

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

REHABILITACIÓN DE TABLERO DE CONTROL NEUMÁTICO DE LAZO ABIERTO, PARA SUMINISTRAR AIRE A PRESIÓN CONSTANTE

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

MANUEL GIOVANNY CHINCHERO MEJÍA

giovanny_chme@hotmail.com

CÉSAR ROLANDO CATAGÑA ALCOCER

lkccesar@hotmail.com

DIRECTOR: ING. FERNANDO JÁCOME JIJÓN

luisfernando.jacome@epn.edu.ec

Quito, Abril 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, Manuel Giovanni Chinchero Mejía y César Rolando Catagña Alcocer, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de nuestra autoría y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. Además que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de este documento cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa intelectual vigente.

.....

Manuel Giovanni Chinchero Mejía

.....

César Rolando Catagña Alcocer

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por: Manuel Giovanni Chinchero Mejía y César Rolando Catagña Alcocer, bajo mi supervisión.

.....
Ing. Fernando Jácome
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento va dirigido a:

La Escuela Politécnica Nacional, en especial a la carrera de Tecnología Electromecánica por habernos dado la oportunidad de adquirir los conocimientos para nuestra vida profesional durante todo nuestro período de formación académica.

Además un especial agradecimiento al Ing. Fernando Jácome por habernos guiado y apoyado en el proceso de elaboración de nuestro proyecto.

Y finalmente damos las gracias a todos nuestros profesores de la carrera de tecnología electromecánica, quienes nos han enseñado a luchar y ser mejores cada día.

RESUMEN

El presente proyecto responde a la necesidad de rehabilitar el módulo de control neumático que posee el Laboratorio de instrumentación industrial de la carrera de tecnología electromecánica de la ESFOT. Debido a que es imposible su utilización por tener componentes en mal estado y carecer de una adecuada infraestructura para su correcta operación.

La rehabilitación del módulo didáctico de control neumático para suministrar aire a presión constante, permite que el estudiante electromecánico se familiarice con sistemas de instrumentación y control automático ampliamente utilizados en las industrias. Se utilizó un compresor para el suministro de aire comprimido, un controlador indicador de presión (P.I.C), regulador de presión, acumuladores de aire, válvula de control, manómetros, tuberías y accesorios. El componente principal del módulo de control neumático es el P.I.C de tipo neumático, el cual tiene la función de controlar e indicar la presión que se desea mantener en el proceso. El supply suministra aire comprimido regulado a 20 p.s.i para el P.I.C que recibe una señal de entrada (input) de 3 – 15 p.s.i, proveniente del elemento sensor que mide la presión de aire en el proceso y dependiendo de la señal de entrada el P.I.C envía una señal de salida (output) entre 3 – 15 p.s.i que es aplicado sobre el diafragma de la válvula de control, provocando el movimiento del vástago de la válvula e indicando la carrera de la misma. La señal de salida output depende de los valores asignados a la banda proporcional, unidad integral y unidad derivativa del P.I.C. La elección adecuada de estos valores permite tener movimientos precisos del vástago de la válvula de control y obtener una presión de salida constante.

Al finalizar la rehabilitación del módulo neumático, se procedió a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento, las mismas que fueron satisfactorias. Las pruebas realizadas así como la operación y calibración de instrumentos se detalla en el capítulo N° 5, que corresponde al manual del módulo neumático el cual proporciona procedimientos que deben ser tomados en cuenta para una correcta manipulación y mantenimiento del módulo didáctico de control neumático.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

NOCIONES DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

1.1. Generalidades.....	1
1.2. Introducción.....	1
1.3. Terminologías empleadas en Instrumentación.....	3
1.4. Clases de instrumentos.....	3
1.5. Mecanismos de control neumático.....	6
1.6. Criterios para la elección de un sistema de control.....	9
1.6.4.1. Control de dos posiciones.....	12
1.6.4.2. Control flotante.....	13
1.6.4.3. Control proporcional.....	14
1.6.4.4. Control proporcional + integral (P.I).....	16
1.6.4.5. Control proporcional + derivativo. (P.D).....	17
1.6.4.6. Control proporcional + integral + derivativo. (P.I.D).....	18
1.7. Aire comprimido para Instrumentación.....	20

CAPÍTULO II

MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN EN LA REGULACIÓN DE PROCESOS

2.1. Introducción.....	21
2.2. Definiciones básicas de presión.....	22

2.3. Sistemas de unidades de presión.....	24
2.4. Conversión de unidades de presión.....	26
2.5. Medición de presión.....	26
2.5.1. Medidores de columna líquida.....	27
2.5.1.1. Barómetro.....	28
2.5.1.2. Manómetros.....	29
2.6. Fuelles y cápsulas.....	32
2.7. Transmisores.....	33
2.8. Transductores.....	37
2.9. Convertidores.....	42
2.10. Elemento final de control.....	43
2.11. Manejo y control de presión.....	43
2.12. Importancia de la presión en la industria.....	44
2.13. Aplicaciones de la presión en la industria.....	45

CAPÍTULO III

VÁLVULAS DE CONTROL

3.1. Introducción.....	46
3.2. Terminologías.....	50
3.3. Tipos de válvulas.....	51
3.4. Factores para la elección de válvulas.....	59
3.5. Selección de válvulas.....	62

CAPÍTULO IV

REHABILITACIÓN Y READECUACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL DE LAZO ABIERTO NEUMÁTICO PARA SUMINISTRAR AIRE A PRESIÓN CONSTANTE.

4.1. Diagnóstico general del estado físico del tablero.....	66
4.2. Rediseño del tablero.....	67
4.3. Selección de Materiales y Partes componentes.....	69
4.4. Descripción de elementos que conforman el tablero.....	70
4.5. Instalación eléctrica.....	80
4.6. Tuberías de aire comprimido.....	82
4.7. Métodos para el cálculo de tuberías.....	83
4.8. Tipo de control utilizado en el tablero.....	86
4.9. Diagramas.....	90
4.9.1. Diagrama de funcionamiento.....	90
4.9.2. Diagrama unifilar.....	90
4.10. Ensamblaje de los componentes del tablero de control de presión.....	92
4.11. Descripción del funcionamiento colectivo.....	94

CAPÍTULO V

MANUAL DEL TABLERO DE CONTROL NEUMÁTICO

5.1. Operación de instrumentos.....	97
5.2. Calibración de instrumentos.....	104
5.3. Pruebas de funcionamiento	120
5.4. Aplicación.....	131

CONCLUSIONES	132
RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFÍA	136

ANEXOS:

ANEXO 1:

1.1.Simbología utilizada en instrumentación.....	138
1.2. Mandos neumáticos y eléctricos.....	140
1.3. Esquema de aplicación.....	143

ANEXO 2:

2.1. Conversión y equivalencias de unidades de presión.....	145
2.2. Conversión y equivalencias de unidades de temperatura.....	146
2.3. Conversión y equivalencias de unidades de área.....	147

ANEXO 3:

Terminologías empleadas en instrumentación industrial.....	148
------------------------------------------------------------	-----

CAPÍTULO I

NOCIONES DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

1.1 GENERALIDADES

1.2 INTRODUCCIÓN

El aparato mas primitivo que emplea el principio de control por realimentación fue desarrollado por un griego llamado Ktsibios aproximadamente hace 300 años A.C. este aparato primitivo se trataba de un reloj de agua, el cual medía el paso del tiempo por medio de un pequeño chorro de agua que fluía a velocidad constante dentro de un recipiente. Este recipiente poseía un flotador el mismo que subía a medida que el tiempo transcurría, Ktsibios resolvió el problema del mantenimiento del caudal constante de agua; empleando a la entrada del suministro de agua una regulación del caudal, por medio de una válvula flotante que mantenía el nivel constante. Por lo que si el nivel de agua se elevaba como resultado de un incremento en la presión de suministro de agua, el flotador se elevaba restringiendo el caudal de agua en el recipiente regulador hasta que el flotador volvía al nivel específico.

Pero en el siglo IX el regulador de nivel de tipo flotante fue reinventado en Arabia, con el propósito de poder usarlo para mantener el nivel constante en los bebederos de agua. Posteriormente en el siglo XVI en Inglaterra se usaba el principio de realimentación para mantener el nivel constante, para mantener automáticamente las paletas de los molinos de viento en una posición normal a la dirección del viento. En el siglo XVII en Inglaterra se inventaba el termostato que se aplicaba para mantener la temperatura constante de una incubadora.

El primer uso del control automático en la industria parece haber sido el regulador centrífugo de la máquina de vapor de Watt en el año 1775 aproximadamente. Este aparato fue utilizado para regular la velocidad de la máquina manipulando el caudal de vapor por medio de una válvula.

Aún cuando el principio de control por realimentación se lo ha utilizado desde hace muchos años, su estudio teórico aparece muy tarde en el desarrollo de la tecnología y la ciencia. El primer análisis de control automático es la explicación matemática del regulador centrífugo por James Clerk Maxwell en 1868. Mas tarde la técnica del regulador se adjudicó a otras máquinas y turbinas. Y a principios del siglo XX comenzó la aplicación de reguladores y servomecanismos en reguladores de energía térmica para el control de buques. Las aplicaciones generales al control de procesos no comenzaron hasta la década de los 30. Las técnicas de control se consagraron rápidamente, tal es así que ya en los años 40, funcionaban redes de control relativamente complejas.

Sin embargo, el gradual aumento en la complejidad de los procesos industriales y la demanda de productos estandarizados a un nivel mayor de calidad ha exigido la automatización de los procesos por medio de instrumentos de medición y control cada vez mejores y más sofisticados. Los instrumentos de control y medición permiten controlar y mantener estables algunas magnitudes, tales como: la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el PH, la humedad, entre otras.

La utilización de instrumentos que permiten controlar un proceso, ha permitido reducir la intervención física directa del operario en el control de procesos industriales. Permitiendo que el operario realice actividades de supervisión y vigilancia, desde centros de control situados en el propio proceso o en lugares muy distantes con mayor seguridad.

En la actualidad la existencia de instrumentos modernos, de alta precisión y gran exactitud; ha permitido fabricar productos complejos en condiciones estables de calidad, condiciones que al operario le serían imposibles o muy difíciles de conseguir, realizando exclusivamente un control manual.

1.3 TERMINOLOGÍAS EMPLEADAS EN INSTRUMENTACIÓN

En el Anexo N° 3. Se muestran de forma detallada las terminologías empleadas en Instrumentación.

1.4 CLASES DE INSTRUMENTOS.

“La instrumentación industrial incluye una cantidad y variedad grande de instrumentos por lo que resulta conveniente clasificar los mismos para facilitar su estudio y comprensión. La siguiente clasificación es de acuerdo a la función del instrumento y relacionada con la variable del proceso.

1.4.1 DE ACUERDO CON LA FUNCIÓN DEL INSTRUMENTO.

1.4.1.1 Instrumentos ciegos:

Estos son aquellos que no tienen indicación visible de la variable. A este grupo pertenecen los instrumentos de alarma y control entre los que tenemos: presostatos y termostatos, los transmisores o receptores sin indicación.

1.4.1.2 Instrumentos indicadores:

Este tipo de instrumentos disponen de un índice y una escala graduada en los analógicos o de indicación numérica en los digitales en los que puede leerse el valor de la variable medida.

1.4.1.3 Instrumentos registradores:

Estos instrumentos registran con trazo continuo o de puntos la variable y pueden ser de gráfico circular, rectangular o alargado. Los registradores de gráfico circular, generalmente la carta circular da una revolución en 24 horas. Los de gráfico rectangular típicamente tienen una velocidad del gráfico de 20 mm/hora, aunque en muchos casos esta velocidad es seleccionable.

1.4.1.4 Elementos primarios:

Estos son los que están en contacto con la variable y utilizan o absorben energía del medio medido.

1.4.1.5 Transmisores:

Estos captan la variable del proceso a partir del elemento primario y amplifican esta señal para transmitirla a distancia; la señal transmitida puede ser neumática o eléctrica. En los transmisores neumáticos la señal transmitida típicamente es de 3 a 15 psi, de 0.2 a 1 kg/cm² o de 20 a 100 kPa. Los transmisores electrónicos entregan una señal eléctrica de corriente típica de 4 a 20 mA, de 10 a 50 mA o de 0 a 20 mA. Pero también pueden entregar una señal de voltaje de 0 a 5 V.

1.4.1.6 Transductores:

Los transductores reciben la señal de entrada función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no, en una señal de salida.

Son transductores un relé, un elemento primario, un transmisor, un convertidor presión del proceso - intensidad de corriente, un convertidor presión del proceso - señal neumática, etc.

1.4.1.7 Convertidores:

Estos reciben una señal neumática (3 - 15 psi) o eléctrica (4 - 20 mA) y la modifica a una señal estándar de corriente o neumática. Por ejemplo: los convertidores electroneumáticos (I/P) y los (P/I).

1.4.1.8 Receptores:

Estos reciben las señales procedentes de los transmisores y la indican o registran.

1.4.1.9 Reguladores:

Son los que comparan la variable controlada con el valor deseado (referencia, punto de consigna) y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación (señal de error).

1.4.1.10 Elemento final de control.

Este recibe la señal del controlador (acción de control) y actúa sobre una variable del proceso, modificando las condiciones de operación del mismo. En la industria los elementos finales de control son generalmente válvulas de control.

1.4.2 EN FUNCIÓN DE LA VARIABLE DEL PROCESO

Esta clasificación corresponde específicamente al tipo de las señales medidas y es independiente del sistema empleado en la conversión de la señal del proceso. Así mismo esta clasificación es independiente del número y tipo de transductores existentes entre el proceso (es decir la variable medida) y el instrumento final.

De esta forma los instrumentos se clasifican en instrumentos de presión, caudal, nivel, temperatura, densidad, pH, tensión eléctrica, etc. Para la designación de un determinado instrumento generalmente se utilizan las dos clasificaciones expuestas anteriormente. Por ejemplo, se referirá a un transmisor ciego de presión o un controlador registrador de temperatura, etc.

En la figura 1.1, se puede apreciar un diagrama conformado por varios elementos e instrumentos de campo y panel utilizados en instrumentación y control, que emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de transmitir de una forma más fácil y específica la información. Esto es indispensable en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control.”¹

¹. Instrumentación industrial – Antonio Creus Sole – 7ª edición – págs. 15 -22.

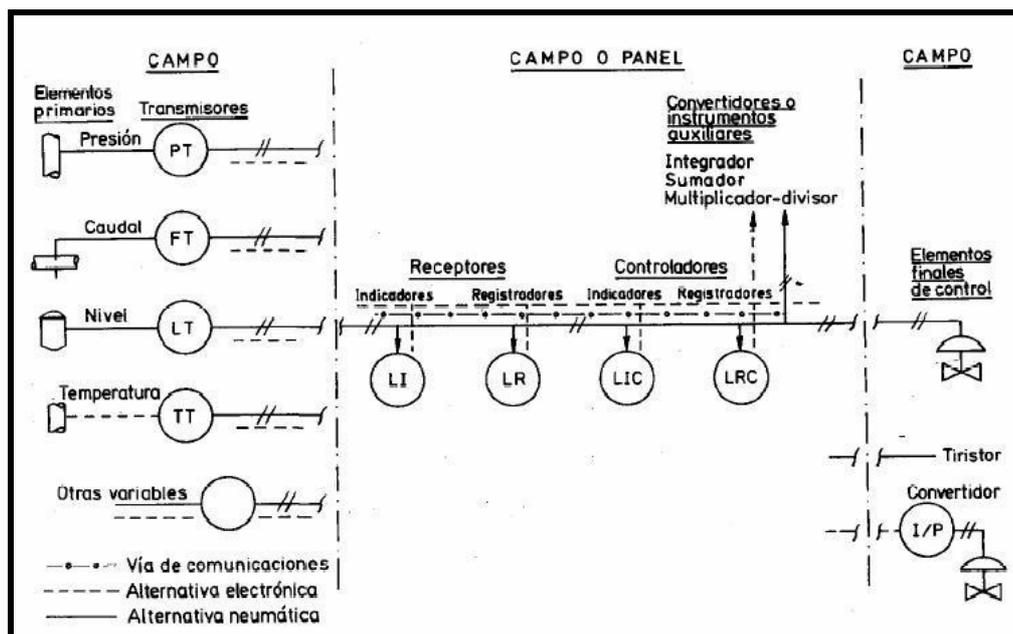


Figura 1.1. Instrumentos de campo y de panel.

