

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL SISTEMA AUTÓMATA PARA LA MANIPULACIÓN DE LAS MASAS DE LOS FRENOS.

4.1 Conceptos de diseño de sistemas neumáticos.

La adecuada selección de medio de control puede requerir una mezcla de control neumático, eléctrico, electrónico y/o hidráulico, para este caso se optó por usar un sistema neumático/electrónico, que se explicará más adelante a detalle. En la etapa de diseño del sistema para su automatización debe considerarse:

- a) Los requerimientos de salida o trabajo.
- b) Métodos de control preferidos.
- c) Los recursos disponibles para soportar el proyecto.
- d) Los sistemas ya instalados, con los cuales debe de integrarse el nuevo proyecto.

Para el inciso “a”, “c” y “d” se explicó el problema de forma detallada en el capítulo 3. El método de control preferido será neumático/electrónico, como anteriormente se había dicho, se trabajará en base a los productos de FESTO.

El proyecto total puede requerir una mezcla de medios, tanto del lado del trabajo como en el lado de control. El desarrollo de un sistema de autómeta

neumático/electrónico exige una clara definición del problema de forma gráfica o descriptiva. Los métodos empleados aquí serán:

1. ***Croquis de situación.*** Muestra la relación entre los actuadores y su disposición en la maquina. No es a escala, pero muestra de manera clara la orientación de los actuadores.
2. ***Descripción detallada de movimientos.***
3. ***Establecer la ecuación de movimientos.***
4. ***Diagrama de desplazamiento-fase.*** Representa la secuencia de los movimientos de los actuadores.
5. ***Cadena de control.***
6. ***Selección de actuadores.*** Muestra de manera clara cada uno de los miembros que componen al sistema.
 - 6.1. Miembros señaladores.
 - 6.2. Miembros controladores.
 - 6.3. Miembros posicionadores.
 - 6.4. Miembros impulsores.
7. ***Diagrama Neumático.***
8. ***Diagrama Funcional.*** Común en el desarrollo de sistemas de control electrónicos. Muestra de manera clara las acciones y reacciones de un sistema secuencial

4.2 Diseño del sistema autómatas para la manipulación de masas de frenos.

Entendiendo a detalle el proceso al cual se le busca automatizar, pudimos entender y analizar cada movimiento que se hacía, y así poder imitarlo, por medio de actuadores neumáticos.

4.2.1 Croquis de situación y descripción detallada de movimientos

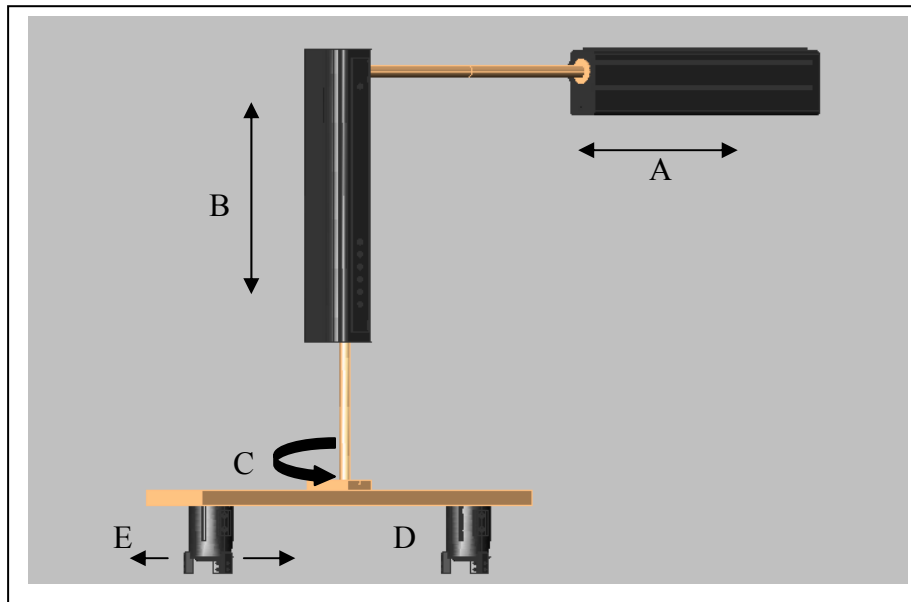


Figura 4.1 Croquis de Situación

En la Figura 4.1 se ha propuesto un sistema de 5 elementos. El croquis de situación, es en sí, a lo que se quiere llegar, es el principio de la automatización de un proceso. Apoyándonos en él se puede explicar cuales son los movimientos que se buscan y con ello podemos obtener el diagrama desplazamiento fase. Los elementos usados son 2 cilindros (A y B), un plato giratorio (C) y dos pinzas de sujeción (E y D).

Movimientos:

1. Primero es mover las piezas a través de la banda transportadora, por lo que se pensó en un cilindro de doble efecto, que serviría de expulsor de piezas, sería el actuador G.
2. Posición de Inicio. Cilindros A y B completamente retraídos, y el plato giratorio es paralelo a la banda alimentadora. De tal forma que la Pinza D será la que tome la pieza NO maquinada y la pinza E será la que tome la pieza que ya ha sido maquinada. (Figura 4.2)

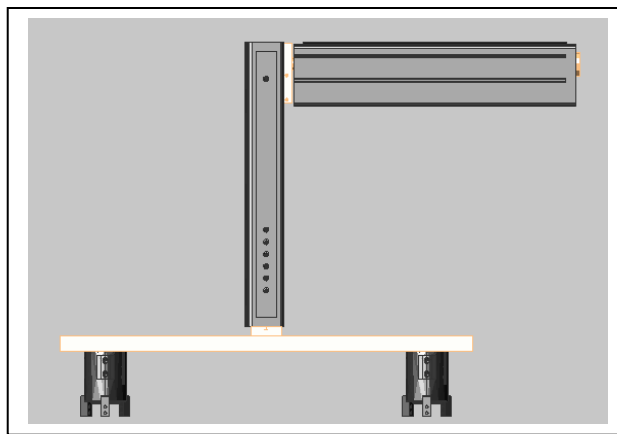


Figura 4.2 Posición Inicial

3. Abrimos el cilindro B (Figura 4.3). Ya que en la posición inicial debe de estar de tal forma que la pinza D este posicionada justo encima de la pieza a maquinar

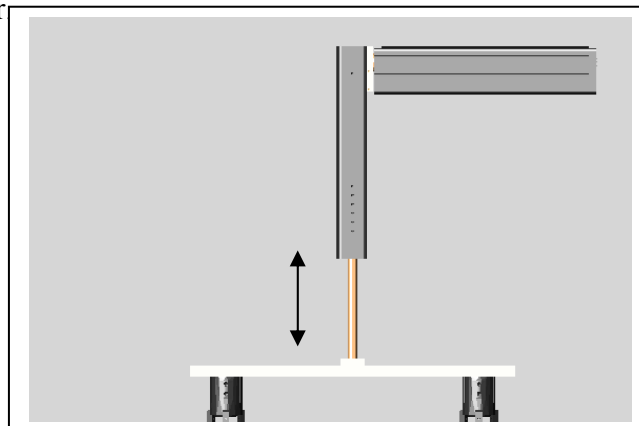


Figura 4.3 Paso 2 y 3

4. En el instante que B esta completamente abierto, la pinza D se cierra y toma la pieza a maquinar.
5. Elevamos B.
6. Abrimos completamente el cilindro A. (Figura 4.4)

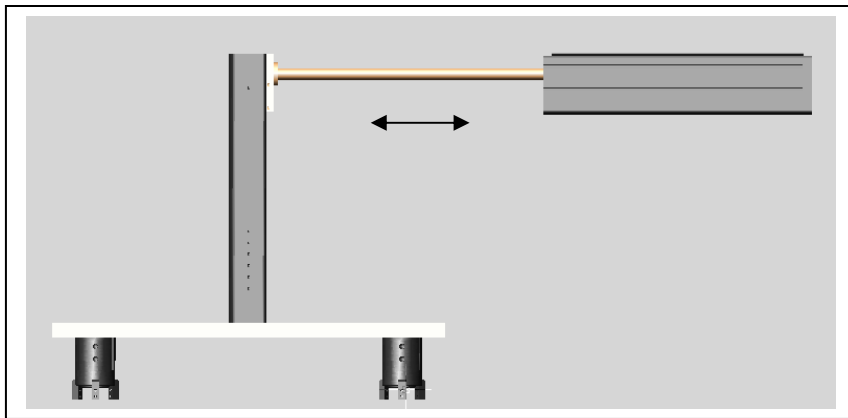


Figura 4.4 Paso 6, Apertura del cilindro A.

7. Mantenemos completamente abierto A y abrimos B. Aquí los clamps si nos permiten el paso, pero cuando se toma la pieza ya maquinada no lo hará, es por eso que se puede mantener abierto el cilindro A y bajar con B. Para este paso es necesario que la máquina barrenadora se encuentre en posición “Stand By” con la compuerta en su totalidad abierta y la pieza ya maquinada esté sin la opresión de los clamps. (Figura 4.5).

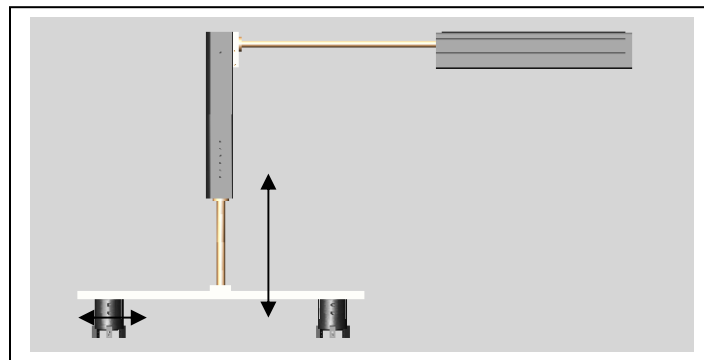


Figura 4.5 Paso 7, se alcanza la pieza ya maquinada.

8. Se cierra la pinza E, sujetando la pieza maquinada.
9. Un método sencillo de mando que se decidió implementar en este caso es el uso de un tope que nos controle la altura que subirá el cilindro B, para que no haya un choque con los clamps, y esto será un tope mecánico, en el sentido de la forma que detiene al B pero será un cilindro de doble efecto que nos restringe el movimiento en B. su funcionamiento se explicará mas a detalle en la selección del equipo a usar. Para este paso se abre por completo el tope F.
10. Elevamos el Cilindro B, hasta donde el tope F nos lo permita.
11. En este momento es posible sacar la pieza maquinada, ya esta liberada de la máquina barrenadora y los clamps no nos estorban, por lo que retraemos el cilindro A, no completamente, a una posición de seguridad.
12. Recordamos que estamos a una posición media en A y B, con el tope F accionado. Es ahora cuando podemos girar sin riesgo a algún choque. Lo hacemos 180° para quedar con la pieza a maquinar al frente, lista para introducirla a la maquina barrenadora, que debe de encontrarse abierta.(Figura 4.6)

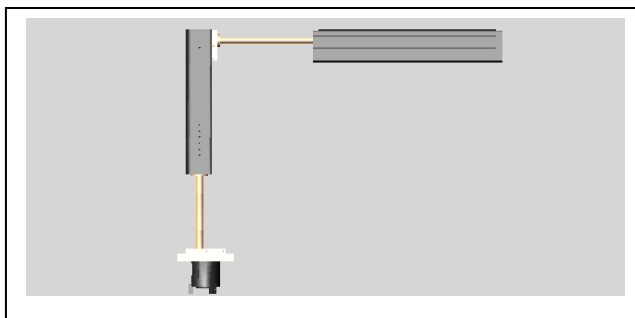


Figura 4.6 Giro de C, buscando 180° y posición media de A y B.

13. Seguimos con el tope accionado y ahora la pieza a maquinar se encuentra al frente por lo que abrimos el cilindro A por completo.
14. Estamos posicionados sobre la máquina barrenadora, abrimos por completo B.
15. Abrimos la pinza D y se deposita la pieza a maquinar. Es aquí donde podemos liberar el tope F para que en el siguiente paso subamos en B.
16. Como no traemos pieza, se puede pasar por medio de los clamps sin problema, entonces podemos subir por completo en B.
17. Regresamos a una posición intermedia de A, justo cuando nos encontremos encima de la banda de salida.
18. Abrimos por completo B.
19. Y liberamos la pinza D, que lleva la pieza ya maquinada.
20. Elevamos el cilindro B por completo y giramos en de regreso a C.
21. Para accionar el movimiento de las piezas en las bandas se pensó en seguir usando la gravedad para lograr el movimiento pero se ha visto que las piezas se llegan a colocar una encima de la otra por lo que se pensó en usar unos expulsores. Tanto al inicio del sistema como al final. Sería un cilindro de doble efecto, sería el actuador G (para el inicio) y H (para el final). En este instante regresamos el cilindro A a la posición inicial.

4.2.2 Ecuación de Movimientos.

En el siguiente recuadro se muestra de manera resumida lo que sería la descripción de movimientos que anteriormente se hizo. Entendiendo por el signo “+” que el cilindro se abre y por “-” que el cilindro se retrae. Para las posiciones intermedias se represento con la palabra int.

		Paso Número:																					
		22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ACTUADOR		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H		-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.1 Ecuación de Movimientos

4.2.3 Diagrama Fase-Desplazamiento.

El diagrama nos representa de una manera clara lo anteriormente expuesto, toda la secuencia de todos los movimientos de los actuadores (Figura 4.7).

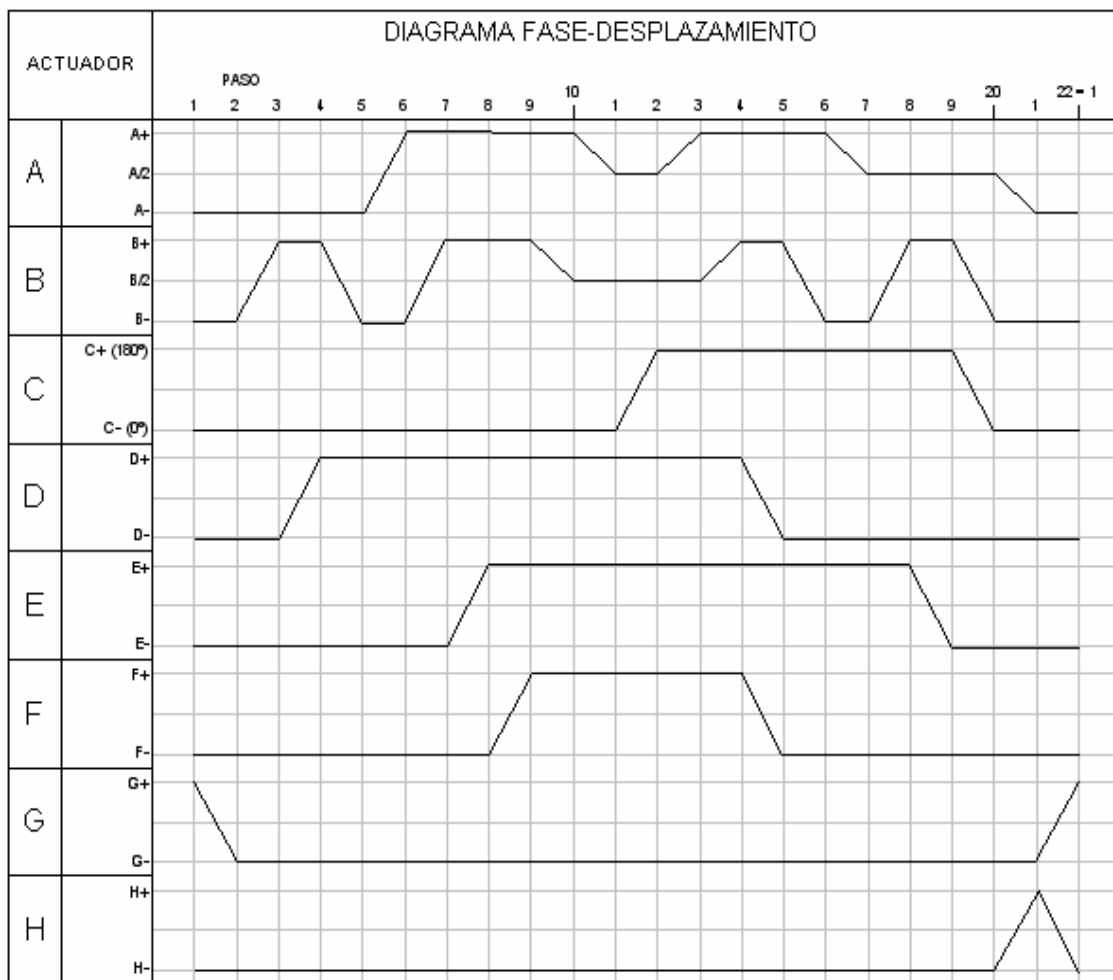


Figura 4.7 Diagrama Fase - Desplazamiento

Ya teniendo todo lo que seria el planteamiento del problema (cargas, distancias a recorrer, etc.), expuestas en el capítulo 3, y los movimientos explicados anteriormente podemos pasar a la planeación de la instalación del sistema automático.

4.3 Cadena de control.

Una aproximación al desarrollo de un sistema de control es la de ver el sistema como si tuviera tres secciones definidas. Estas comprenden los dispositivos de salida, los componentes que controlan las salidas y los elementos que proporcionan las entradas y la información realimentada. Estas divisiones representan una cadena de control en donde las señales y la energía fluyen en un sentido identificable hacia el circuito.

4.3.1 El flujo de señales y la cadena de control.

El controlador puede ser representado con un bloque que puede descomponerse posteriormente. Un control también puede descomponerse en bloques para mostrar la disposición de los componentes individuales. Al mismo tiempo, esto muestra el flujo de señales.

La cadena de control se caracteriza por un flujo que va desde la entrada de señales, a través del procesamiento de éstas hacia la salida y ejecución de las instrucciones. (Figura 4.8)

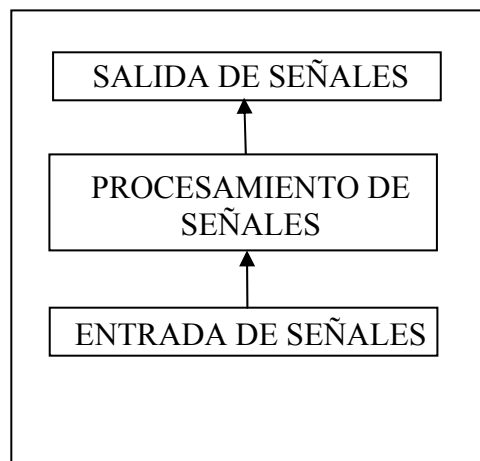


Figura 4.8 Flujo de señales.

En términos de hardware, esto significa que para estas señales deben de existir los dispositivos de entrada, dispositivos de procesamiento y dispositivos de salida. Los dispositivos físicos pueden ser interruptores reed, sensores electrónicos, relés, convertidores y actuadores neumáticos. (Figura 4.9)

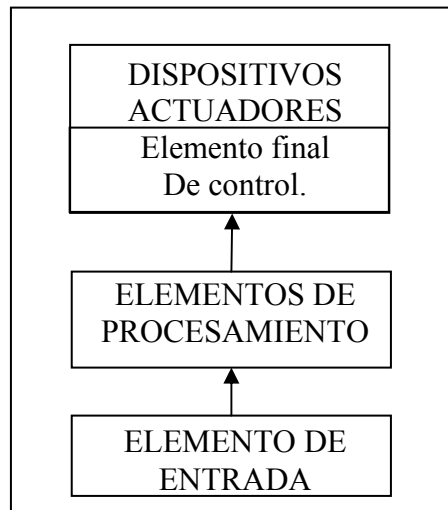


Figura 4.9 Descomposición del hardware

El esquema de fluencia de señales muestra el recorrido de una señal desde su introducción, pasando por su tratamiento hasta la salida. En el diseño del circuito conduce la especificación reseñada a una separación generalizada entre el tratamiento de la señal y la parte de mando de accionamiento. En cuanto a los órganos de mando y de accionamiento es preciso prestar atención especial a los intereses relativos a la técnica energética y a la de los elementos. En la práctica resulta bien diferenciada la citada separación. En instalaciones grandes esta el mando por lo general, localmente separado de la parte de control de accionamiento. Un ejemplo de flujo de señales que podemos seguir para nuestro caso puede ser el que se muestra en la figura 4.10.

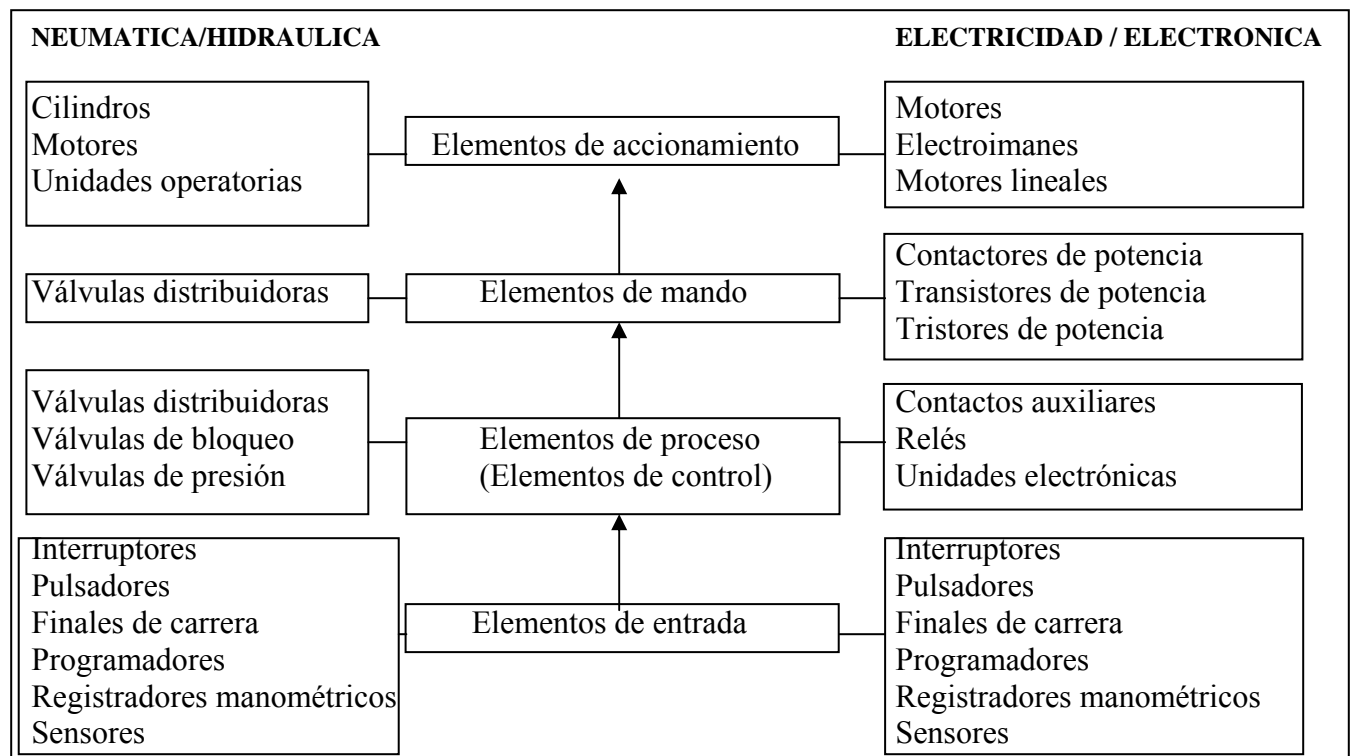


Figura 4.10 Asignación de dispositivos a un flujo de señales.

