

## 8. Neumática proporcional

La técnica proporcional es novedosa en su aplicación neumática, aunque no tanto en el campo de la oleohidráulica. Está basada en el uso de válvulas proporcionales, bien sean éstas de caudal o de presión.

Se entiende por válvula proporcional aquella en la que una magnitud física del fluido (caudal o presión) a la salida de la válvula es proporcional a una señal eléctrica analógica de entrada  $X=K \cdot V$ . Donde X es presión o caudal; K una constante de proporcionalidad y V es la señal analógica de tensión continua que se introduce en la válvula. No se alimentan las válvulas con 0 V ó 24 V, como en las válvulas convencionales, sino que se hace con una señal que puede variar en un rango determinado (por ejemplo de 0 a 10 V).

De esta forma se obtienen valores intermedios de presión o caudal, a diferencia de las válvulas convencionales.

### 8.1 Clasificación

Las válvulas proporcionales pueden clasificarse en primer lugar en:

- Válvulas de caudal
- Válvulas de presión

Las válvulas de caudal regulan esta entidad de manera continua entre un valor nulo y uno máximo. Por otra parte son válvulas distribuidoras con corredera, teniendo un número de vías y de posiciones variable.

Las válvulas de presión regulan este parámetro en su salida, igualmente de manera continua, entre un valor mínimo y un valor máximo, equivalente a la presión de entrada.

En los apartados siguientes se explican dos válvulas de entre las más frecuentemente empleadas, suficientemente representativas del resto, disponibles en el mercado.

### 8.2 Válvula proporcional de caudal 5/3

La válvula proporcional que se describe es la MPYE-5-1/8 de FESTO, representada en la figura 8-1 y esquematizada en la figura 8-2.

Su símbolo ISO, que aparece también en la figura 8-1, es análogo al de una válvula convencional 5/3 añadiendo dos rayas encima y debajo. Además la flecha en el solenoide indica la posibilidad de variación en la señal de entrada.

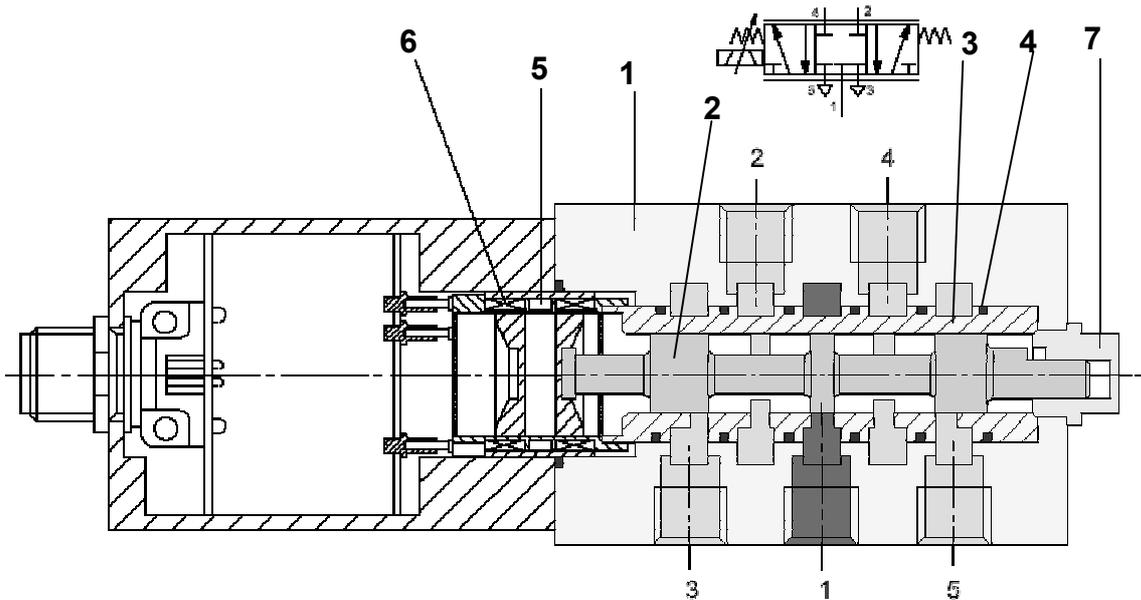


Figura 8-1. Válvula proporcional de caudal.