1.5 MECANISMOS DE CONTROL NEUMÁTICO

“El dispositivo básico en el mecanismo de control neumático, esta constituido por la unidad tobera- lengüeta. Esta unidad junto con el relé amplificador neumático y los fuelles de realimentación forman un mecanismo simple y de acción rápida.

Aunque existen mecanismos eléctricos y electrónicos capaces de realizar la medición y control de las variables de un proceso industrial, los mecanismos neumáticos son y seguirán siendo utilizados debido a su simplicidad, economía, funcionamiento probado y seguridad.

1.5.1 UNIDAD LENGÜETA – TOBERA

La figura 1.2, muestra el conjunto simple de la unidad tobera-lengüeta en la cual el aire de entrada es regulado a 20 psi y alimenta a la tobera a través de un tubo reductor de presión. La abertura de la tobera es mayor que la del tubo reductor, por lo que cuando la lengüeta se separa de la tobera, la presión en la tobera desciende a un valor bajo que es aproximadamente de 2 a 3 psi. En cambio cuando la lengüeta se acerca a la tobera la presión en esta asciende hasta el valor de alimentación que es de 20 psi.

Además un recorrido de la lengüeta de centésimas de milímetro, produce una señal neumática proporcional, que puede variar desde un valor cerca de cero hasta llegar a la presión de alimentación que es de 20 psi.

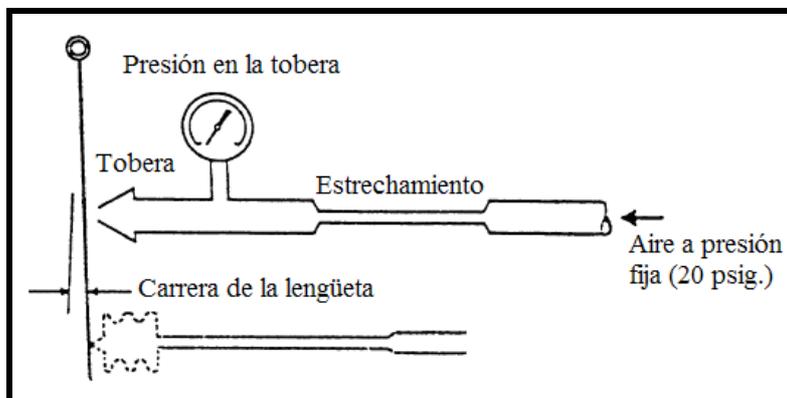


Figura 1.2. Conjunto tobera - lengüeta.

1.5.1.1 Limitaciones de la unidad tobera – lengüeta

El conjunto simple de tobera – lengüeta tiene las siguientes limitaciones básicas:

- Si la salida de aire se emplea directamente para operar una válvula de control, deberá pasar a través del tubo reductor de entrada. Por lo que la presión a la salida puede cambiar lentamente originando una acción lenta.
- La velocidad del aumento de presión queda limitada por el tubo reductor de entrada. Y la velocidad de disminución de presión queda limitada, por el lento movimiento del aire a través de la tobera a la atmósfera.
- La lengüeta se mueve solamente unas centésimas de milímetro para pasar de la presión mínima a la máxima en la tobera. Esto provoca que el elemento se vuelva susceptible a la vibración y pueda provocar inestabilidad.
- El elemento sensible que mueve la lengüeta debe ser lo bastante fuerte para vencer el soplo de aire que abandona la tobera. Puesto que como muchos elementos sensibles ejercen relativamente poca fuerza, por lo que no podría usarse para posicionar la lengüeta de un modo exacto y positivo.

Todas las limitaciones que presenta la unidad tobera – lengüeta se eliminan empleando una válvula relé que amplifica la posición de la tobera y un sistema posicionador de realimentación que repone la lengüeta o la tobera.

1.5.2 VÁLVULA RELÉ (AMPLIFICADOR NEUMÁTICO)

En la figura 1.3, se muestra un amplificador neumático unido a una tobera. En la cual la presión de la tobera se aplica al relé neumático, el cual contiene un diafragma que opera una pequeña válvula de tipo bola. Este diafragma tiene una gran superficie por lo que pequeños cambios de presión en su superficie producen una fuerza suficiente para mover la válvula de bola. Cuando la válvula esta abierta permite que todo el aire de alimentación alcance la salida y si esta cerrada hace que la tobera purgue el aire a la atmósfera. Pero si se cambia la posición de la lengüeta con respecto a la tobera, la presión del aire que actúa sobre el diafragma del relé varia y abre o cierra el relé de la válvula de bola. Y si aumenta o disminuye el volumen de aire de alimentación, el cual puede ahora fluir directamente desde la alimentación a la salida.

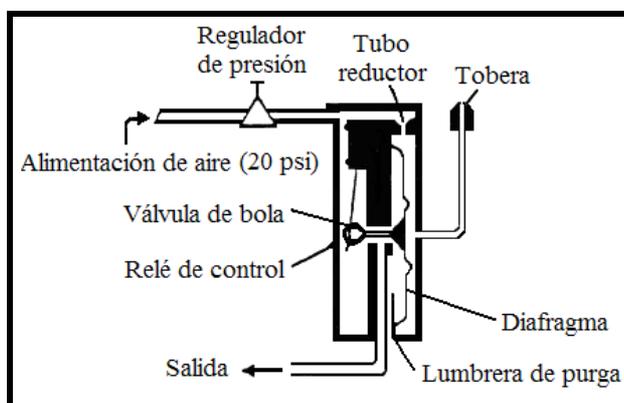


Figura 1.3. Amplificador neumático.

Este relé se conoce también como amplificador neumático, debido a que un pequeño cambio en la presión de la tobera produce un gran cambio en la presión de salida. Es decir se produce un aumento en la presión de salida cuando la presión de la tobera crece.”²

². Norman A. Anderson (FOXBORO) – Instrumentos para la medición y control de procesos industriales, págs. 19 – 20.

1.6 CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

1.6.1 FACTORES PARA LA ELECCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

El objetivo de todo proceso industrial es la obtención de un producto final, de unas características determinadas de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado. Esta constancia en las propiedades del producto sólo será posible gracias a un control exhaustivo de las condiciones de operación ya que tanto la alimentación al proceso, como las condiciones del entorno son variables en el tiempo.

La misión del sistema de control en un determinado proceso industrial, será corregir las desviaciones surgidas en las variables del proceso respecto de unos valores determinados; que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto producido. El sistema de control nos permitirá una operación del proceso más fiable y sencillo, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables y corregir toda desviación que pudiera producir en ellas respecto a los valores de ajuste.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

- Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
- Conseguir las condiciones de operación deseadas de forma rápida y continua.
- Trabajar correctamente bajo un amplio rango de condiciones operativas.
- Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

La implantación de un adecuado sistema de control, que se adapte a las necesidades de nuestro sistema significa una sensible mejora de la operación; los principales beneficios obtenidos serán:

- Incremento de la productividad.
- Mejora de los rendimientos.
- Mejora de la calidad.
- Ahorro energético.
- Control medioambiental.
- Seguridad operativa.
- Optimización de la operación del proceso y utilización del equipo.
- Fácil acceso a los datos del proceso.

1.6.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

El control del proceso consiste en la recepción de unas entradas, variables del proceso, su procesamiento y comparación con unos valores predeterminados por el usuario, y posterior corrección en caso de que se haya producido alguna desviación respecto al valor preestablecido de algún parámetro del proceso.

El bucle de control típico estará formado por el propio proceso y por los siguientes elementos:

- Elementos de medida (Sensores) que generan una señal indicativa de las condiciones del proceso.
- Elementos de control (Controladores) estos leen la señal de medida, comparan la variable medida con la deseada (punto de consigna) para determinar el error, y estabilizan el sistema realizando el ajuste necesario para reducir o eliminar el error.
- Elementos de actuación (Válvulas y otros elementos finales de control) reciben la señal del controlador y actúan sobre el elemento final de control de acuerdo a la señal recibida.

En esta serie de operaciones de medida, comparación, cálculo y corrección constituyen una cadena cerrada o ciclo cerrado. El conjunto de elementos que hacen posible este control reciben el nombre de bucle de control, el cual se puede observar en la figura 1.4.

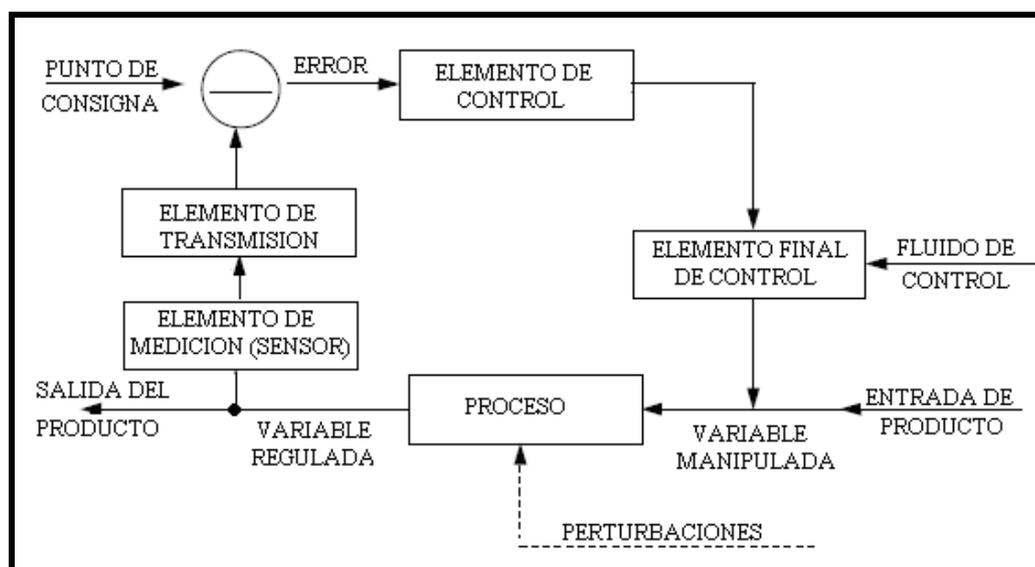


Figura 1.4. Bucle de control

1.6.3 SISTEMAS DE CONTROL

“Un sistema de control es un conjunto de elementos interrelacionados entre si que permite comandar, regular o dirigir a otro sistema o a si mismo dinámicamente y pueden ser de lazo abierto (bucle abierto) o lazo cerrado (bucle cerrado). En la figura 1.5 se muestra los lazos de control.

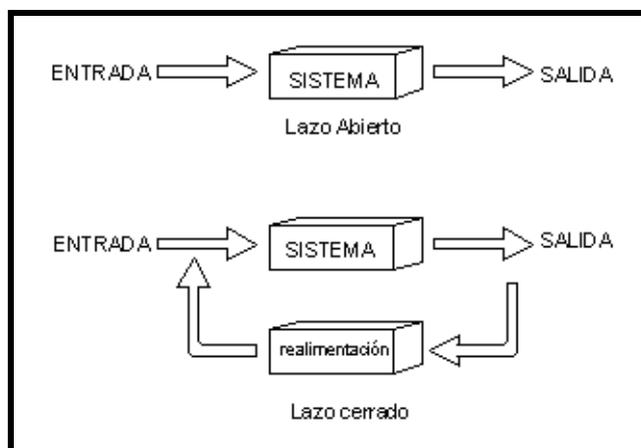


Figura 1.5. Lazos de control

Los sistemas de control con realimentación, son sistemas de control de bucle cerrado. En los que existe una realimentación continua de la señal de error del proceso al controlador, actuando éste conforme a esta señal buscando una reducción gradual del error hasta su eliminación. Este es el tipo de sistema que más extendido se encuentra en la actualidad.

1.6.4 TIPOS DE CONTROL

Se puede hacer una clasificación de los sistemas de control atendiendo al procedimiento lógico usado por el controlador del sistema para regular la evolución del proceso. Los principales tipos de control utilizados en procesos industriales son:

- Control de dos posiciones
- Control flotante
- Control proporcional
- Control proporcional + integral (P.I.)
- Control proporcional + derivativo. (P.D.)
- Control proporcional + integral + derivativo. (P.I.D.)

1.6.4.1 Control de dos posiciones

Este tipo de control es muy utilizado por su simplicidad y bajo costo de implementación. También es llamado control ON/OFF o Todo/Nada, en un control de este tipo la salida del controlador toma sólo dos posibles valores, lo que se traduce en el elemento final de control como un estado abierto o cerrado.

Este tipo de control se muestra en la figura 1.6, y funciona satisfactoriamente en procesos con una velocidad de reacción lenta y con tiempo de retardo mínimo. Pero su principal problema es que la salida oscila repetidas veces cuando la variable controlada se encuentra cerca del punto de ajuste. La causa primordial de estas oscilaciones es el ruido que pueda afectar al sensor de medición, que es interpretado como una fluctuación rápida por encima y por debajo del punto de

ajuste. Si el elemento final de control no es un dispositivo de estado sólido, sino un relé o una válvula, la rápida conmutación que ocurre pudiera deteriorarlo en poco tiempo.

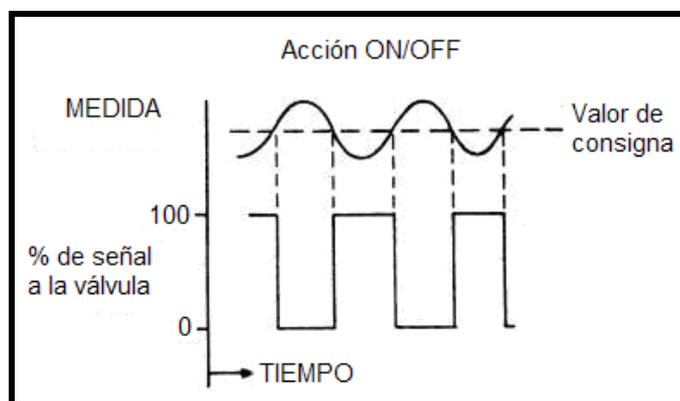


Figura 1.6. Control de dos posiciones

1.6.4.2 Control flotante

El control flotante también conocido como control flotante de velocidad constante, mueve el elemento final de control a una velocidad constante independiente de la desviación. Un control de dos posiciones puede convertirse en un control flotante, si se utiliza una válvula motorizada reversible de baja velocidad cuyo recorrido sea de un minuto o un poco más, desde la posición abierta a la cerrada y viceversa.

También se tiene el control flotante de velocidad constante con una zona neutra, el cual se consigue al acoplar a un control de dos posiciones con una zona neutra una válvula motorizada reversible de baja velocidad. En este tipo de control la válvula se mueve en la dirección adecuada hasta que la variable retorna al interior de la zona neutra. La válvula puede moverse hasta llegar a alcanzar sus posiciones extremas de apertura o de cierre. En la siguiente figura 1.7, se muestra los dos casos de control flotante. El control flotante tiende a producir oscilaciones en la variable controlada, estas oscilaciones pueden ser controladas eligiendo adecuadamente la velocidad del elemento final de control para lograr compensar las características del proceso.

El control flotante tiene la ventaja de compensar los cambios de carga lentos del proceso, mediante el desplazamiento gradual de la posición de la válvula. No obstante este tipo de control no es adecuado si existe un retardo importante o si los cambios de carga son muy rápidos.