Para el diseñador y el responsable de mantenimiento de sistemas electroneumático es importante identificar los niveles de un circuito. Cada nivel tiene una determinada tarea relacionada al paso o procesamiento de las señales. Los niveles pueden utilizarse para ayudar en los siguientes procesos:

- Situación de los componentes en el esquema.
- Identificación del tamaño físico, tensión e intensidad nominal de componentes.
- Indica si una sección debe de utilizar un relé o un contacto.
- Para determinar disposiciones de consola.

- Para que el personal de mantenimiento pueda identificar y localizar claramente los componentes.

Utilizando la cadena de control como guía, los dibujos pueden desarrollarse de una manera uniforme y estructurada. La cadena de control también proporciona una base a partir de la cual los circuitos pueden desarrollarse metódicamente.

4.4 Selección de los componentes del sistema autómata.

Ya conocemos hasta ahora todas las características del problema presentado, desde valores de distancias a recorrer, masas a mover, etc., hasta los movimientos que se buscan imitar por medio de un sistema neumático. Es por eso que ya podemos pasar a la parte de selección de equipo para alcanzar la automatización.

4.4.1 Sistema de transmisión de energía neumática.

En un sistema en el cual se genera, transmite y controla la aplicación de potencia a través del aire comprimido podemos dividir el sistema en tres grandes grupos que observamos en el diagrama de bloques de la figura 4.11.

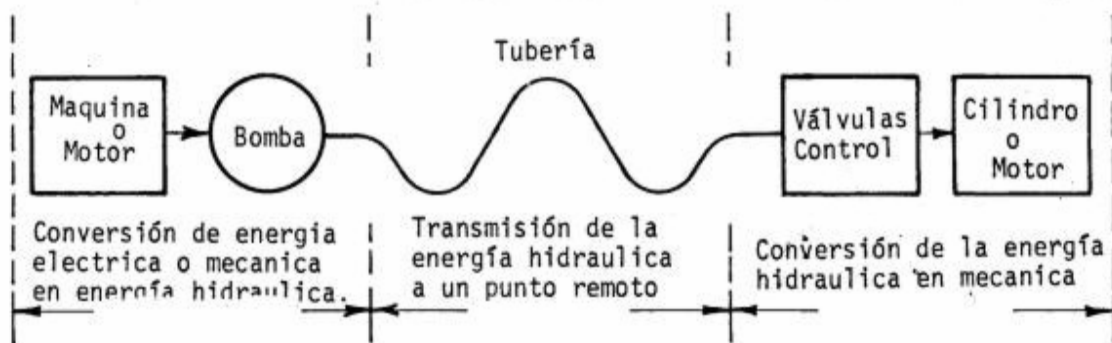


Figura 4.11 Diagrama de bloques de conversión de energía.

Comenzando desde la izquierda del diagrama, la primera sección corresponde a la conversión de Energía Eléctrica y/o Mecánica en un sistema de energía Neumática y / o Hidráulica (cabe destacar que la planeación para un sistema neumático tanto como para uno hidráulico es similar). Un motor eléctrico, de explosión o de otra naturaleza está vinculado a una bomba o compresor, a cuya salida se obtiene un cierto caudal a una determinada presión. En la parte central del diagrama, el fluido es conducido a través de tubería al lugar de utilización. A la derecha en el diagrama, el aire comprimido o el aceite en movimiento produce una reconversión en energía mecánica mediante su acción sobre un cilindro o un motor neumático o hidráulico. Con las válvulas se controla la dirección del movimiento, la velocidad y el nivel de potencia a la salida del motor o cilindro.

Se puede pensar que se debe de iniciar el diseño de un sistema automático por la selección del compresor, sabemos que el equipo que se va a usar en su mayoría se debe de alcanzar una presión de 4 a 6 bares, pero no es objeto de esta tesis el ahondar en un tema tan grande como es la selección de compresores así como en su funcionamiento, por lo que queda establecido que el suministro de aire debe de ser entre 4 y 6 bar constantemente.

4.4.2 Preparación del aire comprimido.

El aire comprimido para ser utilizado en los sistemas neumáticos no debe de ser el aire que sale directamente del compresor, si se quiere que no origine averías en el sistema.

En el aire hay una serie de impurezas nocivas para la buena marcha de la instalación que es preciso eliminar. Las impurezas que podemos encontrar pueden ser:

- Impurezas sólidas:
 - Polvo de sílice.
 - Oxido de las conducciones (cascarillas).
 - Virutas de goma de los flexibles.
 - Hilachas de empaquetaduras de teflón.
 - Residuos de aceites quemados.
- Impurezas líquidas.
 - Agua en fase líquida.
 - Aceites lubricante (más o menos quemados).
- Impurezas gaseosas:
 - Vapor de agua.
 - Gases procedentes del calentamiento del aceite.
 - Gases varios.

Entre las impurezas mencionadas veremos cuales nos interesa eliminar y cuales no. es posible eliminar todas y cada una por medio de decantaciones, filtraciones, ultrafiltraciones, etc.

Nos interesa proteger al equipo principalmente de: el polvo de sílice, que normalmente se encuentra en suspensión en el aire, es un producto altamente abrasivo, destruye rápidamente las juntas deslizantes de los cilindros, distribuidores, paletas de motores, etc. Los óxidos producidos en el interior de las conducciones. Las virutas de

goma que son originadas cuando se cuartean las tuberías flexibles produciendo taponamientos. Pero sobre todo debe prestarse mayor atención a la humedad que contiene el aire comprimido. Esto es debido a que en la aspiración y en la compresión del aire atmosférico llega el agua en forma de vapor. La cantidad de agua se forma en función de la humedad relativa del aire, dependiendo ésta, de la temperatura del aire y de la presión. Cuando lo que se sobrepasa es la humedad relativa del aire, aparecen las gotas de agua. La humedad absoluta es la cantidad de agua contenida en un m³ de aire mientras que la humedad relativa, es la cantidad de agua en un m³ de aire puede admitir a una determinada presión y temperatura. La humedad es entonces del 100%, como máximo (temperatura del punto de rocío).

Si no se evacua el agua existente en los conductos del aire comprimido puede causar los siguientes daños:

- Corrosión en :
 - La red metálica.
 - Los elementos de mando.
 - Los elementos de trabajo.

Como precaución contra los daños que se producen en los elementos debido al aire comprimido sucio, y en perjuicio de los procesos de mando, se deben colocar los siguientes aparatos para limpiar:

- Filtro de aspiración.
- Refrigerador intermedio y final.

El primero evita la entrada de polvo. Los refrigeradores intermedios y final sirven para separar el condensado. El refrigerador final no solo se ocupa de la limpieza en la red

de conductos (separa partículas externas y agua), sino también evita accidentes en el caso de explosión, que se pueden producir por la mezcla de aire y aceite.

4.4.2.1 Secado de aire comprimido.

En el caso de que los refrigeradores intermedios y finales no sean suficientes para obtener aire comprimido completamente seco, se debe realizar un proceso de secado de aire. Existen varios procesos de secado:

- Secado por absorción.
- Secado por adsorción.
- Secado en frío.

4.4.2.1.1 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. Ello se puede realizar manual o automáticamente. Con el tiempo se consume la sustancia secante, y debe suplirse en intervalos regulares (2 a 4 veces al año).

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.

4.4.2.1.2 Secado por adsorción.

Este principio se basa en un proceso físico. (Adsorber: Deposito de sustancias sobre la superficie de cuerpos sólidos.)

El material de secado es granuloso con cantos vivos o en forma de perlas. Se compone de casi un 100% de dióxido de silicio. En general se le da el nombre de Gel. La misión del gel consiste en adsorber el agua y el vapor de agua. El aire comprimido húmedo se hace pasar a través del lecho de gel, que fija la humedad.

La capacidad adsorbente de un lecho de gel es naturalmente limitada. Si está saturado, se regenera de forma simple. A través del secador se sopla aire caliente, que absorbe la humedad del material de secado. El calor necesario para la regeneración puede aplicarse por medio de corriente eléctrica o también con aire comprimido caliente. Disponiendo en paralelo dos secadores, se puede emplear uno para el secado del aire, mientras el otro es regenera (soplándolo con aire caliente).

4.4.2.1.3 Secado en frío.

Los secadores de aire comprimido por enfriamiento se basan en el principio de una reducción de la temperatura del punto de rocío.

Se entiende por temperatura del punto de rocío aquella a la que hay que enfriar un gas, al objeto de 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 (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 (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, al objeto de eliminar nuevamente partículas de suciedad.

4.4.2.2 Filtros de aire comprimido.

Se mencionó anteriormente que el aire contiene impurezas, que pueden ser separados en su mayoría por medio de las instalaciones secadoras, si hubiera. El resto de las impurezas deben de eliminarse con filtros para aire comprimido. El filtro de aire comprimido puede incorporarse individualmente o formando una unidad completa junto con el lubricador y con un regulador de presión, mejor conocido como unidad de mantenimiento.

El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada. El aire comprimido, al entrar en el filtro fluye a través de una placa deflectora (1). Esto le provoca una rotación. Las partículas de agua y materia sólida son lanzadas a la pared interior del depósito (2) por el efecto centrífugo.

Estas impurezas caen en el depósito colector. El aire comprimido fluye a través del cartucho filtrante (3) a la utilización. El tamaño de las partículas de suciedad, que no pueden ser eliminadas, depende del tamaño de los poros del cartucho filtrante. En el caso de filtros normales se utilizan diámetros de poros de 30 hasta 70 μm . Filtros finos pueden llegar a tener poros de 3 μm . (Ver Figura 4.12).

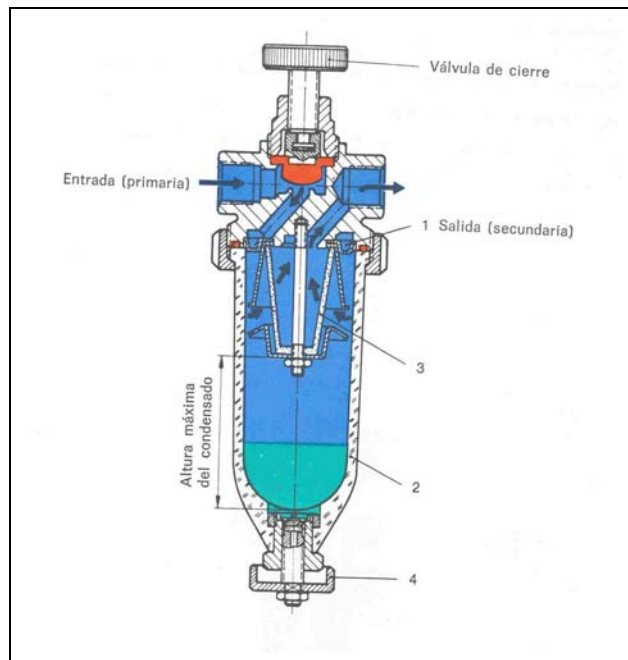


Figura 4.12 Filtro de aire.

Se debe de purgar el condensado cuando se ha alcanzado la marca de nivel máximo. Por medio del tornillo (4) se vacía el depósito colector del condensado. Existen varios tipos de filtros, puede ser con regulador de presión, con purga automática de condensado, con compensación de caudal, con manómetro.

4.4.2.3 Lubricación del aire comprimido.

Las piezas móviles necesitan lubricación. Los elementos neumáticos (cilindros, válvulas) contienen piezas móviles. Para que estén suficiente y continuamente lubricadas, se añade al aire comprimido una cierta cantidad de aceite mediante un lubricador. El aire comprimido proporciona las partículas de aceite a los elementos.

Ventajas de la lubricación:

- Reducción del desgaste.
- Disminución de las pérdidas por rozamiento.
- Protección contra la corrosión.

Los lubricadores trabajan generalmente según el principio "Venturi". La diferencia de presión Δp (caída de presión) entre la presión reinante antes de la tobera y la presión en el lugar más estrecho de ésta se emplea para aspirar líquido (aceite) de un depósito y mezclarlo con el aire. (Figura 4.13)

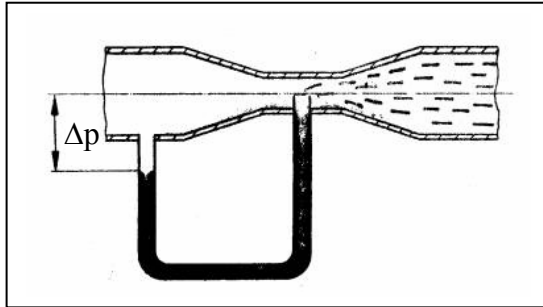


Figura 4.13 Principio Venturi.

El lubricador de aire comprimido (Figura 4.14), funciona cuando el aire fluye a través del lubricador A (entrada) hacia B (salida). El antiretorno (6) cierra el paso cuando no fluye el aire comprimido. Si existe flujo de aire, el antiretorno se abre y el aire comprimido puede fluir libremente a la salida B. En la estrangulación (4) del canal de paso origina una caída de presión. En la cámara de goteo (5) se produce un efecto de aspiración, a través del tubo (2) se aspira aceite. Las gotas de aceite vuelven a entrar en la corriente de aire a través del conducto (7). Se nebulizan las gotas de aceite y llegan de esta manera a los dispositivos neumáticos. El casquillo (3) con el antiretorno proporciona la posibilidad de relleno durante el funcionamiento del lubricador. Mediante el tornillo de regulación (8) puede regularse el caudal de aceite por unidad de tiempo.

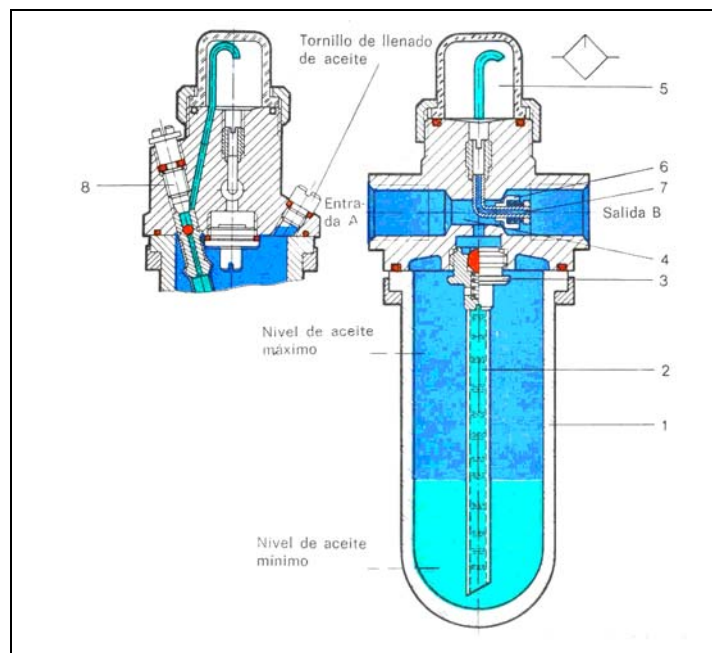


Figura 4.14 Lubricación de Aire Comprimido

4.4.2.4 Unidad de mantenimiento.

La unidad de mantenimiento es un montaje en bloque de los elementos tratados en los párrafos anteriores. Se compone de un filtro de aire comprimido, válvula reguladora de presión con manómetro y lubricador de aire comprimido. El aire comprimido fluye a través del filtro de aire comprimido, en el cual se purifica el aire, hacia la válvula reguladora de presión, que proporciona presión constante, y penetra en el lubricador de aire comprimido.

4.4.2.5 Aplicación en el sistema manipulador de masas.

El sistema secador de aire, lubricador, filtro así como la unidad de mantenimiento son indispensables en una instalación neumática, por todo lo expuesto anteriormente. En cuanto al Secador, que sería lo más próximo en cuanto sale el aire comprimido del compresor, se puede omitir si es el caso de que solo se va a usar aire para este sistema,

sin embargo si se planea crecer se recomienda instalar uno ya que puede ser utilizado para varios equipos.

4.4.2.5.1 Secador para el sistema manipulador.

El criterio principal de selección fue el de las temperaturas a las que se va a usar todo el equipo, es decir, la humedad del aire esta en función de la temperatura. Suponiendo que hay una temperatura promedio de 25° C se escogió del catálogo de FESTO:

¹Secador por adsorción 178520

LDF-H2-G1/4-110



CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Posición de montaje

vertical +/- 5°

Construcción

secador por adsorción con generación de frío

¹ Sacado de catálogo de FESTO

Presión inicial 1	4 - 10,5 bar
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar para UE según directiva 73/23/CEE (baja tensión)
Símbolo CE	
Punto de condensación bajo presión	-40 °C
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Temperatura de almacenamiento	-20 - 60 °C
Clase de pureza del aire en la salida	2.2.1 según DIN ISO 8573- 1
Temperatura del medio	2 - 50 °C
Temperatura ambiente	2 - 50 °C
Homologación	Germanischer Lloyd
Peso del producto	6500 g
Tipo de fijación	con taladro pasante

4.4.2.5.2 Unidad de mantenimiento para el sistema manipulador.

Para la unidad de mantenimiento se usó el criterio de que usa un filtro con poros de 40 µm de diámetro, que se le conoce mejor como grado de filtración, se puede decir que es un nivel medio, así como la presión que puede aguantar que es de hasta 16 bares, lo cual sabemos por experiencia que los dispositivos neumáticos se usan entre 4 y 6 bares.

²Unidad de mantenimiento

159606

FRC-3/4-D-MAXI



² Sacado de catalogo de FESTO

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Tamaño	maxi
Serie	D
Asegurar el accionamiento	Botón giratorio con enclavamiento
Posición de montaje	vertical +/- 5°
Grado de filtración	40 µm
Evacuación del condensado	giro manual
Construcción	Filtro regulador con manómetro Lubricador proporcional de niebla de aceite
Cantidad máxima de condensado	80 cm ³
Funda de protección	funda protectora metálica con manómetro
Indicación de la presión	
Margen de regulación de la presión	0,5 - 12 bar
Presión inicial 1	<= 16 bar
Histéresis máxima de la presión	0,4 bar
Caudal nominal normal	8300 l/min
Fluido	Aire comprimido
Temperatura del medio	-10 - 60 °C
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Peso del producto	2390 g
Información sobre el material del cuerpo	Fundición inyectada de cinc
Información sobre el material del depósito del filtro	PC

4.4.3 Actuadores Neumáticos.

Llamaremos actuadores neumáticos a aquellos componentes capaces de transformar la energía potencial latente en el aire comprimido en trabajo mecánico, para el accionamiento de maquinas o mecanismos. Según la forma de entregar este trabajo mecánico, podemos clasificar a los actuadores en:

S=superficie.

L=carrera.

Por su morfología los cilindros más comunes tienen dos constantes principales:
Sección y carrera. (Figura 4.15).

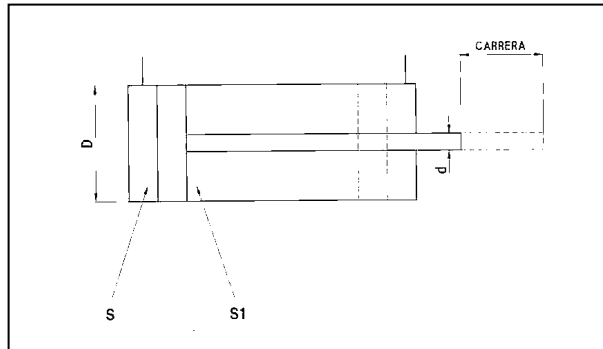


Figura 4.15 Cilindro neumático.

La sección activa del cilindro, al ser éste generalmente circular, viene dada por la formula 4.2:

$$S = \pi \cdot R^2 = \frac{\pi D^2}{4} \quad (4.2)$$

Empleamos la segunda expresión, puesto que en un cilindro es muy fácil medir el diámetro y muy difícil medir el radio.

FUERZA

La transmisión de potencia mediante aire comprimido se basa en el principio de Pascal; *“Toda presión ejercida sobre un fluido se transmite íntegramente en todas direcciones”*.

Por tanto, la fuerza ejercida por un émbolo es igual al producto de la presión por la superficie.(Formula 4.3)

$$F = p \cdot s = p \frac{\pi D^2}{4} \quad (4.3)$$

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa/4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada. Nos podemos ayudar de tablas como la tabla del Anexo no. 3, tabla Fuerza/Presión.

CARRERA

La carrera, la otra constante del cilindro, viene definida por la diferencia de posición entre las dos situaciones extremas del embolo.

Al efectuar los cálculos de esfuerzos deben tenerse en cuenta que en el sentido de salida del vástago, hemos tomado la superficie total del tubo. En el sentido de entrada del vástago la superficie es más pequeña, puesto que es preciso descontar la superficie del vástago. Siendo D, el diámetro interior del tubo y d el diámetro del vástago, la superficie activa viene dada por: (Formula 4.4)

$$S_1 = \pi \frac{D^2 - d^2}{4} \quad (4.4)$$

Y la fuerza, por tanto, que efectúa el cilindro en el sentido de entrada es: (Formula 4.5)

$$F_1 = p \cdot \pi \frac{D^2 - d^2}{4} \quad (4.5)$$

Por tanto $F > F_1$ y si se conectan las dos entradas del cilindro a una misma fuente de presión, el vástago tenderá a salir.

La longitud de carrera en cilindros neumáticos no debe exceder de 2000 mm. Con émbolos de gran tamaño y carrera larga, el sistema neumático no resulta económico por

el elevado consumo de aire. Cuando la carrera es muy larga, el esfuerzo mecánico del vástago y de los cojinetes de guía es demasiado grande. Para evitar el riesgo de pandeo, si las carreras son grandes deben adoptarse vástagos de diámetro superior a lo normal. Además, al prolongar la carrera la distancia entre cojinetes aumenta y, con ello, mejora la guía del vástago.

Para el cálculo de la carga de pandeo permitida debe tomarse por base la fórmula de Euler.

$$\text{Carga por pandeo } P = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_k^2} \quad (4.6)$$

Es decir, con esta carga el vástago se pandea.

$$\text{Máxima carga de servicio } F = P/n$$

(4.7)

L_k = longitud libre de pandeo (cm.).

E = Modulo de elasticidad (k/cm^2).

I = Momento de inercia (cm^4).

n = Factor de seguridad (aproximadamente 2.5 o 3.5).

También nos puede ser útil la gráfica del Anexo no. 4, si sabemos la Fuerza, la carrera así como el diámetro del vástago nos puede ser de gran ayuda.

VELOCIDAD DEL ÉMBOLO

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento demandado. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.

La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0.1 y 1.5 m/s. Con cilindros especiales (cilindros de impacto) se alcanzan velocidades de hasta 10 m/s.

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, antirretorno y de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores. La estrangulación debe de hacerse siempre en el caudal de salida, de lo contrario se producirán saltos en el movimiento del émbolo.

CONSUMO DE AIRE.

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación. El consumo de aire en un cilindro neumático se mide en litros por metro en condiciones normales y depende de su diámetro, de su carrera y del número de ciclos de ida y vuelta que efectúa en la unidad de tiempo.

En cilindros grandes puede tenerse en cuenta la deducción del volumen del vástago, pero en cilindros pequeños esta diferencia de consumo resulta despreciable.

Volumen del cilindro en el sentido de salida del vástago para la carrera C viene dada por la formula 4.8:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot C \quad (4.8)$$

Volumen del cilindro en el sentido de entrada del vástago.

$$V_1 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot C \quad (4.9)$$

La suma de V y V_I representa el volumen del cilindro en una carrera de ida y vuelta. Como el cilindro se llena de aire a presión, es preciso corregir este volumen por medio de la ley de Boyle, multiplicando el volumen por la presión absoluta (presión manométrica + 1). Por tanto el volumen de aire consumido por el cilindro en cada ciclo viene dado por:

$$\text{Consumo} = (V + V_I)(P + 1) \quad (4.10)$$

Valor que multiplicado por el número de ciclos que efectúa el cilindro en la unidad de tiempo nos proporcionara el consumo.