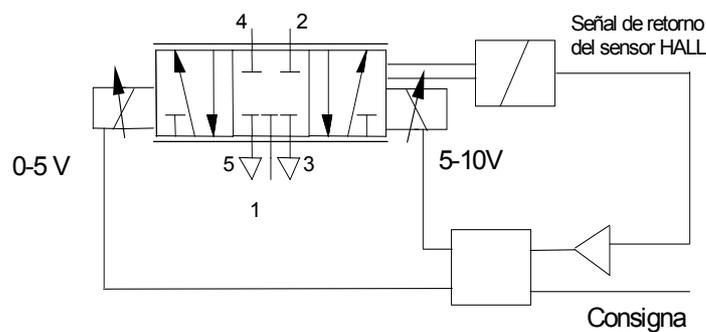


Figura 8-2. Esquema funcional de la válvula.

La válvula proporcional dispone de un cuerpo (1) en el que se aloja la corredera (2), ésta se desplaza dentro de un casquillo fijo (3) alojado en el interior del cuerpo. Entre el casquillo y el cuerpo se disponen unas juntas (4) para mejorar la estanqueidad.

La corredera se desplaza directamente gracias a un solenoide proporcional (5), y por lo tanto puede posicionarse de manera variable y continua en función de la tensión de alimentación.

Por otra parte tiene un sensor de posición (6) que controla la posición de la corredera y permite su realimentación, es decir, modifica su posición si no se ha alcanzado la que debiera tener.

El tapón (7) sirve para el mantenimiento, pudiendo extraer la corredera para su limpieza y puesta a punto.

### 8.2.1 Funcionamiento

La válvula proporcional convierte una señal eléctrica analógica de entrada en una determinada posición de la corredera y, por ende, una concreta apertura de la sección transversal

del paso de aire a través de la corredera. Para 5V la válvula se coloca en la posición intermedia con centros cerrados. No hay paso de aire más que la mínima fuga natural hacia escape, debida a la forma constructiva de la válvula. A 10V y a 0V la corredera de la válvula se coloca en sus posiciones finales, bien hacia un extremo, dejando pasar el máximo caudal desde la vía 1 a la 2, bien en el otro, dejando pasar el máximo caudal de 1 a 4, y un caudal nulo en los dos casos en las otras vías de trabajo, 4 a 5 y 2 a 3 respectivamente. En posiciones intermedias circula un caudal menor, de 1 a 2 ó 4, y un caudal nulo hacia la otra vía (4 ó 2). Existen pequeñas fugas de 1 a 3 y de 1 a 5 en todo caso.

Un solenoide actúa directamente sobre la corredera de la válvula como un transductor electromecánico de posición. Un control electrónico de la posición de la corredera (realimentación del control de posición) permite obtener buenas respuestas estáticas y dinámicas, que quedan reflejadas en la baja histéresis (por debajo del 0,3%), bajo tiempo de respuesta (5 ms) y alta frecuencia máxima (100 Hz). La válvula es particularmente apropiada para el uso como un elemento final de control, y por lo tanto como un controlador de posición de un cilindro neumático.

En la figura 8-3 se representa el diagrama tensión - caudal de la válvula proporcional MPYE-5-1/8 de FESTO, donde se define el caudal que llega al actuador.

