00 260	284					

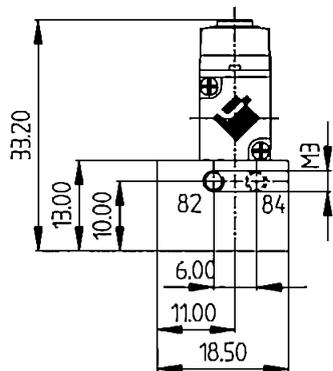


82-84 : Escape de los pilotajes
Bases múltiples :
Los orificios 1-5-82-84 tienen conexión en los 2 extremos. Bases suministradas con tapones de obturación

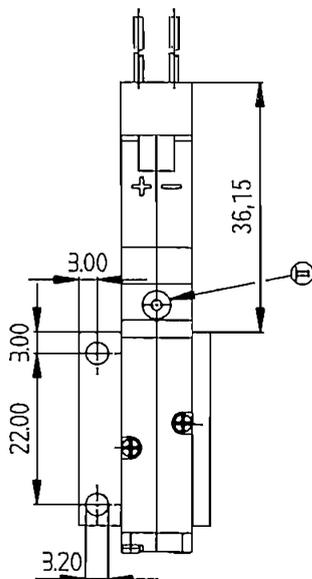
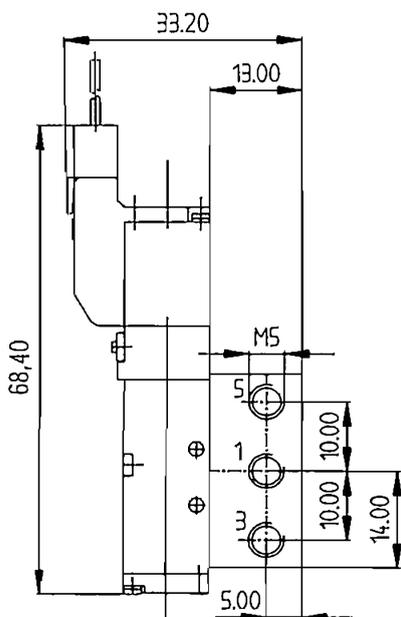
Placa de obturación : Código 881 35 533

DIMENSIONES - DISTRIBUIDORES 3/2 - 5/2 - 5/3 EN BASE SIMPLE (CÓDIGO 355 00 251)

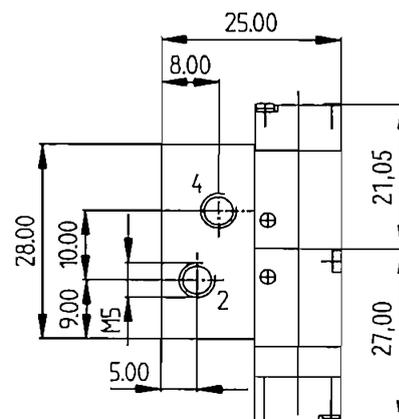
Microdistribuidores de aplicación de mando electroneumático



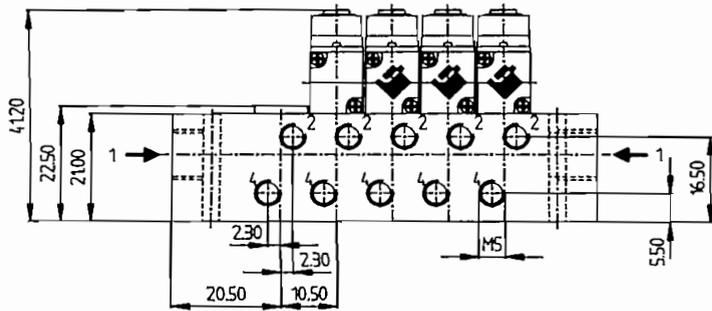
Escala 1



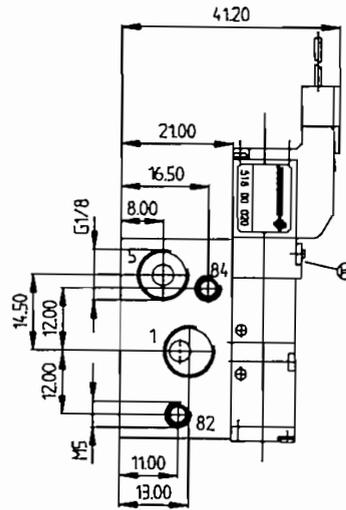
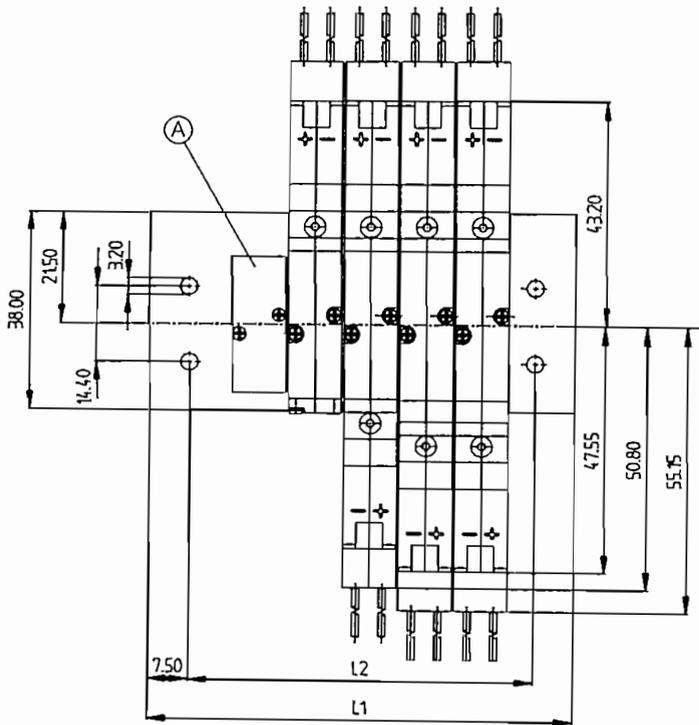
Microdistribuidores de aplicación de mando neumático