Con ayuda de la gráfica del Anexo 5, se pueden establecer los datos del consumo de aire de una manera más sencilla y rápida. Los valores están expresados por centímetros de carrera para los diámetros más corrientes de cilindros y para presiones de 200 a 1500 kPa (2 a 15 bar).

AMORTIGUACION

Cuando el émbolo llega al final del recorrido, golpea contra la cabeza correspondiente; si este golpeteo es repetitivo y representativo, entonces se producen deformaciones que acaban destruyendo al cilindro. Se emplean las siguientes soluciones para evitar este golpeteo:

- La amortiguación elástica se utiliza en los pequeños cilindros que han de soportar golpeteos ligeros y consisten en anillos de material elástico, que evitan el golpe de metal con metal, y que con su deformación absorben la pequeña energía cinética del sistema móvil.

- La amortiguación neumática regulable se usa en todos aquellos cilindros que han de amortiguar repetitivamente a las masas en movimiento (energía cinética) de cuantía más representativa. En si consiste en depósitos cerrados que atrapan aire y cuando se llenan y alcanzan cierta presión se oponen al movimiento del embolo causando la amortiguación, puede ser regulable.

4.4.3.1.2 Clasificación.

En la actualidad existe una infinidad de tipos de cilindro, especializados para diversas tareas, pero como vimos anteriormente nos enfocaremos en la clasificación más básica en la que podemos dividir los actuadores neumáticos es en cilindros, actuadores de giro y motores rotativos*.

CILINDROS

Cilindros de simple efecto. Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa. El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande. Puede estar colocado del lado del vástago o del embolo, según la tarea que hagan. En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos

* No se verán debido al enfoque de esta tesis

cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm. Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

Cilindros de doble efecto. La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno. Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido.

Cilindro sin vástago. Como su propio nombre lo indica no disponen de vástago. El elemento móvil es un carro exterior al cuerpo del cilindro que se mueve guiado a lo largo de una superficie prismática. Tienen una amortiguación regulable muy precisa al disponer de tornillos cónicos de gran longitud, sobre el émbolo tienen un imán que actúa sobre los microrruptores magnéticos que pueden colocarse a lo largo de toda su longitud para proporcionar las señales de control posicional al sistema de mando.

Por no tener vástago, no existe pandeo, por tanto se puede decir que la longitud del mismo solo está limitada por la extrusión de las barras de aleación ligera. Su longitud puede llegar a 9 m. las presiones de utilización son las usadas en el resto de los componentes neumáticos (de 1 a 10 bar).

Cilindros Pinza (o Grippers). Son los cilindros especialmente diseñados para coger piezas en sistemas de manipulación. Constan de un cilindro de simple efecto o de doble efecto, según la aplicación, que actuando sobre un sistema de bielas hacen abrir o cerrar unos dedos mecánicos. El movimiento de los dedos puede ser de tipo angular o de tipo

paralelo, según la forma de la pieza a manipular. Sobre la pinza van dispuestos finales de carrera magnéticos o inductivos que facilitan las señales eléctricas al sistema central de mando sobre la certeza de la operación para la continuación del ciclo automático.

ACTUADORES DE GIRO.

Se puede decir que el actuador neumático de giro ocupa el principio de un cilindro de doble efecto ya que el vástago es una cremallera que acciona un piñón y transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio hacia la izquierda o hacia la derecha, según el sentido del émbolo (Figura 4.16).

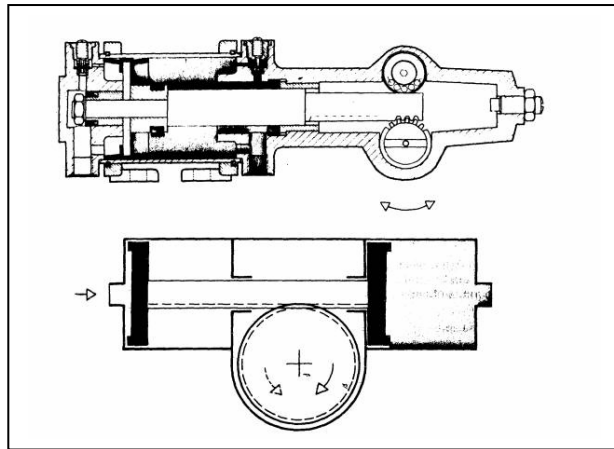


Figura 4.16 Actuador de giro

Los ángulos de giro corrientes pueden ser de 45°, 90°, 180°, 290° hasta 720°. Es posible determinar el margen de giro dentro del margen total por medio de un tornillo de

ajuste. Puede o no tener amortiguación. El criterio de elección es igual que el de los cilindros normales, la velocidad de giro se controla por medio de reguladores de flujo

4.4.3.2 Aplicación para el sistema manipulador de masas.

Explicado los tipos de actuadores, empezaremos por definir exactamente cual necesitamos para la aplicación. Por la forma de la máquina, es decir, la forma vertical que se tiene se debe de ir escogiendo los elementos desde el mas bajo al mas alto, esto es, el que se encuentra en la parte superior carga a los demás, su elección esta en función del peso de las pinzas, del actuador giratorio, etc.

4.4.3.2.1 Selección de las pinzas de sujeción (grippers).

Por medio del software Gripper Selection Tool* podemos introducir los valores que anteriormente presentamos y vemos que lo más recomendable para sostener la geometría de la pieza sería usar una pinza de 3 puntos de sujeción (Figura 4.17):

* Versión 3.0.0.6 de Festo (Dept. Software Services)



Figura 4.17 Gripper Selection Tool

Introducimos el peso de la pieza, la distancia que tenemos con respecto a la pieza a manipula, la manera en que queremos la sujeción (Figura 4.18).

Información sobre el objeto

x Distancia desde línea-0 -> centro de gravedad mm

m Peso del objeto g

Sentido de pinzado

Pinzado interior

Pinzado exterior

Información sobre UNO de los dedos de la pinza

x Distancia desde línea-0 -> centro de gravedad mm

m Peso de UNO de los dedos de la pinza g

x_D Distancia desde línea-0 -> punto de sujeción mm

Figura 4.18 Selección de tipo de pinza.

Debemos de proporcionar la velocidad a la que será sometida la pinza, es decir la aceleración, que estará dada por el actuador giratorio, yo propuse una velocidad media de 1 m/s. Así como el coeficiente de fricción entre el objeto a manipular y los dedos de la pinza. Sabemos que es de hierro gris, la masa del freno y los dedos de las pinzas son de acero para herramientas niquelado. Las condiciones en la que trabajara, la temperatura y el factor de seguridad que escojamos. (Figura 4.19)

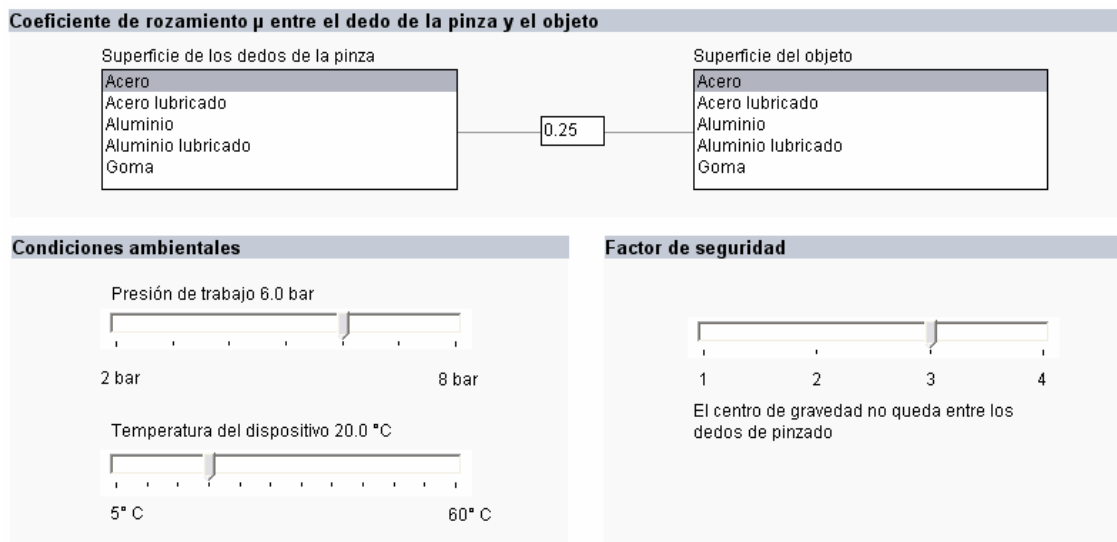


Figura 4.19 Ajustes para la selección de las pinzas.

Sabemos que se trabajara a presión de 6 bares en todo el sistema. En la dirección Z se mueve por medio del cilindro B, el de movimiento de arriba hacia debajo de lo que se propuso en el croquis de situación.

	Resultados			Máx. posible	
Peso total (pieza, pinza y dedos)	2.000	kg			
Fuerza de pinzado estática con ajuste por fricción*	13.734	N	<div style="width: 45%; background-color: green;"></div> 45 %	30.689	N
Fuerza de pinzado dinámica con ajuste por fricción*	0.266	N	<div style="width: 1%; background-color: green;"></div> 1 %	30.689	N

*La fuerza de pinzado solamente tiene importancia si existe ajuste por fricción entre los dedos y el objeto. Se reduce fuertemente con dedos de forma.

	Resultados			Máx. admisible	
Distancia intermedia del punto de presión	8.000	mm	<div style="width: 13%; background-color: green;"></div> 13 %	61.000	mm
Fuerza longitudinal dinámica en los dedos de pinzado	5.559	N	<div style="width: 6%; background-color: green;"></div> 6 %	90.000	N
Fuerza longitudinal dinámica Mx	0.000	Nm	-	1.614	Nm
Fuerza transversal dinámica My	0.212	Nm	<div style="width: 13%; background-color: green;"></div> 13 %	1.614	Nm
Tiempo de cierre a 6.0 bar de presión de trabajo	0.297	s		0.500	s

Figura 4.20 Resultados expresados en %, de una pinza seleccionada.

Como se puede ver en la figura 4.20, la pinza elegida presenta características que superan los requerimientos del sistema, como las fuerzas dinámicas, son casi imperceptibles debido a la baja velocidad. La velocidad de cierre a la presión de 6 bar será de 0.297 o 0.3 segundos. La pinza escogida es:

³Pinza de tres dedos

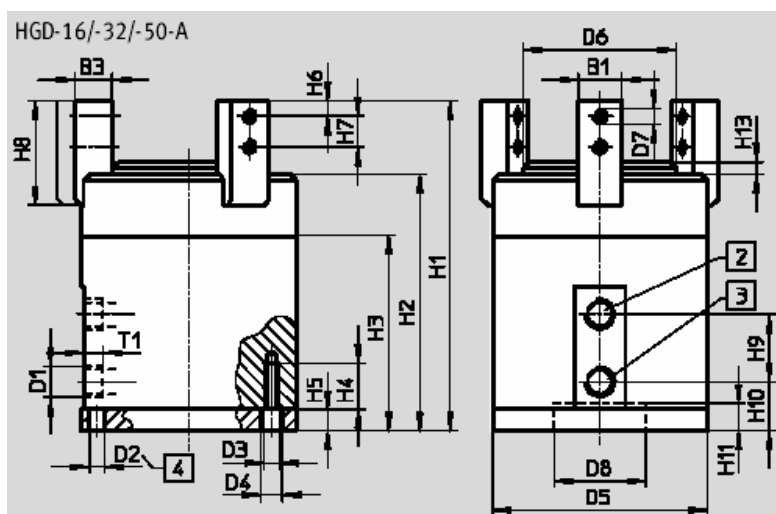
HGD-32-A



³ Extraída del catalogo de Festo

Caracter.	Propiedades
Temperatura ambiente	5 - 60 °C
Conexión neumática	M5
Detección de la posición	con detector de proximidad
Función de la pinza	3 puntos
Cantidad de dedos de la pinza	3
Tipo de fijación	con rosca interior
Presión de funcionamiento	2,000 - 8,000 bar
Peso del producto	300,000 g
Fuerza de la pinza al cerrar con 6 bar	130,000 N
Fuerza de la pinza al abrir con 6 bar	150,000 N
Frecuencia de trabajo máxima de la pinza	4,000 Hz
Fluido	Aire comprimido filtrado
Precisión de repetición de las pinzas	$\leq 0,040$ mm
Tamaño	32
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2
Precisión máxima de sustitución	0,200 mm
Carrera por dedo	3,900 mm
Fuerza estática Fz máxima en la mordaza	90,000 N
Fuerza dinámica Fz máxima en la mordaza	9,000 N
Momento estático Mx máximo en la mordaza	1,600 Nm
Momento dinámico Mx máximo en la mordaza	0,016 Nm
Momento estático My máximo en la mordaza	2,800 Nm
Momento dinámico My máximo en la mordaza	0,028 Nm
Momento estático Mz máximo en la mordaza	1,900 Nm
Momento dinámico Mz máximo en la mordaza	0,019 Nm
Tiempo de apertura mínimo con 6 bar	10,000 ms
Tiempo mínimo de cierre con 6 bar	10,000 ms
Indicación sobre el material	sin cobre y teflón
Información sobre el material del cuerpo	Aluminio niquelado
Información sobre el material de las mordazas	Acero para herramientas niquelado

Con las siguientes medidas de la tabla 2:



Diámetro	B1	B2	B3	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	H1	H2
	-0,02		-0,02/-0,05		∅ H8		∅	∅	∅		∅		
16	6	13	7	M3	3	M3	3,2	30	21	M3	3 H7	60	46
32	10	13	8	M5	4	M3	3,7	45	32,4	M3	20 +0,02/+0,05	78	62
50	14	25	12	G $\frac{1}{8}$	5	M5	6	70	49,4	M5	30 +0,02/+0,05	107,5	83,5

Diámetro	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H13	L1	L2	L3	L4	T1
		+1										±0,02			-0,5
16	32,6	8	4,5	3	6	21	12	11	4,5	2	19	11,5	17,5	20	4
32	44	10	6,5	3,5	6,5	22,5	16	11,8	8	3	36	19	24,6	28,5	4
50	56	16	7	5	10	34	22	16	9	4	54	30	37	43	6

Tabla 4.2 Dimensiones de la pinza HGD-32

Recordando el croquis de situación es necesario el uso de dos de estas pinzas, que cuando carguen la masas de los frenos su peso se elevará a 2.0 Kg. por dos pinzas será 4 kg. Se necesita construir un plato que sostenga a las dos pinzas. Se pensó en un plato de aluminio de 95 mm (debe de ser menor a 100 mm para que pueda pasar a través de los clamps de la maquina barrenadora) de ancho por 300 mm de largo, con un grosor de 20 mm. En él se conectará, justo por la mitad el vástago de giro y por otro lado las dos pinzas, en cada extremo.

Sabemos que una aleación de Aluminio (en su mayoría Al) tiene una densidad de 2 698.9 Kg/m³, para saber la masa del plato despejamos m de:

$$\delta = \frac{m}{v} \quad (4.10)$$


Donde m es la masa (Kg.), v es el volumen (m³) y δ es la densidad (Kg/m³). Con las medidas dadas obtenemos la masa que es 1.943 kg.

4.4.3.2 Selección del actuador giratorio.

El principal criterio para elegir un actuador giratorio es el de conocer el total momentos de inercia que va a controlar. Suponiendo que se encuentra justo en medio del plato, a la misma distancia de las dos pinzas se debe de sacar la sumatoria de los momentos de inercia que influyen (pinzas, pieza a manipular y plato giratorio)

Con la ayuda de un software para el cálculo de momentos de inercia* podemos obtener el total. Con este software sacamos el momento de inercia de las pinzas que se escogieron con anterioridad y pensando que se encuentran a 130 mm del centro de giro (Figura 4.21), para el mismo plato giratorio de aluminio (Figura 4.22) y para las masas de frenos, cabe destacar que no se tiene en el software la forma exacta de las mismas, sin embargo se puede aproximar pensando en ellas como discos, con un grosor un poco mayor al real que cubriría la parte que sobresale, la parte cilíndrica, se puede checar en la masa que nos da el software que es de 1.34 g a comparación de los 1.337 g que se obtuvo de manera practica (Figura 4.23).

Pinza de 3 dedos HGD



Pinza de 3 dedos FESTO Tipo HGD - ... - A Con conjunto adaptador HAPG - ..

DRQD-20-FW	<input checked="" type="radio"/>	HGD - 32 - A
DRQD-25-FW	<input type="radio"/>	HGD - 50 - A
DRQD-32-FW	<input type="radio"/>	HGD - 50 - A
DSM-25/DSL-25/DRQD-20-...-ZW	<input type="radio"/>	HGD - 32 - A
DSM-32/DSL-32/DRQD-25-...-ZW	<input type="radio"/>	HGD - 50 - A
DRQD-40 - FW / DRQD-50 - FW	<input type="radio"/>	HGD - 50 - A

Momento de inercia de la masa de la pinza y del conjunto adaptador correspondiente

Configuración excéntrica

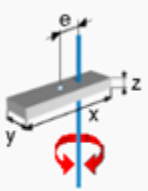
e Distancia del centro de gravedad al eje de rot.

m_1	<input type="text" value="0.348"/>	<input type="text" value="kg"/>
J_1	<input type="text" value="0.006"/>	<input type="text" value="kg m²"/>

Figura 4.21 Momento de inercia para la pinza de sujeción.

* Versión 4.0.2.1 de Festo (Dept. Software Services)

Forma cuadrada



Forma cuadrada

x	Longitud	300	mm
y	Ancho	90	mm
z	Altura	20	mm

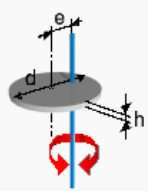
Densidad [kg/dm³]
 7.8 (Acero) 2.7 (Aluminio) 0.00

Configuración excéntrica

e	Distancia del centro de gravedad al eje de rot.	0	mm
---	---	---	----

m ₄	1.944	kg
J ₄	0.027	kg m ²

Figura 4.22 Momento de inercia del plato giratorio.



Rotor

d	Diámetro	125	mm
h	Grosor	14	mm

Densidad [kg/dm³]
 7.8 (Acero) 2.7 (Aluminio) 0.00

Configuración excéntrica

e	Distancia del centro de gravedad al eje de rot.	130	mm
---	---	-----	----

m ₂	1.34	kg
J ₂	0.025	kg m ²

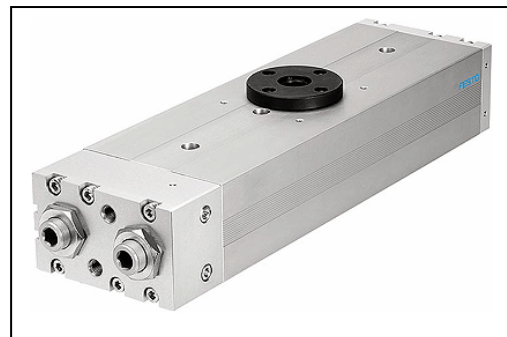
Figura 4.23 Momento de inercia de la masa de frenos.

Tenemos la siguiente sumatoria de momentos de inercia:

$$\Sigma J = (0.0059711 \times 2) + (0.025265 \times 2) + 0.027232 = 0.09388 \text{ Kg m}^2$$

Por tanto se escogió el actuador de giro DRQD-32, que puede manejar un momento de inercia de 0.004 – 0.15 kgm²:

⁴DRQD-32-180



⁴ Extraída del catálogo de Festo

Características principales:

Tamaño	32
Ángulo de giro	1 - 360 deg
Amortiguación	amortiguación neumática ajustable amortiguador regulable, mapa característico para amortiguación dura
Posición de montaje	indistinto
Construcción	Piñón y cremallera
Cantidad máxima de posiciones intermedias	1
Detección de la posición	con detector de proximidad
Variantes	FW: eje abridado SD: paso del eje abridado ZW: árbol con chaveta
Presión de funcionamiento	1 - 10 bar
Forma de funcionamiento	De efecto doble
Identificación ATEX	II 2 GD c T4 T120°C
Temperatura ambiente ATEX	-10°C <= Ta <= +60°C
Fluido	Aire comprimido filtrado Según la directiva EU
Símbolo CE	94/9/EG (ATEX)
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Momento de giro con 6 bar	12,5 - 13,5 Nm
Momento de inercia admisible de la masa	0,004 - 0,15 kgm ²
Tipo de fijación	a elegir: con taladro pasante con rosca interior
Conexión neumática	G1/8
Información sobre el material del eje de salida	acero templado
Información sobre el material de la tapa	Aluminio
Información sobre el material de las juntas	NBR TPE-U(PU)
Información sobre el material del cuerpo	Aluminio

El momento de inercia de la masa nos puede indicar a que velocidad se mueve, sabemos el radio de giro, que será de 180° y a 0.093 Kg m^2 , sabemos por el grafico de la figura 4.24* llegará a la posición requerida en mas o menos 0.65 segundos.