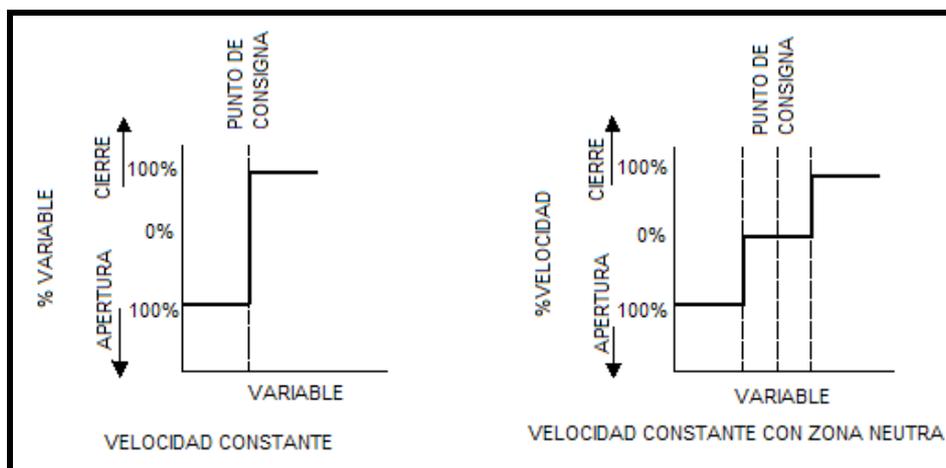


Figura 1.7. Control flotante de velocidad constante y de velocidad constante con zona neutra

1.6.4.3 Control proporcional (P.)

El sistema de control proporcional se basa en establecer una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control. Es decir la válvula de control se moverá el mismo valor para cada unidad de desviación. En un esquema de control proporcional, existe una relación lineal continua entre la salida del controlador y la variable controlada. Básicamente, si la diferencia que existe entre la variable del proceso y el punto de ajuste es muy grande, se debe generar una acción de control mayor; y si es pequeña sólo se deberá corregir muy poco, por lo que la salida del controlador es proporcional a la magnitud del error.

La figura 1.8, muestra la reacción del controlador de acción proporcional ante un cambio en la variable del proceso. La salida del controlador aumentará en " K_c " veces la magnitud del error.

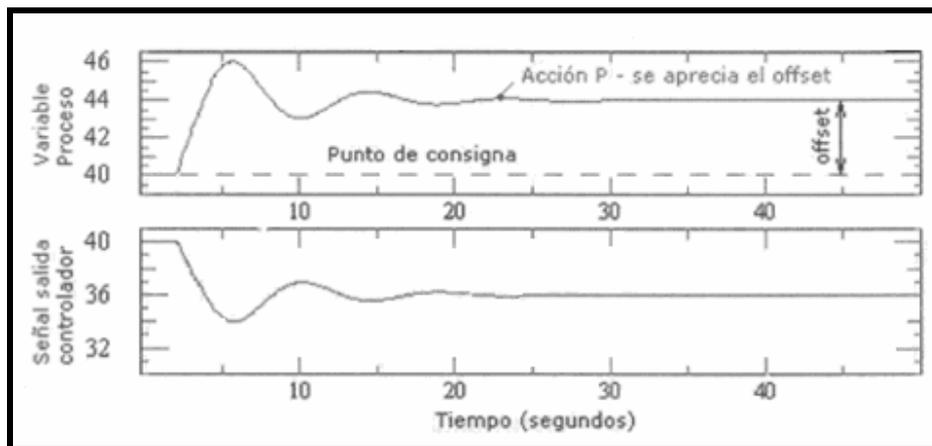


Figura 1.8. Control proporcional con offset

El offset puede reducirse disminuyendo la banda proporcional procurando no producir la inestabilidad del proceso. Además la desviación puede ser eliminada efectuando un reajuste manual del punto de consigna. No obstante una nueva perturbación que pueda aparecer en el proceso, originará un nuevo offset.

La ganancia del controlador, es la relación entre un cambio de la variable de salida y el error que lo produce. Por lo general la banda proporcional se define como la inversa de la ganancia del controlador:

$$BP = \frac{100\%}{K_c} \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

La banda proporcional (B.P.), es el porcentaje de variación de la variable controlada que ocasiona una carrera completa del elemento final de control.

En la figura 1.9, se observa el efecto de aumentar o disminuir la banda proporcional; puede notarse como para una B.P. del 500%, al ir la variable controlada de 0% a 100% el recorrido del elemento final de control (E.F.C.) es de apenas un 20%. Mientras que para una B.P. del 20% basta con un cambio del 20% en la variable del proceso, para llevar al E.F.C. desde la máxima apertura hasta estar cerrado completamente.

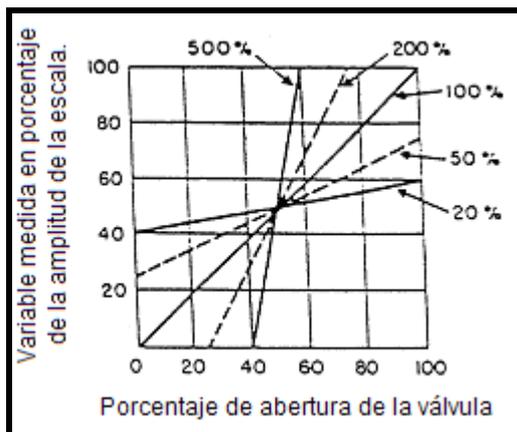


Figura 1.9. Banda proporcional

Una ventaja de esta estrategia de control, es que sólo requiere del cálculo de un parámetro, la ganancia (K_c). Sin embargo, el controlador proporcional posee una característica indeseable que se conoce como error en estado estacionario u offset. Esto se puede observar en la figura 1.8, en la que si una perturbación es introducida al sistema, el controlador proporcional no es capaz de colocar la variable controlada en el punto de ajuste mientras se mantenga dicha perturbación.

1.6.4.4 Control proporcional + integral (P.I.)

El control integral basa su funcionamiento en abrir o cerrar la válvula a una velocidad constante, hasta conseguir eliminar la desviación entre la variable y el punto de consigna. Integrando la desviación en el tiempo y sumando la acción proporcional, la velocidad de accionamiento será proporcional al error del sistema existente.

Este sistema se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición o su inversa repeticiones por minuto, que corresponde al tiempo en que ante una señal de escalón, la válvula de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional. Pero este tipo de control presenta la ventaja de carecer de offset, por lo que resulta posible recuperar las condiciones de operación de ajuste después de producirse una variación en las entradas del sistema.

En la figura 1.10, se puede apreciar las curvas de la acción proporcional + integral, cuando se produce un cambio de carga en el proceso durante un periodo de tiempo.

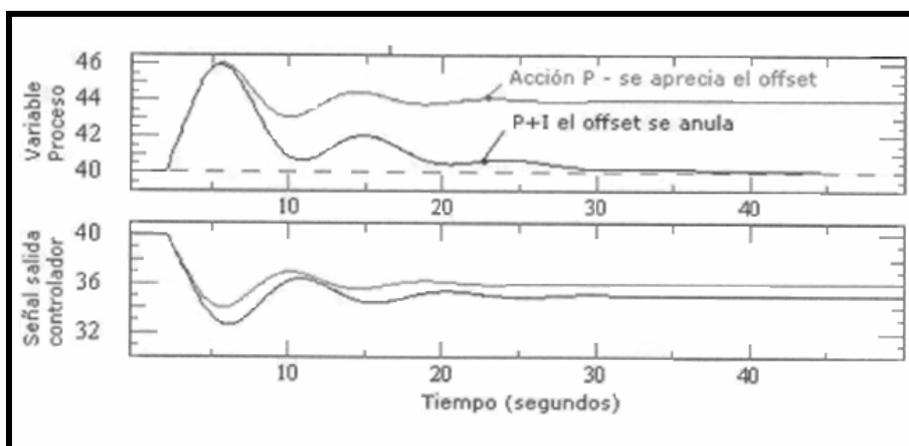


Figura 1.10. Respuesta de un controlador PI ante un cambio de carga

El fenómeno conocido como saturación integral, que aparece cuando la variable controlada queda fuera de los límites de la banda proporcional. La acción continua del integrador origina que la señal de salida a la válvula de control se sature y tenga su valor máximo o mínimo. Ante lo cual la variable debe cruzar por el punto de consigna, para que al cambiar de signo la desviación varíe la señal de salida del controlador y la válvula inicie su cierre o apertura.

1.6.4.5 Control proporcional + derivativo (P.D.)

En la regulación derivativa la posición de la válvula será proporcional a la velocidad de cambio de la variable controlada. Así la válvula sufrirá una mayor o menor recorrido dependiendo de la velocidad de cambio del error del sistema. La adopción de este sistema de control nos permitirá una regulación sin offset.

Además el control derivativo nos permite tener una mayor velocidad de corrección de las desviaciones del sistema, contribuye a una operación más estable y continua. En la figura 1.11, se muestra el movimiento de la válvula de control ante los cambios en la variable controlada, provocados por un cambio de carga en el proceso.

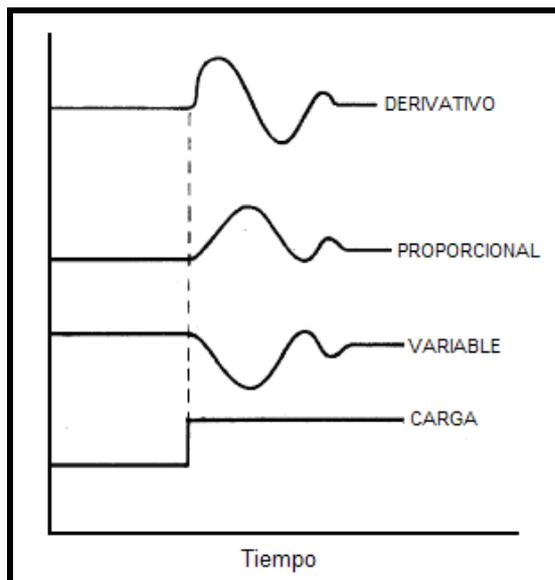


Figura 1.11. Control proporcional + derivativo

La acción derivativa se caracteriza por el llamado tiempo de acción derivativa expresada en minutos de anticipo, que es el intervalo durante el cual, la variación de la señal de salida del controlador debida a la acción proporcional, iguala a la parte de variación de la señal debida a la acción derivativa; cuando se aplica al instrumento una señal en rampa.

Al tener una acción derivativa demasiado grande puede originar una inestabilidad en un proceso. Además un tiempo de acción derivativa muy pequeño, permite la oscilación de la variable por un tiempo relativamente largo con relación al punto de consigna. Por lo que el tiempo óptimo de acción derivativa es aquel que permite retornar a la variable controlada al punto de consigna con el mínimo de oscilaciones.

1.6.4.6 Control proporcional + integral + derivativo (P.I.D.)

Normalmente en las aplicaciones de control no se recurre solamente al empleo de un sólo tipo de regulación, dando lugar a sistemas de control combinados. Por lo que surge el controlador P.I.D. que es la combinación de las tres acciones de control las cuales son: proporcional, integral y derivativo. El cual presenta las siguientes características:

- La acción proporcional cambia la posición de la válvula proporcionalmente a la desviación de la variable controlada con respecto al punto de consigna.
- La acción integral mueve la válvula a una velocidad proporcional a la desviación con respecto al punto de consigna.
- La acción derivativa corrige la posición de la válvula proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada.

La actuación de este tipo de sistemas se puede ver en la figura 1.12, se puede apreciar como cambia la variable del proceso y la señal de salida del controlador en el tiempo en un control P.I.D.

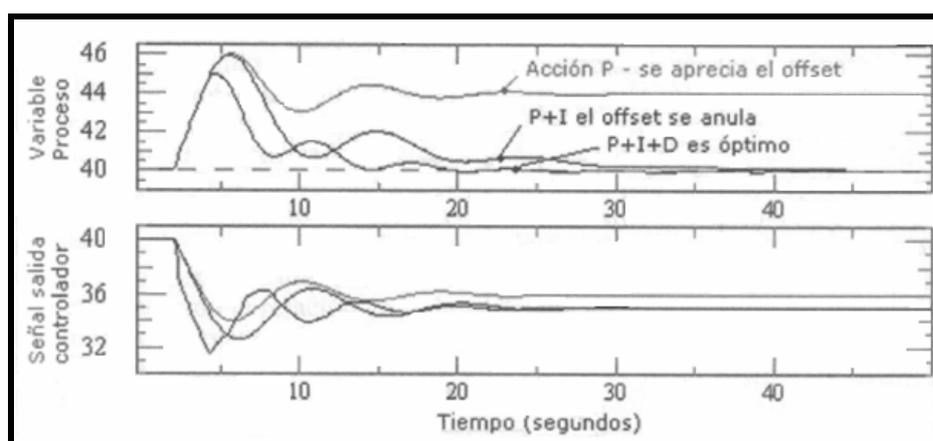


Figura 1.12. Control proporcional + integral + derivativo.

A continuación se detalla la acción que ejerce cada una de las señales que componen un controlador P.I.D. Cabe mencionar que la señal que llega a la válvula de control, es la suma de cada una de las señales de las acciones: proporcional, integral y derivativa.

- La señal de la acción proporcional (P) mueve la válvula de acuerdo a los cambios de la variable multiplicados por la ganancia.

- La señal de la acción integral (I) va sumando las áreas de diferencia entre la variable y el punto de consigna repitiendo la señal proporcional según el tiempo de acción integral en minutos por repetición.
- La señal de la acción derivativa (D) es la pendiente es decir la tangente de la curva descrita por la variable, con lo que anticipa la posición de la válvula en el tiempo debida a la acción proporcional según el valor de tiempo de acción derivativa expresada en minutos de anticipo.”³

1.7 AIRE COMPRIMIDO PARA INSTRUMENTACIÓN

“Los sistemas de control neumático exigen aire limpio porque la presencia de agua, aceite o suciedad puede producir un funcionamiento poco confiable y un aumento considerable en los costos de mantenimiento.

El contaminante de más serias consecuencias es la materia sólida, pero existen filtros que permiten eliminar eficazmente este problema. El aire contaminado se origina debido a:

- Condiciones atmosféricas desfavorables en la admisión de aire.
- Funcionamiento y mantenimiento negligentes del compresor y sus accesorios.
- Presencia de oxido u otras materias extrañas en el interior de las tuberías.
- Aceite de los cilindros del compresor.
- Remoción de contaminantes en el aire comprimido.

Además se debe dimensionar correctamente los accesorios neumáticos tales como: compresor, filtros, reguladores de presión y otros dispositivos que alimentan aire a instrumentos o a un sistema de control. Tales accesorios deben tener capacidad suficiente para satisfacer las necesidades del sistema.”⁴

³. Instrumentación industrial – Antonio Creus Sole – 7ª edición – págs 485 -501

⁴. Manual de instrumentación industrial “Honeywell” págs. 122-124

CAPITULO II

MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN EN LA REGULACIÓN DE PROCESOS.

2.1 INTRODUCCIÓN

La presión puede definirse como una fuerza por unidad de área o superficie, en donde para la mayoría de los casos la presión se mide directamente por su equilibrio directamente con otra fuerza conocida que puede ser la de una columna líquida, un resorte, un diafragma cargado con un resorte o cualquier otro elemento que puede sufrir una deformación cualitativa cuando se le aplica la presión.

Las mediciones de presión son las más importantes que se hacen en la industria; sobre todo en industrias de procesos continuos, como por ejemplo en el procesamiento y elaboración de compuestos químicos. Las mediciones de presión pueden ser desde valores muy bajos que se consideran un vacío, hasta valores de presión altos que se puede tener en un sistema hidráulico.

Los principios que se aplican a la medición de presión se utilizan también en la determinación de temperaturas, flujos y niveles de líquidos. Por lo tanto, es muy importante conocer los principios generales de operación, los tipos de instrumentos, los principios de instalación, mantenimiento de los instrumentos para obtener el mejor funcionamiento posible, cómo se debe usar para controlar un sistema o una operación y la manera como se calibran. El control de la presión en los procesos industriales da condiciones de operación seguras; las presiones excesivas no solo pueden provocar la destrucción del equipo si no también puede provocar la destrucción del equipo adyacente y ponen al personal en situaciones peligrosas, particularmente cuando están implícitas fluidos inflamables o corrosivos. Para tales aplicaciones, las lecturas absolutas de gran precisión con frecuencia son tan importantes como lo es la seguridad extrema.