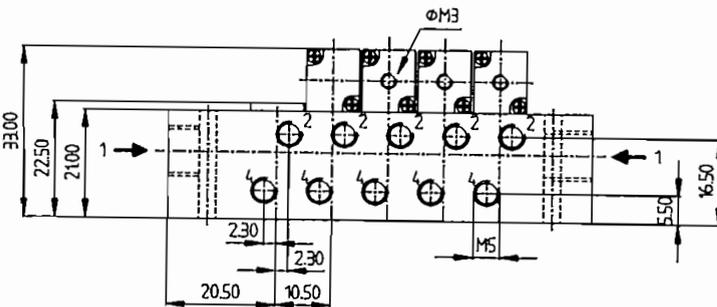
DIMENSIONES - DISTRIBUIDORES 3/2 - 5/2 - 5/3 EN BASES MÚLTIPLES



Microdistribuidores de aplicación de mando electroneumático

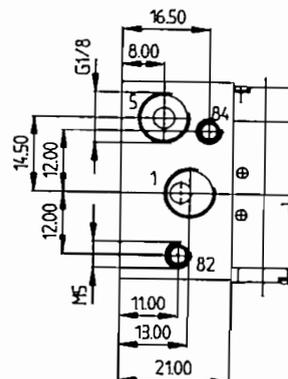
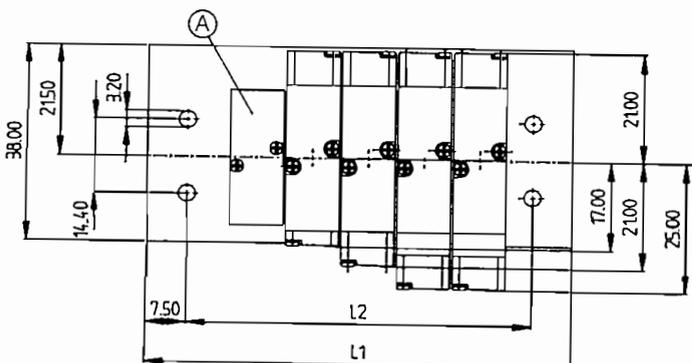


Microdistribuidor de mando neumático



CÓDIGOS bases	Nº de distribuidores	Longitudes		Peso bases (en g)
		L1	L2	
355 00 252	2	47,5	32,5	92
355 00 253	3	58	43	120
355 00 254	4	68,5	53,5	142
355 00 255	5	79	64	165
355 00 256	6	89,5	74,5	190
355 00 257	7	100	85	213
355 00 258	8	110,5	95,5	236
355 00 259	9	121	106	260
355 00 260	10	131,5	116,5	284

A : Placa de obturación, Código 881 35 533





2. Tipos de sensores

2.1 Reflexivo IS471F



Descripción: Sensor basado en el dispositivo SHARP IS471F inmune a interferencias de luz normal. Este sensor incorpora un modulador/demodulador integrado en su carcasa y a través de su patilla 4 controla un diodo LED de infrarrojos externo, modulando la señal que este emitirá, para ser captada por el IS471F que contiene el receptor. Cuando un objeto se sitúa enfrente del conjunto emisor/receptor parte de la luz emitida es reflejada y demodulada para activar la salida en la patilla 2 que pasará a nivel bajo si la señal captada es suficientemente fuerte.

El uso de luz IR modulada tiene por objeto hacer al sensor relativamente inmune a las interferencias causadas por la luz normal de una bombilla o la luz del sol.

Funcionamiento: Como puede verse en el esquema, el sensor se alimenta por sus patitas 1 y 3 y estas corresponden a Vcc y Gnd respectivamente, la patita 2 es la salida del detector y la patita 4 es la salida que modula al led emisor externo. Mediante el potenciómetro P1 se varía la distancia a la que es detectado el objeto. Contra mas baja sea la resistencia de este potenciómetro, mas intensa será la luz emitida por el diodo de IR y por lo tanto mayor la distancia a la que puede detectar el objeto.

El siguiente esquema se ve el circuito necesario para hacer funcionar al sensor.