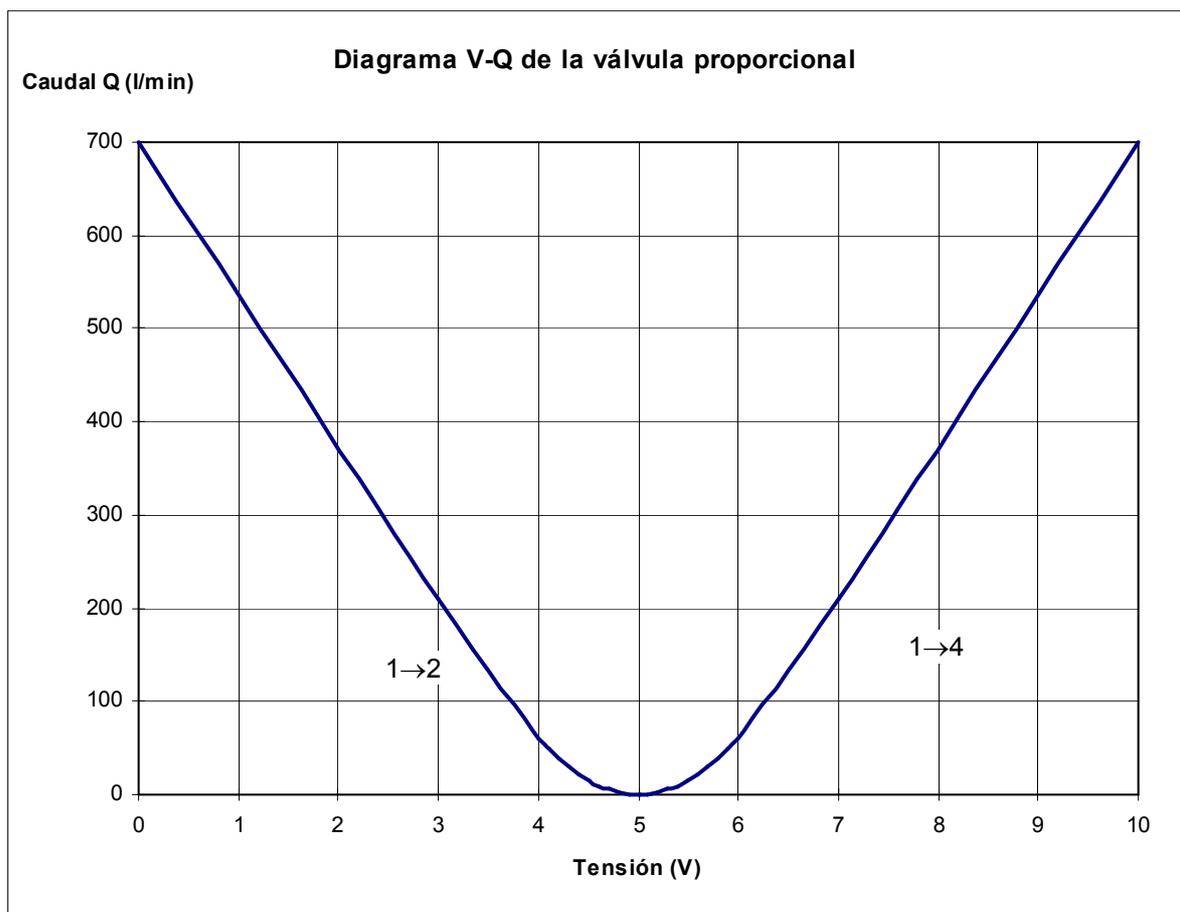


Figura 8-3. Gráfica tensión – caudal.

El sensor de posición sirve de retroalimentación interna, de manera que si no se hubiera alcanzado la posición deseada en función de la intensidad recibida, lo acusaría y daría la información suficiente para que la corredera terminase ocupando la posición debida.

### 8.3 Válvula proporcional de presión

La válvula proporcional de presión tiene la misma finalidad que la válvula reguladora de presión convencional explicada en el apartado 4.4.1, es decir, conseguir mantener constante la presión de salida, independientemente de la magnitud de la presión a su entrada, con la condición de que aquella siempre sea menor que ésta. Por otra parte la presión constante de salida puede variarse, igual que en aquella.

La válvula proporcional de presión tiene una parte neumática análoga a la convencional, pero además posee determinados elementos electrónicos que la distinguen de aquella, y que la hace más exacta.

#### 8.3.1 Funcionamiento

Una tensión de alimentación de consigna hace que una lengüeta (4) (figura 8-4) ocupe una determinada posición ante una tobera (5), de tal manera que salga a escape un cierto caudal de aire, y se obtenga un determinado equilibrio, en el que la válvula principal (6) adquiere una determinada posición.