2.2 DEFINICIONES BÁSICAS DE PRESIÓN

Antes de aprender sobre la medición de presión, es necesario entender que es presión precisamente. En general se tiene una presión cuando se aplica una fuerza sobre una determinada área, esta definición da lugar a que se tenga diferentes tipos de presiones dependiendo de que fuerzas y sobre que áreas están actuadas.

2.2.1 PRESIÓN ABSOLUTA

“Es la presión de un fluido medido con referencia al vacío perfecto o cero absoluto, la presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas lo que indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña.

El término presión absoluta se creó debido a que la presión atmosférica varía con la altitud y muchas veces los diseños se hacen en otros países a diferentes altitudes sobre el nivel del mar, por lo que un término absoluto unifica criterios. El valor absoluto de la presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

Presión Absoluta = Presión Manométrica + Presión Atmosférica. (Ecuación 2.1)

2.2.2 PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El hecho de estar rodeados por una masa gaseosa (aire), y al tener este aire un peso actuando sobre la tierra, quiere decir que estamos sometidos a una presión atmosférica, la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide normalmente por medio del barómetro. Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión atmosférica es 14.7 lb/pulg² (101,35 Kpa), disminuyendo este valor con la altitud.

2.2.3 PRESIÓN MANOMÉTRICA

Son normalmente las presiones superiores a la atmosférica, que se mide por medio de un elemento que define la diferencia entre la presión que es desconocida y la presión atmosférica que existe, si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta, la presión manométrica disminuye; esta diferencia generalmente es pequeña mientras que en las mediciones de presiones superiores, dicha diferencia es insignificante.

2.2.4 PRESIÓN DE VACÍO

Se refiere a presiones manométricas menores que la atmosférica, que normalmente se miden, mediante los mismos tipos de elementos con que se miden las presiones superiores a la atmosférica, es decir, por diferencia entre el valor desconocido y la presión atmosférica existente. Los valores que corresponden al vacío aumentan al acercarse al cero absoluto y por lo general se expresa en centímetros de mercurio (cmHg), milímetros de mercurio (mmHg), metros de agua, etc.

De la misma manera que para las presiones manométricas, las variaciones de la presión atmosférica tienen solo un efecto pequeño en las lecturas del indicador de vacío. Sin embargo las variaciones pueden llegar a ser de importancia debido a que todo el intervalo hasta llegar al cero absoluto solo comprende 760 mmHg, medida de la presión del manómetro.

2.2.5 PRESIÓN EN UN LÍQUIDO

Es un hecho conocido que en una columna de agua la presión aumenta con la profundidad. La presión es siempre la misma a una profundidad determinada y depende principalmente de la densidad del líquido y la profundidad.

2.3 SISTEMAS DE UNIDADES DE PRESIÓN

De la definición de presión se deduce que la unidad de presión en cualquier sistema es la razón entre la unidad de fuerza y la unidad de superficie. Tenemos las siguientes unidades:

2.3.1 SISTEMA INTERNACIONAL

En el sistema internacional, la unidad de presión es el Pascal (Pa) que se define como la presión ejercida por la fuerza de un newton sobre la superficie de un metro cuadrado.

El Sistema Internacional de Unidades, abreviado S.I., también denominado Sistema Internacional de Medidas, es el sistema de unidades más extensamente usado. El Sistema internacional también es conocido como sistema métrico, especialmente en las naciones en las que aún no se ha implantado para su uso cotidiano. Fue creado en 1960 por la Conferencia General de Pesas y Medidas, que inicialmente definió seis unidades físicas básicas o fundamentales. Una de las principales características que constituye la gran ventaja del SI, es que sus unidades están basadas en fenómenos físicos fundamentales.

2.3.2 SISTEMA TÉCNICO

La unidad, en el sistema técnico, es el kilopondio por metro cuadrado (kp/m^2), pero resulta más empleada la atmósfera técnica (atm), que se define como la presión ejercida por la fuerza de 1kp sobre la superficie de 1 m^2 .

El sistema técnico de unidades es un sistema de unidades derivado del primitivo sistema métrico decimal, una diferencia importante con otros sistemas del mismo origen, como el MKS o el CGS, es que las unidades fundamentales son fuerza F(kilopondio, a veces kilogramo-fuerza), distancia L (metro) y tiempo T (segundo); en vez de masa, distancia y tiempo, como sucede en los dos sistemas citados.

En el Sistema Técnico, la masa se mide en UTM = Unidad técnica de masa, siendo la UTM una unidad derivada de las fundamentales: F, L, T, y definida como aquella masa a la que si se aplica una fuerza de 1kp, experimenta una aceleración de 9,8 m/s².

2.3.3 SISTEMA CEGESIMAL

En el sistema cegesimal, la unidad de presión es la baria, que se define como la presión ejercida por la fuerza de 1 dina sobre la superficie de 1 cm².

El Sistema Cegesimal de Unidades, también llamado Sistema CGS o Sistema Gaussiano, es un sistema de unidades basado en el centímetro, el gramo y el segundo. Su nombre deriva de las letras iniciales de estas tres unidades. Ha sido casi totalmente reemplazado por el Sistema Internacional de Unidades, aunque aún continúa en uso. ”⁵

⁵. <http://www.presión-monografías-com.htm>

2.4 CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN

“Cuando se trabaja en la resolución de problemas, frecuentemente surge la necesidad de convertir valores numéricos de un sistema de unidades a otro. Estas conversiones se facilitan con el conocimiento de los diferentes sistemas de unidades y cuando se dispone de todos los factores de conversión de una unidad a otra. La destreza aritmética o algebraica, es indispensable para obtener resultados numéricos correctos en los cálculos. En la literatura de productos (por ejemplo: en los manuales, datos del producto) para cada instrumento de medición de presión, incluye el rango de presión dentro del cual ese dispositivo puede ser eficazmente y seguramente operado. Sin embargo, las unidades de presión usadas en la literatura del producto no pueden estar igual que las unidades especificadas por un operador para su aplicación. Por consiguiente, se exigen a menudo las conversiones de unidades para determinar si un dispositivo de medición de presión particular reunirá los requisitos de la aplicación del operador.

Nota: En el anexo N° 2, se proporciona una tabla para la conversión y equivalencia de unidades de presión.

2.5 MEDICIÓN DE PRESIÓN.

Los instrumentos de medición de presión varían ampliamente en la amplitud, rango, exactitud, complejidad, mantenimiento, etc., de acuerdo a sus diferentes aplicaciones en la ciencia y la tecnología. Las mediciones de presión dependen del instrumento, siendo físicamente movido por una fuente de presión que es medida por un elemento primario o sensor. Los tipos de medidores de presión utilizados son los de columna líquida, mecánicos, eléctricos, electrónicos, etc.

En las aplicaciones industriales es muy frecuente medir y controlar la presión de un líquido o de un gas. A veces se necesita una presión determinada para que se produzca una transformación en las condiciones previstas o para que funcione

correctamente un accionamiento neumático o hidráulico, otras veces habrá que vigilar si se supera o no se alcanza cierto valor y también es posible que a través de la presión se pretenda vigilar si se supera o no se alcanza cierto valor. ”⁶

2.5.1 MEDIDORES DE COLUMNA LÍQUIDA.

El medidor de columna líquida sirve como estándar primario para todos los estándares secundarios que se emplean para calibrar instrumentos que determinan la presión dentro de su rango o alcance, en condiciones de laboratorio. Este tipo de medidor está compuesto principalmente de un tubo de vidrio o metal, lleno de un líquido de densidad conocida que ejerce una presión hidrostática que varía directamente con la altura de la columna. Por ejemplo, una columna de mercurio de 4.5 metros de altura tiene un rango de presión de 88.408 lb/pulg.² a 20 °C en condiciones normales de presión y temperatura, la presión en la columna del líquido se determina de acuerdo con la ecuación 2.2.

$$P = D \cdot h \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde:

P = Presión en lbs/pulg.²

D = Densidad del líquido en lbs/pulg.³

h = Altura de la columna en pulg.

Entre los tipos de medidores de columna líquida tenemos los siguientes:

- El Barómetro
- El Manómetros

⁶. Tippens Paúl. “Física 1”. Pág. 266,.....270 Editorial McGRAW- HILL.Mexico

2.5.1.1 El barómetro

“En la figura 2.1, se muestra el barómetro el cual es un instrumento para medir la presión atmosférica, es decir la fuerza por unidad de superficie ejercida por el peso de la atmósfera. Por ejemplo el barómetro de cubeta tiene un rango de operación de 0.1 a 3 metros de la columna de agua, como en cualquier fluido esta fuerza se transmite por igual en todas las direcciones. La forma más fácil de medir la presión atmosférica es observar la altura de una columna de líquido cuyo peso compense exactamente el peso de la atmósfera. Un barómetro de agua sería demasiado alto para resultar cómodo. El mercurio, sin embargo, es 13,6 veces más denso que el agua, y la columna de mercurio sostenida por la presión atmosférica normal tiene una altura de sólo 760 milímetros, que se equilibra con la presión atmosférica. De acuerdo a estudios, el aire presiona sobre cada centímetro cuadrado con un peso de 1.033 gramos, es decir, 1,033 gr/cm². Esto surge del conocimiento del peso de un centímetro cúbico de mercurio es: 13,59 gr/cm³, que fuera multiplicado por 76 cm. de altura del mercurio en el tubo, con lo que se obtiene que $13,59 \text{ gr/cm}^3 \times 76 \text{ cm.} = 1.033 \text{ gr/cm}^2$.”⁷

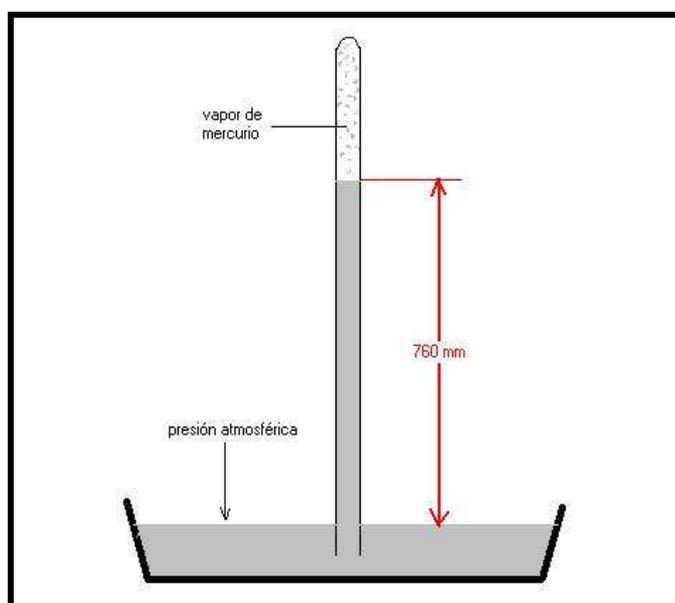


Figura 2.1. El Barómetro

⁷. http://www.presión_monografías_com.htm

2.5.1.2 Manómetros

“El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. En la mecánica la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

La presión suele medirse en atmósferas en el sistema internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newtons por metro cuadrado (N/m^2). Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debida a un vacío parcial. Su breve tiempo de respuesta y su carcasa resistente al polvo y a las salpicaduras de agua, hacen de estos aparatos instrumentos idóneos para el sector industrial.

2.5.1.2.1 Manómetros con tubo de bourdon

El manómetro con tubo de Bourdon (figura 2.2), es un elemento tubular de sección elíptica en forma de anillo casi completo, cerrado por un lado. Al aumentar la presión interna, el tubo tiende a enderezarse y este movimiento es transmitido por otros servomecanismos a una aguja indicadora o a un elemento transmisor. Los tubos de Bourdon son tubos curvados en forma circular de sección oval. La presión a medir actúa sobre la cara interior del tubo, con lo que la sección oval se aproxima a la forma circular. Mediante el acodamiento del tubo de Bourdon se producen tensiones en el borde que flexionan el tubo. El extremo del tubo sin tensar ejecuta un movimiento que representa una medida de la presión. Para presiones hasta 40 bares se utiliza en general tubos curvados de forma circular con un ángulo de torsión de 270° , y para presiones superiores se utiliza tubos con varias vueltas en forma de tornillo.

Los tubos de Bourdon tienen una fuerza de retorno relativamente baja. Por ello debe tenerse en cuenta su influencia en la indicación, en los equipos adicionales como por ejemplo indicadores de seguimiento, transmisores de señal límite o potenciómetros de control remoto.

Los órganos de medición de tubo de Bourdon solamente pueden protegerse contra sobre presión de manera limitada mediante el apoyo del órgano medidor con un valor límite de presión. Los manómetros de tubo de Bourdon se utilizan para presiones de medición de 0,6 a 4000 bares. La influencia de la modificación de la temperatura sobre la indicación está determinada fundamentalmente por la evolución de la temperatura del módulo de elasticidad del tubo de Bourdon. El error causado por la temperatura, según el material, está entre 0,3% y 0,4% de su rango de operación.



Figura 2.2. Manómetro tipo bourdon

Los tubos de Bourdon se pueden fabricar en cualquier tipo de material que tenga las características elásticas adecuadas para el rango de presión y la resistencia al medio corrosivo que se va a medir en la aplicación en particular. Algunos de los materiales que se usan son latón, aleación de acero, aceros inoxidables, bronce, K-monel y cobre de berilio. El tubo de Bourdon puede tener la forma de una C, espiral o hélice, como se puede ver en la figura 2.3. Se le da forma aplanando un tubo redondeado y luego doblándolo para obtener la forma de una C, una espiral o una hélice; se sella uno de los extremos del tubo y se le ajusta a un mecanismo indicador. Cuando la presión se aplica al extremo abierto del tubo, tiende a enderezarse a su forma original y produce la suficiente fuerza para mover un

sector dentado u otro mecanismo indicador o de control. El tubo de Bourdon se sujeta por su base fija, de manera que la presión ejercida es proporcional a su movimiento. Los sectores dentados u otros mecanismos tales como una banda tensa sirven para multiplicar la magnitud del movimiento del tubo y para hacer que la lectura de la medición sea más fácil de obtener y tenga una mayor precisión. Cada arreglo requiere una ejecución cuidadosa para producir un movimiento lineal de la aguja indicadora sobre una escala calibrada o un mecanismo de registro.

En la tabla 2.1, se muestra los rangos de operación de los transductores de presión, esto es importante conocer al momento de elegir un tipo de transductor de presión para una determinada aplicación”⁸

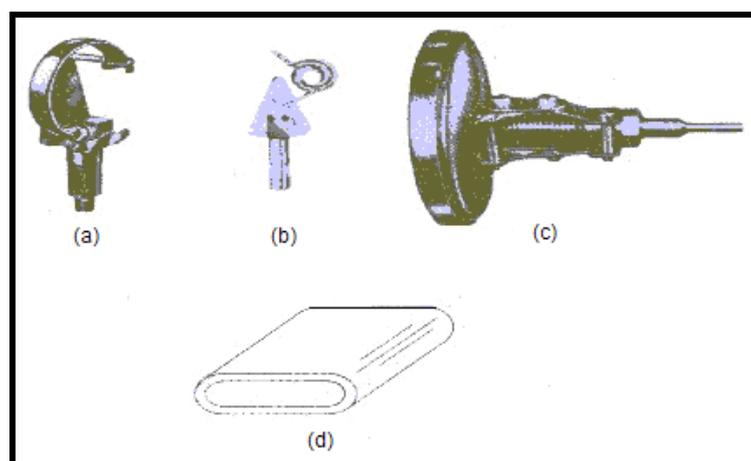


Figura 2.3. Elementos del tubo de Bourdon; a) Tipo C; b) En espiral; c) Helicoidal; d) Área de la sección transversal

Tubo de Bourdon	0,5 - 6000 Kg./cm ²
Espiral	0,5 - 2500 Kg./cm ²
Helicoidal	0,5 - 5000 Kg./cm ²
Diafragma	50 mm c.d.a - 2 Kg./cm ²
Fuelle	100 mm c.d.a - 2 Kg./cm ²

Tabla 2.1 Rango de operación de traductores de presión

⁸ . http://www.presión.monografías_com.htm

2.6 FUELLES Y CÁPSULAS

“Los fuelles y cápsula son cámaras flexibles que se expanden cuando se llena con material bajo presión. Las cámaras individuales de una cápsula son selladas, así que solamente la primera cámara en la serie esta primeramente en contacto con la presión del proceso. Las cápsulas tienden a regresar a su forma original cuando la presión es liberada. En la figura 2.4, se muestra un manómetro que utiliza una capsula para medir presión. En cambio los fuelles requieren a menudo un resorte externo (ver figura 2.5) para regresar a su forma inicial, una presión referencial también puede aplicarse al exterior de los fuelles o cápsula.