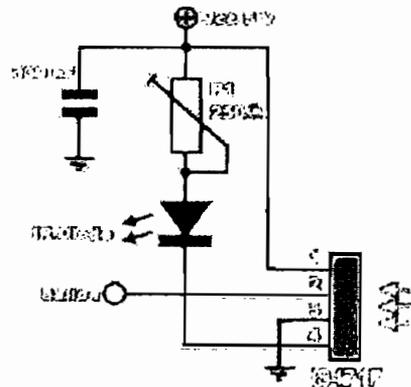


Fig. 3 Esquema de circuito para sensor IS471F



2.2 Reflexivo CNY70

 **Descripción:** El CNY70 es un pequeño dispositivo con forma de cubo y cuatro patitas que aloja en su interior un diodo emisor de infrarrojos que trabaja a una longitud de onda de 950 nm. Y un fototransistor (recetor) estando ambos dispuestos en paralelo y apuntando ambos en la misma dirección, la distancia entre emisor y receptor es de 2.8 mm. Y están separados del frontal del encapsulado por 1 mm.

En la siguiente figura se ve la disposición interna del CNY70 mirando el encapsulado desde arriba, así pues se tiene el diodo emisor de infrarrojos a la izquierda y el fototransistor a la derecha.

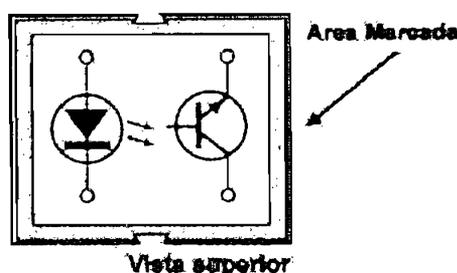
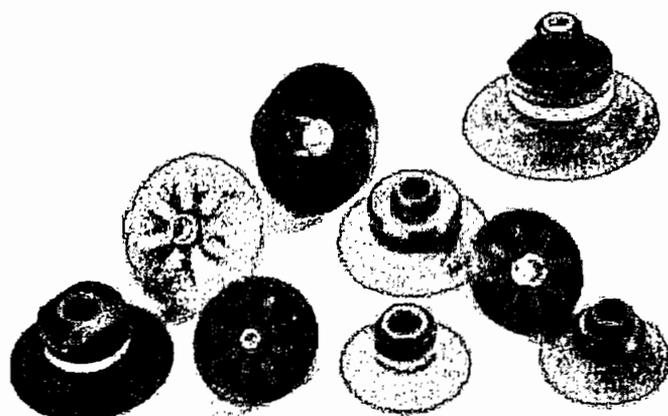


Fig. 4 Disposición interna del CNY70

Funcionamiento: El fototransistor conducirá más, contra más luz reflejada del emisor capte por su base. La salida de este dispositivo es analógica y viene determinada por la cantidad de luz reflejada, así pues para tener una salida digital se podría poner un disparador Trigger Schmitt y así obtener la salida digital pero esto tiene un problema, y es que no es ajustable la sensibilidad del dispositivo y los puntos de activación de histerisis distan algunos milivoltios uno del otro. Para solventar este problema sirve el siguiente circuito basado en un amplificador operacional configurado en modo comparador, en la salida del circuito se obtiene una señal cuadrada lista para su interconexión con la entrada de cualquier μ Controlador.

F40-2 & F50-2



VENTOSA PLANA CON REFUERZO INTERIOR

- ▶ Adecuada para superficies planas.
- ▶ Buena estabilidad y poco movimiento inherente.
- ▶ Recomendada cuando la fuerza de elevación es paralela a la superficie del objeto.

DATOS TÉCNICOS

Modelo	Fuerza de elevación vertical a la superficie, N, a nivel de vacío			Fuerza de elevación paralela a la superficie, N, a nivel de vacío			Volumen cm ³	Radio de la curva mínimo mm	Movimiento vertical máx. mm	Peso g
	20 -kPa	60 -kPa	80 -kPa	20 -kPa	60 -kPa	90 -kPa				
F40-2	20	40	50	15	25	30	4.8	52	2.5	5.5
F50-2	36	74	96	24	40	50	10	55	3.0	12

PROPIEDADES DEL MATERIAL

Modelo	Material	Color	Dureza Shore	Temperatura de funcionamiento
F40-2, F50-2	Silicona, SIL	Rojo	50°	-70°C-200°C
F40-2, F50-2	Nitrilo-PVC, NPV	Negro	50°	0°C-90°C
F50-2	Therban®, HNBR	Gris-azul	75°	-30°C-140°C*

*Por un periodo de tiempo más corto hasta +160 °C

CALIDAD DEL MATERIAL

Material	Resistencia al desgaste	Aceite	Tiempo & ozono	Hidrólisis	Gasolina	Ácidos concentrados	Alcohol	Oxidación
Silicona, SIL	Muy buena	Inadecuada	Excelente	Buena	Inadecuada	Inadecuada	Muy buena	Excelente
Nitrilo-PVC, NPV	Excelente	Excelente	Muy buena	Muy buena	Excelente	Buena	Muy buena	Muy buena
Therban®, HNBR	Excelente	Excelente	Excelente	Muy buena	Excelente	Buena	Muy buena	Excelente