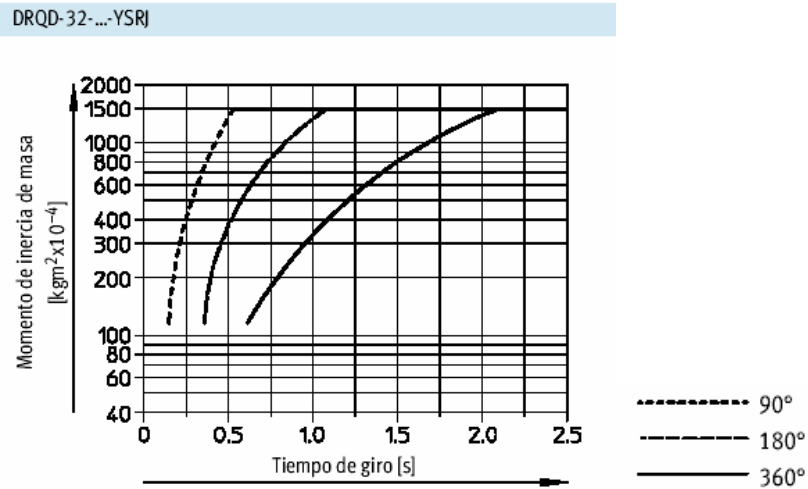
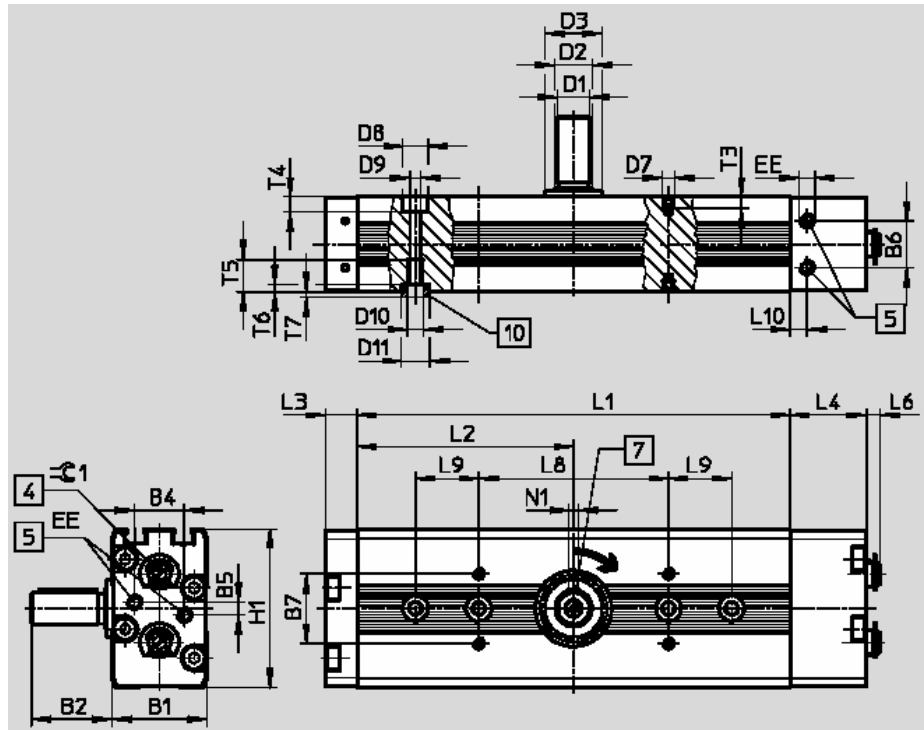


Figura 4.24 Gráfico Momento de inercia vs. Tiempo de giro

Y las siguientes dimensiones (Tabla 4.3):

* Obtenido del catálogo de FESTO 2004



Dimensiones: variante ZW Datos CAD disponibles en www.festo.com/es/engineering

Diámetro	Ángulo de giro [°]	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	D1 ∅ g6	D2 ∅	D3 ∅	D4	D7	D8 ∅ H13
16	90														
	180	30	25,5	23	17,8	4	14,8	22	23,5	10	12	18	M3	M4	8
	360														
20	90														
	180	36	32,5	30	21,8	4	19,8	26	30,5	12	15	24	M4	M4	8
	360														
25	90														
	180	42	42,5	40	24,8	4	24,8	30	40,5	16	20	30	M5	M5	10
	360														
32	90														
	180	51	52,5	50	29,8	2	29,8	36	50,5	20	25	35	M6	M5	10
	360														

Diámetro	Ángulo de giro [°]	D9 ∅	D10	D11 ∅ H7	EE	H1	H2	L1	L2	L3	L4	L5	L6		L7		L8
													mín.	máx.	mín.	máx.	
16	90							71	35,5								
	180	4,2	M5	9	M5	50	11,2	93	46,5	10	24	20,8	1,7	5,7	23,4	28,2	60
	360							137	68,5								
20	90							78,4	39,2								
	180	4,2	M5	9	M5	56	13,5	104,8	52,4	10	31,5	27	2,4	7	28,6	35,9	60
	360							157,6	78,8								
25	90							91,2	45,6								
	180	5,3	M6	9	M5	67	18	124	62	11	36,5	33	2,6	8,9	42	50,2	60
	360							189,2	94,6								
32	90							114,8	57,4								
	180	5,3	M6	9	G $\frac{1}{8}$	79	22,5	155,6	77,8	13	39	39	4,3	11,8	59,4	70,1	80
	360							237,4	118,7								

Tabla 4.3 Dimensiones del Actuador Giratorio DRQD-32

4.4.3.2.3 Selección de los cilindros neumáticos.

CILINDRO B - Movimiento Vertical

Siguiendo con el criterio de ir escogiendo las partes de trabajo desde las que se encuentra en la parte inferior del sistema, es el turno de elegir el cilindro B (del croquis de situación) que realiza el movimiento vertical del manipulador. Este cilindro B cargará los otros actuadores así como las piezas, en cada uno de los grippers:

Pieza: 1337 g x 2	}	$\Sigma M = 9\,942\text{g}$ → 97.531.02 N
Gripper: 600 g x 2		
Plato: 1943 g		
Actuador giratorio: 7125 g		

Y las distancias que ocupan los actuadores y la pieza: (Figura 4.25)

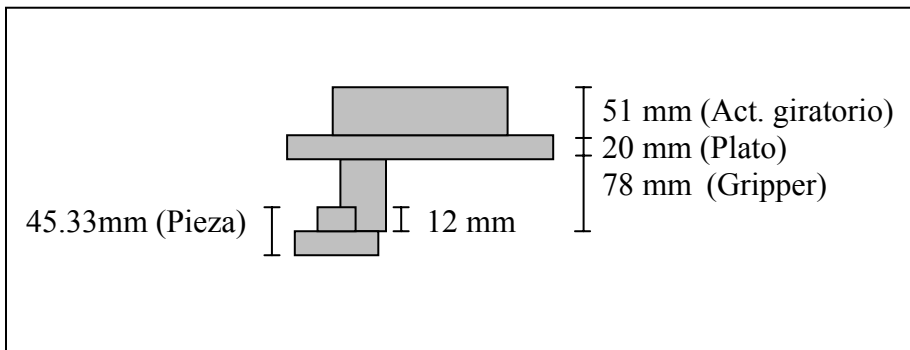


Figura 4.25 Distancias acumuladas

Sabemos que el dispositivo solo tiene una restricción con respecto a la altura, y es que debe de bajar para tomar la pieza maquinada y subir tan solo 80 mm que es el espacio libre que dejan los clamps, como se puede ver en la figura 4.26.

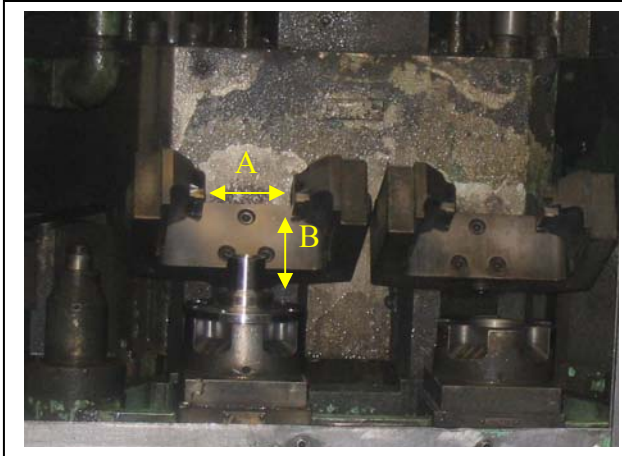


Figura 4.26 Dimensiones de los clamps.

La imagen nos muestra la distancia A, que es de 100 mm, debido a esto la placa que sostiene los grippers es de 90 mm, si puede pasar a través de los clamps, así como el actuador de giro que mide 79 mm, el problema se encuentra cuando se toma la pieza, ésta solo puede subir poco menos de la distancia B que son los 80 mm antes mencionados, es por eso se pensó en usar un tope mecánico que los cilindros HMP traen consigo, que no es mas que un cilindro que se opone al movimiento del vástago del cilindro B, ya sea al retraer o extender, en el diagrama Fase-Desplazamiento se incluye este tope, y se le denomina cilindro F, el cual debe de tener su válvula dispuesta para que sea controlado, muy distinta a la válvula del cilindro B.

De la formula 4.3 sabemos:

$$P=6 \text{ bar} = 600\,000 \text{ N/m}^2$$

$$F=97.531 \text{ N}$$

Despejamos el área y después el diámetro nos da:

$D = 0.0164 \text{ m} = 16.4 \text{ mm}$ (Podemos comparar con el Anexo no. 3 para ver si esto es correcto).

En teoría deberíamos de escoger el cilindro HMP de 20 mm de diámetro en el émbolo, pero con la ayuda de los diagramas de la figura 4.27, podemos ver que ese cilindro no produce un movimiento vertical adecuado para la masa que queremos mover, tanto en avance como en retroceso:

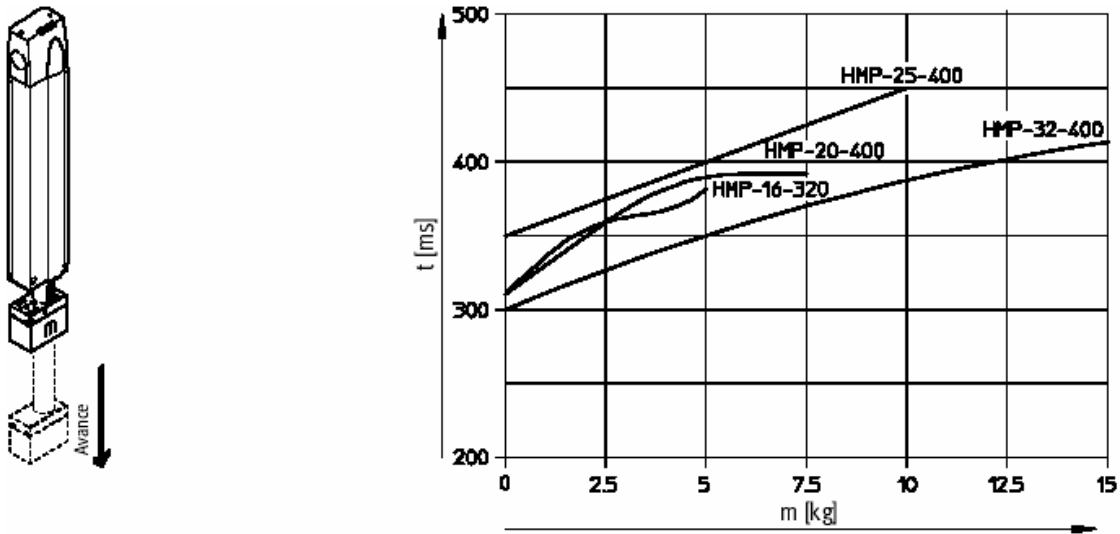


Figura 4.27 Tiempo de posicionamiento

Podemos ver que el adecuado cilindro es el de diámetro de 25 mm con una carrera de 400 mm. Estos datos los podemos ingresar al software PropNeu* ya que sabemos la carrera y el tiempo, ya sea para retraer el cilindro o para expandir.

* Versión 4.1.10.0 de Festo (Dept. Software Services)

tiempo de posicionamiento esperado quiero alcanzar este tiempo de posicionamiento: s

...con válvula de estrangulación de retención

Regulación básica del cilindro

Longitud de carrera requerida: mm

Ángulo de instalación: deg

Dirección del movimiento: extender retirar

astecimiento de aire comprimido

Presión de funcionamiento: bar

Largo del tubo fle: Equipo de mantenimiento > Válvula: m

Válvula > Cilindro: m

Regulaciones de la carga

Masa en movimiento: kg

Y los siguientes resultados:

Tiempo total de posicionamiento	0.54 s
Velocidad promedio	0.73 m/s
Velocidad del impacto, amortiguador	0.82 m/s
Máx. velocidad	1.07 m/s
Energía dinámica de impacto	4.82 J
Velocidad media del aire	75.8 m/s
Consumo de aire mínimo	1.3958 l
Energía transformada (YSR)	5.02 J

Lo anterior también se puede expresar por medio de la grafica de la figura 4.28, donde nos marca el tiempo que tarda en posicionarse, pero una vez que se encuentra completamente expandido o retraído lo controlaremos por medio de señales a las válvulas que más adelante se explicarán. En la gráfica de la figura 4.29 podemos ver el comportamiento del cilindro, es decir como nunca supera los 6 bares que pusimos de entrada. Todo lo anterior se puede controlar aun mas (el tiempo de posicionamiento, la aceleración, presiones) por medio de una válvula de estrangulamiento o de regulación de

caudal, tanto en la entrada como en la salida, que en la mayoría de las instalaciones de actuadores neumáticos se colocan.

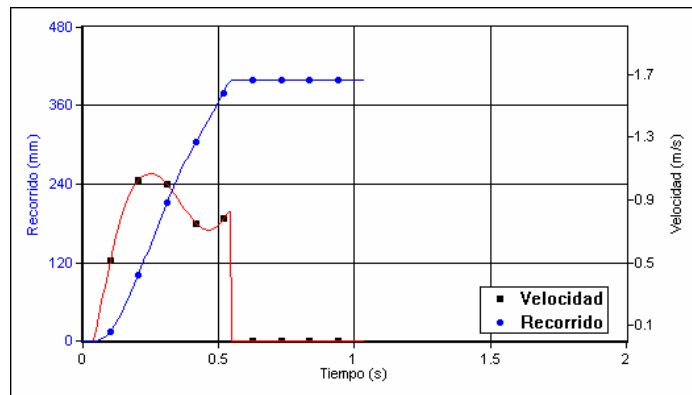


Figura 4.28 Gráfico Recorrido vs. Tiempo.

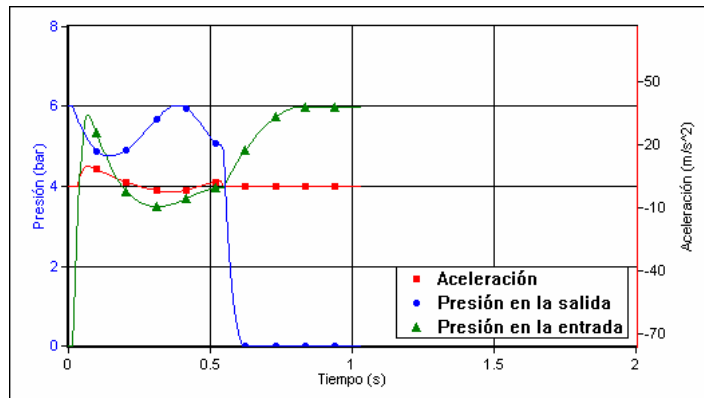


Figura 4.29 Gráfico Presión vs. Tiempo.

En lo que respecta al consumo de aire, lo sacamos por medio de la gráfica del Anexo 4, donde sabemos el diámetro, así como la presión a la que trabajará (6 bares), nos da como resultado 0.03 l/cm. de carrera. En cuanto al tiempo, calculado con carga en los dos grippers es alrededor de 0.54 segundos, para recorrer toda su carrera.

Por tanto se escogió el cilindro:

⁵HMP-25



⁵ Extraída del catálogo de Festo

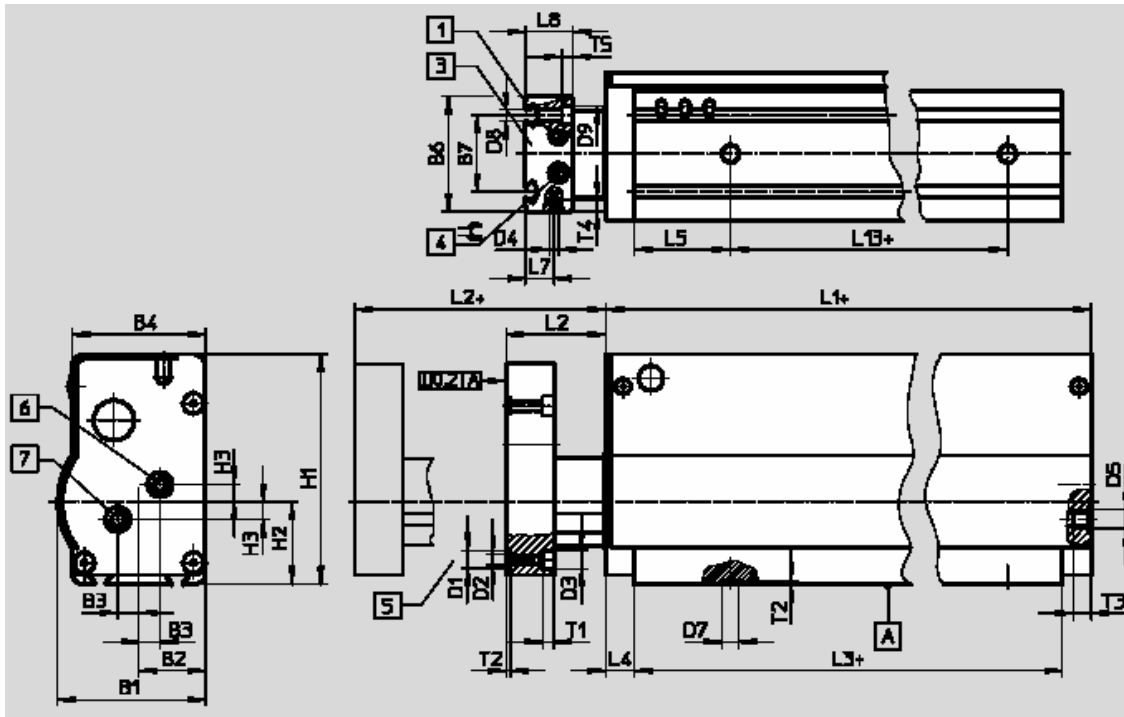
Características principales:

Diámetro del émbolo	25 mm
Tipo de accionamiento del actuador	Yunque amortiguador, mapa característico para amortiguación blanda
Amortiguación	indistinto
Posición de montaje	guía con rodamiento de bolas
Guía	
Cantidad máxima de posiciones intermedias	1
Detección de la posición tipo de amortiguador	con detector de proximidad YSRW-12-20
Variantes	KP: unidad de bloqueo en el vástago de tracción
Presión de funcionamiento	4 - 8 bar
Velocidad máx. al avanzar	$\leq 1,1$ m/s
Velocidad máx. al retroceder	$\leq 1,1$ m/s
Tiempo máx. del movimiento	≤ 1000 ms
Precisión de repetición	$\pm 0,01$ mm
Forma de funcionamiento	De efecto doble
Fluido	Aire seco, lubricado o sin lubricado
Clase de resistencia a la corrosión KBK	
Nivel de ruido	68 dB(A)
Tipo de protección	IP40
Temperatura ambiente	0 - 60 °C
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	247 N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	295 N
intervalo de lubricación de los elementos de guía	5000 km
intervalo de servicio, amortiguadores	10 Mio SP

Masa móvil con carrera de 0 mm	2,3 Kg.
Peso adicional por 10 mm de carrera	0,15 Kg.
Peso básico con carrera de 0 mm	6300 g
Masa adicional por 10 mm de carrera	0,055 Kg.
Tipo de fijación	a elegir:
Conexión neumática	PK-4 PK-6
Indicación sobre el material	Exento de cobre y PTFE
Información sobre el material de la tapa	Aluminio anodizado
Información sobre el material de las juntas	NBR PUR
información sobre el material, placa frontal	anodizado Aluminio
información sobre el material, tubo de guía	acero para rodamientos recubierto
Información sobre el material del cuerpo	Aluminio anodizado

Como se puede ver en la parte de variantes habla de un bloqueo del vástago, así como dice que solo tiene una posición intermedia entre el principio y fin de la carrera, esto es el cilindro F. necesitamos que sea de 65 mm de carrera, y este puesto en el principio de la carrera, esto es para cuando se retraiga el cilindro B tenga un tope, a este actuador es necesario colocarle todos sus aditamentos como válvulas de estrangulación de caudal y reguladoras de presión.

Las dimensiones del actuador se exponen en la tabla 4.4



Tipo	B1	B2	B3	B4	B6	B7	D1 ∅ H7	D2	D3 ∅ H13	D4	D5	D7 ∅ H7	D8 ∅ H13	D9 ∅
HMP-25	77,3	35	±0,1	69,8	60	40	9	M6	10	M5	G1/8	9	5,5	10
HMP-32	90,8	40	11	79,8	70	40	9	M6	10	M5	G1/4	9	5,5	10

Tipo	H1	H2	H3	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
			±0,1					±0,03 ¹⁾	±0,03 ¹⁾					
HMP-25	120	43	9	13	20	40	30	60	20	40	6	38	110	20
HMP-32	143	53	9	13	30	40	40	80	20	40	6	48	133	20

Tipo	H16	L1	L2	L3	L4	L5	L7	L8	L13	T1	T2	T3	T4	T5	∞
					+0,2			±0,2	±0,03		±0,1				
HMP-25	74	320	28	290	15	50	15	25	190	5,7	2,1	9	6	5,7	5
HMP-32	74	427	28	392	15	50	15	25	290	5,7	2,1	12	6	5,7	5

Tabla 4.4 Dimensiones del actuador neumático.

CILINDRO A- Movimiento Horizontal

Debido a la longitud que debe de recorrer (ver anexo no. 1), alrededor de 1500 mm, así como a tantas posiciones (más de 1), se pensó en usar un cilindro sin vástago. Con el cual podemos tener un control de múltiples posiciones, más exacto, y con amortiguación en los finales de carrera y en inicio. En cuanto a la carga acumulada que va a cargar serian

los 9.942 Kg., de las pinzas, las piezas a manipular, el actuador giratorio y el plato que los sostiene, se debe añadir el peso del actuador lineal que se mueve de manera vertical, el cilindro B, que es de 6.3 Kg. cuando está retraído el cilindro y se eleva 0.15 Kg. por cada 10 mm de carrera, esto es por los 400 mm en total de carrera, el peso neto es de 12.3 kg. Entonces la masa total a mover por el cilindro sin vástago es de 22.24 kg. (218.17 N). Para la selección de un actuador sin vástago, se ocupa el software ProDrive* , para esto primero debemos de establecer la posición del carro deslizante y será en el frente para que podamos colocar el cilindro B, con el carro dispuesto en esta posición las cargas estáticas actúan de manera lateral, hay una buena absorción del momento de torsión mediante la separación de apoyos. Después establecemos el peso de lo que se va a mover así como la distancia del centro de la masa de la misma, cabe destacar que el calculo de la masa se debe de hacer en el instante de mayor desaceleración en el final de carrera. Para nuestro caso el centro de la masa se encuentra en el cilindro B a una distancia del riel que se mueve de 380 mm en el eje Y, y movido unos 35 mm en el eje Z como podemos ver en la figura 4.30.

* ProDrive Version 4.0.2.2 FESTO AG & Co.KG 2003



Carro adelante

Resultados - Carga de trabajo de la guía

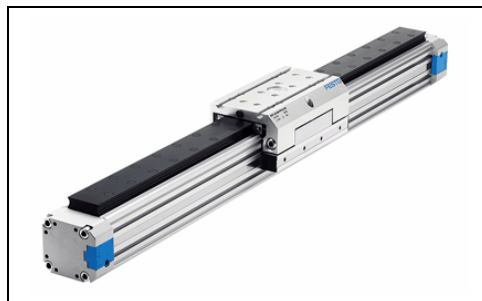
Tipo de cilindro		
DGPL-32-1550-PPV-A-B-KF-GK-SV	Diámetro DGPL - 32	Carrera 1550 mm
		Tipo de guía KF - de bola
	<input type="checkbox"/> con sistema medición de recorrido integrado	
	<input type="checkbox"/> Carro prolongado (momento longitudinal máx. mayor)	
Desaceleración calculada		
en el final de carrera mediante Entrada directa de datos		
	10.0	m/s ²
Velocidad		
Tiempo de una carrera simple		
	1.5	s
Resultados calculados		
Carga de trabajo en %		
	▶ Guía	96 %
	▶ Entrada directa de datos	0 %
	▶ Fuerza del émbolo a 5 bar	341.80 N
	▶ Número comparativo de guía	0.96

Figura 4.30 Selección del actuador sin vástago.

Como se puede ver el actuador que se escogió tiene un diámetro de embolo de 32 mm, con amortiguación de fin e inicio de carrera regulable, que poniendo un promedio de 5 bar la fuerza del embolo nos da 341N y un tiempo de carrera simple de 1.5s, que esto es, despreciable ya que este cilindro es el que tiene mas paros en su carrera.

El actuador sin vástago escogido tiene las siguientes características:

DGPL-32-1550-PPV-A-KF-B*



* Extraído del Catalogo de FESTO 2005

Caracter.	Propiedades
Forma de funcionamiento	De efecto doble
Diámetro del émbolo	32 mm
Carrera	10,000 - 3.000,000 mm
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Conexión neumática	G1/8
Detección de la posición	con detector de proximidad
Amortiguación	Amortiguación neumática regulable en ambos lados (PPV)
Carrera de amortiguación	20,000 mm
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	2,000 - 8,000 bar
Conexiones de alternativa	ver dibujo técnico del producto
Masa móvil	890,000 g
Peso básico con carrera de 0 mm	2.720,000 g
Masa móvil con carrera de 0 mm	890,000 g
Masa adicional por 10 mm de carrera	69,000 g
Fuerza teórica con 6 bar, avance	483,000 N
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	483,000 N
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar Aire filtrado y lubricado
Clase de resistencia a la corrosión KBK	0
Principio de arrastre	A ras (ranura)
Antigiro/Guía	Riel de guía con carro Guía con rodamiento de bolas
Información sobre el material de la tapa	Fundición de aluminio recubierto
Información sobre el material del cuerpo	Aluminio anodizado
Información sobre el material de las juntas	NBR TPE-U(PU)

CILINDRO G y H – Expulsores.