El tipo de fuelle se restringe casi siempre a rangos de presiones bajas cuando se miden presiones absolutas o manométricas. Sin embargo, el medidor de fuelles puede emplearse para mediciones de presión diferencial a presiones relativamente altas. Los fuelles metálicos son una serie de partes circulares que se asemejan a los pliegos de un acordeón. Estas partes se forman o juntan de tal manera que se expanden o contraen axialmente debido a los cambios de presión. Los metales usados en la construcción de los fuelles deben ser lo suficientemente delgados para ser flexibles, lo bastante dúctiles para tener una fabricación más o menos fácil y para resistir firmemente a las fallas por desgaste. Los materiales que más se usan son latón, bronce, cobre de berilio, aleaciones de níquel y cobre, acero y monel; los metales o aleaciones difíciles de trabajar se usan principalmente para satisfacer requisitos de resistencia a la corrosión.”⁹

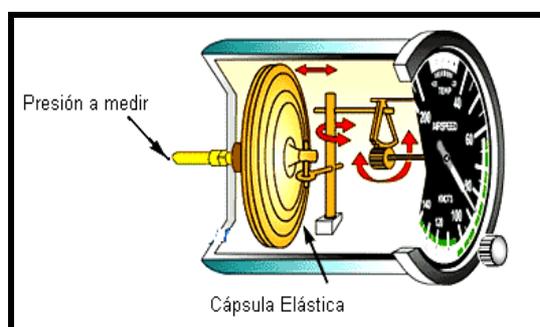


Figura 2.4. Manómetro de presión tipo cápsula

⁹ . Soisson Harold (1992). Instrumentación Industrial. Pág. 75.,77 Editores México.

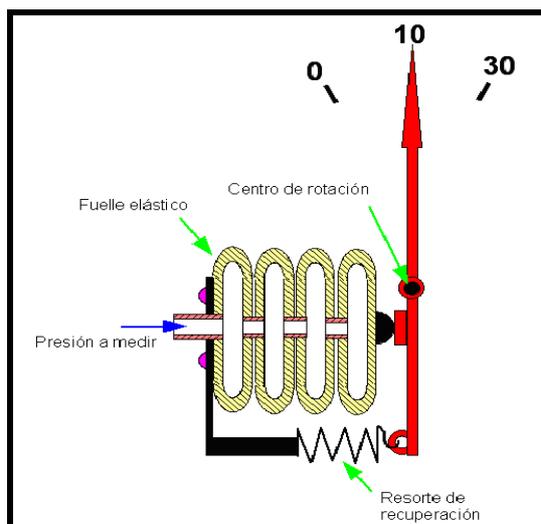


Figura 2.5. Manómetro de presión tipo fuelle

2.7 TRANSMISORES

“Los transmisores captan la variable del proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática, electrónica o digital. La señal neumática es de 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada) que equivale a 0,206 - 1,033 bares o 0,21 - 1,05 Kg/cm².

La señal electrónica digital normalizada es de 4 a 20 mA de corriente continua, pero también se utiliza de 1 a 5 mA c.c ó de 0 a 20 mA c.c. La señal digital consiste en una serie de impulsos en forma de bits. Cada bit consiste en dos signos, el 0 y el 1 (código binario) y representa el paso (1) ó no (0) de una señal a través del conductor.

2.7.1 TRANSMISORES NEUMÁTICOS

Los transmisores neumáticos se basan en el sistema tobera - obturador que mediante bloques amplificadores con retroalimentación por equilibrio de movimientos o de fuerzas, convierte el movimiento del elemento primario de medición a una señal neumática de 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada) o bien su equivalente en unidades métricas 0,2 a 1 Kg/cm², siendo su exactitud del orden del +/- 0,5 %.

Los transmisores neumáticos al tener el diámetro de la tobera muy pequeño del orden de 0,1 a 0,2 mm, son susceptibles de mal funcionamiento, debido a las partículas de aceite o de polvo que puedan tapan la tobera.

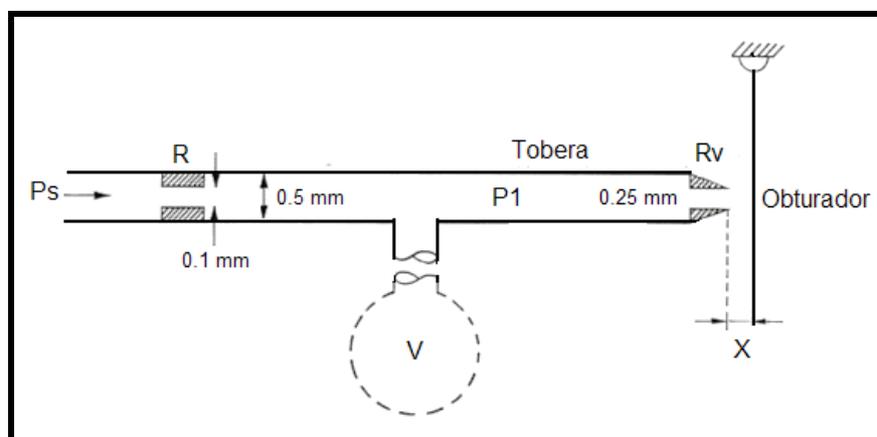


Figura 2.6. Sistema tobera - obturador

En la figura 2.6, se muestra el sistema tobera – obturador en el cual el aire de suministro (Ps) de presión normalizada a 20 psi, pasa por la restricción (R) y llena el volumen cerrado (V) escapándose a la atmósfera por la tobera (Rv) que tiene un diámetro muy pequeño cuya medida es 0,25 mm, mientras que la restricción (R) tiene un diámetro alrededor de 0,1 mm. Con el obturador abierto la presión posterior remanente es de unos 0,03 bar, lo cual indica que la relación de presiones diferenciales a través de la restricción (R) es de $1,4/0,03 = 50$ veces.

El consumo de aire del conjunto tobera - obturador es relativamente pequeño y el escape de aire a través de la tobera depende de la posición del obturador, es decir, del valor de X (ver figura 2.6). Debido a este escape el volumen (V) se encontrará a una presión (P1), intermedia entre la presión de suministro (Ps) y la presión atmosférica. En efecto: para $X = 0$ el obturador tapa casi totalmente a la tobera, con lo cual no hay escape de aire a la atmósfera y la presión llega a ser casi igual a la presión de suministro (Ps). En cambio para una separación relativamente grande del obturador con respecto a la tobera no limita el escape de aire a la atmósfera siendo la presión “P1” próxima a la atmosférica.

En la figura 2.7, se representa la curva de respuesta típica de un sistema tobera-obturador, pudiendo verse que la misma no es lineal. El aire que se escapa debe ser despreciable con relación a la fuerza del elemento de medida que posiciona el obturador. Con este objetivo en el amplificador de dos etapas se utiliza sólo una parte reducida de la curva y se disminuye además la sección de la tobera a diámetros muy pequeños de 0,1 a 0,2 mm (no se consideran diámetros más pequeños para evitar que la tobera se tape por suciedad del aire). De este modo, la parte reducida de la curva puede aproximarse a una línea recta con lo cual se consigue una relación prácticamente lineal entre el valor de la variable y la señal transmitida.

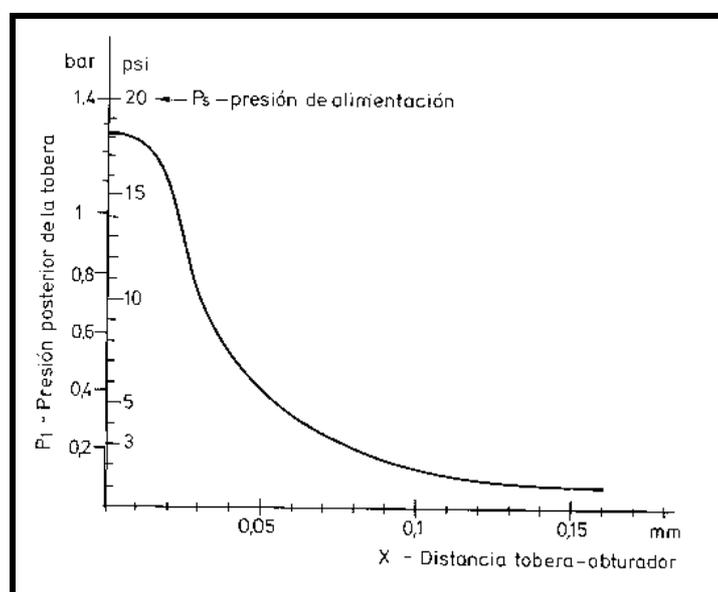


Figura 2.7. Curva de respuesta de un sistema tobera-obturador

Como la restricción fija R es 3 a 4 veces menor que la tobera R_t , sólo pasa por la misma un pequeño caudal de aire, por lo cual, el volumen V debe ser tan reducido como sea posible para obtener un tiempo de respuesta del sistema inferior al segundo. La válvula piloto (amplificador neumático) empleada en el amplificador de dos etapas (figura 2.8) cumple las siguientes funciones:

1. Aumento del caudal de aire suministrado o del caudal de escape para conseguir tiempos de respuesta inferiores al segundo.

2. Amplificación de presión (ganancia) que suele ser de 4 a 5, en general, para obtener así la señal neumática estándar 3-15 psi (0,2-1 bar).

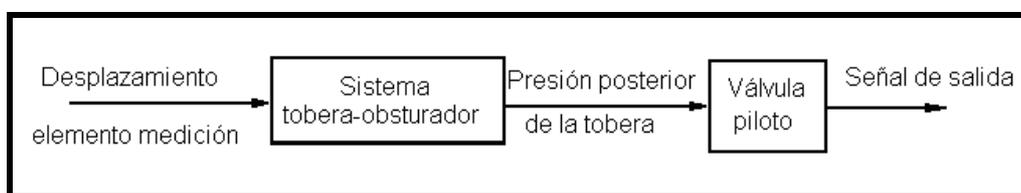


Figura 2.8. Bloque amplificador de dos etapas

2.7.2 TRANSMISORES ELECTRÓNICOS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS

En el transmisor de equilibrio de fuerzas con detector fotoeléctrico, la barra rígida tiene en su extremo una ventanilla ranurada que interrumpe total o parcialmente un rayo de luz que incide en una célula fotoeléctrica de dos elementos. Esta célula forma parte de un circuito de puente de Wheatstone auto equilibrado y, por lo tanto, cualquier variación de presión que cambie la barra de posición, moverá la ventana ranurada y desequilibrará el puente. La señal diferencial que se produce en los dos elementos de la célula es amplificada y excita un servomotor. Este, al girar, atornilla una varilla roscada la cual comprime un resorte de realimentación que a su vez aprieta la barra de equilibrio de fuerza con una fuerza tal que compensa la fuerza desarrollada por el elemento de presión. De este modo, el sistema se estabiliza en una nueva posición de equilibrio.

Este transmisor dispone de un contador óptico - mecánico acoplado al servomotor que señala los valores de presión en una pantalla exterior. El transductor electrónico de equilibrio de fuerzas que se muestra en la figura 2.9, se caracteriza por tener un movimiento muy pequeño de la barra de equilibrio (C), tiene realimentación, una elasticidad muy buena y un nivel alto en la señal de salida. Por su constitución mecánica presentan un ajuste del cero y del alcance (span) complicado y un alta sensibilidad a vibraciones y su estabilidad en el tiempo es de media a pobre. Su intervalo de medida corresponde al del elemento mecánico que utilizan (tubo Bourdon, espiral, fuelle, diafragma...) y su precisión es del orden de 0,5 - 1 %.

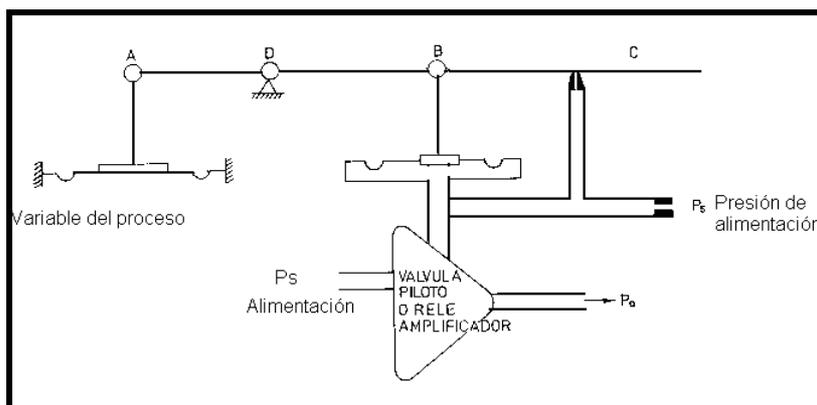


Figura 2.9. Transmisor electrónico de equilibrio de fuerzas

2.8 TRANSDUCTORES

“Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada en otra diferente de salida. El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza, aunque no necesariamente la dirección de la misma. Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina, en robótica, etc. para obtener la información de entornos físicos, químicos y conseguir a partir de esta información señales o impulsos eléctricos.

2.8.1 TRANSDUCTORES RESISTIVOS

Constituyen sin duda, uno de los transmisores eléctricos más sencillos. Consisten en un elemento elástico (tubo Bourdon o cápsula) que varía la resistencia ohmica de un potenciómetro en función de la presión. El potenciómetro puede adoptar la forma de un solo hilo continuo o bien estar arrollado a una bobina siguiendo un valor lineal o no de resistencia. Existen varios tipos de potenciómetro según sea el elemento de resistencia: potenciómetros de grafito, de resistencia bobinada, de película metálica y de plástico moldeado. En la figura 2.10 puede verse un transductor resistivo representativo que consta de un muelle de referencia, el elemento de presión y un potenciómetro de precisión. El muelle de referencia es el corazón del transductor ya que su desviación al comprimirse debe ser únicamente una función de la presión y además debe ser independiente de la temperatura, de la aceleración y de otros factores ambientes externos.

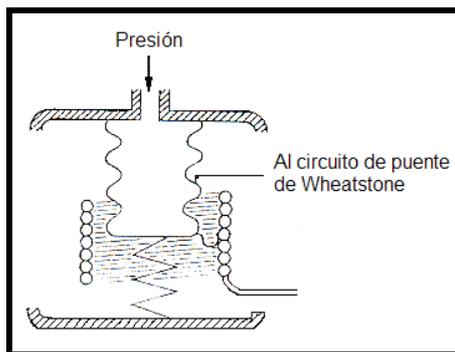


Figura 2.10. Transductor resistivo

2.8.2 TRANSDUCTORES MAGNÉTICOS

Transductores de inductancia variable se observa en la figura 2.11, en los que el desplazamiento de un núcleo móvil dentro de una bobina aumenta la inductancia de esta en forma casi proporcional a la porción metálica del núcleo contenida dentro de la bobina.