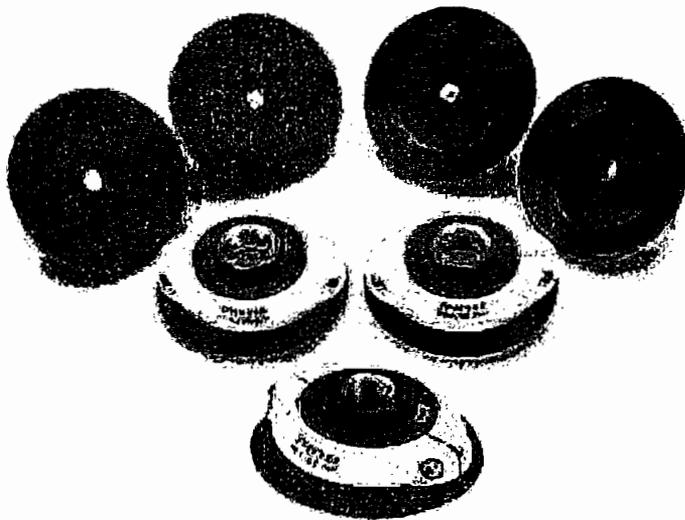
Para otros rácores, véase el capítulo "Ventosas Accesorios".

DIMENSIONADOS Y NÚMERO DE ARTÍCULO

Modelo	Pieza de goma	Rácor M5 hembra	Ventosa completa con rácor
F40-2	Nitrilo-PVC, NPV 01 01 135 Silicona, SIL 01 01 136	Estándar, filtro de red 01 01 153 Con válvula de control doble caudal 32 51 006	Nitrilo-PVC, estándar 01 01 572 Nitrilo-PVC, válvula 01 01 573 Silicona, estándar 01 01 553 Silicona, válvula 01 01 554
F40-2	Nitrilo-PVC, NPV 31 50 240P Silicona, SIL 31 50 240S	Rácor 1/8" NPSF con válvula cónica 01 01 156	Nitrilo-PVC 31 50 050P Silicona 31 50 050S
F50-2	Nitrilo-PVC, NPV 01 01 137 Silicona, SIL 01 01 138 Therban®, HNBR 01 08 166	Rácor 1/8" NPSF hembra Estándar 32 50 017 Con filtro de red 01 01 154 Con válvula de control doble caudal 32 51 012	Nitrilo-PVC, estándar 01 01 772 Nitrilo-PVC, válvula 01 01 773 Silicona, estándar 01 01 753 Silicona, válvula 01 01 754
F50-2	Nitrilo-PVC 31 50 241P Silicona 31 50 241S	Rácor 1/8" NPSF hembra con válvula cónica 01 01 157	Nitrilo-PVC 31 50 051P Silicona 31 50 051S

Ventosas F

F75



VENTOSA PLANA CON REFUERZO INTERIOR

- ▶ Adecuada para superficies planas.
- ▶ Buena estabilidad y poco movimiento inherente.
- ▶ Recomendada cuando la fuerza de elevación es paralela a la superficie del objeto.

DATOS TÉCNICOS

Modelo	Fuerza de elevación vertical a la superficie, N. a nivel de vacío			Fuerza de elevación paralela a la superficie, N. a nivel de vacío			Volumen cm ³	Radio de la curva mínimo mm	Movimiento vertical máx. mm	Peso g
	20-kPa	60-kPa	90-kPa	20-kPa	60-kPa	90-kPa				
F75	80	200	270	60	110	140	20	150	3.0	24

PROPIEDADES DEL MATERIAL

Modelo	Material	Color	Dureza Shore	Temperatura de funcionamiento
F75	Silicona, SIL	Rojo	50°	-70°C-200°C
F75	Nitrilo-PVC, NPV	Negro	50°	0°C-90°C
F75	Therban®, HNBR	Gris-azul	75°	-30°C-140°C*

*Por un periodo de tiempo más corto hasta +160°C

CALIDAD DEL MATERIAL

Material	Resistencia al desgaste	Aceite	Tiempo & ozono	Hidrólisis	Gasolina	Ácidos concentrados	Alcohol	Oxidación
Silicona, SIL	Muy buena	Inadecuada	Excelente	Buena	Inadecuada	Inadecuada	Muy buena	Excelente
Nitrilo-PVC, NPV	Excelente	Excelente	Muy buena	Muy buena	Excelente	Buena	Muy buena	Muy buena
Therban®, HNBR	Excelente	Excelente	Excelente	Muy buena	Excelente	Buena	Muy buena	Excelente