Como se explicó en la parte de descripción detallada de movimientos se vio que a través de la banda de entrada se juntaban mucho las piezas (Figura 4.31), significaba un riesgo para el manipulador, por lo que se propuso poner un actuador neumático que “empujara” las piezas hacia una posición segura.



Figura 4.31 Banda de entrada.

Para esto se tiene que colocar la banda en diferente posición a la inicial (ver Anexo 1), la modificación consiste en mover la banda hacia un lado de tal forma que haga una escuadra para recibir solo a una pieza, con ayuda del actuador. (Figura 4.32)

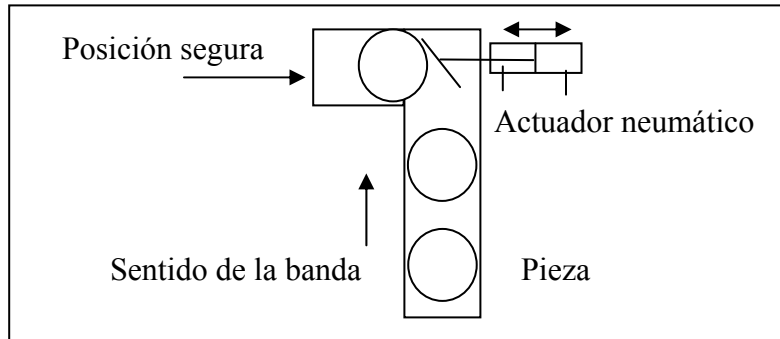


Figura 4.32 Posición segura de la pieza

Esto es para la banda de entrada pero para la banda de salida no existe tal problema, solo se tiene que colocar un el cilindro en la extrema derecha de la banda, para que empuje a la pieza, que se deslizara por los rodillos (Figura 4.33). Cabe destacar que la banda de salida como de entrada tienen cierta inclinación.

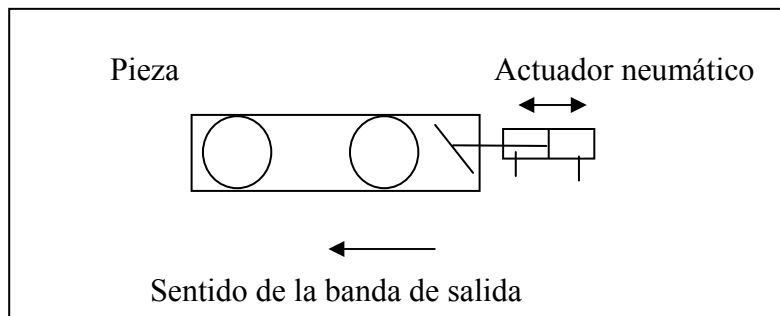


Figura 4.33 Actuador neumático en la banda de salida

Ambos dispositivos van a empujar la misma masa (1337.2 g), por lo que se pueden usar el mismo tipo de actuador para ambas aplicaciones.

El criterio de selección es el mismo, sabemos que la fuerza que va a mover es muy pequeña (13.11 N), y lo que en realidad nos importa es la carrera, es decir la longitud que va a llevar a la pieza, que se piensa que sea de 100mm. Es por eso que no se eligió un actuador con retorno por muelle, por la carrera que nos dan. El diámetro requerido para esta fuerza es casi despreciable (5.2×10^{-3} m). Usando el mismo software para la selección del cilindro B (movimiento vertical) obtenemos:

Tiempo total de posicionamiento	0.45 s
Velocidad promedio	0.22 m/s
Velocidad de impacto	0.24 m/s
Máx. velocidad	0.25 m/s
Energía dinámica de impacto	0.06 J
Velocidad media del aire	5.95 m/s
Consumo de aire mínimo	0.1023 l

Como podemos ver en el anexo 3, que las características de este cilindro, (el diámetro del émbolo), están muy sobradas, es posible manejar una fuerza de 40 N., es por eso que el rendimiento es muy bueno como se puede ver en las gráficas de las figura 4.34 y 4.35.

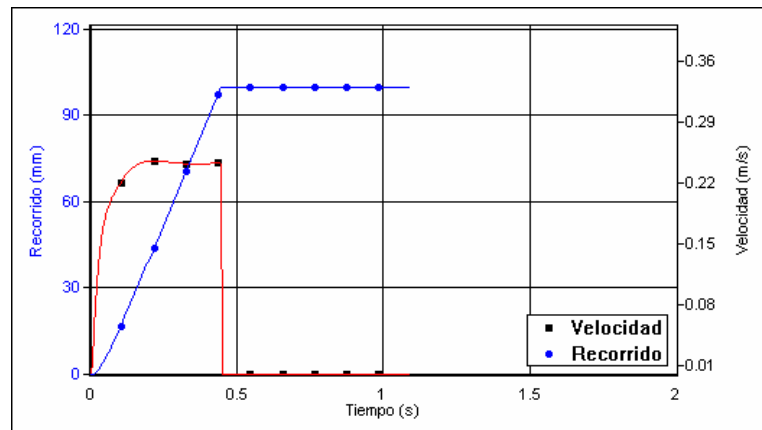


Figura 4.34 Gráfico Recorrido vs. Tiempo para los expulsores

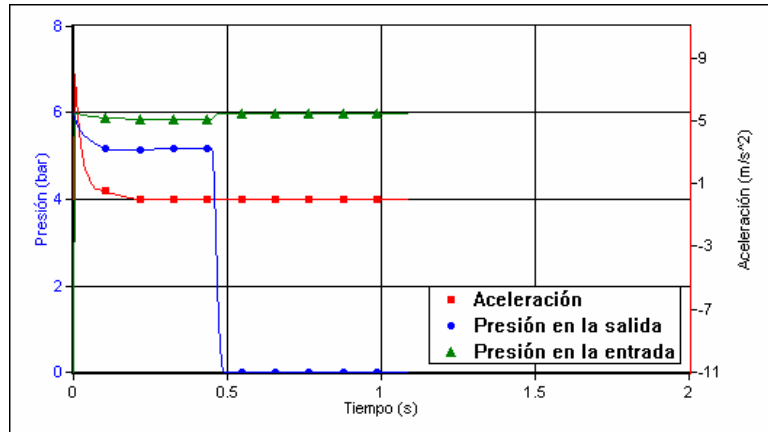
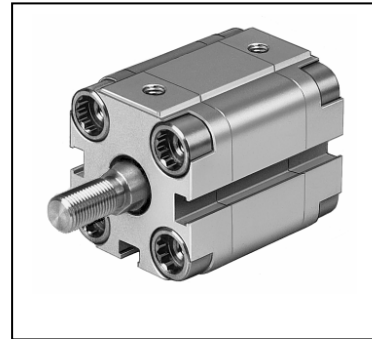


Figura 4.35 Gráfico Presión vs. Tiempo para los expulsores

Por tanto se escogió:

ADVU-12-



Caracter.	Propiedades
Forma de funcionamiento	De efecto doble
Variantes	R3: todas las superficies de conexión del cilindro cumplen los requisitos especificados en la clase de resistencia a la corrosión KBK3 (gran resistencia a la corrosión)
Construcción	Émbolo Vástago
Diámetro del émbolo	12 mm
Carrera	100 mm
Temperatura ambiente	-20 - 80 °C
Conexión neumática	M5
Detección de la posición	con detector de proximidad
Amortiguación	anillos elásticos / Placas elásticas en ambos lados (P)
Tipo de fijación	con taladro pasante con accesorios a elegir:
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	1,200 - 10,000 bar
Peso básico con carrera de 0 mm	87,000 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	15,000 g
Masa móvil con carrera de 0 mm	8,000 g
Masa adicional por 10 mm de carrera	2,000 g
Fuerza teórica con 6 bar, avance	68,000 N
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	51,000 N
Energía del impacto en las posiciones finales	0,090 J
Fluido	Aire seco, lubricado o sin lubricado
Símbolo CE	Según la directiva EU 94/9/EG (ATEX)
Clase de resistencia a la corrosión KBK	3
Información sobre el material de la camisa del cilindro	Aleación forjable de aluminio
Información sobre el material de la tapa	Aleación forjable de aluminio
Información sobre el material del vástago	Acero inoxidable de aleación fina

4.4.4 Distribuidores y Válvulas Neumáticas.

Los distribuidores y las válvulas neumáticas son los puntos sensibles del sistema central, formado por el conjunto de la instalación del automatismo neumático. Son ellos los que controlan los impulsos que hacen moverse a los cilindros. Realizan una función amplificadora del nivel de potencia de las señales procedentes de los sistemas gestores centrales (autómatas, pueden ser PLC's).

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenado en un depósito (compresor).

4.4.4.1 Tipos de válvulas.

Según su función las válvulas se subdividen en:

1. Válvulas de vías o distribuidoras
2. Válvulas de bloqueo
3. Válvulas de presión
4. Válvulas de caudal
5. Válvulas de cierre

Válvulas de vías o distribuidoras. Son aquellas que conducen el fluido a través de diversos conductos, que lo llamaremos con el nombre de vías, así como lo conducen de distintas formas, lo que denominaremos posiciones.

Según el tiempo de accionamiento se distingue entre:

1. *Accionamiento permanente, señal continua.*

La válvula es accionada manualmente o por medios mecánicos, neumáticos o eléctricos durante todo el tiempo hasta que tiene lugar el reposicionamiento. Este es manual o mecánico por medio de un muelle.

2. Accionamiento momentáneo, impulso

La válvula es invertida por una señal breve (impulso) y permanece indefinidamente en esa posición, hasta que otra señal la coloca en su posición anterior. También se le conocen como válvulas de memoria.

Cuando en los circuitos neumáticos de automatismos se necesita efectuar movimientos con varios cilindros, controles remotos, autómatas programables, etc., es preciso utilizar distribuidores de mando eléctrico o electro pilotado, es por eso que enfocaremos nuestro estudio a ellas, ya que es el objeto inmediato de esta tesis. Las electroválvulas y los electrodistribuidores son, por tanto, los encargados de transformar las señales eléctricas en señales neumáticas.

El electrodistribuidor seccionado representado en la figura 4.36 es el elemento básico de enlace entre la energía eléctrica y la energía neumática. Se emplean como componentes independientes o bien como componente inseparable de distribuidores de 5 vías en función electropiloto. El electrodistribuidor esta representado en la posición en que se encuentra cuando por el arrollamiento no pasa corriente eléctrica; el resorte esta comprimiendo el embolo móvil (núcleo magnético) contra el orificio 1, manteniendo cerrado el paso. Mientras tanto el orificio 2 esta en comunicación con el orificio 3.

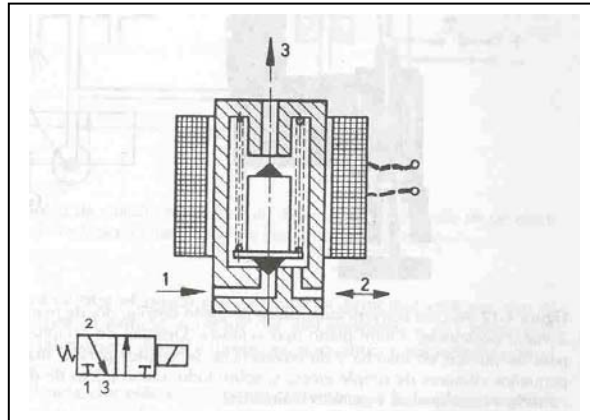


Figura 4.36 Electro distribuidor 3 vías/2 posiciones mandado por simple solenoide con retroceso por resorte.

La estanqueidad en el orificio esta asegurada por una pieza elástica de neopreno. Si el orificio 1 lo conectamos a la alimentación del aire comprimido debe verificarse:

$$F_r > P \cdot S \quad (4.11)$$

Siendo:

F_r la fuerza del resorte.

P la presión de servicio.

S la sección del orificio de paso.

Con lo cual el orificio 1 permanece cerrado.

Al pasar la corriente eléctrica por el arrollamiento (bobina), se genera un campo magnético que hace moverse al núcleo contra el orificio 3, que se cierra, permitiendo el paso de aire desde el orificio 1 hacia el orificio 2. Esta posición se mantiene mientras no interrumamos el paso de corriente eléctrica a través de la bobina. Si cortamos el paso de corriente, desaparece el campo magnético, con lo cual el resorte empuja al núcleo contra

el orificio 1 que se cierra, descargándose el aire comprimido que pudiera existir en 2 hacia la atmósfera por el orificio 3, tal como estaba en la condición inicial. Esta explicación nos sirve para entender la mayoría de las válvulas, que usan este principio, pueden tener variantes, la mas común sería eliminar el retorno por resorte e introducir otra bobina, se le conoce como una válvula con memoria, ya que no importa que se interrumpa la corriente eléctrica, la válvula mantendrá su posición hasta que se conecte la bobina opuesta.

Válvulas de bloqueo. Son elementos que bloquean el paso del caudal preferentemente en un sentido y lo permiten únicamente en el otro sentido. La presión del lado de salida actúa sobre la pieza obturadora y apoya el efecto de cierre hermético de la válvula. Un tipo de válvula de bloqueo es la válvula antirretorno impiden el paso absolutamente en un sentido; en el sentido contrario, el aire circula con una pérdida de presión mínima. La obturación en un sentido puede obtenerse mediante un cono, una bola, un disco o una membrana. Una variante de este tipo de válvula es la válvula antirretorno y de estrangulación, también se le conoce por el nombre de regulador de velocidad o regulador unidireccional. Estrangula el caudal de aire en un solo sentido. Como se dijo una válvula antirretorno cierra el paso del aire en un sentido, y el aire puede circular sólo por la sección ajustada. En el sentido contrario, el aire circula libremente a través de la válvula antirretorno abierta. Estas válvulas se utilizan para regular la velocidad de cilindros neumáticos. Para los cilindros de doble efecto, hay por principio dos tipos de estrangulación. Las válvulas antirretorno y de estrangulación deben montarse lo más cerca posible de los cilindros.

La válvula de escape rápido permite elevar la velocidad de los émbolos de cilindros. Con ella se ahorran largos tiempos de retorno, especialmente si se trata de cilindros de simple efecto.

Válvulas de presión. Estas válvulas influyen principalmente sobre la presión, o están acondicionadas al valor que tome la presión. Se distinguen:

- Válvulas de regulación de presión
- Válvulas de limitación de presión

La válvula de regulación de presión es como la que se incluye dentro de la unidad de mantenimiento. Tiene la misión de mantener constante la presión, es decir, de transmitir la presión ajustada en el manómetro sin variación a los elementos de trabajo o servo elementos, aunque se produzcan fluctuaciones en la presión de la red.

Las válvulas limitadoras de presión se utilizan, sobre todo, como válvulas de seguridad (válvulas de sobre presión). No admiten que la presión en el sistema sobrepase un valor máximo admisible. Al alcanzar en la entrada de la válvula el valor máximo de presión, se abre la salida y el aire sale a la atmósfera. La válvula permanece abierta, hasta que el muelle incorporado, una vez alcanzada la presión ajustada en función de la característica del muelle, cierra el paso.

Válvulas de caudal. Estas válvulas influyen sobre la cantidad de circulación de aire comprimido; el caudal se regula en ambos sentidos de flujo. Se les conoce como válvulas estranguladoras.

Válvulas de cierre. Son elementos que abren o cierran el paso del caudal, sin escalones.

4.4.4.2 Islas de válvulas y bloques distribuidores.

El control electro neumático de las maquinas puede estar situado sobre ellas de dos maneras diferentes:

- Control repartido.
- Control agrupado.

Evidentemente los actuadores (cilindros, actuadores de giro, etc.) no pueden agruparse puesto que deben de estar situados en el punto geométrico en el cual son precisos los esfuerzos.

Los controles de posición de elementos de maquinas (válvulas de fin carrera, interruptores magnéticos, etc.) tampoco pueden agruparse, ya que también deben de situarse en el lugar exacto en el que se produce la detección. Esta necesidad de que los controles estén situados en puntos concretos de la maquina, da lugar a la enorme diversidad de estos componentes en cuanto a geometría como tecnología se refiere.

En los distribuidores, la posición geométrica sobre la maquina no es generalmente un problema añadido, salvo que estos sean de tamaños muy grandes y por tanto, que las condiciones sean en si mismas un problema de espacio y de disposición.

En el control repartido, los electrodistribuidores se colocan cercanos a los actuadores, obligando a que sobre la maquina se dispongan tuberías de alimentación y cables eléctricos, dificultando la detección de averías o su reparación.

Para reunir el control en zonas concretas de la máquina, los distribuidores se agrupan en dos sistemas:

- Bloques de distribuidores.
- Islas de válvulas.

En los bloques distribuidores se agrupan éstos mecánicamente sobre placas base comunes con una sola alimentación y escapes generalmente agrupados para poder ser conectados a un colector adecuado.

En los bloques distribuidores, las diferentes bobinas son independientes con conectores también independientes, llegando a ellos cables eléctricos, portadores de las señales provenientes en nuestro caso del PLC o autómatas programables.

Entre los distribuidores y las placas base, se dispone en montaje tipo “sándwich” los reguladores de caudal, reductores de presión, antirretornos, etc. Formando un conjunto de control de máquinas muy compacto.

Las islas de válvulas son bloques de mando formados por diferentes distribuidores en los cuales quedan agrupadas las conexiones neumáticas y también las conexiones eléctricas, a diferencia de los bloques de distribuidores.

El sistema de conexiones eléctricas se le conoce como multipolo. En este sistema, las diferentes conexiones se agrupan internamente hasta llegar a enchufes múltiples similares.

Las bobinas de los distribuidores que se montan en las islas de válvulas son siempre de pequeña potencia (2 W), pudiéndose actuar directamente en equipos electrónicos (secuenciadores, autómatas, etc.).

4.4.4.3 Criterios de selección de los distribuidores neumáticos.

Para atender al diseño de automatismos, los distribuidores que se han descrito pueden agruparse según diferentes aspectos:

Función operativa dentro del circuito. Se refiere este apartado a los distribuidores como generadores de señales de entrada al circuito en función de las condiciones externas del medio físico que envuelve la maquina. Para inicio de ciclo se emplean distribuidores con mando manual de pulsador, palancas, pedales, etc.

Tamaño del distribuidor. El tamaño y el paso interno del distribuidor se eligen en relación con el caudal que debe atravesarlo, para que el actuador ejerza la función que tiene encomendada dentro del automatismo. Hay varios sistemas para determinar el caudal que atraviesa el distribuidor. Los caudales vienen expresados por los coeficientes C_v , K_v , conductancia donde:

$$Q = C_v \sqrt{\Delta P(p + 1 - PD)} \cdot 6.844 \text{ Para aire a } 12.8 \text{ }^\circ\text{C} \quad (4.12)$$

Donde:

Q = caudal

C_v =factor de caudal para válvula

ΔP = caída de presión a través de las conexiones en la entrada y la salida de la válvula (en bar)

P =alimentación a la conexión de entrada en presión manométrica o relativa

Podemos ver la tabla del anexo 6 para comparar el caudal.

En algunos casos podemos elegir el distribuidor por la expresión directa de un caudal nominal en l/min. Que es preciso de acotar.

Función Interna. Como se ha visto los actuadores de simple efecto se controlan por medio de distribuidores de 3 vías, y los actuadores de doble efecto se mandan por medio de distribuidores de 5 vías.

Condiciones Ambientales. Son definitivas y condicionan el éxito o fracaso de la instalación. La temperatura obliga a elegir distribuidores con diferentes tipos de empaquetadura que soporten los márgenes requeridos. La necesidad o independencia de lubricación interna también condiciona la aplicación de los distribuidores.

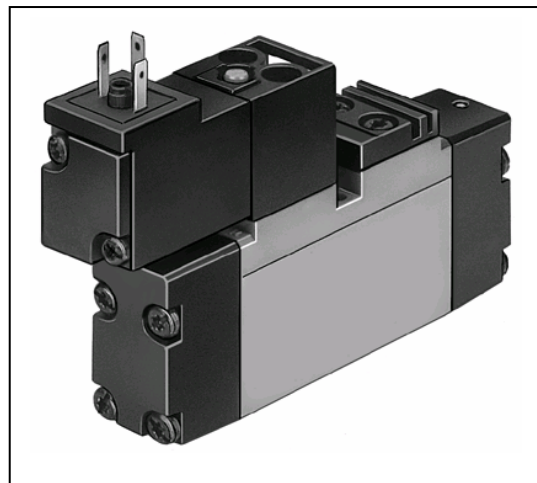
Resistencia a vibraciones e impacto. Cuando el mecanismo o maquina receptor de los distribuidores esta sometida a vibraciones, puede generarse movimientos indeseados que desencadenen ciclos peligrosos.

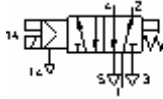
4.4.4.4 Selección de válvulas neumáticas para el sistema manipulador de masas.

Como se vió en el punto anterior los criterios para seleccionar una válvula se reducen a solo pensar en que tipo de aplicación se utilizarán, esto es, nuestro sistema no requiere de alguna aplicación en especial, ya que no se manejan polvos, no esta al aire libre, etc. Como se vio anteriormente se ocupan cilindros de doble efecto, las cuales se controlan con un válvula de 5 vías y dos posiciones, con retorno por muelle (resorte) con una bobina para el control por medio de un PLC, como se tiene pensado, el actuador giratorio como se ha dicho se manejará como un cilindro de doble efecto, por lo que es necesario una válvula 5/2 comúnmente manejadas a 24V.

Se escogió:

MN2H-5/2-D-02-FR





Caracter.	Propiedades
Construcción	Corredera
Temperatura ambiente	-10 - 50 °C
Corresponde a la norma	VDMA 24563
Tipo de fijación	con taladro pasante
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	3,000 - 10,000 bar
Temperatura del medio	-10,0 - 50,0 °C
Peso del producto	160,000 g
Símbolo	00991419
Función de las válvulas	5/2 monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Sentido del flujo	no reversible
Principio de hermetización	blando
Función de escape	Estrangulable
Tipo de control	prepiloto
Tipo de reposición	muelle mecánico
Alimentación del aire de control	interno
Diámetro nominal	6,000 mm
Conexión neumática 1	Placa base tamaño 02 según VDMA 24563
Conexión neumática 2	Placa base tamaño 02 según VDMA 24563
Conexión neumática 3	Placa base tamaño 02 según VDMA 24563
Conexión eléctrica	Forma C Conector según DIN 43650
Accionamiento manual auxiliar	con accesorios enclavables
Caudal nominal normal	500,00 l/min
Conexión del tiempo de conmutación	18,0 ms
Desconexión del tiempo de conmutación	34,00 ms
Fluido de control	aire comprimido seco, filtrado TF aire comprimido seco, filtrado y lubricado TFG

Como anterior vimos lo más conveniente es disponer de las válvulas en un sólo conjunto, una isla de válvulas como en la figura 4.37, que puede ser configurable a las necesidades del sistema, es decir una isla de 7 válvulas de 5/2.