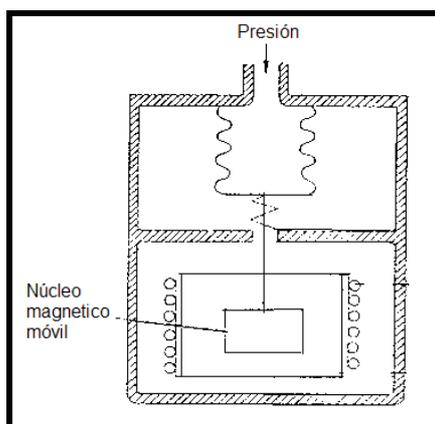


Figura 2.11. Transductor de inductancia variable.

El devanado de la bobina se alimenta con una corriente alterna y la f.e.m. de autoinducción generada se opone a la f.e.m. de alimentación, de tal modo que al ir penetrando el núcleo móvil dentro de la bobina la corriente presente en el circuito se va reduciendo por aumentar la f.e.m. de autoinducción.

El transformador diferencial estudiado en los transmisores electrónicos de equilibrio de fuerzas es también un transductor de inductancia variable, si bien, en lugar de considerar una sola bobina con un núcleo móvil, se trata de tres bobinas en las que la bobina central o primaria es alimentada con una corriente alterna y

el flujo magnético generado induce tensiones en las otras dos bobinas, con la particularidad de que si el núcleo está en el centro, las dos tensiones son iguales y opuestas. Y si se desplaza a la derecha o a la izquierda, las tensiones son distintas. Es decir, que el transformador diferencial es más bien un aparato de relación de inductancias. Los transductores de inductancia variable tienen las siguientes ventajas: no producen rozamiento en la medición, tienen una respuesta lineal, son pequeños y de construcción robusta y no precisan ajustes críticos en el montaje. Su precisión del orden de $\pm 1 \%$.

2.8.3 TRANSDUCTORES CAPACITIVOS

Se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión según figura 2.12. La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas. De este modo se tienen dos condensadores uno de capacidad fija o de referencia y el otro de capacidad variable, que pueden compararse en circuitos oscilantes o bien en circuitos de puente de Wheatstone alimentados con corriente alterna. Los transductores capacitivos se caracterizan por su pequeño tamaño y su construcción robusta, tienen un pequeño desplazamiento volumétrico y son adecuados para medidas estáticas y dinámicas. Su señal de salida es débil por lo que precisan de amplificadores con el riesgo de introducir errores en la medición.”¹⁰

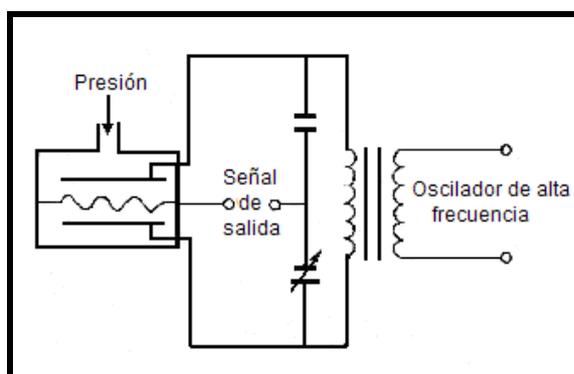


Figura 2.12. Transductor capacitivo

¹⁰ . Soisson Harold (1992). Instrumentación Industrial. Pág. 51, ..61 Editores México

2.8.4 GALGAS EXTENSOMÉTRICAS

“Se basan en la variación de longitud y de diámetro, y por lo tanto de la resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de resistencia se encuentra sometido a una tensión mecánica por la acción de una presión. Existen dos tipos de galgas extensométricas (figura 2.13) estas son: galgas cementadas formadas por varios bucles de hilo muy fino que están pegados a una hoja base de cerámica, papel o plástico, y galgas sin cementar en las que los hilos de resistencia descansan entre un armazón fijo y otro móvil bajo una ligera tensión inicial.

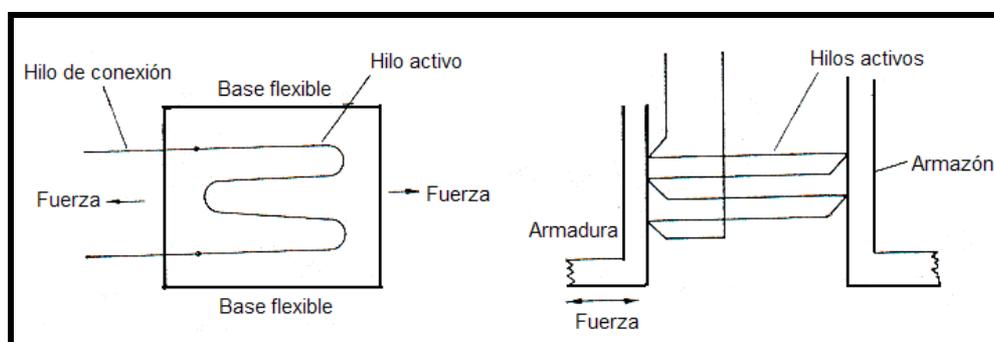


Figura 2.13. Estructura de un galga cementada (izquierda) y de una galga sin cementar (derecha).

Una innovación de la galga extensométrica la constituyen los transductores de presión de silicio difundido. Consisten en un elemento de silicio situado dentro de una cámara conteniendo silicona que está en contacto con el proceso a través de un diafragma flexible. El sensor está fabricado a partir de un monocristal de silicio en cuyo seno se difunde boro para formar varios puentes de Wheatstone constituyendo así una galga extensométrica auto contenida. El espesor del sensor determina el intervalo de medida del instrumento. El sensor con su puente Wheatstone incorporado forma parte del circuito de la figura 2.14.

Cuando no hay presión, las tensiones E_1 y E_2 son iguales y al aplicar la presión del proceso R_b y R_c , disminuyen su resistencia y R_a y R_d la aumentan dando lugar a caídas de tensión distintas y a una diferencia entre E_1 y E_2 . Esta diferencia se aplica a un amplificador diferencial de alta ganancia que controla un regulador de corriente variable. Un margen de corriente continua de 3 a 19 mA con 1 mA del puente produce una señal de salida de 4 a 20 mA c.c.

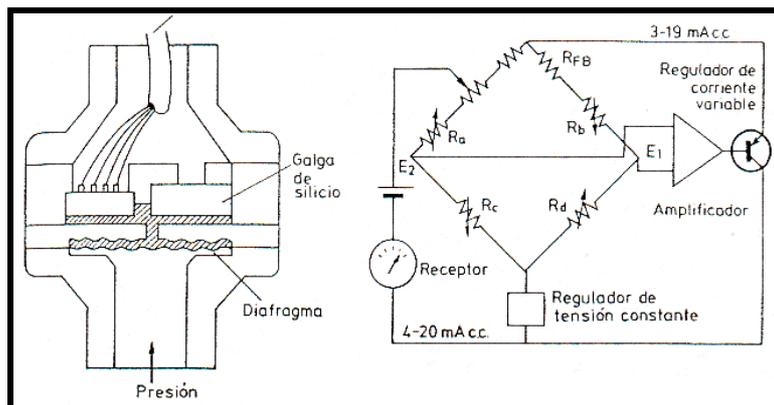


Figura 2.14. Transductor de presión de silicio difundido

Esta corriente circula a través de la resistencia de realimentación R_{fb} y produce una caída de tensión que equilibra el puente. Como esta caída es proporcional a R_{fb} esta resistencia fija el intervalo de medida (span) del transductor. El cero del instrumento se varía intercalando resistencias fijas en el brazo izquierdo del puente (cero basto) y un potenciómetro en el brazo derecho (cero fino). La adición de un microprocesador permite añadir inteligencia al instrumento al hacer posible funciones adicionales, tales como la compensación de temperatura ambiente, proporcionando un aumento de la precisión de la medida, en particular si la señal de salida del instrumento es enteramente digital en lugar de la analógica de 4-20 mA c.c. El intervalo de medida de los transductores de silicio difundido varía de 0 - 2 a 0 - 600 bares, con una precisión del orden de $\pm 0,2 \%$.

2.8.5 TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS

Los elementos piezoeléctricos (figura 2.15) son materiales cristalinos que al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan una señal eléctrica. Dos materiales típicos en los transductores piezoeléctricos son el cuarzo y el titanato de bario, capaces de soportar temperaturas del orden de 150°C en servicio continuo y de 230°C en servicio intermitente. Son elementos ligeros, de pequeño tamaño y de construcción robusta. Su señal de respuesta a una variación de presión es lineal y son adecuados para medidas dinámicas, al ser capaces de respuestas frecuenciales de hasta un millón de ciclos por segundo. Tienen la desventaja de ser sensibles a los cambios en la temperatura y de experimentar deriva en el cero y precisar ajuste de impedancias en caso de fuerte

choque. Asimismo, su señal de salida es relativamente débil por lo que precisan de amplificadores y acondicionadores de señal que pueden introducir errores en la medición.¹¹

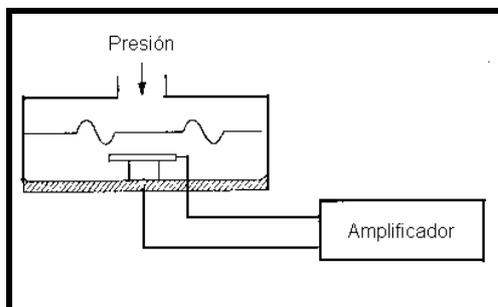


Figura 2.15. Transductor piezoeléctrico

2.9 CONVERTIDORES

“Los convertidores son aparatos que reciben una señal de entrada neumática de 3 a 15 psi o electrónica de 4 a 20 mA c.c. procedente de un instrumento y después de modificarla envían la señal resultante en forma de señal de salida estándar. Por ejemplo: un convertidor I/P (figura 2.16) en este tipo de convertidor la señal de entrada es electrónica de 4 – 20 mA y a su salida se obtiene una señal neumática de 3 – 15 psi. Conviene señalar que a veces se confunde convertidor con transductor, este último término es general y no debe aplicarse a un aparato que convierta una señal de instrumentos.



Figura 2.16. Convertidor I/P

¹¹ . <http://www.presiónmonografías.com.htm>

2.10 ELEMENTO FINAL DE CONTROL

El elemento final de control suele ser generalmente una válvula de control (figura 2.17) que efectúa su carrera completa accionada por un servomotor eléctrico, mecánico, neumático u oleohidráulico. En el control electrónico y en particular en regulación de temperatura de hornos pueden utilizarse rectificadores de silicio llamados tiristores. Estos se comportan esencialmente como bobinas de impedancia variable y varían la corriente de alimentación de las resistencias del horno, en la misma forma en que una válvula de control cambia el caudal de flujo en una tubería. Las señales neumáticas cuyo valor es de 3 -15 psi; 0,2 - 1 bar ó 0,2 - 1 kg/cm² y electrónica de 4 - 20 mA c.c., permite el intercambio entre los instrumentos de una planta industrial. No ocurre así en los instrumentos de señal de salida digital (transmisores, controladores) donde las señales son propias de cada suministrador. No obstante, existe el propósito de normalización, en particular en los sistemas de control distribuido, por parte de firmas de instrumentos de control (Bailey, Foxboro, Honeywell, Rosemount y otros) que estudian la aplicación del lenguaje o protocolo de comunicaciones.”¹²



Figura 2.17. Elemento final de control (válvulas)

2.11 MANEJO Y CONTROL DE LA PRESIÓN

Los instrumentos son diseñados para medir, indicar, controlar o almacenar la información de las variables del proceso, además de manipular mecanismos que

controlen diversos estados de un proceso. Algunos procesos son muy similares, pero eso no significa que sean exactamente iguales, por lo tanto, no todos los procesos tienen las mismas necesidades de control. La medición de una o más variables, hace posible determinar con certeza que sucede en un punto específico del proceso. El sistema de calefacción de una casa es ejemplo de un proceso, el cual tiene una de la variable controlada, el termostato de la calefacción que indica el estado de la variable existente medida y controlada. Un proceso industrial comienza con la medición de una variable. Por ejemplo, la temperatura del fluido del proceso fuera del intercambiador de calor es medida, esta información es utilizada para llevar a cabo una decisión acerca el proceso y finalmente se lleva a cabo la acción de control basada en la decisión tomada. ”¹²

2.12 IMPORTANCIA DE LA PRESIÓN EN LA INDUSTRIA

En los procesos industriales exigen la importancia de la presión para la fabricación de los diversos procesos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos: la fabricación de los productos derivados del petróleo, de los productos alimenticios, la industria cerámica, las centrales generadoras de energía, la industria papelera, la industria textil, etc. En todos estos procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constante algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, y la temperatura. En los inicios de la era industrial, el operario llevaba a cabo el control manual de estas variables utilizando solo instrumentos simples, manómetros, termómetros, válvulas manuales, entre otros que era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos. Sin embargo, la gradual complejidad con que estos se han ido desarrollando ha exigido su automatización progresiva por medio de los instrumentos de medición y control. Estos instrumentos han ido liberando al operario de su función de actuación física directa en la planta y al mismo tiempo, le han permitido una labor única de supervisión y de vigilancia del proceso.

¹² . Instrumentación industrial – Antonio Creus Sole – 7ª edición – págs 18,..., 20

2.13 APLICACIONES DE LA PRESIÓN EN LA INDUSTRIA

En la actualidad las aplicaciones de la presión son muy variadas, esta amplitud en los usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad, acompañada además de estudios recientes de las materias y principios que rigen la neumática. Todo lo anterior se ha visto reflejado en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía, lo que sin duda ha permitido un creciente desarrollo de la industria en general.

En la industria es de primera importancia contar con maquinaria especializada para controlar, impulsar, posicionar y mecanizar elementos o materiales propios de la línea de producción; para estos efectos se utiliza con regularidad la energía proporcionada por fluidos comprimidos. Se tiene aplicaciones en:

- Maquinaria para la industria plástica
- Maquinaria para la elaboración de alimentos
- Maquinaria para la minería
- Maquinaria para la industria siderúrgica
- Equipamiento para robótica, manipulación automatizada y montaje industrial.

Otras aplicaciones se pueden dar en sistemas propios de vehículos automotores, como automóviles, aplicaciones aeroespaciales y aplicaciones navales, por otro lado se pueden tener aplicaciones en el campo de la medicina y en general en todas aquellas áreas en que se requiere movimientos muy controlados y de alta precisión.

CAPÍTULO III

VÁLVULAS DE CONTROL

3.1 INTRODUCCIÓN

“Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde una fracción de pulgada hasta 30 ft (9 m) o más de diámetro. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta mas de 20.000 lb/pulg² (140 MPa) y temperaturas desde bajo cero hasta 1500 °F (815 °C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

La palabra flujo expresa el movimiento de un fluido, pero también significa para nosotros la cantidad total de fluido que ha pasado por una sección determinada de un conducto. Caudal es el flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de fluido que circula por una sección determinada del conducto en la unidad de tiempo. En el control automático de los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de la regulación, realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el caudal de la variable medida comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador.

El cuerpo de la válvula contiene en su interior el obturador y los asientos y esta provisto de rosca o de bridas para conectar la válvula a la tubería. El obturador es quien realiza la función de paso del fluido y puede actuar en la dirección de su propio eje o bien tener un movimiento rotativo. Esta unido a un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionado por el servomotor.

3.1.1 VÁLVULA DE CONTROL

La válvula automática de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varia continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada. Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: la parte motriz o actuador y el cuerpo (ver figura 3.1).