DIMENSIONADOS Y NÚMERO DE ARTÍCULO

Modelo	Pieza de goma		Ventosa completa con rácor	
F75	Nitrilo-PVC, NPV Silicona, SIL Therban®, HNBR	31 50 131P 31 50 131S 31 50 131T	Nitrilo-PVC, G1/2" Silicona, G1/2" Therban®, G1/2" Nitrilo-PVC, G3/8" Silicona, G3/8" Therban®, G3/8" Therban®, 1/8" NPSF Therban®, 3/8" NPSF	01 01 876 01 01 869 01 08 187 01 01 874 01 01 867 01 08 185 01 08 184 01 08 186
Modelo	Rácor			
F75	G3/8", con filtro G1/2", con filtro	01 00 551 01 00 555	1/8" NPSF, con filtro 3/8" NPSF, con filtro	01 00 548 01 00 553
Modelo	Pieza de goma		Ventosa completa con rácor	
F75	Nitrilo-PVC, NPV Silicona, SIL	31 50 131P 31 50 131S	Nitrilo-PVC, G 3/8", con válvula cónica Silicona, G 3/8", con válvula cónica Nitrilo-PVC, G 1/2", con válvula cónica Silicona, G 1/2", con válvula cónica	01 01 877 01 01 870 01 01 879 01 01 872
Modelo	Rácor			
F75	G3/8", con válvula cónica G1/2", con válvula cónica	01 00 552 01 00 556		

Ventosas F

Minicylinders Series 16, 24 and 25

Single and double-acting (CETOP RP52-P DIN/ISO 6432 Standard)

Series 16: bore 8 - 10 - 12

Series 24: bore 16 - 20 - 25 magnetic

Series 25: bore 16 - 20 - 25 magnetic cushioned

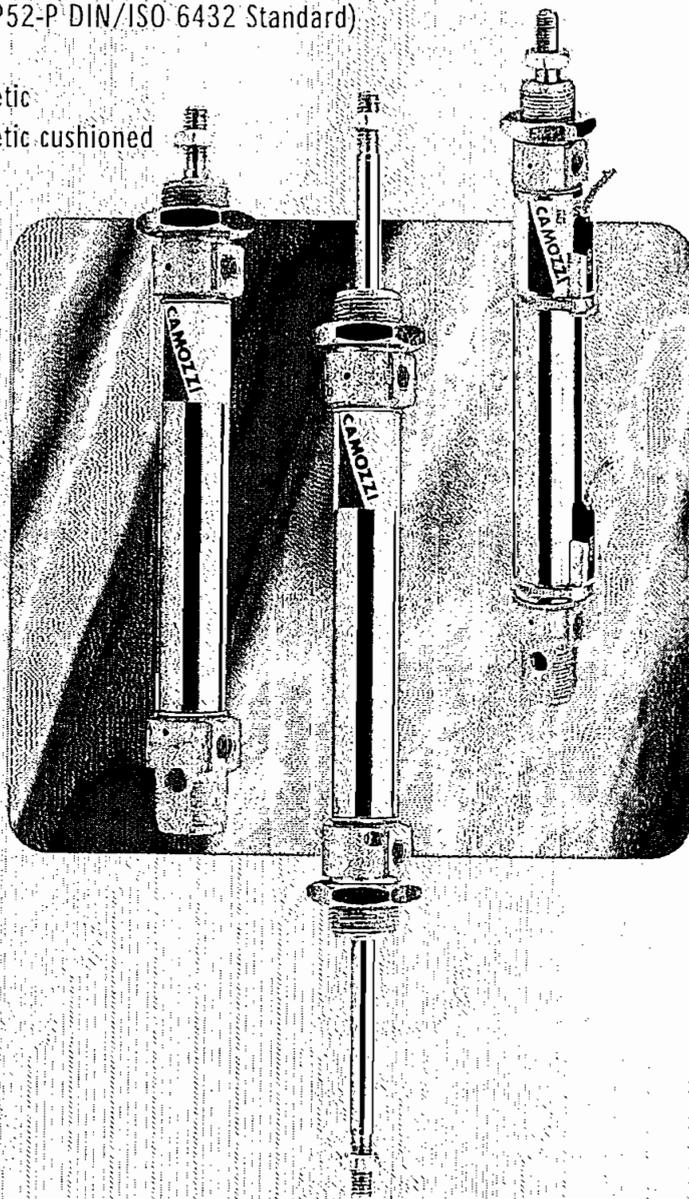
Minicylinders Series 16, 24 and 25 are manufactured according to the European Standard Specifications CETOP RP52-P and DIN/ISO 6432. The choice of materials and other design features have provided the basis for a complete range of versatile and reliable cylinders.

The precise method of placing the tube at the end block ensures that all the parts are perfectly aligned.

Since the Series 16 and 24 may be required to operate at very high speeds, a fixed mechanical cushioning has been fitted as standard in order to reduce wear by high impact loads.

Series 25 has an adjustable pneumatic cushioning and a magnetic piston.

Various mounting accessories are available to enable the cylinders to be fitted to suit the requirement of a particular application. Series 24 cylinders are intended to be used with magnetic sensors mounted on the cylinder. Their dimensions are identical to those of the Series 16.