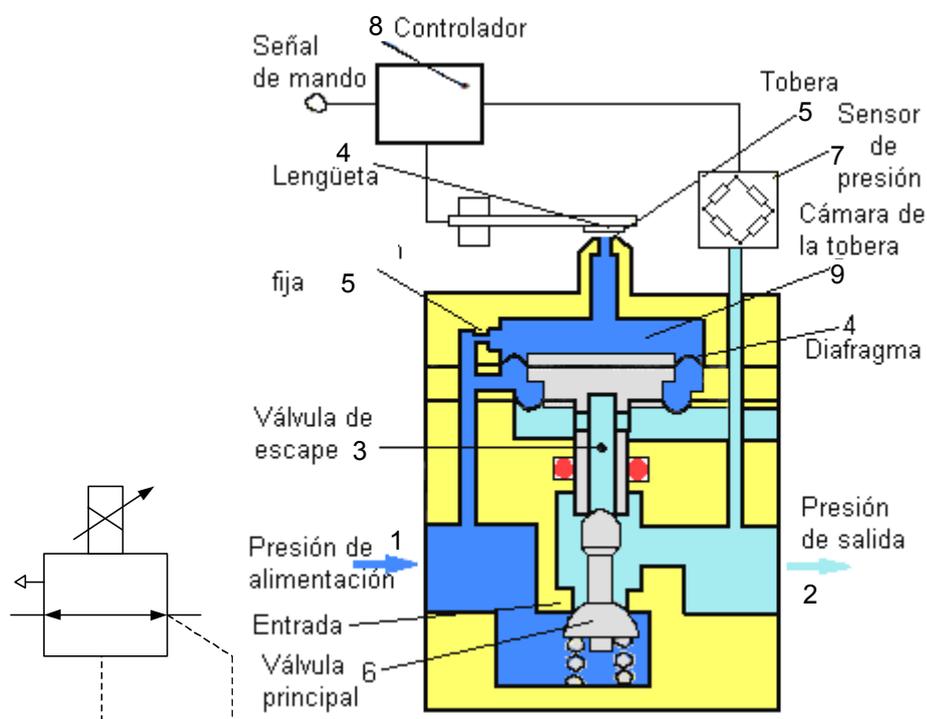


Figura 8-4. Válvula proporcional de presión.

En esta posición, esta válvula principal produce una pérdida de carga el punto de alimentación a la entrada de la válvula proporcional (1) y la de su salida (2), consiguiendo así que la presión de salida sea la de consigna.

Si la presión obtenida en (2) fuese superior a la deseada, habría que aumentar la pérdida de carga, para ello el sensor de presión (7) se lo comunicaría al controlador (8), que haría que la lengüeta (4) abriese el paso hacia escape, disminuiría la presión en la cámara de la tobera (9) y la válvula principal (6) se cerraría, produciendo mayor pérdida de carga, hasta alcanzar un nuevo equilibrio en el que la presión de salida fuese la deseada.

Si la presión obtenida fuese inferior a la requerida las cosas sucederían a la inversa.

La presión de salida de consigna puede variarse modificando la tensión de alimentación del controlador.

La figura 8-5 representa el proceso mediante un diagrama de bloques. La figura 8-6 representa la relación entre la tensión de entrada y la presión de consigna de salida en la válvula EIT2040 de SMC descrita.

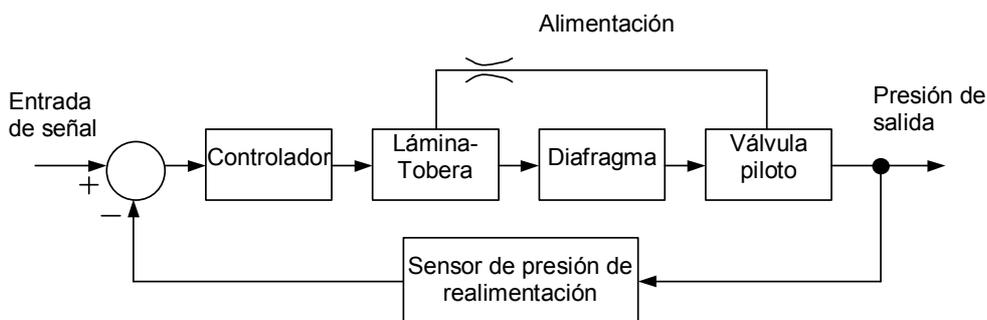


Figura 8-5. Diagrama de bloques.