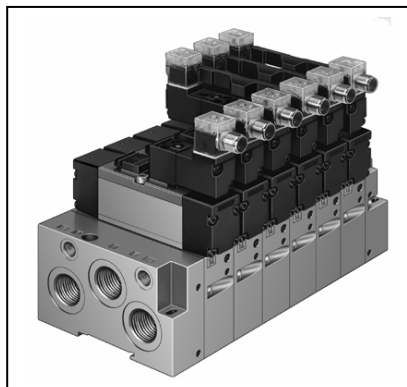
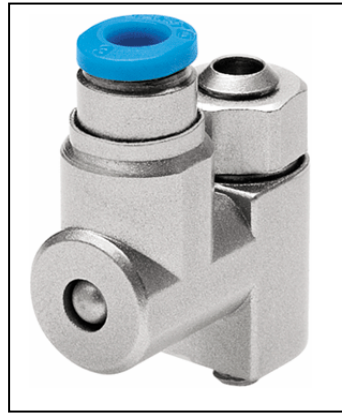


Figura 4.37 Isla de válvulas

Como sabemos para poder controlar la velocidad de los cilindros es necesario una válvula de estrangulación y una válvula antirretorno tanto en la entrada como en la salida de los actuadores neumáticos. Se necesitan 16 de estas válvulas. Se escogió:

GRGA-M5

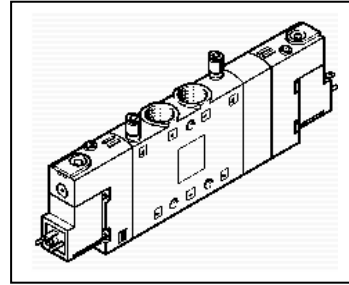
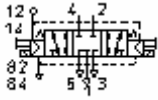


Caracter.	Propiedades
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Tipo de fijación	atornillable
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	0,200 - 10,000 bar
Temperatura del medio	-10,0 - 60,0 °C
Peso del producto	14,000 g
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar, grado de filtración de 40 µm Aire comprimido filtrado y lubricado, grado de filtración de 40 µm
Función de las válvulas	Función de estrangulación y antirretorno
Conexión neumática 1	M5
Conexión neumática 2	QS-3
Par de apriete máximo	1,500 Nm
Caudal nominal normal en el sentido de la estrangulación	40,00 l/min
Caudal nominal normal en el sentido del antirretorno	46,0 - 70,0 l/min
Información sobre el material de las juntas	NBR
Información sobre el material de la chaveta atornillable	latón níquelado
Elemento de ajuste	Tornillo con cabeza ranurada
Caudal estándar en sentido de regulación del flujo: 6 -> 0 bar	80,0 l/min
Caudal estándar en sentido de bloqueo: 6 -> 0 bar	90,0 - 140,0 l/min
Datos sobre el material de la junta basculante	Fundición inyectada de cinc
Datos sobre el material del tornillo de regulación	latón
Datos sobre el material del anillo de liberación	POM

Para el cilindro sin vástago, es necesario el uso de una válvula con una posición mas, es decir una posición intermedia, esto es para evitar altas presiones cuando se tenga que hacer todos los paros, sería una válvula 5/3 con posición intermedia de reposo, pilotada de ambos lados, monoestable. Para accionar este tipo de válvula es necesaria una batería.

Se escogió:

CPE18-m2h



Caracter.	Propiedades
Construcción	Corredera
Temperatura ambiente	-5 - 50 °C
Tipo de fijación	con taladro pasante
Posición de montaje	indistinto
Presión de funcionamiento	2,500 - 10,000 bar
Temperatura del medio	-5,0 - 50,0 °C
Peso del producto	280,000 g
Fluido	Aire comprimido filtrado, grado de filtración de 40 µm
Función de las válvulas	5/3 cerrado monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Sentido del flujo	no reversible
Principio de hermetización	blando
Función de escape	Estrangulable
Tipo de control	prepilotado
Tipo de reposición	muelle mecánico
Diámetro nominal	8,000 mm
Conexión neumática 1	G1/4
Conexión neumática 2	G1/4
Conexión neumática 3	G1/4
Conexión eléctrica	Forma C Conector según DIN 43650 forma rectangular
Accionamiento manual auxiliar	con accesorios enclavables
Caudal nominal normal	1.450,00 l/min

4.4.5 Diagrama Neumático del manipulador de masas de frenos.

Con la selección de actuadores y válvulas ahora es posible construir un sistema de cómo, en teoría, sería la conexión neumática. Es un sistema que a primera vista es muy sencillo, ya que no se va a tener un control por medio de señales a las válvulas como sería tener dispuesto el sistema neumático en cascada o en sistema paso a paso, que en si son complejos en sus conexiones, su flexibilidad es casi nula, siendo limitado su accionar. Por lo que el sistema neumático queda como se muestra en la figura 4.38:

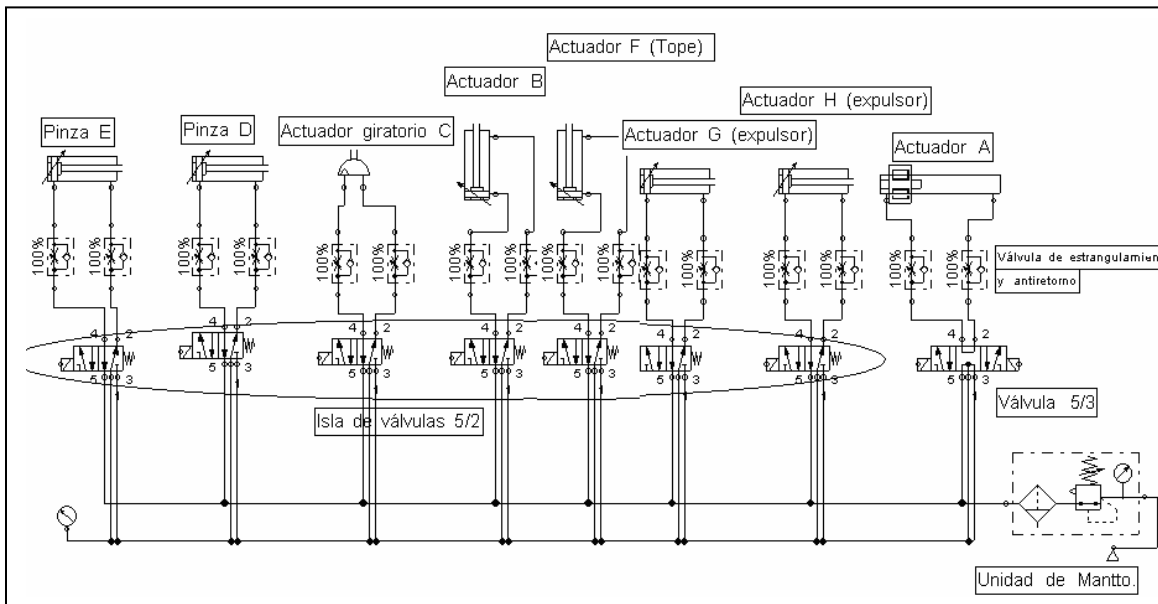


Figura 4.38 Diagrama Neumático.

4.4.6 Sistema de control del sistema automático.

Debido a la complejidad de combinaciones de movimientos, como pudimos ver en el diagrama fase-desplazamiento, se ha optado por tener un control por medio de un PLC (programmable logic controller), que actuará como el “cerebro” de nuestro sistema. Obviamente este “cerebro” debe de ser capaz de realizar todas las tareas que necesitamos de manera simultánea o en sincronización con otros sistemas que en nuestro caso sería el accionar de la barrenadora. Además de ser flexibles condiciones no previstas inicialmente sin que represente un importante costo adicional en su reajuste. Con el desarrollo de la electrónica aplicada en los sistemas de control se brinda la oportunidad de alcanzar las metas de control de procesos muy complejos. El pensar en flexibilidad en un sistema de

control me refiero a que fabricar un sistema de control específico para cada proceso es indiscutiblemente impráctico, demasiado costoso.

4.4.6.1 PLC

Todas las máquinas o sistemas automáticos tienen un control. Dependiendo de la tecnología utilizada, los controles pueden dividirse en neumáticos, eléctricos y electrónicos. Con frecuencia se utiliza una combinación de las diferentes tecnologías. Además, debe distinguirse entre controles con programa cableado (es decir, conexionado físico de componentes electromecánicos, como los relés, o componentes electrónicos, como serían los circuitos integrados) y controles programables. Los primeros se utilizan principalmente en casos en los que la reprogramación por el usuario está fuera de toda duda y el alcance de la tarea justifica el desarrollo de un sistema de control especial. Las aplicaciones típicas de tales controles pueden hallarse en los electrodomésticos, video cámaras, vehículos, etc.

Sin embargo la tarea de control no justifica el desarrollo de un control especial, o si el usuario debe tener la posibilidad de hacer cambios sencillos, o de modificar tiempos o valores de contadores, entonces el uso de un control universal, en el que el programa se escribe en una memoria electrónica, es la opción preferida. El PLC representa un control universal. Puede utilizarse para diferentes aplicaciones y, dado que el programa se puede modificar, ampliar y optimizar con cierta sencillez sus procesos de control.

La tarea original de un PLC es la interconexión de señales de entrada, de acuerdo con un determinado programa y, si el resultado de esta interconexión es “cierta”, activar

la correspondiente salida. El algebra de Boole forma la base matemática para esta operación, ya que solamente reconoce dos estados definidos de una variable: 0 (falso) y 1 (cierto). Consecuentemente una salida solo asume estos dos estados. Esta función ha acuñado el nombre de PLC (Programmable Logic Controller o en español, Control Lógico Programable). En él, el comportamiento de las entradas/salidas es similar al de los controles realizados con relés electromagnéticos o con elementos neumáticos o electrónicos; la diferencia reside en que el programa en lugar de estar “cableado” está almacenado en una memoria electrónica. Las tareas del PLC se ampliaron rápidamente; las funciones de temporización y recuento, operaciones de cálculo matemático, conversión de señales analógicas, etc., representan funciones que pueden ejecutarse en casi todos los PLCs actuales.

Las demandas que se requieren de los PLCs siguen creciendo al mismo ritmo que su utilización y desarrollo en la tecnología de automatización. Por ejemplo: la visualización, es decir, la representación de los estados de las maquinas o la supervisión de la ejecución del programa por medio de una pantalla o monitor. También el control directo, es decir, la facilidad de intervenir en los procesos de control o alternativamente, impedir tal intervención a las personas no autorizadas. También se ha visto la necesidad de interconectar y armonizar sistemas individuales controlados por PLC, por medio de redes o buses de campo. Aquí, una computadora master permite la generación de órdenes de mayor nivel para el procesamiento de programas en los diversos sistemas de PLC interconectados.

La conexión en red de varios PLCs, así como la de un PLC con la computadora master se realiza por medio de interfaces de comunicación especiales. Para ello, la mayoría de los PLCs son compatibles con sistemas de bus abiertos estandarizados.

El término “Control Lógico Programable” se define en IEC 1131, Parte 1, como sigue:

“Un sistema electrónico de funcionamiento digital, diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para la realización de funciones específicas tales como enlaces lógicos, secuenciación, temporización, recuento y cálculo, para controlar, a través de entradas y salidas digitales o analógicas, diversos tipos de máquinas o procesos. Tanto el PLC como sus periféricos asociados están diseñados de forma que puedan integrarse fácilmente utilizados en todas las aplicaciones para las que están previstos.”

Por lo tanto, un control lógico programable es sencillamente una computadora, adaptada específicamente a tareas de control. La figura 4.39 podemos ver los componentes de un sistema de PLC.

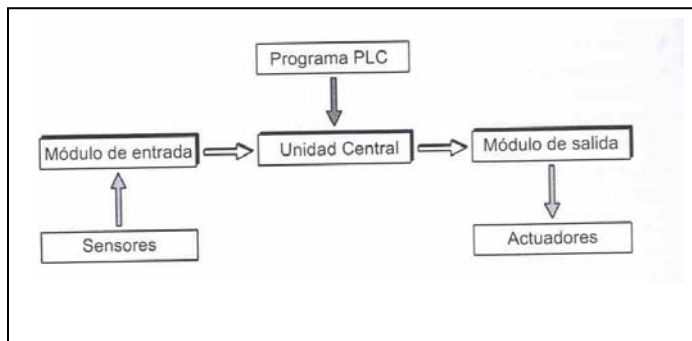


Figura 4.39 Componentes de un sistema PLC

La función de un módulo de entrada es la de convertir señales de entrada en señales que puedan ser procesadas por el PLC y pasarlas a la unidad de control central. La tarea

inversa es realizada por el modulo de salida. Este convierte las señales del PLC en señales adecuadas a los actuadores.

El verdadero procesamiento de las señales se realiza en la unidad central de control, de acuerdo con el programa almacenado en la memoria.

El programa de un PLC puede crearse de varias formas: a través de instrucciones parecidas al lenguaje ensamblador en “lista de instrucciones”, en lenguajes de alto nivel orientados al problema, tales como el texto estructurado, o en forma de diagrama de flujo como se representa en el diagrama de funciones secuencial.

4.4.6.1.1 Fundamentos.

Generación de señales digitales y binarias.

Por binario, entendemos una señal que reconoce dos valores definidos, como se menciono anteriormente. Figura 4.40

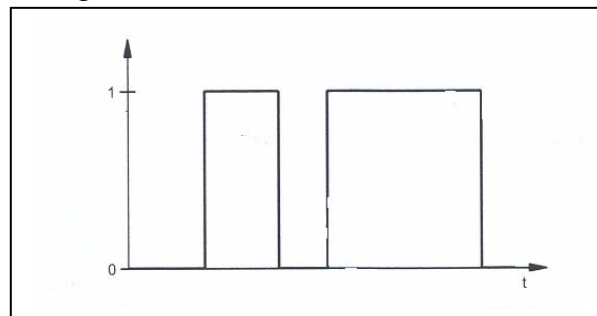


Figura 4.40 Señal binaria.

Estos valores se les llama 0 o 1, aunque también se ocupan los valores alto y bajo. Las señales pueden realizarse muy fácilmente con componentes de contactos. Un contacto activado corresponde a una señal lógica 1 y uno sin activar a una lógica 0. Cuando se trabaja con elementos sin contacto, estos pueden forzar ciertos márgenes de

tolerancia. Por esta razón, hay que definir ciertos márgenes de tensión para definirlos como lógica 0 o 1 según sea. Ver figura 4.41

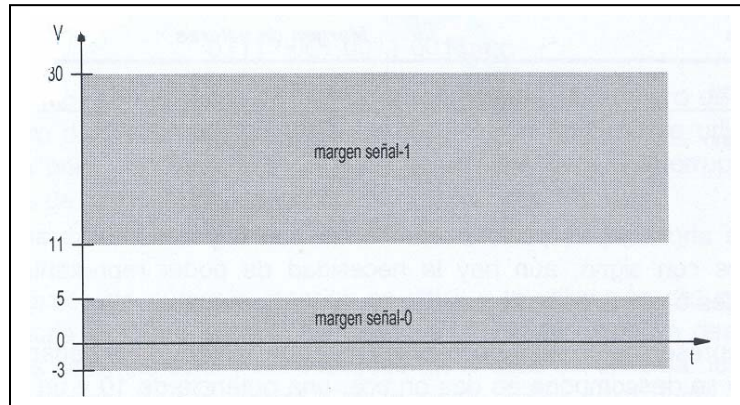


Figura 4.41 Márgenes de tensión.

IEC 1131-2 define un margen de valores de -3 V a 5 V como señal lógica 0, y de 11 V a 30 V como señal lógica 1.

A diferencia de las señales binarias, las señales digitales pueden asumir cualquier valor, se les conoce como etapas de valor. Así, una señal digital, se define por la cantidad de etapas de valor. El cambio entre etapas no es secuencial. La siguiente figura 4.42 muestra tres posibles métodos de convertir una señal analógica en una digital.

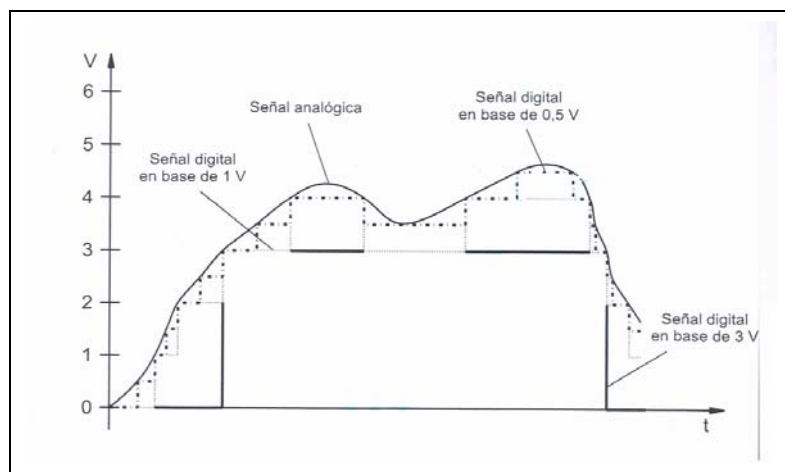


Figura 4.42 Conversión de una señal analógica en una señal digital.

Las señales digitales, pueden formarse a partir de señales analógicas. Este método se utiliza, por ejemplo, para el procesamiento analógico a través de un PLC. Consecuentemente, una señal de entrada analógica en el margen de 0 a 10 V se reduce a una serie de etapas de valores. Dependiendo de la calidad del PLC y de la resolución, la señal digital será capaz de operar en etapas de valores de 0.1 V, 0.01 V ó 0.001 V. naturalmente, en este caso se seleccionara el margen mas pequeño para poder producir una señal analógica con la mayor precisión posible.

Funciones lógicas básicas.

Como se describió anteriormente, cualquier ordenador e igualmente cualquier PLC, funcionan utilizando el sistema de numeración de base 2. Se utilizan unas matemáticas especiales para poder enlazar las relaciones entre las variables, denominada álgebra de Boole. Los enlaces entre variables también pueden representarse claramente por medio de contactos eléctricos.

Función NOT, negación. El pulsador mostrado en la figura representa un contacto normalmente cerrado. Cuando no esta físicamente accionado, el piloto H1 luce, mientras que en estado accionado, el piloto H1 se apaga. (Ver figura 4.43)

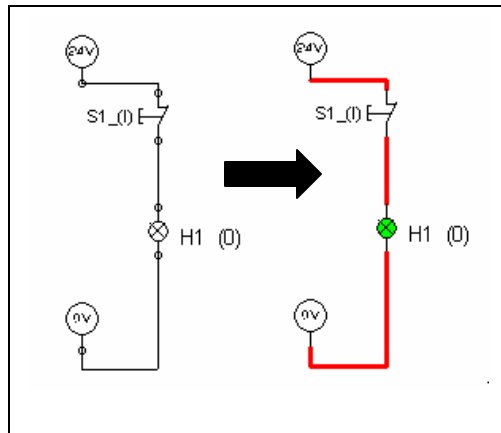


Figura 4.43 Función NOT.

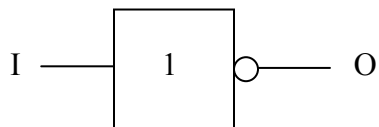
El pulsador S1 actúa como una señal de entrada, el piloto constituye la salida. El estado actual puede ser registrado en una tabla de verdad:

<u>I</u>	0
0	1
1	0

Por tanto la ecuación Booleana es como sigue:

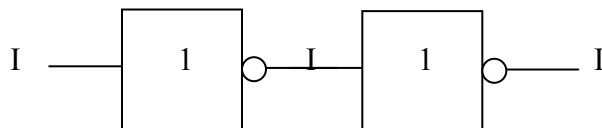
$$\bar{I} = O \text{ (léase no I igual a O)}$$

El símbolo lógico es:



Dos negaciones consecutivas se cancelan y nos dan un si.

$$\bar{\bar{I}} = I$$



El algebra de Boole reconoce también todas las demás operaciones lógicas, que se muestran en la tabla 8*.

Nombre	Ecuación	Tabla verd.	Símbolo lógico	Realización neumática	Realiz. eléctrica	Realiz. electrónica															
Identidad	$I = A$	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	I	O	0	0	1	1													
I	O																				
0	0																				
1	1																				
Negación	$\bar{T} = O$	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	I	O	0	1	1	0													
I	O																				
0	1																				
1	0																				
Conjunción	$I1 \wedge I2 = O$	<table border="1"> <tr><td>I1</td><td>I2</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	I1	I2	O	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1				
I1	I2	O																			
0	0	0																			
0	1	0																			
1	0	0																			
1	1	1																			
Disyunción	$I1 \vee I2 = O$	<table border="1"> <tr><td>I1</td><td>I2</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	I1	I2	O	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1				
I1	I2	O																			
0	0	0																			
0	1	1																			
1	0	1																			
1	1	1																			

* Sacado de Controles Logicos Programables, FESTO Didactic Nivel Básico.

Nombre	Ecuación	Tabla verd.	Símbolo lógico	Realización neumática	Realiz. eléctrica	Realiz. electrónica															
Antivalencia (OR exclusiva)	$I1 \wedge \overline{I2} = O$ $\overline{I1} \wedge I2 = O$	<table border="1"> <tr><td>I1</td><td>I2</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	I1	I2	O	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0				
I1	I2	O																			
0	0	0																			
0	1	1																			
1	0	1																			
1	1	0																			
Equivalencia	$I1 \wedge I2 = O$ $\overline{I1} \wedge \overline{I2} = O$	<table border="1"> <tr><td>I1</td><td>I2</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	I1	I2	O	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1				
I1	I2	O																			
0	0	1																			
0	1	0																			
1	0	0																			
1	1	1																			
NAND	$\overline{I1 \wedge I2} = O$	<table border="1"> <tr><td>I1</td><td>I2</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	I1	I2	O	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0				
I1	I2	O																			
0	0	1																			
0	1	1																			
1	0	1																			
1	1	0																			
NOR	$\overline{I1 \vee I2} = O$	<table border="1"> <tr><td>I1</td><td>I2</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	I1	I2	O	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0				
I1	I2	O																			
0	0	1																			
0	1	0																			
1	0	0																			
1	1	0																			

Tabla 8. Conexiones lógicas.

A menudo, las operaciones lógicas mostradas no son suficientes para describir adecuadamente un estado de tecnología de control. Puede haber combinaciones de diferentes operaciones lógicas. La conexión lógica en forma de una ecuación booleana puede establecerse fácilmente a través de la tabla de verdad. Para obtener la ecuación lógica a partir de esta tabla existen dos opciones, que conducen al mismo resultado, ya que se describen las mismas circunstancias.

- Forma estándar disyuntiva. Se agrupan todas las conjunciones (operaciones AND) que produzcan la salida de tipo 1. el estado 0 de la señal de entrada se toma como valor negado, y el estado 1 de la señal de entrada, como no-negada (directa).
- Forma estándar conjuntiva. Se agrupan todas las disyunciones (operaciones OR) de las variables de entrada que produzcan la señal de salida 0, en una operación

conjuntiva (operación AND). A diferencia de la forma estándar disyuntiva, en este caso la variable de entrada es negada con el estado 1 y no negada con el estado 0.

En ambos casos los resultados son bastantes amplios y algo confusos, podemos aplicar las propiedades del algebra de Boole para reducirla como:

$$\begin{array}{ll} a \vee 0 = a & a \wedge 0 = 0 \\ a \vee 1 = 1 & a \wedge 1 = a \\ a \vee a = a & a \wedge a = a \\ a \vee \bar{a} = 1 & a \wedge \bar{a} = 0 \end{array}$$

También aplican las siguientes propiedades:

- Propiedad conmutativa.
- Propiedad asociativa.
- Propiedad distributiva.

Cabe destacar que esto a un nivel sencillo, hablando en cuanto a la programación de movimientos, en un PLC, es ciertamente sencillo, pero en un sistema de varios movimientos se vuelve prácticamente imposible de solucionar a mano.

4.4.6.1.2 Modo de Funcionamiento de un PLC.

Estructura de un PLC. En las computadoras, generalmente se distingue entre el hardware, firmware y software. Lo mismo aplica a los PLCs, ya que esencialmente también están basados en un microprocesador. El Hardware se refiere a las partes físicas del dispositivo, es decir, los circuitos impresos, los circuitos integrados, el cableado, la batería, el chasis, etc.

El firmware lo constituyen aquellos programas (software) que se hallan permanentemente instalados en el hardware del ordenador y que son suministrados por el fabricante del PLC. Esto incluye las rutinas fundamentales del sistema, utilizadas para poner en marcha el procesador al aplicar la tensión. Adicionalmente, hay el sistema operativo que, en el caso de los controles lógicos programables, generalmente se halla almacenado en una memoria ROM de solo lectura o en una EPROM.

Finalmente, el software, que es el programa escrito por el usuario del PLC. Los programas de usuario se instalan generalmente en la memoria RAM, una memoria de acceso aleatorio, en donde se pueden ser fácilmente modificados.