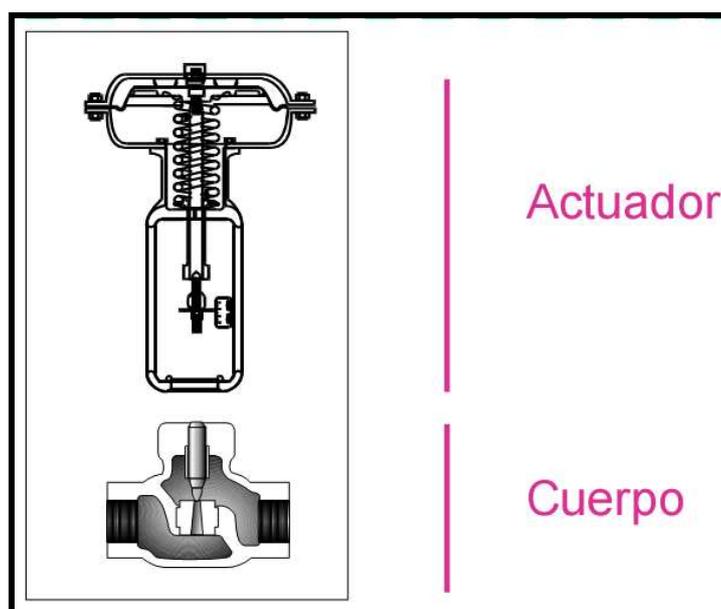


Figura 3.1. Partes de la válvula de control

3.1.1.1 Tipos de Actuadores

El actuador también llamado accionador o motor, puede ser neumático, eléctrico o hidráulico, pero los más utilizados son los dos primeros, por ser más sencillos y de rápida actuación.

3.1.1.1.1 Actuadores neumáticos

El actuador neumático de resorte y diafragma (ver figura 3.2), muy común y muy sencillo es de bajo costo y muy confiable. Estos actuadores funcionan con aire a presiones entre 3 y 15 psi o entre 6 y 30 psi. Por ello, suelen ser adecuados para servicio de estrangulación mediante señales directas desde los instrumentos. Los tipos disponibles incluyen resortes ajustables o una amplia selección de resortes para adaptar el obturador a la aplicación. Los actuadores de resorte y diafragma tienen menos piezas móviles que se puedan dañar y, por ello son muy confiables. Si tienen alguna falla, el mantenimiento es fácil. La mayor ventaja de estos actuadores es que son de falla sin peligro. Cuando se aplica el aire en la cubierta del actuador, el diafragma mueve la válvula y comprime el resorte. La energía del resorte mueve la válvula otra vez a su posición original cuando se corta el aire. En caso de pérdida de señal de presión en el instrumento o en el actuador, el resorte mueve la válvula a la posición original de falla sin peligro; en estos casos la válvula puede quedarse abierta o cerrada por falla debida a perdida de la señal de presión.

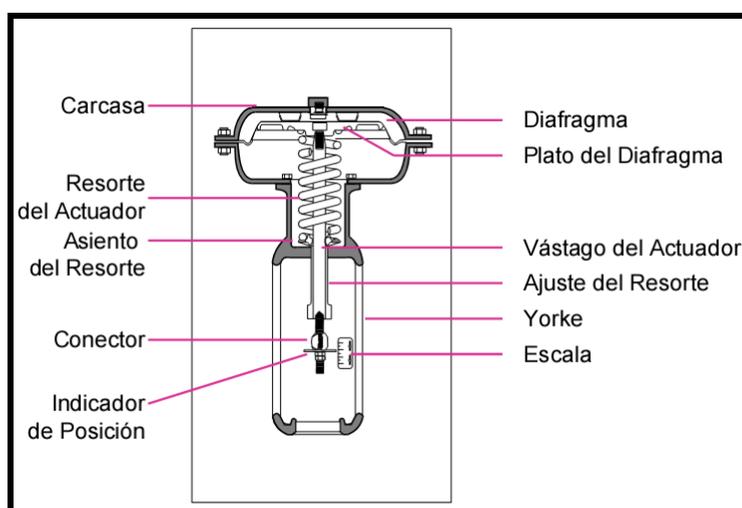


Figura 3.2. Actuador neumático de resorte y diafragma

3.1.1.1.2 Actuadores eléctricos

Los actuadores eléctricos pueden ser accionados por medio de selenoide o motor eléctrico (ver figura 3.3) se utilizan en muchos procesos, generalmente se utilizan

los actuadores accionados por motores con trenes de engranes y están disponibles para una amplia gama de torsiones de salida. Son muy ventajosos para instalaciones remotas en las cuales no hay disponible ninguna otra fuente de potencia. Los actuadores solo son económicos en tamaño pequeño y para aplicaciones normales. Los actuadores grandes funcionan con lentitud y pesan mucho más que sus equivalentes neumáticos en tamaño pequeño y para aplicaciones normales. En la actualidad, no hay actuadores eléctricos de alto empuje, económicos que tengan acción de falla sin peligro, excepto el cierre en la última posición. Los actuadores para estrangulación tienen limitaciones de capacidad y disponibilidad.

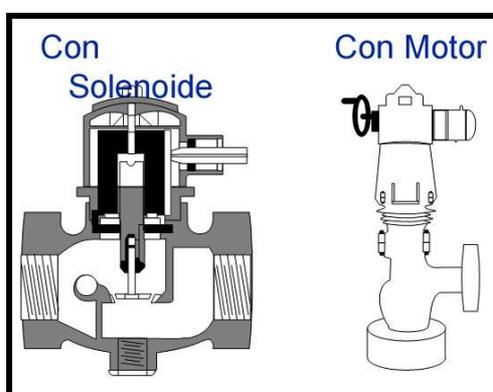


Figura 3.3. Actuadores eléctricos

3.1.1.1.3 Actuadores hidráulicos y electrohidráulicos

Los actuadores electrohidráulicos tienen un motor y una bomba para enviar líquido a alta presión a un pistón que produce la fuerza de salida. El actuador electrohidráulico es excelente para el servicio de estrangulación por su elevada rigidez (resistencia al cambio en las fuerzas en el cuerpo de válvula) y su compatibilidad con las señales analógicas. La mayor parte de los actuadores electrohidráulicos pueden producir empujes elevados, a menudo hasta de 10.000 libras. Sin embargo, tienen la ventaja de alto costo inicial, complejidad y tamaño. El actuador hidráulico (ver figura 3.4), aunque en esencia son lo mismo que los electrohidráulicos, difieren en que reciben la potencia (aceite a presión) desde una unidad externa de bombeo. Una instalación hidráulica central puede suministrar líquido a una presión de hasta 3000 psi.

El control del actuador se logra con un servoamplificador y un sistema de válvulas hidráulicas. Este sistema puede dar máximo rendimiento como: rigidez excepcional, carrera rápida, empuje muy elevado y muy buenas características de respuesta dinámica; pero su precio es muy elevado.

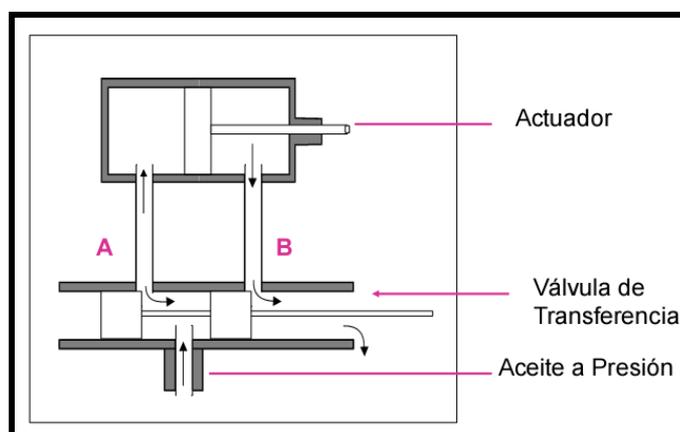


Figura 3.4. Actuador hidráulico

3.1.1.2 Cuerpo de la válvula

El cuerpo de la válvula está provisto de un obturador o tapón, los asientos del mismo y una serie de accesorios. La unión entre la válvula y la tubería puede hacerse por medio de bridas soldadas o roscadas directamente a la misma. El tapón es el encargado de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y puede accionar en la dirección de su propio eje mediante un movimiento angular. Está unido por medio de un vástago al actuador.”¹³

3.2 TERMINOLOGÍAS.

La terminología empleada en válvulas de control se ha unificado en el anexo N° 3, en el cual se detallan algunas de las terminologías empleadas para válvulas de control.

¹³ .http://www.Válvulas.monografias_com.htm

Richard W. Greene “Válvulas selección, uso y mantenimiento”. Editorial Mc GRAW- HILL.Mexico. págs.172 - 173.

3.3 TIPOS DE VÁLVULAS

“El tipo de válvula dependerá de la función que debe efectuar, sea de cierre (bloqueo), estrangulación o para impedir el flujo inverso. Estas funciones se deben determinar después de un estudio cuidadoso de las necesidades de la unidad y del sistema para los cuales se destina la válvula.

Dado que hay diversos tipos de válvulas disponibles para cada función, es necesario determinar las condiciones del servicio en que se emplearan las válvulas. Es de importancia primordial conocer las características químicas y físicas de los fluidos que se manejan. Además se debe prestar atención a la función de la válvula una vez determinadas la función y el tipo de servicio, se puede seleccionar el tipo de válvula según su construcción con el uso de una lista de clasificación de válvulas. Las funciones generales de la válvula son solo guías del uso más adecuado o más común de determinado tipo de construcción. A menudo hay más de un tipo de construcción apto para una función específica.

Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador. En la figura 3.5, se muestran los tipos de válvulas de control y se clasifican en dos grandes grupos: válvulas con obturador de movimiento lineal y válvulas con obturador de movimiento circular.

3.3.1 LAS VÁLVULAS CON OBTURADOR DE MOVIMIENTO LINEAL

Las válvulas con obturador de movimiento lineal en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje se clasifican en válvulas de globo, válvulas en ángulo, válvula de tres vías mezcladora o diversora, válvula de jaula de compuerta, válvula en Y, válvulas de cuerpo partido, válvula saunders y válvulas de compresión.

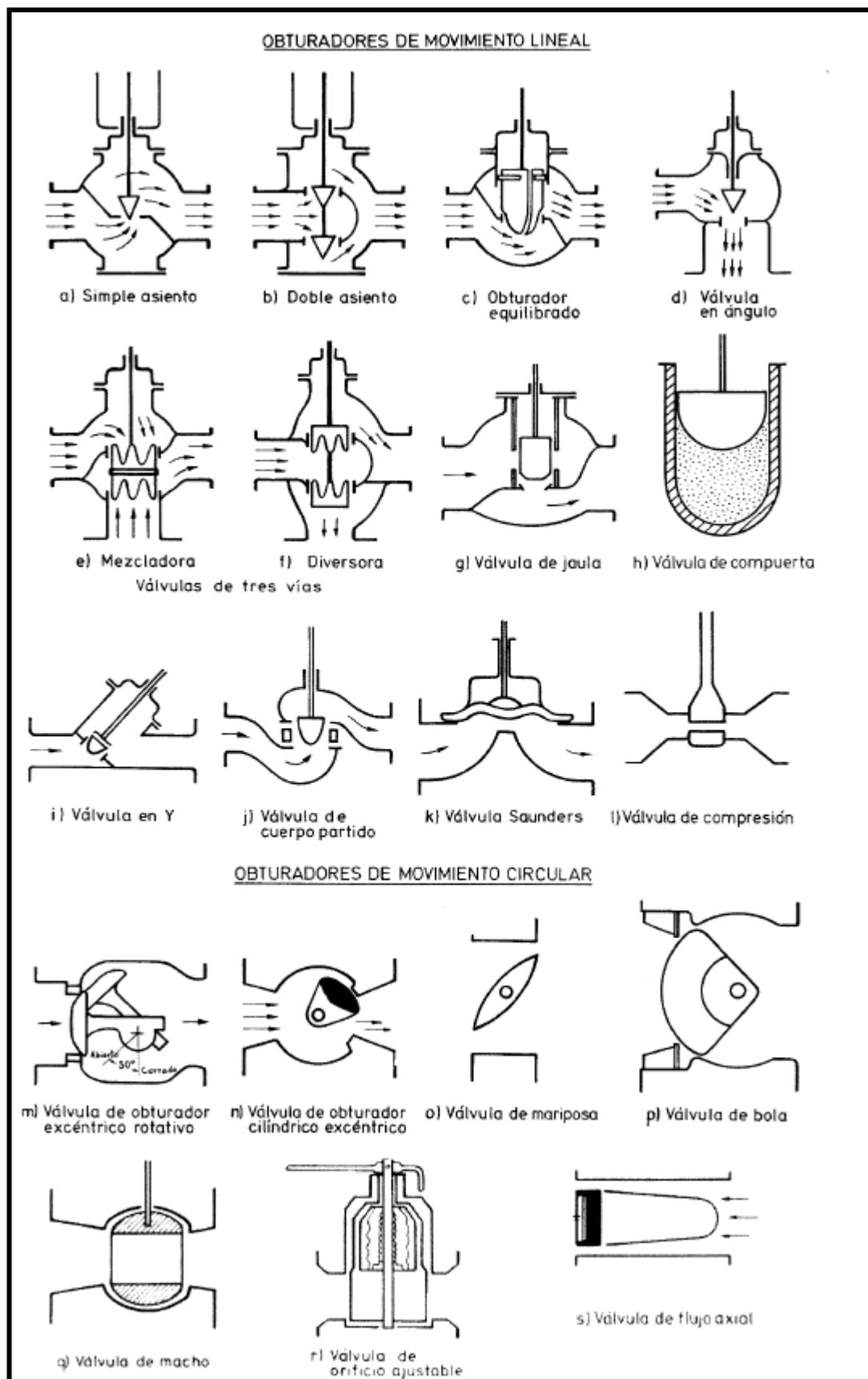


Figura 3.5. Tipos de válvulas de control.

3.3.1.1 Válvulas de globo

Llamada así por disponer de un obturador en forma de globo, se caracteriza porque el flujo de entrada o salida es perpendicular al eje del obturador pueden observarse en las figuras 3.5a, b y c son de simple asiento, de doble asiento y de obturador equilibrado.

Las válvulas de simple asiento, que cierran en contra de la presión del proceso, precisan de un actuador de mayor tamaño. Por lo tanto se emplean cuando la presión diferencial del fluido es baja y se precisa que las fugas a través de la válvula con el obturador en posición de cierre, sean mínimas. El cierre estanco se logra con asientos provistos de una arandela de teflón o de otros materiales blandos. En las válvulas de dobles asiento o de simple asiento con obturador equilibrado la fuerza de desequilibrio desarrollada por el fluido a través del obturador es menor que en la válvula de simple asiento. Esto es debido a que en la válvula de doble asiento; el fluido actúa en sentidos contrarios sobre los obturadores y en la válvula con obturador equilibrado lo hace por encima y por debajo del único obturador. Por este motivo se emplean en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con alta presión diferencial. En posición de cierre las fugas a través de las válvulas son mayores que en una válvula de simples asiento, debido a que mecánicamente es imposible que el doble obturador asiente perfectamente sobre los dos asientos.

3.3.1.2 Válvula en ángulo

La válvula en ángulo (figura 3.5d) presenta un flujo de salida perpendicular al flujo de entrada con un recorrido menos curvilíneo que en una válvula de globo, por lo que permite obtener un flujo de caudal regular sin excesivas turbulencias y es adecuada para sustituir a una válvula de globo cuando el fluido circula con sólidos en suspensión o a excesiva velocidad provocada por una alta presión diferencial de trabajo. El diseño de la válvula es idóneo para el control de fluidos que vaporizan (*flashing*), es decir para los fluidos que dentro del estrechamiento existente en las partes internas (entre el obturador y el asiento) y debido a una

alta presión diferencial, han aumentado su velocidad y se encuentran a una presión inferior al punto de vaporización. En estas condiciones el fluido está en estado líquido a la entrada y a la salida de la válvula en estado de vapor/líquido dentro de la misma. De este modo, las burbujas de vapor formadas, implosionan (pasando a líquido) y pueden provocar daños mecánicos graves al chocar contra las partes internas o contra el cuerpo de la válvula.

3.3.1.3 Válvula de tres vías

La válvula de tres vías se emplea generalmente para mezclar fluidos, válvulas mezcladoras (Fig. 3.5e) o bien para derivar de un flujo de entrada dos de salida válvulas divisoras (Fig. 3.5f). Las válvulas de tres vías intervienen típicamente en el control de temperatura de intercambiadores de calor, facilitando un control muy rápido de la temperatura, gracias a que el fluido de calefacción (vapor o fluido térmico) puede derivar a través de la válvula, sin pasar por el intercambiador.