#### Linealidad

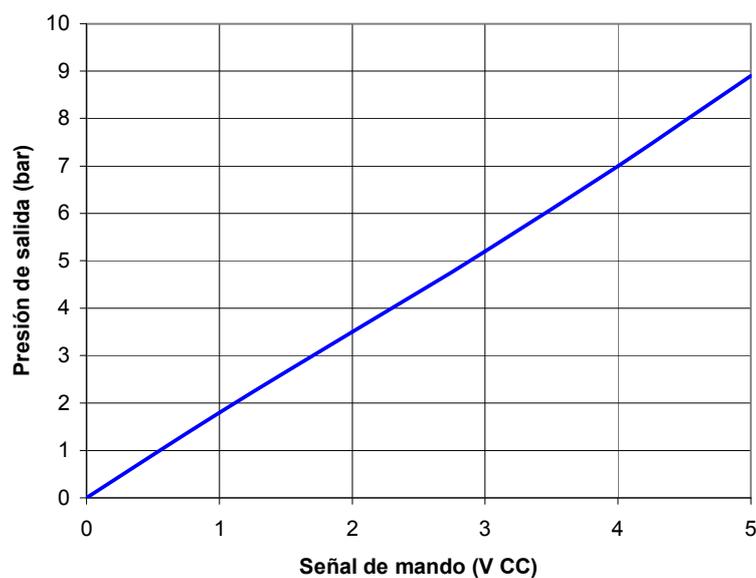


Figura 8-6. Gráfica tensión – presión.

## 8.4 Simbología

Los símbolos más utilizados en este tema son:

Sensor de presión (símbolo eléctrico)	
Sensor de presión (símbolo neumático)	
Válvula proporcional (símbolo neumático)	
Válvula proporcional (símbolo eléctrico)	
Potenciómetro lineal (sensor de posición)	

## 8.5 Prácticas a realizar

A continuación se explican las prácticas a realizar en el laboratorio que tienen como finalidad regular la velocidad del émbolo de un cilindro sin vástago, la fuerza producida por un cilindro de simple efecto, mediante la regulación de la presión, y la posición del émbolo de un cilindro.

### REGULACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE UN CILINDRO EN LAZO ABIERTO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UNA VÁLVULA PROPORCIONAL DE CAUDAL.

El objetivo de esta práctica es hacer funcionar la válvula proporcional como un regulador de velocidad del cilindro. Para ello, se debe tener en cuenta el diagrama tensión - caudal de la figura 8- 8-3, correspondiente a la válvula empleada en el laboratorio.

Como es sabido la velocidad del cilindro dependerá del caudal de aire y como éste es función de la tensión en voltios que se introduce en la válvula, se obtiene que la velocidad del cilindro será función de la tensión con que se alimenta la válvula.

Es necesario tener presente que de 0 a 5 V el sentido del caudal de aire será hacia una de las entradas del cilindro y por lo tanto su émbolo se moverá en un sentido determinado mientras que de 5 a 10 V el émbolo del cilindro se moverá en sentido inverso.

La entrada en voltios (consigna) hacia la válvula se hará desde un PC por medio de salida de un convertidor A/D. Para los no iniciados en este tema conviene que traten esto como si el ordenador funcionara como un potenciómetro que da una salida de corriente continua entre 0 y 10V. En la figura 8-7 se representan los esquemas neumático y eléctrico de la práctica.

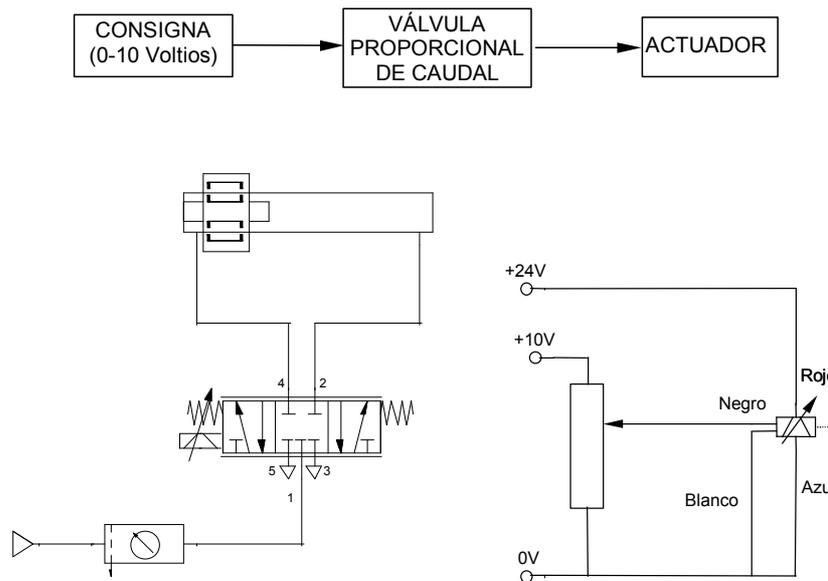


Figura 8-7. Esquemas neumático y eléctrico.