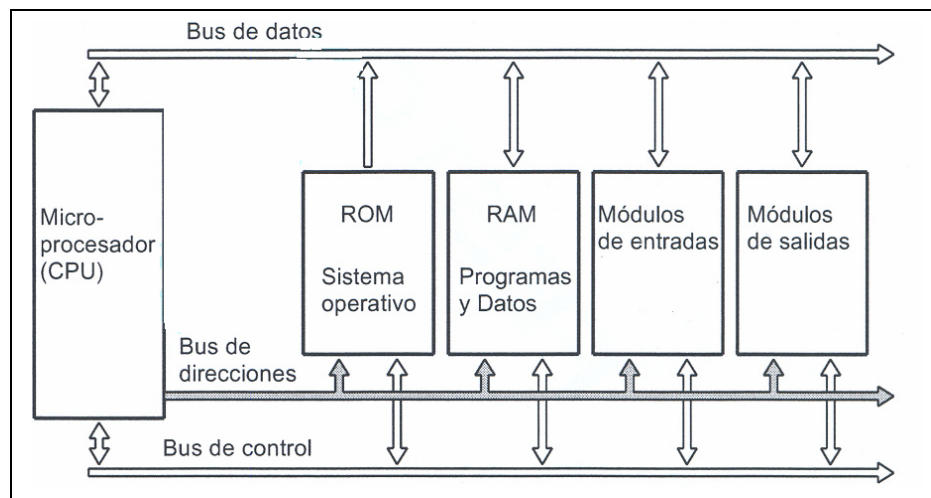


Figura 4.44 Diseño Fundamental de un PLC.

En la figura 4.44 vemos el diseño fundamental, el hardware del PLC esta dispuesto en un sistema de bus. Un sistema de bus es un determinado número de líneas eléctricas divididas en líneas de direcciones, de datos y de control. Las líneas de direcciones se utilizan para seleccionar la dirección de un elemento conectado al bus y la línea de datos

para transmitir la información requerida. Las líneas de control son necesarias para habilitar el dispositivo conectado al bus como emisor o receptor.

Los principales elementos conectados al sistema de bus son el microprocesador y la memoria. La memoria puede dividirse en memoria para el firmware y memoria para el programa y los datos del usuario.

Según la estructura del PLC, los módulos de entradas y salidas se conectan a un simple bus común o a un bus externo de E/S. especialmente en el caso de grandes sistemas modulares de PLC, es más usual un bus externo de E/S.

Finalmente se necesita una conexión para el aparato programador o una PC, actualmente y en la mayoría de los casos en forma de un interfase serie.

Unidad Central de un PLC. El sistema operativo del fabricante del PLC hace que el ordenador que hay en el PLC este optimizado específicamente para tareas de tecnología de control. La figura 4.45 muestra una versión simplificada de un microprocesador.

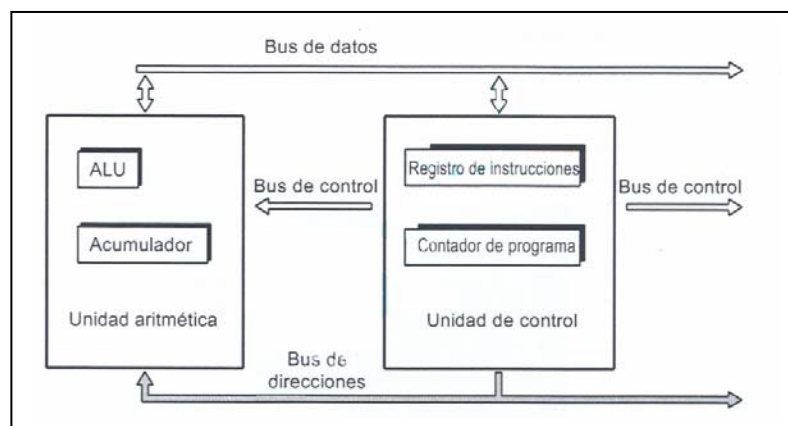


Figura 4.45 Diseño de un microprocesador.

Un microprocesador consiste principalmente en una unidad aritmética y lógica, una unidad de control y un pequeño número de unidades de memoria internas, denominadas registros.

La tarea de la unidad aritmética y lógica (la ALU, que es Arithmetic Logic Unit), es ejecutar las operaciones lógicas y aritméticas con los datos transmitidos.

El acumulador, AC para abreviar, es un registro especial asignado directamente a la unidad ALU. Este almacena tanto los datos a procesar como los resultados de la operación.

El registro de instrucciones almacena cada orden o instrucción llamada desde la memoria del programa hasta que es decodificada y ejecutada.

Una orden o instrucción tiene una parte de ejecución y una parte de dirección. La parte de ejecución indica qué operación debe realizarse. La parte de dirección define la dirección de los operandos (señales de entrada, flags, etc.) con los que hay que realizar la operación indicada. El contador de programa es un registro, que contiene la dirección de la siguiente orden a procesar. La unidad de control regula y controla toda la secuencia de operaciones requeridas para la ejecución de una orden. Ciclos de instrucciones en la unidad central; los sistemas convencionales de hoy en día funcionan según el denominado “principio de von-Neumann”. Según este principio, el ordenador procesa el programa línea por línea. En términos sencillos, podríamos decir que cada línea del programa de usuario del PLC es procesada secuencialmente. Esto es válido independientemente del lenguaje de programación en el que haya sido escrito el programa de PLC, sea en forma textual (listado de instrucciones) o en forma gráfica (diagrama de contactos, diagrama de funciones secuencial). Dado que estas diversas

formas de representación siempre resultan en una serie de líneas de programa dentro del PLC, se procesan consecuentemente una tras otra.

En principio, una línea de programa, es decir, generalmente una orden se procesa en dos etapas:

- Recogida de la orden desde la memoria del programa.
- Ejecución de la orden.

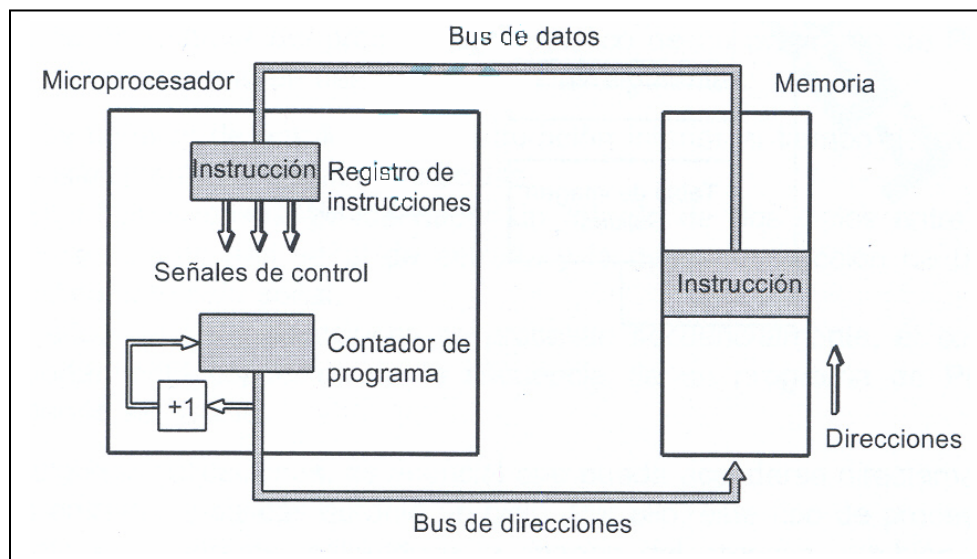


Figura 4.46 Secuencia de Instrucciones.

El contenido del contador de programa es transferido al bus de direcciones. A continuación, la unidad de control hace que la instrucción en la dirección especificada de la memoria del programa, sea depositada en el bus de datos. Desde aquí, se lee en el

registro de instrucciones. Una vez ha sido decodificada, la unidad de control genera una secuencia de señales de control para su ejecución.

Durante la ejecución de un programa, las instrucciones se van a buscar secuencialmente. Para ello se necesita un mecanismo que permita esta secuencia. Esta tarea se realiza por simple incrementador, es decir, un elemento de habilitación de pasos en el contador de programa.

Modo de funcionamiento de un PLC. Los programas para el procesamiento convencional de datos, generalmente se procesan una sola vez, de arriba abajo y terminan.

A diferencia de estos, el programa de un PLC es procesado continua y cíclicamente.

(Ver figura 4.47)

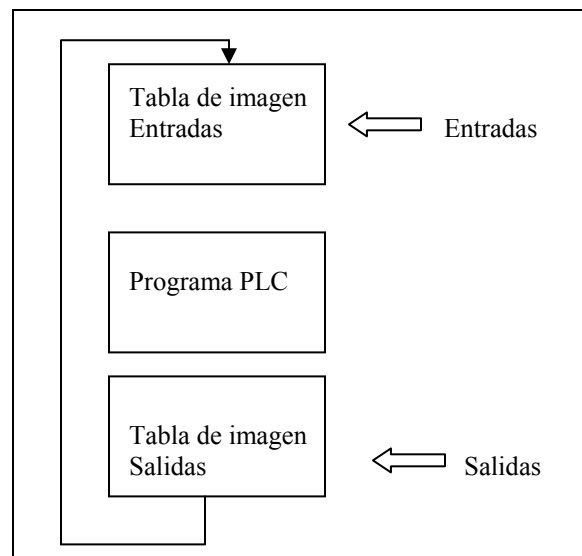


Figura 4.47 Procesamiento cíclico de un programa de PLC

Las características de un procesamiento cíclico son:

- Así que el programa ha sido ejecutado una vez, salta automáticamente al principio y se va repitiendo el proceso continuamente.
- Antes de que se procese la primera línea del programa, es decir, al inicio del ciclo, el estado de las entradas es almacenado en la tabla de imagen de entradas. La imagen del proceso es una zona de memoria aparte a la que se accede durante un ciclo. Así, el estado lógico de una entrada permanece constante durante un ciclo, incluso aunque en este intervalo haya sido cambiado físicamente.
- De forma similar a la entrada, las salidas no son inmediatamente activadas o desactivadas durante un ciclo, sino que su estado es almacenado temporalmente en la tabla imagen de salidas. Solamente al final del ciclo se activan o desactivan físicamente las salidas según el estado lógico almacenado en la memoria.

El procesamiento de una línea de programa a través de la unidad central de un PLC ocupa tiempo, que dependiendo del PLC y de la instrucción que contenga puede variar unos pocos microsegundos hasta unos pocos milisegundos, en pocas palabras es instantáneo.

El tiempo requerido por el PLC para una simple ejecución de un programa, incluyendo la actualización de las salidas y la imagen del proceso, se denomina tiempo de ciclo o tiempo de scan. Cuanto mas largo sea el programa y cuanto mas tiempo necesite el PLC respectivo para procesar cada línea del programa, tanto mas largo será el tiempo de ciclo. Los tiempos reales varían entre 1 y 100 milisegundos.

Las consecuencias del procesamiento cíclico de un programa de PLC que utilice una imagen del proceso son las siguientes:

- Las señales de entrada de una duración inferior al tiempo de ciclo, posiblemente no será reconocida.
- En algunos casos, puede haber un retardo de dos ciclos entre la presencia de una señal de entrada y la deseada reacción de una salida ante esta señal.
- Dado que las instrucciones se procesan secuencialmente, el comportamiento específico de la secuencia del programa del PLC puede ser crucial.

En algunas aplicaciones, es esencial que pueda accederse directamente a entradas y salidas durante un ciclo. Por ello este tipo de procesamiento de programa, saltándose la imagen del proceso es también en algunos sistemas PLC.

Memorias de programas de aplicación. Actualmente se ocupan tres tipos de memoria en la práctica:

- RAM
- EPROM
- EEPROM

La memoria RAM es una memoria de acceso rápido y económica. Dado que la memoria principal de las computadoras consiste en memorias RAM, se producen en grandes cantidades, lo que permite disponer de memorias a un bajo costo. Las RAMs son memorias de lectura/escritura y pueden programarse y modificarse fácilmente. La desventaja de una RAM es que es volátil, es decir, el programa almacenado en la RAM se

pierde en el caso de un fallo de tensión, esta es la razón por que las RAMs deben de estar respaldadas por una batería.

La EPROM (erasable programmable read-only memory/ memoria de solo lectura, programable y borrrable) también es una memoria rápida y de bajo costo, en comparación con la RAM tiene la ventaja añadida de que no es volátil, es decir, es remanente. Incluso si existiera un fallo de tensión. Sin embargo los efectos de modificar un programa, debe borrarse primero toda la memoria y tras un tiempo de enfriamiento, reprogramarse por completo.

La EEPROM (electrically erasable programmable ROM), es utilizada como memoria de aplicación en PLCs. La EEPROM es una memoria borrrable eléctricamente, que puede reescribirse.

4.4.6.1.2.1 Sistemas de entrada y salida.

Como se ha mencionado anteriormente, en el apartado del funcionamiento del PLC, éste procesa las señales que le mandan los sensores, switches, relés, etc., es decir, las entradas. Y posteriormente el PLC procesa estas entradas y nos da una respuesta, según este establecido en el programa que debe de seguir, que son las salidas.

Como entradas se puede tener cualquier tipo de sistema que nos de:

- La posición del actuador.
 - Ópticos. Un láser que al ser interrumpido manda una señal 1 o 0 según sea el caso. Pueden ser con reflejante o sin.

- Magnéticos. Se colocan en el actuador y detectan cuando el vástago esta próximo a ellos, son los de uso mas común.
- Sincronización con otras máquinas.
- Monitoreo del sistema en sí.
 - Sensores de temperatura.
 - Presostato, que nos indica si hay una caída de presión.
 - Etc.
- Inicio o fin del ciclo.
 - Switch de energización del sistema.
 - Paro de emergencia.
 - Etc.

Como podemos ver las aplicaciones son muchísimas y cada vez más enfocadas a la solución de un problema específico.

Como salidas entendemos, la respuesta que el PLC nos manda a determinada condicionante, en un sistema electrónico/neumático, casi siempre es el control de las bobinas de las electroválvulas, o una lámpara de aviso, paros, etc.

Modulo de entrada. Es el modulo al cual están conectados todos los sensores del proceso. Las señales de los sensores deben pasar a la unidad central. Las funciones importantes de un modulo de entradas (para la aplicación) es como sigue:

- Detección fiable de la señal.
- Ajuste de la tensión.
- Protección electrónica sensible de las tensiones externas.
- Filtrado de las entradas.

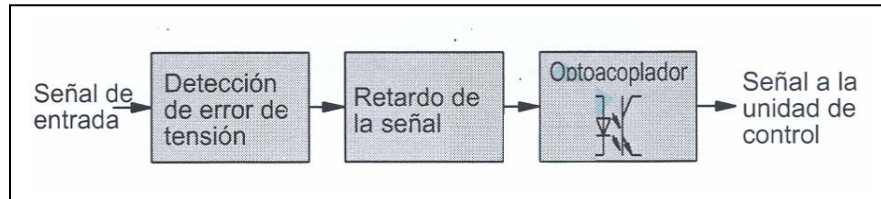


Figura 4.48 Diagrama de bloques de un módulo de entradas.

El optoacoplador, es el principal componente de los actuales módulos de entradas, transmite la información del sensor por medio de la luz creando así un aislamiento eléctrico entre el control y los circuitos lógicos, protegiendo con ello a la sensible electrónica de las tensiones externas. Actualmente, los optoacopladores avanzados realizan protección a picos de hasta 5kV. El ajuste de una tensión de control y de lógica, en el caso de una tensión de mando de 24 V, puede realizarse con la ayuda de un circuito diodo/resistencia.

El filtrado de la señal emitida por el sensor es crítica en automatización industrial, ya que las líneas eléctricas están generalmente muy cargadas debido a tensiones de interferencias inductivas, que producen muchas interferencias en las señales. Las líneas de las señales pueden protegerse con apantallamientos, canaletas metálicas o el modulo de entrada del PLC realiza un filtrado por medio de un retardo de la señal de entrada. El retardo de la señal de entrada se realiza principalmente por hardware, es decir, por medio de un circuito RC en la entrada del PLC. La duración de un retardo de entrada es de aproximadamente entre 1 y 20 milisegundos. Si se utiliza tierra de protección, la tensión de salida del sensor es cortocircuitada hacia los 0 volts o se funde el fusible en caso de cortocircuito en la línea de señal. Esto significa que se aplica una lógica 0 en la entrada del PLC.

Módulo de salida. Llevan las señales de la unidad central a los elementos finales de control, que son activados según la tarea. Principalmente, la función de una salida, vista desde la aplicación del PLC incluye lo siguiente:

- Ajuste de la tensión desde la tensión lógica a la de control.
- Protección de la electrónica sensible de tensiones espúreas hacia el control.
- Amplificación de potencia suficiente para el accionamiento de elementos finales de control.
- Protección al cortocircuito y sobrecarga de los módulos de salida.

En el caso de los módulos de salida, hay disponibles dos métodos fundamentalmente diferentes para conseguir lo indicado: el uso de relés o de eléctrica de potencia.

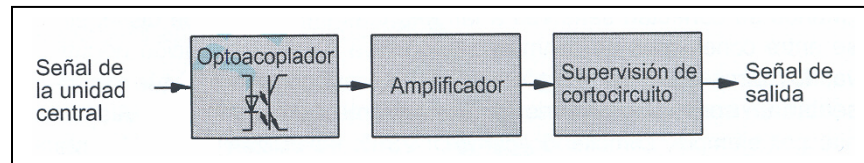


Figura 4.49 Diagrama de bloques de un modulo de salida.

El optoacoplador, forma de nuevo la base para la electrónica de potencia y asegura la protección de la electrónica y posiblemente también el ajuste de la tensión.

Un circuito de protección formado por diodos debe de proteger el transistor de potencia de los picos de tensión.

Las medidas estándar de protección ante el cortocircuito miden el flujo de corriente a través de una resistencia de potencia para desconectar en caso de cortocircuito; un sensor de temperatura proporciona una protección ante sobrecargas; una etapa de Darlington o una etapa de transistor de potencia proporcionan la potencia necesaria.

En el caso de cortocircuito de la línea de señal de salida a tierra, la salida se cortocircuita si se utilizan medidas normales de puesta a tierra de protección. La electrónica conmuta a protección de cortocircuito o se funde el fusible, es decir, el dispositivo consumidor no puede drenar corriente por lo que se desconecta y queda en estado seguro.

Dispositivo Programador. Cada PLC tiene una herramienta de diagnóstico y programación para soportar la aplicación del PLC.

- Programación.
- Verificación.
- Puesta a punto.
- Localización de averías.
- Documentación del programa.
- Almacenamiento del programa.

Estas herramientas de programación y diagnóstico son dispositivos de programación específicos del fabricante.

4.4.6.1.3 Programación de un PLC

Los programas de control deben de ser diseñados sistemáticamente, bien estructurados y completamente documentados, para que sean libres de errores, fáciles de mantener y económicos.

El procedimiento que se recomienda para la generación de un programa de control es el modelo de fases que consiste en:

- Especificación. Descripción de la tarea.
- Diseño. Descripción de la solución.

- Realización. Puesta en práctica de la solución.
- Integración/puesta a punto.

4.4.6.1.3.1 Lenguajes de programación.

Diagrama de contactos o Diagrama en escalera (Ladder diagram) LD. Es un lenguaje de programación gráfico derivado de los esquemas de los circuitos de los mandos por relés directamente cableados. El diagrama de contactos contiene líneas de alimentación a derecha e izquierda del diagrama; a estas líneas están conectados los renglones, que se componen de contactos (ya sean normalmente abiertos o normalmente cerrados) y de elementos de bobina.

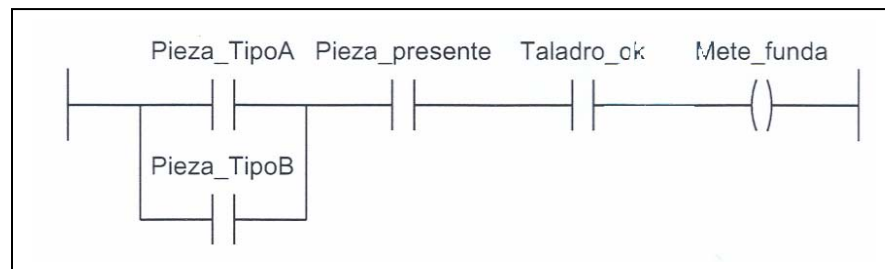


Figura 4.50 Ejemplo del lenguaje en diagrama de contactos.

Diagrama de bloques de función (Function Block Diagram) FBD. En este diagrama los bloques y las funciones están representados gráficamente e interconectados en redes. El diagrama de bloques de función tiene su origen en diagrama lógico que se utiliza en el diseño de circuitos electrónicos.

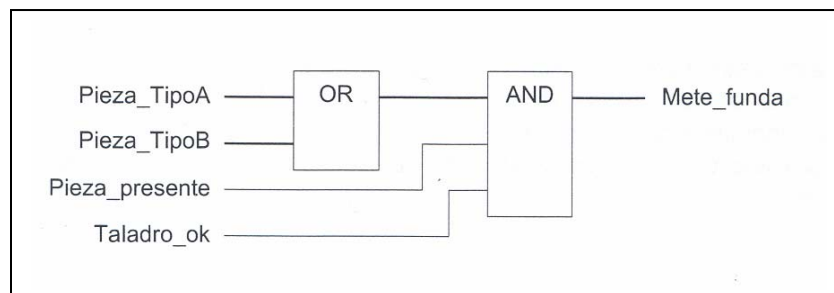


Figura 4.51 Ejemplo del lenguaje en bloques de funciones.

Lista de instrucciones (Statement list o Instruction List) IL. La lista de instrucciones es un lenguaje textual tipo assembler, caracterizado por un modelo de maquina simple (procesador con un solo registro). La lista de instrucciones se formula a partir de instrucciones de control consistentes en un operador y un operando.

```
LD   Pieza_TipoA
OR   Pieza_TipoB
AND  Pieza_presente
AND  Taladro_ok
ST   Mete_funda
```

Figura 4.52 Ejemplo de lenguaje de listado de instrucciones.

En lo que se refiere a filosofía del lenguaje, los tres anteriores tipos de lenguaje han sido definidos en la forma en que son utilizados en la actual tecnología de PLC. Sin embargo, están limitados a las funciones básicas en lo que concierne a sus elementos. Esto los aparta esencialmente de los dialectos que las empresas utilizan en la actualidad. La competitividad de estos lenguajes es mantenida debido al uso de bloques y bloques de función.

Texto estructurado (Structured text) ST. Es un lenguaje de alto nivel basado en Pascal, que consiste en expresiones e instrucciones. Las instrucciones pueden definirse principalmente como: instrucciones de selección, tales como IF, THEN, etc., instrucciones de repetición como FOR, WHILE, etc. Y llamadas a bloques de función.


```
Mete_funda := (Pieza_TipoA OR Pieza_TipoB) AND Pieza_presente AND Taladro_OK;
```

Figura 4.53 Ejemplo de Lenguaje Estructurado.

El texto estructurado permite la formulación de numerosas aplicaciones, mas allá de la pura tecnología de funciones, tales como algoritmos y manejo de datos.

Diagrama de funciones secuencial (GRAFCET en Francés). Es un recurso de lenguaje para la estructuración de programas de control orientados a secuencias. Los elementos del diagrama de funciones secuencial son las etapas, las transiciones y las derivaciones alternativas y en paralelo

4.4.6.1.4 Sistema de control aplicado al sistema manipulador de masas de frenos de disco.

ENTRADAS: Sensores en los actuadores.