- ▶ Standard CETOP RP52-P
DIN/ISO 6432
- ▶ Stainless steel tube
and piston rod
- ▶ Anodised aluminium
end blocks



GENERAL DATA

Type of construction	flanged
Operation	single-acting or double-acting
Materials	aluminium end-blocks, stainless steel tube and piston rod, polyurethane seals, other parts (see coding)
Brackets	screw, flange, feet, trunnion
Stroke	standard (see table)
Bore	Series 16 : \varnothing 8 - 10 - 12 - Series 24 and 25: \varnothing 16 - 20 - 25
Assembly position	any position
Operating temperature	0 - 80°C (with dry air -20°C)
Special designs	for applications in damp, dusty or aggressive environments

PNEUMATIC SPECIFICATIONS

Operating pressure	1 - 10 bar
Fluid	clean air, with or without lubrication
Speed	minimum = 10 mm/sec (no load) - maximum \leq 1000 mm/sec (no load)

MINICYLINDER CODING

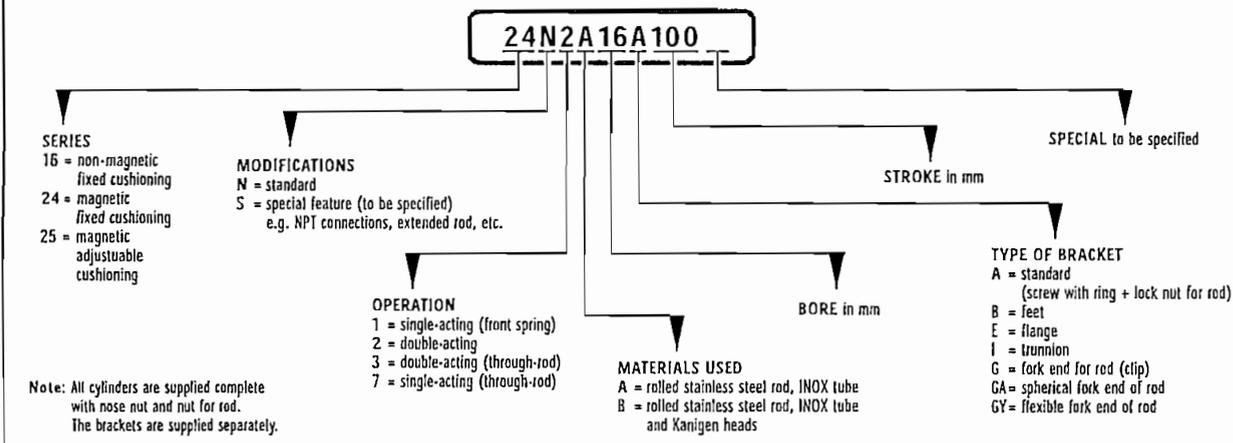


TABLE SHOWING STANDARD STROKES FOR MINICYLINDERS

■ Double-acting
× Single-acting

Series	\varnothing	Cylinder strokes in stock												
		8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
16	8	■	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
16	10	■	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
16	12	■	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
24	16	■	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
24	20	■	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
24	25	■	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
25	16	■	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
25	20	■	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
25	25	■	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

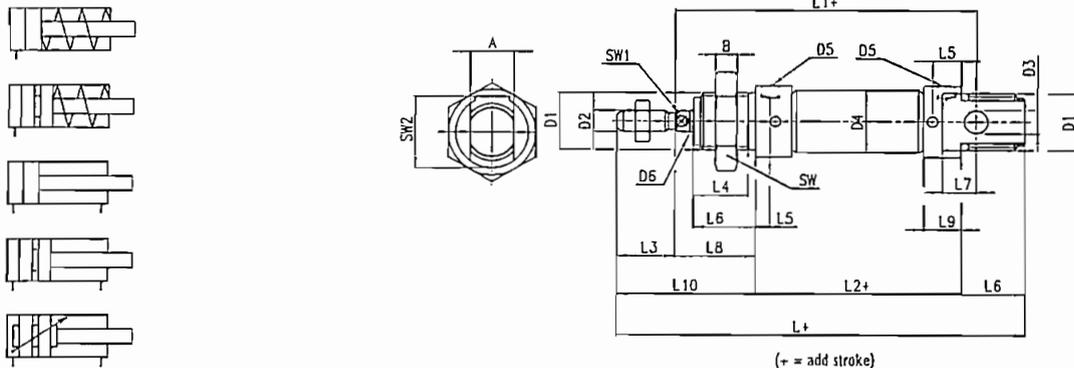
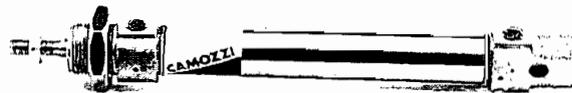
TABLE SHOWING OUTPUT FORCES OF THE SERIES 16, 24 AND 25

Cyl. dia in mm.	Rod dia in mm.	Working area in cm ² .	Operating pressure in bar										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
			Output force in N (efficiency factor = 0,9)										
8	4	thrust side	0,50	4	9	13	18	22	26	31	35	40	44
		traction side	0,38	3	7	10	13	17	20	23	27	30	33
10	4	thrust side	0,78	7	14	21	28	35	42	48	55	62	69
		traction side	0,66	6	12	17	23	29	35	41	47	52	58
12	6	thrust side	1,13	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		traction side	0,85	7	15	22	30	38	45	52	60	67	75
16	6	thrust side	2,00	18	35	53	71	88	106	123	141	159	176
		traction side	1,72	15	30	46	61	76	91	106	122	137	152
20	8	thrust side	3,14	28	55	83	111	138	166	193	222	250	277
		traction side	2,64	23	47	70	93	116	140	162	186	210	233
25	10	thrust side	4,90	43	86	130	173	216	260	302	346	389	432
		traction side	4,12	36	73	109	145	181	218	254	291	327	363