Como actuador se usará un cilindro sin vástago que tiene la ventaja de poseer la misma sección efectiva en un sentido y en otro.

#### CONTROL DE LA PRESIÓN DE UN CILINDRO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UNA VÁLVULA PROPORCIONAL DE CAUDAL.

En esta práctica se trata de controlar la fuerza producida por el vástago de un cilindro, mediante la regulación de la presión de trabajo de un cilindro de simple efecto. Se deben conectar todos los elementos tal como se indica en los esquemas de las figuras 8-8 y 8-9.

Como consigna, igual que en el caso anterior se utilizará una salida del convertidor A/D del PC. Como control se emplea la caja PID (control Proporcional, Integral, Derivativo). Una vez más para los no iniciados en temas de control hay que indicar que en esta caja lo que se hace es que el control sea más preciso, responda más rápidamente, etc. modificando los valores de las constantes  $K_p$ ,  $K_i$  y  $K_d$ . Como elemento final de control se usa la válvula proporcional distribuidora y como actuador un cilindro de simple efecto. Para realimentar el bucle de control se dispone de un sensor de presión externo que traduce la presión en bar a una señal eléctrica analógica de corriente continua de entre 0 y 10 V que se corresponde con una presión de entre 0 y 10 bar.

Las conexiones neumáticas son como se indican en la correspondiente figura 8-8. Se ha de taponar una de las vías de la válvula proporcional ya que se emplea un cilindro de simple efecto. Se recomienda la inclusión de un manómetro.

La figura 8-9 representa las conexiones con la caja PID. No es muy importante entender los símbolos que hay dentro de ella. Pero lo que se quiere destacar es la conexión del sensor de presión situado a la izquierda del esquema, así como la de la válvula proporcional dispuesta a la derecha del mismo.

El sensor de presión debe llevar el cable rojo a +15 V , el azul a la tierra analógica (analog ground), el negro hacia la conexión de realimentación del PID. Es necesario conectar la otra borna de dicha conexión hacia la tierra analógica mediante un cable. El cable blanco del sensor no se utiliza por lo que conviene colocarlo donde no moleste.

La electroválvula lleva conectado el cable rojo hacia +24V, el azul a - 0V, el cable negro hacia la salida de la caja PID y el blanco hacia la tierra analógica.