Los sensores que escogimos para este manipulador son sensores de tipo magnético, que detectan la posición del émbolo. Ver figura 4.54



Figura 4.54 Sensor Magnético

Este tipo de sensores se ocupara para:

- 2 sensores por cada Gripper.
- 2 para el actuador giratorio.
- 2 para cada uno de los expulsores.
- 3 para el cilindro de movimiento vertical (para inicio, fin y media carrera).
- 1 para cilindro de tope.

En total son 14 de este tipo de sensores.

Para el caso del cilindro DGPL (el de movimiento horizontal o cilindro A), es necesario un sistema diferente de detección del vástago, o carro deslizante. Debido a las múltiples posiciones es necesario el uso de un potenciómetro, o regleta que se debe de conectar de la siguiente forma:

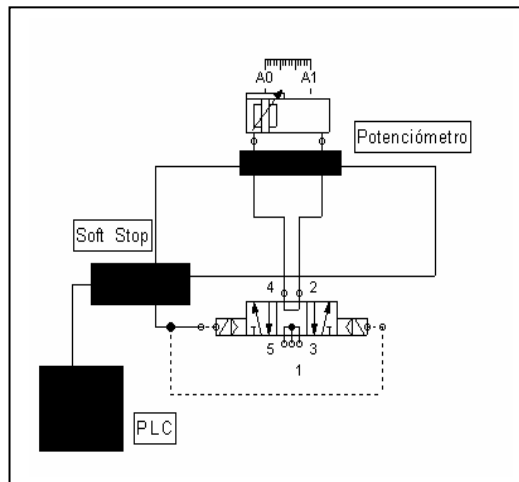


Figura 4.55 Sistema de control del cilindro DGPL

Como explicamos anteriormente el sistema necesita una válvula proporcional de voltaje 5/3 para controlar la aceleración. Bueno el funcionamiento de este sistema es, el carro deslizante esta unido a una escobilla (Figura 4.58) que esta posicionada sobre la regleta, entonces cuando se mueven generan energía eléctrica, que es usada como señal para saber la posición del carro. (Figura 4.56 y 4.57)



Figura 4.56 Cilindro y Potenciómetro.

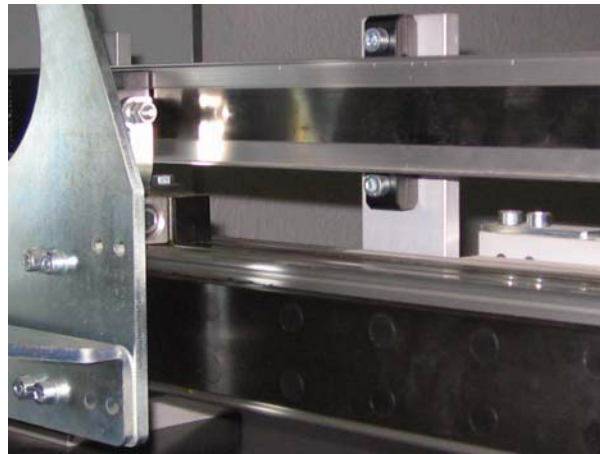


Figura 4.57 Cilindro y escobilla.

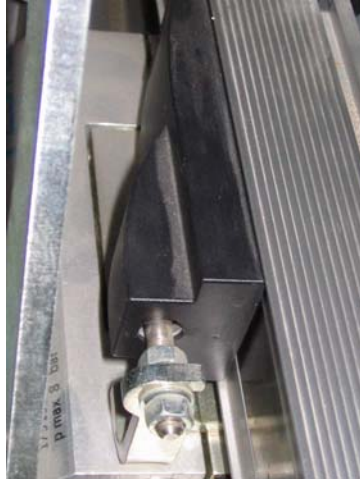


Figura 4.58 Escobilla.

El sistema Soft Stop reduce el tiempo de recorrido entre los topes limitadores ya existentes en el cilindro DGPL, mejora las características de la amortiguación en las posiciones finales. Nos permite tener hasta dos posiciones intermedias sin necesidad de topes fijos. Esto permite reducir los tiempos de ciclo y hacer diseños con el mínimo impacto, al mismo tiempo que se aumenta la vida de los cilindros. Esto se conecta al PLC convirtiéndose en una entrada más.

Botones. Los botones de inicio/ fin del ciclo también son considerados como entradas, para nuestro sistema usaremos:

- Botón ON/OFF.
- Botón de inicio.
- Botón de paro de emergencia.
- Botón de paro.
- Botón selector de ciclo manual (paso a paso) o ciclo automático (continuo).

Otra información necesaria es la de saber cuando la máquina barrenadora se detiene para permitir el ingreso del actuador, para esto es necesario un relevador de centro de maquina que nos indique por medio de sensores ubicados en la puerta cuando es posible el ingreso. Para esto no se quiso meter en ese sistema ya que si la maquina barrenadora tuviese una caída en su funcionamiento el sistema actuador fallaría por completo, es por eso que con la simple señal de un relevador nos puede trabajar sin problemas.

Los grippers necesitan fuerza de agarre es por eso que no nos podemos permitir tener una caída de presión, es por eso que es necesario un presostato, que es un sensor de presión, que monitoree, y que el usuario tome acciones si esta es muy baja, o el mismo PLC, con una programación adecuada. Considerándose una entrada más. Por tanto tenemos en total 21 entradas.

Como salidas sabemos que serán las mismas electroválvulas, 1 relevador para que nos indique que la máquina barrenadora puede comenzar el ciclo, sería la parte en que sustituye al operario que aprieta el botón una vez que ha colocado las piezas en posición para ser trabajadas. La regleta del potenciómetro también se considera una salida. También se piensa en colocar una lámpara que se active en caso de paro, también es una salida más. En total tenemos 10 salidas.

4.4.6.1.4.1 Selección de los dispositivos para el sistema manipulador de masas para frenos.

Al saber cuantas entradas y salidas tenemos, podemos usar este criterio para escoger un PLC. Tenemos 21 entradas por 10 salidas, por tanto se escogió:
FEC-FC600-FST, de 32 entradas por 16 salidas, digitales o análogas. (Ver Figura 4.59)



Figura 4.59 PLC, 32 entradas por 16 salida.

Es necesario contar con una batería para bajar la corriente de 220 V a 24 V que es a lo que se maneja el PLC, de corriente alterna a directa; es PS1-PSE3-230VAC-40W

En cuanto a los detectores de proximidad o comúnmente llamados sensores, el criterio de selección es muy sencillo, los que se acoplen de manera correcta a los actuadores escogidos. Se escogió el SME-8FDS-24V-K0 con contacto tipo REED (Figura 4.60).

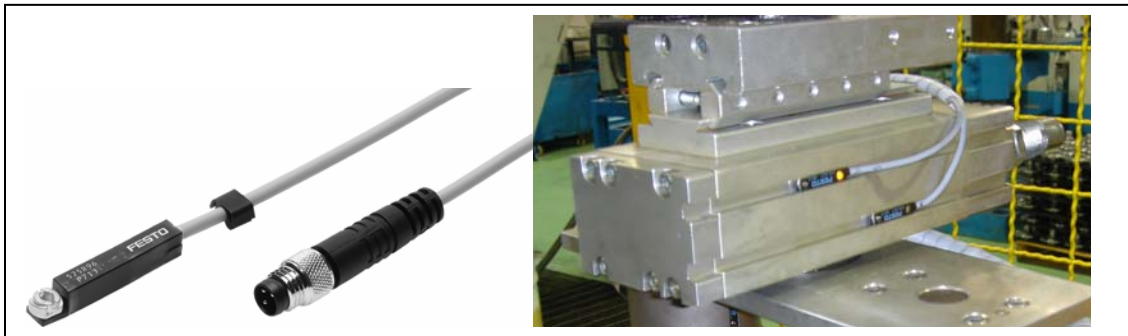


Figura 4.60 Detector de proximidad

La interfase del Soft Stop, explicada anteriormente, es: SPC11POT TLF (Figura 4.61)



Figura 4.61 Regulador de Final de carrera (Soft Stop)

El potenciómetro necesario para que trabaje el regulador de final de carrera es MLO-POT-500-TLF, que es el exacto para el tipo de cilindro sin vástago que tenemos, que es el DGPL.

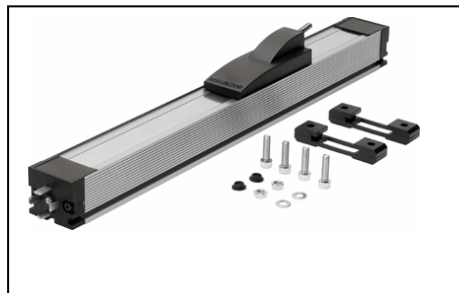


Figura 4.62 Potenciómetro.

El sensor de presión (presostato) que se usara es: SDE-D10, teniendo un rango de 0 a 10 bar. (Figura 4.63)



Figura 4.63 Presostato.

4.4.6.1.4.2 Generación del programa para el sistema de control del manipulador de masas.

Para hacer el programa que controle todo el dispositivo se optó por hacerlo con texto estructurado. Con la ayuda de un software de FESTO, el FST, que es un compilador que se muestra de manera muy clara por medio de ventanas. Primero se deben de ingresar las variables que se van a ocupar, es decir, las entradas; sensores, botones, etc., que es conocida en el programa como Allocation List. (Figura 4.64). donde se muestran solo algunos de los elementos que el programa necesita, y como se puede ver se les tiene que dar ciertas características, como si son sensores, botones o las llamados, mejor conocidos como flags.

Allocation List		
Operand	Symbol	Comment
⊗ 00.0	Pinza_2	Bobina EV Pinza 2 (Cerrar=1)
⊗ 00.1	Pinza_1	Bobina EV Pinza 1 (Cerrar=1)
⊗ 00.2	DRQD180	Bobina EV Giro (180°=1)
⊗ 00.3	Expulsor	Bobina EV Cil. Expulsor de Pieza
⊗ 00.4	HMP_I1	Bobina EV HMP Intermedia 1 (Act.=1)
⊗ 00.5	HMP	Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
⊗ 00.6	SMArr	Señal de Arranque a Máquina
⊗ 00.7	lampara	Lámpara de Error
⊗ 01.0	PO1_SPC	Señal a SPC11 para Pos 01
⊗ 01.1	PO2_SPC	Señal a SPC11 para Pos 02
⊗ 01.2	PO3_SPC	Señal a SPC11 para Pos 03
⊗ 01.3	PO4_SPC	Señal a SPC11 para Pos 04
⊗ 01.4	Limpia	Bobina EV Limpieza de Chuck
⊗ OWO	S_Valv	Palabra de Salidas de Válvulas
⊗ OW1	S_SCont	Palabra Salidas Señales de Control
⊖ IO.0	Arranque	Botón Pulsador Arranque Ciclo
⊖ IO.1	Paro	Botón de Paro de Ciclo
⊖ IO.2	Man_Auto	Selector Automático y Banda (Ban=1)
⊖ IO.3	Emergen	Botón de Paro de Emergencia NC
⊖ IO.4	smanual	Selector Manual Activo
⊖ I1.0	smg2f	Sensor Mag. Garra 2 Cerrada
⊖ I1.1	smg2r	Sensor Mag. Garra 2 Abierta
ETC.		

Figur

a 4.64 Allocation List.

Al tener las variables declaradas empezamos a generar el código. Siendo el programa en automático:

```

STEP ciclo
  IF      fauto      'Flag de Automático Activo
        AND    ssp02  'Señal POS 02 SPC11 Horizontal Final
        AND    smhr   'Sensor Mag. HMP Atrás
        AND    smgr   'Sensor Mag. Act. Giro Atrás 0°
        AND    N     smg1f 'Sensor Mag. Garra 1 Cerrada
        AND    smg1r  'Sensor Mag. Garra 1 Abierta
        AND    N     smg2f 'Sensor Mag. Garra 2 Cerrada
        AND    smg2r  'Sensor Mag. Garra 2 Abierta
        AND    N     smhil 'Sensor Mag. HMP Actuador Intermedio
        AND    fsepp  'Flag Sensor Pieza Posición Entrada
        AND    farr   'Flag Arranque Activo
  THEN   SET    HMP   'Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
        SET    tajuste2 'Timer de ajuste de Posición 2
        SET    fpasol  'Flag Paso 1 Secuencia Automática

STEP
  IF
        AND    N     smhf  'Sensor Mag. HMP Adelante
        AND    N     tajuste2 'Timer de ajuste de Posición 2

```

THEN	SET		Pinza_1	'Bobina EV Pinza 1 (Cerrar=1)
	SET		fpasso2	'Flag Paso 2 Secuencia Automática
	RESET		fpasso1	'Flag Paso 1 Secuencia Automática
STEP				
IF		N	smg1f	'Sensor Mag. Garra 1 Cerrada
	AND		smg1r	'Sensor Mag. Garra 1 Abierta
THEN	RESET		HMP	'Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
	SET		fpasso3	'Flag Paso 3 Secuencia Automática
	RESET		fpasso2	'Flag Paso 2 Secuencia Automática
STEP				
IF			smhr	'Sensor Mag. HMP Atrás
	AND		fsssp	'Flag Sensor Salida Sin Pieza
THEN	SET		P03_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 03
	SET		fpasso4	'Flag Paso 4 Secuencia Automática
	RESET		fpasso3	'Flag Paso 3 Secuencia Automática
STEP				
IF			ssp03	'Señal POS 03 SPC11 Horizontal Int.1
	AND		SOP60IN	'Señal Máquina OP60 Meter Pieza
THEN	RESET		P03_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 03
	SET		tmordaza	'Timer apertura de mordaza seguro
	SET		fpasso5	'Flag Paso 5 Secuencia Automática
	RESET		fpasso4	'Flag Paso 4 Secuencia Automática
STEP				
IF		N	tmordaza	'Timer apertura de mordaza seguro
THEN	SET		P01_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 01
	SET		fpasso6	'Flag Paso 6 Secuencia Automática
	RESET		fpasso5	'Flag Paso 5 Secuencia Automática
STEP				
IF			ssp01	'Señal POS 01 SPC11 Horizontal Inicio
THEN	SET		HMP_I1	'Bobina EV HMP Intermedia 1 (Act.=1)
	RESET		P01_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 01
	SET		fpasso7	'Flag Paso 7 Secuencia Automática
	RESET		fpasso6	'Flag Paso 6 Secuencia Automática
STEP				
IF			smhil	'Sensor Mag. HMP Actuador Intermedio
THEN	SET		HMP	'Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
	SET		fpasso8	'Flag Paso 8 Secuencia Automática
	RESET		fpasso7	'Flag Paso 7 Secuencia Automática
STEP				
IF			ssp01	'Señal POS 01 SPC11 Horizontal Inicio
	AND		smhi	'Sensor Mag. HMP Intermedia
	AND		smhil	'Sensor Mag. HMP Actuador Intermedio
THEN	SET		tajuste	'Timer de Ajuste de Posición
	SET		fpasso9	'Flag Paso 9 Secuencia Automática
	RESET		fpasso8	'Flag Paso 8 Secuencia Automática
STEP				
IF			ssp01	'Señal POS 01 SPC11 Horizontal Inicio
	AND		smhi	'Sensor Mag. HMP Intermedia
	AND	N	tajuste	'Timer de Ajuste de Posición
THEN	SET		Pinza_2	'Bobina EV Pinza 2 (Cerrar=1)
	SET		tajuste	'Timer de Ajuste de Posición
	SET		fpasso10	'Flag Paso 10 Secuencia Automática
	RESET		fpasso9	'Flag Paso 9 Secuencia Automática
STEP				
IF			Pinza_2	'Bobina EV Pinza 2 (Cerrar=1)
	AND	N	smg2f	'Sensor Mag. Garra 2 Cerrada
	AND		smg2r	'Sensor Mag. Garra 2 Abierta
	AND	N	tajuste	'Timer de Ajuste de Posición
THEN	RESET		HMP	'Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
	SET		fpasso11	'Flag Paso 11 Secuencia Automática
	RESET		fpasso10	'Flag Paso 10 Secuencia Automática

STEP				
IF			smhr	'Sensor Mag. HMP Atrás
	AND	N	smg2f	'Sensor Mag. Garra 2 Cerrada
	AND		smg2r	'Sensor Mag. Garra 2 Abierta
THEN	SET		P03_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 03
	SET		FLimpia	'Flag de Soplo para Limpieza
	SET		fpasol2	'Flag Paso 12 Secuencia Automática
	RESET		fpasol1	'Flag Paso 11 Secuencia Automática
STEP				
IF			ssp03	'Señal POS 03 SPC11 Horizontal Int.1
	AND	N	smg2f	'Sensor Mag. Garra 2 Cerrada
	AND		smg2r	'Sensor Mag. Garra 2 Abierta
THEN	SET		DRQD180	'Bobina EV Giro (180°=1)
	SET		HMP	'Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
	RESET		P03_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 03
	SET		fpasol3	'Flag Paso 13 Secuencia Automática
	RESET		fpasol2	'Flag Paso 12 Secuencia Automática
STEP				
IF		N	smgr	'Sensor Mag. Act. Giro Atrás 0°
	AND		smhi	'Sensor Mag. HMP Intermedia
	AND		smgf	'Sensor Mag. Act. Giro Adelante 180°
THEN	SET		P01_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 01
	SET		fpasol4	'Flag Paso 14 Secuencia Automática
	RESET		fpasol3	'Flag Paso 13 Secuencia Automática
STEP				
IF			ssp01	'Señal POS 01 SPC11 Horizontal Inicio
THEN	RESET		Pinza_1	'Bobina EV Pinza 1 (Cerrar=1)
	RESET		P01_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 01
	SET		fpasol5	'Flag Paso 15 Secuencia Automática
	RESET		fpasol4	'Flag Paso 14 Secuencia Automática
STEP				
IF		N	smglf	'Sensor Mag. Garra 1 Cerrada
	AND		smglr	'Sensor Mag. Garra 1 Abierta
THEN	RESET		HMP	'Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
	SET		fpasol6	'Flag Paso 16 Secuencia Automática
	RESET		fpasol5	'Flag Paso 15 Secuencia Automática
STEP				
IF			smhr	'Sensor Mag. HMP Atrás
	AND		smhil	'Sensor Mag. HMP Actuador Intermedio
THEN	SET		P03_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 03
	SET		fpasol7	'Flag Paso 17 Secuencia Automática
	RESET		fpasol6	'Flag Paso 16 Secuencia Automática
STEP				
IF			ssp03	'Señal POS 03 SPC11 Horizontal Int.1
	AND		fsssp	'Flag Sensor Salida Sin Pieza
THEN	RESET		P03_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 03
	SET		P04_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 04
	SET		SMArr	'Señal de Arranque a Máquina
	SET		fpasol8	'Flag Paso 18 Secuencia Automática
	RESET		fpasol7	'Flag Paso 17 Secuencia Automática
STEP				
IF			ssp04	'Señal POS 04 SPC11 Horizontal Int. 2
	AND	N	sossp	'Sensor Óptico Salida Sin Pieza
THEN	SET		HMP	'Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
	RESET		P04_SPC	'Señal a SPC11 para Pos 04
	SET		tsuelta	'Timer para soltar pieza
	SET		fpasol9	'Flag Paso 19 Secuencia Automática
	RESET		fpasol8	'Flag Paso 18 Secuencia Automática
STEP				
IF			ssp04	'Señal POS 04 SPC11 Horizontal Int. 2
	AND	N	tsuelta	'Timer para soltar pieza
THEN	RESET		Pinza_2	'Bobina EV Pinza 2 (Cerrar=1)
	SET		fpaso20	'Flag Paso 20 Secuencia Automática

```

        RESET          fpasso19          'Flag Paso 19 Secuencia Automática

STEP
IF          N          Pinza_2          'Bobina EV Pinza 2 (Cerrar=1)
  AND      smg2r      'Sensor Mag. Garra 2 Abierta
THEN RESET HMP          'Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
  RESET   HMP_I1     'Bobina EV HMP Intermedia 1 (Act.=1)
  SET     fpasso21   'Flag Paso 21 Secuencia Automática
  RESET   fpasso20   'Flag Paso 20 Secuencia Automática
  SET     texpulsa   'Timer para iniciar expulsión pieza

STEP
IF          N          texpulsa         'Timer para iniciar expulsión pieza
THEN SET   Expulsor   'Bobina EV Cil. Expulsor de Pieza

STEP
IF          smef      'Sensor Mag. Expulsor Adelante
THEN RESET Expulsor   'Bobina EV Cil. Expulsor de Pieza

STEP
IF          N          smhil           'Sensor Mag. HMP Actuador Intermedio
  AND      smhr      'Sensor Mag. HMP Atrás
  AND      smer      'Sensor Mag. Expulsor Atrás
THEN SET   P02_SPC   'Señal a SPC11 para Pos 02
  RESET   DRQD180    'Bobina EV Giro (180°=1)
  SET     fpasso22   'Flag Paso 22 Secuencia Automática
  RESET   fpasso21   'Flag Paso 21 Secuencia Automática

STEP
IF          ssp02     'Señal POS 02 SPC11 Horizontal Final
THEN RESET P02_SPC   'Señal a SPC11 para Pos 02
  RESET   fpasso22   'Flag Paso 22 Secuencia Automática
  JMP TO ciclo

```

Se compila y se checa si no hay errores. En cuanto al generar un código con secuencia manual, es muy parecido solo que se tiene que intercalar una condicionante que nos de la señal de avanzar al siguiente paso:

```

STEP ciclo
IF          fmanual    'Flag de Manual Activo
  AND      ssp02      'Señal POS 02 SPC11 Horizontal Final
  AND      smhr      'Sensor Mag. HMP Atrás
  AND      smgr      'Sensor Mag. Act. Giro Atrás 0°
  AND      N          smglf    'Sensor Mag. Garra 1 Cerrada
  AND      smglr    'Sensor Mag. Garra 1 Abierta
  AND      N          smg2f    'Sensor Mag. Garra 2 Cerrada
  AND      smg2r    'Sensor Mag. Garra 2 Abierta
  AND      N          smhil    'Sensor Mag. HMP Actuador Intermedio
  AND      Arranque  'Botón Pulsador Arranque Ciclo
THEN SET   HMP          'Bobina EV HMP Vertical (Avanza=1)
  RESET   farr         'Flag Arranque Activo
  SET     tarraj       'Timer de Ajuste de Señal de Arranque

STEP
IF          smhf      'Sensor Mag. HMP Adelante
  AND      Arranque  'Botón Pulsador Arranque Ciclo
  AND      N          tarraj   'Timer de Ajuste de Señal de Arranque
THEN SET   Pinza_1   'Bobina EV Pinza 1 (Cerrar=1)

```

```
RESET      farr      'Flag Arranque Activo
SET        tarraj   'Timer de Ajuste de Señal de Arranque
```

```
STEP
IF          N      Arranque      'Botón Pulsador Arranque Ciclo
THEN       NOP
```

Y así continua.

4.4.7 Instalación.

Al tener ya todo lo anterior lo único que queda es la instalación, que si en verdad, se puede planear siempre existen los factores que lo modifican al momento. Pero si podemos decir que la instalación de un actuador como el diseñado anteriormente puede colocarse de la manera siguiente; se pone un gabinete, el cual tendrá los botones de inicio o fin, paro de emergencia (ver Figura 4.65), podemos colocar pegado a el la unidad de mantenimiento. Dentro de él se coloca comúnmente la isla de válvulas, las conexiones eléctricas de los sensores, con sus respectivas clemas, que sirven como una especie de fusibles para proteger el sistema de cualquier descarga. El PLC también se puede colocar dentro, así como el convertidor de corriente (Figura 4.66).



Figura 4.65 Gabinete de control



Figura 4.66 Acomodo de instrumentos dentro del gabinete de control.

Cuando se tienen tantos sensores como en nuestro caso, lo mejor es colocar un pequeño gabinete donde podamos concentrar todos los cables y de ahí pueda partir uno solo que los contenga, para esto podemos colocarlo sobre el cilindro B o el cilindro A, que como sabemos se encuentra con el carro dispuesto de lado, y tenemos toda la superficie disponible.