THE VALUES SHOWN IN THE TABLE WERE OBTAINED USING THE FOLLOWING FORMULAE: $S_s = \frac{D^2}{4} \cdot P \cdot \eta$ $S_t = \frac{(D^2 - d^2)}{4} \cdot P \cdot \eta$

S_s = Output force on thrust side P = Operating pressure in bar d = rod diameter in cm
 S_t = Output force on traction side D = diameter on thrust side in cm η = efficiency factor

Minicylinders Series 16 - 24 - 25



DIMENSIONS

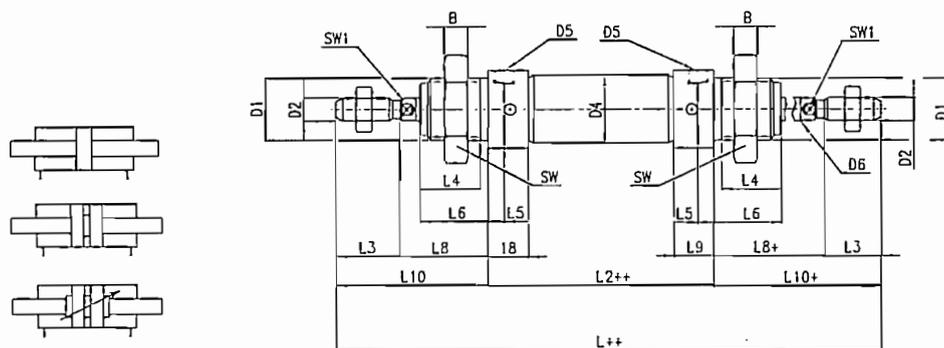
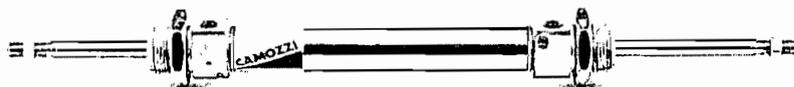
Series	σ	A	B	D1	D2	σD3	σD4	D5	σD6	L	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	SW	SW1	SW2
16	8	8	5	M12x1,25	M4x0,7	4	9,3	M5	4	86	64	46	12	10	4,5	12	6	16	9	28	-	19	-	15
16	10	8	5	M12x1,25	M4x0,7	4	11,3	M5	4	86	64	46	12	10	4,5	12	6	16	9	28	-	19	-	15
16	12	12	6	M16x1,5	M6x1	6	14	M5	6	105	75	50	16	15	4,5	17	9	22	9	38	-	24	5	20
24-25	16	12	6	M16x1,5	M6x1	6	18	M5	6	111	82	56	16	15	4	17	9	22	10	38	-	24	5	20
24-25	20	16	7	M22x1,5	M8x1,25	8	22	G1/8	8	132	95	68	20	18	8	20	12	24	16	44	-	32	7	27
24-25	25	16	7	M22x1,5	M10x1,25	8	27	G1/8	10	141,5	104	69,5	22	20	8	22	12	28	16	50	-	32	9	27

(+ = add stroke)



Minicylinders Series 16 - 24 - 25

With through-rod.

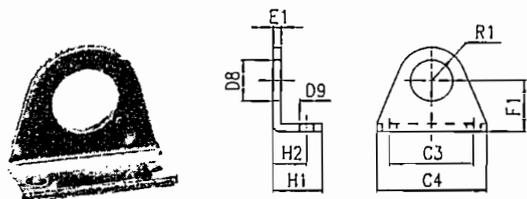


(+ = add stroke)

DIMENSIONS

Series	σ	A	B	D1	D2	$\sigma D3$	$\sigma D4$	D5	$\sigma D6$	L	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	SW	SW1	SW2
16	8	-	5	M12x1,25	M4x0,7	-	9,3	M5	4	102	-	46	12	10	4,5	12	-	16	9	28	-	19	-	-
16	10	-	5	M12x1,25	M4x0,7	-	11,3	M5	4	102	-	46	12	10	4,5	12	-	16	9	28	-	19	-	-
16	12	-	6	M16x1,5	M6x1	-	14	M5	6	126	-	50	16	15	4,5	17	-	22	9	38	-	24	5	-
24-25	16	-	6	M16x1,5	M6x1	-	18	M5	6	132	-	56	16	15	4	17	-	22	10	38	-	24	5	-
24-25	20	-	7	M22x1,5	M8x1,25	-	22	G1/8	8	156	-	68	20	16	8	20	-	24	16	44	-	32	7	-
24-25	25	-	7	M22x1,5	M10x1,25	-	27	G1/8	10	169,5	-	69,5	22	20	8	22	-	28	16	50	-	32	9	-

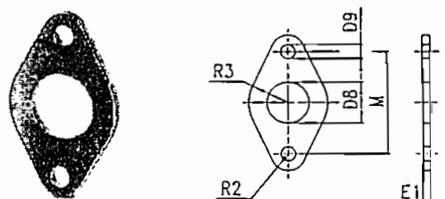
Foot mount Mod. B...