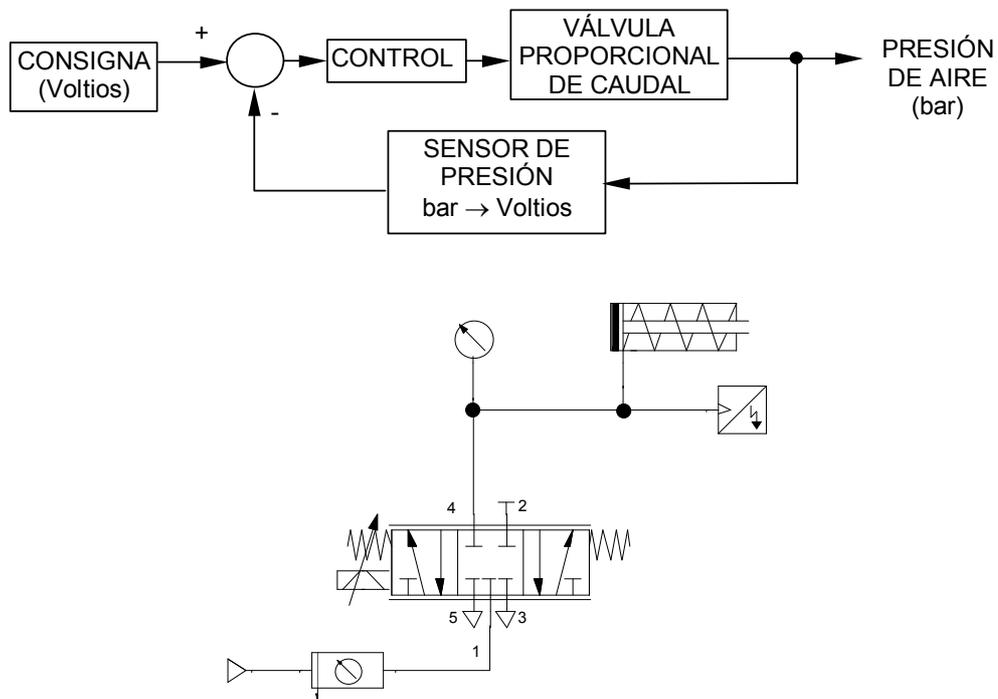


Figura 8-8. Esquema neumático.

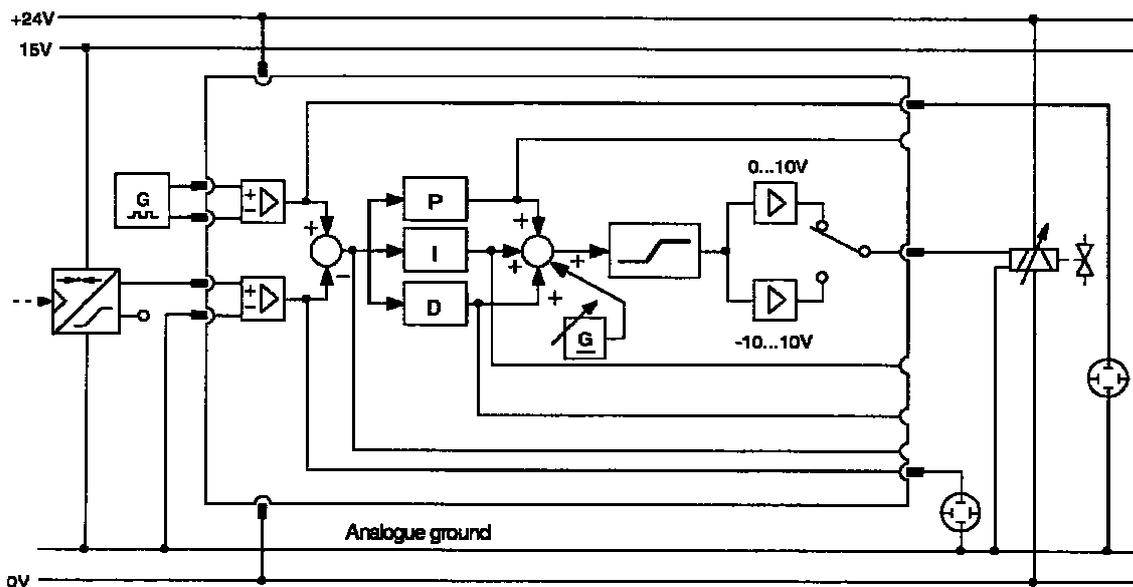


Figura 8-9. Conexiones eléctricas.

**CONTROL DE LA POSICIÓN DEL ÉMBOLO DE UN CILINDRO MEDIANTE EL USO DE UNA VÁLVULA PROPORCIONAL DE CAUDAL.**

Se trata de controlar la posición del émbolo de un actuador neumático. Para ello se deben seguir las conexiones que se indican en los esquemas de las figuras 8-10, 8-11 y 8-12.

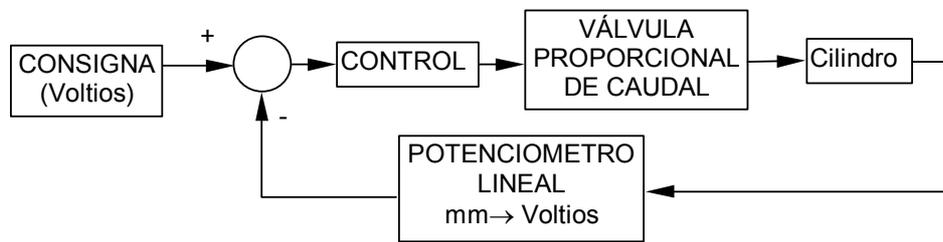


Figura 8-10. Diagrama de bloques.