DIMENSIONS

Mod.	σ	C3	C4	D8	D9	E1	F1	H1	H2	R1
B-8-10	8-10	25	35	12,1	4,5	2,5	16	15	10,5	10
B-12-16	12-16	32	42	16,1	5,5	3	20	19	13	13
B-20-25	20-25	40	54	22,1	6,6	4	25	24	16	20

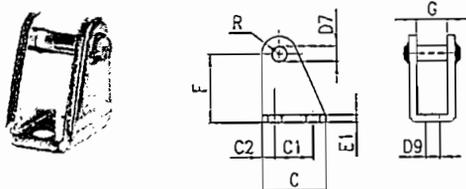
Front/rear flange mount Mod. E...



DIMENSIONS

Mod.	σ	D8	D9	E1	M	R2	R3
E-8-10	8-10	12,1	4,5	2,5	30	5	12,5
E-12-16	12-16	16,1	5,5	3	40	6,5	15
E-20-25	20-25	22,1	6,6	4	50	8	20

Rear Trunnion bracket Mod. I...

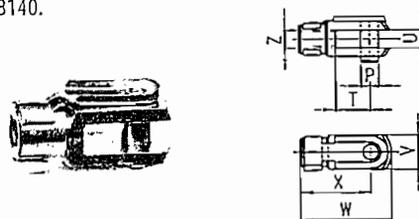


DIMENSIONS

Mod.	σ	C	C1	C2	D7	D9	E1	F	G	R
I-8-10	8-10	20	12,5	3,5	4	4,5	2,5	24	8,1	5
I-12-16	12-16	25	15	5	6	5,5	3	27	12,1	7
I-20-25	20-25	32	20	6	8	6,6	4	30	16,1	10

Rod Fork End Mod. G...

ISO 8140.



DIMENSIONS

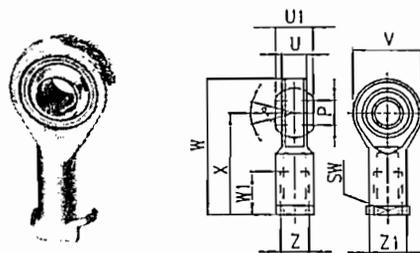
Mod.	σ	U	V	Z	P	W	X	T
G-8-10	8-10	4	8	M4x0,7	4	21	16	8
G-12-16	12-16	6	12	M6x1	6	31	24	12
G-20	20	8	16	M8x1,25	8	42	32	16
G-25-32	25	10	20	M10x1,25	10	52	40	20

Swivel Ball Joint Mod. GA...

ISO 8139.

DIMENSIONS

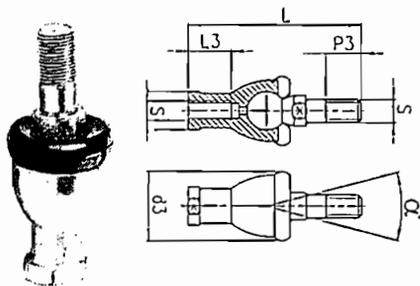
Mod	σ cyl.	σ P(H7)	U	U1	V	W	W1	X	Z	Z1	α°	SW
GA-12-16	12-16	6	6,5	9	20	40	12	30	M6x1	10	13	11
GA-20	20	8	9	12	20	48	16	36	M8x1,25	10	13	11
GA-32	25	10	10,5	14	28	56	20	43	M10x1,25	15	8	17



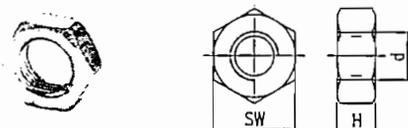
Piston Rod Socket Joint Mod. GY...

DIMENSIONS

Mod.	σ cyl.	S	L	L3	W	P3	d3	α°
GY-12-16	12-16	M6x1	40	14	12	11	22	30°
GY-20	20	M8x1,25	65	16	14	12	28	30°
GY-32	25	M10x1,25	74,5	18	17	15	32	30°



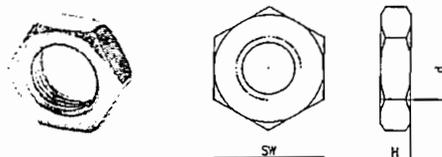
Piston Rod Lock Nut Mod. U...



DIMENSIONS

Mod.	σ cyl.	d	H	SW
U-8-10	8-10	M4x0,7	3	7
U-12-16	12-16	M6x1	4	10
U-20	20	M8x1,25	5	13
U-25-32	25	M10x1,25	6	17

Nose Nut Mod. V...



DIMENSIONS

Mod.	σ cyl.	d	H	SW
V-8-10	8-10	M12x1,25	5	19
V-12-16	12-16	M16x1,5	6	24
V-20-25	20-25	M22x1,5	7	32