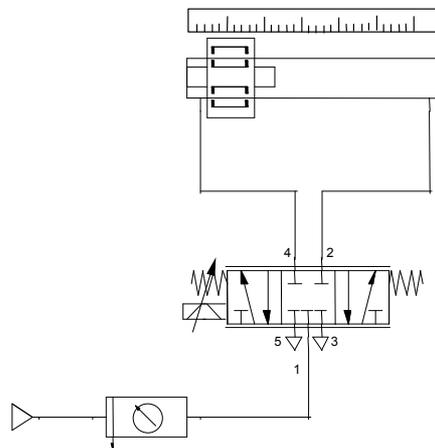


Figura 8-11. Esquema neumático.

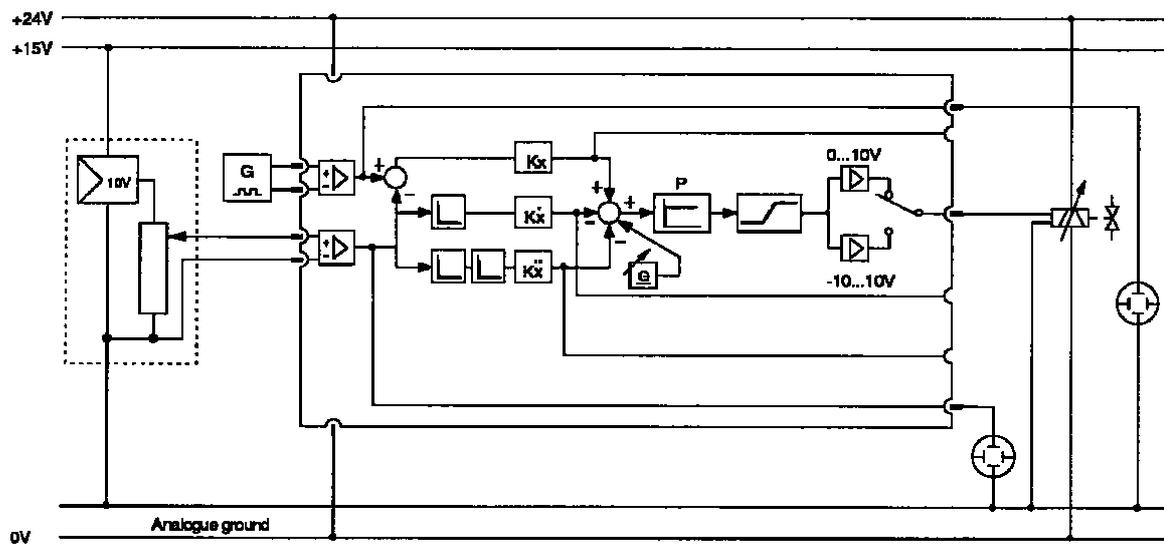


Figura 8-12. Conexiones eléctricas.

Como consigna, igual que en el caso anterior se usará una salida del convertidor A/D del PC que corresponda a una posición en milímetros de la carrera del cilindro. Como control se emplea la caja control proporcional en el que se puede introducir constantes proporcionales a la posición velocidad y aceleración del actuador. Como elemento final de control se usa la válvula proporcional y como actuador un cilindro lineal sin vástago. Para realimentar el bucle de control se dispone de un potenciómetro lineal que actúa como sensor de posición externo.

Las conexiones neumáticas son como se indican en la correspondiente figura 8-11 de la página anterior.

El potenciómetro se debe conectar de la siguiente manera: el cable rojo a +15 V , el azul a la tierra analógica (analog ground), el negro y el blanco hacia la conexión de realimentación del control. Como su longitud efectiva son 225 mm y su tensión de salida va de 0 a 10 V. La constante de proporcionalidad para pasar los voltios a mm será de 22,5. De esta forma si el potenciómetro nos da una señal de 1 V quiere decir que el cilindro está en la posición 22,5 mm.

La electroválvula lleva conectado el cable rojo hacia +24V el azul a - 0V, el cable negro hacia la salida de la caja del control y el blanco hacia la tierra analógica.