3.3.1.4 Válvula de jaula

La válvula de jaula (figura 3.5g) recibe esta denominación por la forma de jaula que tiene, con los orificios dispuestos en una jaula fija en cuyo interior desliza el obturador, en cuyo caso se denomina válvula de jaula fija o bien con orificios en el obturador, en cuyo caso se denomina válvula de jaula móvil. Además permiten un fácil desmontaje del obturador y favorecen la estabilidad de funcionamiento al incorporar orificios que permiten eliminar prácticamente el desequilibrio de fuerzas producido por la presión diferencial del fluido. Por este motivo, este tipo de obturador equilibrado se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una alta presión diferencial. Como el obturador está contenido dentro de la jaula, la válvula es muy resistente a las vibraciones y al desgaste. Además el obturador puede disponer de aros grafitados que asientan contra la jaula y permiten lograr así un cierre estanco. Sin embargo, no es la válvula adecuada cuando el fluido es pegajoso, viscoso o contiene sólidos en suspensión, ya que entonces el fluido tiende a colocarse entre el obturador y la jaula y puede dar lugar a obstrucciones y agarrotamientos.

3.3.1.5 Válvula de compuerta

Esta válvula se observa en la figura 3.5h, denominada también válvula de tajadera, efectúa su cierre con un disco vertical plano o de forma especial y que se mueve verticalmente al flujo del fluido. Por su disposición es adecuada generalmente para control todo-nada, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse. Tiene la ventaja de presentar muy poca resistencia al flujo de fluido cuando está en posición de apertura total y se caracteriza por una baja caída de presión.

3.3.1.6 Válvula en Y

La válvula en Y (figura 3.5i) tiene el asiento y el obturador inclinados 45° respecto al flujo del fluido. Si el cuerpo está instalado en horizontal, es difícil desmontar las partes internas inclinadas 45° con relación a la horizontal. Es adecuada como válvula de cierre y de control. Como válvula todo-nada se caracteriza por su baja pérdida de carga y como válvula de control presenta una gran capacidad de caudal. Posee una característica de autodrenaje cuando está instalada inclinada con un cierto ángulo. Se emplea usualmente en instalaciones criogénicas.

3.3.1.7 Válvula de cuerpo partido

Esta válvula como se ve en la figura 3.5j, es una modificación de la válvula de globo de simple asiento teniendo el cuerpo partido en dos partes entre las cuales está presionado el asiento. Esta disposición permite una fácil sustitución del asiento y facilita un flujo suave del fluido sin espacios muertos en el cuerpo. Se emplea principalmente para fluidos viscosos y en la industria alimentaría.

3.3.1.8 Válvula saunders

En la válvula Saunders o de diafragma (figura 3.5k) el obturador es una membrana flexible que a través de un vástago unido a un servomotor, es forzada contra un resalte del cuerpo, que actúa de asiento, cerrando así el paso del fluido.

La válvula se caracteriza porque el cuerpo puede revestirse fácilmente de goma o de plástico para trabajar con fluidos agresivos. Tiene la desventaja de que el servomotor de accionamiento debe ser muy potente. Se utiliza principalmente en procesos químicos difíciles, en particular en el manejo de fluidos negros o agresivos o bien en el control de fluidos conteniendo sólidos en suspensión.

3.3.1.9 Válvula de compresión

La válvula de compresión, que puede verse en la figura 3.5 l, funciona mediante el pinzamiento de dos o más elementos flexibles, por ejemplo un tubo de goma. Igual que las válvulas Saunders o de diafragma se caracteriza porque proporciona un óptimo control en posición de cierre parcial y se aplica fundamentalmente en el manejo de fluidos negros corrosivos, viscosos o conteniendo partículas sólidas en suspensión.

3.3.2 VÁLVULAS CON OBTURADOR DE MOVIMIENTO CIRCULAR

Las válvulas en las que el obturador tiene un movimiento circular se clasifican en: válvula de obturador excéntrico rotativo (Camflex), válvula de obturador cilíndrico excéntrico, válvula de mariposa, válvula de bola, válvula de macho, válvula de orificio ajustable y válvula de flujo axial.

3.3.2.1 Válvula de movimiento excéntrico rotativo

La válvula de movimiento excéntrico rotativo (Camflex) (figura 3.5m) es una forma derivada de la válvula de bola segmentada. Consiste en un obturador de superficie segmentada esférica que se autoalinea durante el movimiento de giro excéntrico, proporcionando un cierre estanco y unas bajas fuerzas dinámicas del fluido. Esto permite utilizar un servomotor de par reducido. Por otra parte, la tapa de extensión permite la operación para un margen amplio de temperaturas. La válvula puede tener un cierre estanco mediante aros de teflón dispuestos en el asiento y se caracteriza por su gran capacidad de caudal, comparable a las válvulas de mariposa y a las de bola.

3.3.2.2 Válvula de obturador cilíndrico excéntrico

Esta válvula (figura 3.5n) tiene un obturador cilíndrico excéntrico que asienta contra un cuerpo cilíndrico. El cierre hermético se consigue con un revestimiento de goma o de teflón en la cara del cuerpo donde asienta el obturador. La válvula es de bajo costo y es adecuada para fluidos corrosivos o conteniendo sólidos en suspensión.

3.3.2.3 Válvula de mariposa

En la válvula de mariposa (figura 3.5o) el cuerpo está formado por un anillo cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circular. La válvula puede cerrar herméticamente mediante un anillo de goma encastrado en el cuerpo. Un servomotor exterior acciona el eje de giro del disco y ejerce su par máximo cuando la válvula está casi cerrada siempre que la presión diferencial permanezca constante. En la selección de la válvula es importante considerar las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre; se necesita una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de presión elevada. Las válvulas de mariposa se emplean para el control de grandes caudales de fluidos a baja presión.

3.3.2.4 Válvulas de bola

Las válvulas de bola (Figura 3.5p) básicamente, son válvulas de macho modificadas. Aunque se han utilizado desde hace mucho tiempo, su empleo estaba limitado debido al asentamiento de metal contra metal, que no permitía un cierre a prueba de burbujas los adelantos en los plásticos han permitido sustituir los asientos metálicos con los de plastómeros y elastómeros modernos. La bola tiene un orificio que se une con el cuerpo en la posición abierta. Estas válvulas se utilizan en forma principal para servicio de corte y no son satisfactorias para estrangulación. Son rápidas para operarlas, de mantenimiento fácil, no requieren lubricación, producen cierre hermético con baja torsión y su caída de presión es función del tamaño del orificio. La válvula de bola esta limitada a las temperaturas

y presiones que permiten el material del asiento. Cuando esta cerrada se atrapa algo de líquido entre el asiento y el orificio de la bola lo cual es indeseable en muchos casos, estas válvulas no están limitadas a un flujo en particular se pueden emplear para: vapor, agua, aceite, gas, aire, fluidos corrosivos, pastas aguadas y materiales pulverizados secos.

3.3.2.5 Válvulas de macho

Es una válvula de bola típica (figura 3.5q) que consiste en un macho u obturador de forma cilíndrica o troncocónica con un orificio trasversal igual al diámetro interior de la tubería. El macho ajusta en el cuerpo de la válvula y tiene un movimiento de 90°. Se utiliza generalmente en el control manual todo – nada de líquidos o gases y en regulación de caudal.

3.3.2.6 Válvulas de orificio ajustable

En la figura 3.5r se puede ver la válvula de orificio ajustable el obturador consiste en una camisa de forma cilíndrica que esta perforada con dos orificios, uno de entrada y otro de salida y que gira mediante una palanca exterior accionada manualmente o por medio de un servomotor. El giro del obturador tapa parcial o totalmente las entradas y salidas de la válvula controlando así el caudal.

La válvula incorpora además una tajadera cilíndrica que puede deslizarse dentro de la camisa gracias a un macho roscado de accionamiento exterior. La tajadera puede así fijarse manualmente en una posición determinada para limitar el caudal máximo. La válvula es adecuada en los casos en que es necesario ajustar manualmente el caudal máximo del fluido, cuando el caudal puede variar entre límites amplios de forma intermitente o continua y cuando no se requiere un cierre estanco. Se utiliza para combustibles gaseosos o líquidos, vapor aire comprimido y líquidos en general.

3.3.2.7 Válvulas de flujo axial

Las válvulas de flujo axial (figura 3.5r) consisten en un diafragma accionado neumáticamente que mueve un pistón, el cual a su vez comprime un fluido hidráulico contra un obturador formado por un material elastómero. De este modo, el obturador se expande para cerrar el flujo anular del fluido. Este tipo de válvulas se emplea para gases y especialmente”¹⁴

3.4 FACTORES PARA LA ELECCIÓN DE LA VÁLVULA

“Conforme avanza la tecnología y aumenta la capacidad de las plantas, han aumentado el tamaño y el costo de las válvulas y cada vez más importante el máximo cuidado en su selección. La elección de las válvulas incluye muchos factores y es preferible tener como referencia un sistema que facilita la elección se debe tener en cuenta, como mínimo, las siguientes factores característicos básicos: tipo de válvula, materiales de construcción, capacidad de presión y temperatura, material de empaquetaduras y juntas, costo y disponibilidad.

3.4.1 TIPO DE VÁLVULA

El tipo de válvula dependerá de la función que debe efectuar, sea cierre, estrangulación o para impedir el flujo inverso. Estas funciones se deben determinar después de un estudio cuidadoso de las necesidades de la unidad o sistema para los cuales se destina la válvula. Puesto que existen diversos tipos de válvulas para cada función, es importante conocer las características químicas y físicas de los fluidos que se manejan. Una vez determinadas la función y el tipo de servicio, se puede seleccionar el tipo de válvula. En el subcapítulo 3.3. anterior, se describe los tipos de válvulas.

¹⁴ . Antonio Creus Sole. "Instrumentación Industrial" 7ª edición . Págs. 361,....367

3.4.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El ingeniero después de establecer la función y de seleccionar el tipo de válvula, debe tener en cuenta los materiales de construcción adecuados para el servicio a que se destinara la válvula. Todas las partes de la válvula que están en contacto con el fluido deben tener la resistencia necesaria a la corrosión. Para seleccionar materiales de construcción resistentes a la corrosión, el ingeniero debe utilizar como guía los materiales recomendados por los fabricantes para los diversos tipos de servicios, así como los datos técnicos de los diversos tipos de válvulas.

Sin embargo, los materiales elegidos no deben ser considerados como definitivos porque otras condiciones en el servicio real pueden influir en la rapidez de la corrosión y se deben tener en cuenta por ejemplo, la presencia de sales disueltas, contaminantes del proceso, aeración de los líquidos, altas velocidades de los fluidos, la presencia de abrasivos, la ocurrencia de cavitación o de vaporización instantánea, variaciones en las temperaturas y concentraciones, etc. El efecto de estos factores no se puede determinar por completo, excepto cuando se cuenta con datos de una unidad o sistema idénticos.

3.4.3 CAPACIDADES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA

Una vez determinadas las presiones y temperaturas máximas de operación, el ingeniero podrá establecer la capacidad de presión requerida por la válvula. Además debe comparar su selección con las listas de los fabricantes de válvulas respecto a las capacidades de presión y temperatura con el fin de asegurarse que se ajustan a ella. Como una guía para la selección del material para la válvula tomando como base la presión y las capacidades de presión de gran número de materiales disponibles para válvulas con rosca y con bridas.

3.4.4 MATERIAL DE EMPAQUETADURAS Y JUNTAS

La selección del material adecuado para empaquetaduras y juntas es tan importante como la de los materiales de la válvula para el servicio a que se

destinan. La selección de una empaquetadura inadecuada puede permitir fugas en la válvula y requerir un paro del sistema para reemplazarla. Además si el fluido no se escapa es tóxico o inflamable puede ocurrir una grave situación, con posibles lesiones al personal y daños a la planta. Los riesgos y los costos son inexcusables y son fáciles de evitar al seleccionar el material de empaquetaduras de válvulas. El ingeniero debe consultar la literatura de los fabricantes de empaquetaduras y válvulas, y las publicaciones técnicas para comprobar que el material seleccionado sea compatible con los fluidos que se manejan.

Además la forma física de la empaquetadura debe ser compatible con las características mecánicas de la válvula. Ciertos materiales de empaquetadura requieren una elevada compresión y ciertas empaquetaduras incompatibles pueden producir desgaste del vástago.

3.4.5 COSTOS Y DISPONIBILIDAD

Muchas veces se encontrará más de un tipo de válvula para un trabajo específico cuando todos los factores, como materiales de construcción, rendimiento, capacidad para presión, temperatura y disponibilidad son iguales, se debe seleccionar la válvula de menor precio. Cuando se ha determinado el mejor tipo de válvula para el servicio, se debe tener en cuenta el costo y la disponibilidad, sería ilógico ordenar una válvula que no van a entregar a tiempo o que no tiene un costo razonable. Hay que obtener datos de disponibilidad y costo de distribuidores o de los fabricantes, también hay que tener en cuenta si hay variación en el precio en el momento de la entrega. El precio de cada válvula también puede depender de la cantidad que se ordene en un momento dado, los fabricantes de las válvulas suelen otorgar descuentos; por ello cuanto mayor sea el número de válvulas pedidas menor será el costo unitario. La única forma de conocer el costo y la disponibilidad de cualquier tipo específico de válvula, es cuando se tiene las cotizaciones de diversos distribuidores o fabricantes” ¹⁵

¹⁵ . Richard W. Greene “Válvulas selección, uso y mantenimiento”. Pág.4,...,9. Editorial Mc GRAW-HILL.Mexico

3.5 SELECCIÓN DE VÁLVULAS

“La selección de válvulas implica muchas decisiones que van mas allá de una simple elección de cierto tipo o estilo. Los usuarios han aprendido que el criterio más importante es el rendimiento del sistema. Buscan productividad, rendimiento, calidad, seguridad óptima de la planta y una pérdida mínima de tiempo ante una falla. En la actualidad, cualquiera de estas válvulas pueden ser la adecuada para un trabajo particular gracias principalmente a los adelantos en materiales de construcción. Para la selección de una válvula de control, se debe consultar las hojas de especificaciones técnicas que proveen los diferentes fabricantes de válvulas.

Por ejemplo, al seleccionar una válvula se podría elegir una válvula con una relación lineal (caudal – carrera), porque así se obtendría una ganancia constante para el sistema de circuito cerrado. Si todas las relaciones señal de salida/señal de entrada, fuesen lineales a lo largo del circuito y si la pérdida de presión a través de la válvula se mantuviera constante, la válvula de razón lineal sería ideal. No obstante, estas condiciones ideales no se presentan nunca. Puesto que al aumentar la abertura de la válvula, la presión a través de la válvula disminuye, dependiendo este decremento de la razón del paso de la válvula al diámetro de la tubería, de manera que el caudal resultante no es lineal en función de la posición de la válvula. Además no es deseable que ocurran grandes variaciones de caudal cuando la válvula está casi cerrada, porque esto origina un fuerte desgaste del material de la válvula y trae consigo otros problemas de control. Por estas razones, la característica de válvula más corrientemente empleada es la llamada de “igual porcentaje” debido a que la experimentación ha demostrado que el tipo de válvula de igual porcentaje (exponencial) es la más adaptable a una gran variedad de problemas de control. Cabe mencionar que la característica caudal – carrera, depende de la forma del obturador de la válvula. Por ejemplo, el caudal a través de la válvula viene expresado por la fórmula:

$$Q = C * A(\Delta P)^{1/2} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

Q = caudal, flujo o gasto

C = coeficiente de gasto

A = área de abertura de la válvula

ΔP = pérdida de presión a través de la válvula

Así el flujo a través de la válvula es proporcional al área de la abertura y a la raíz cuadrada de la pérdida de presión a través de la válvula. Cabe mencionar que el área de la abertura de la válvula varía con el movimiento de la válvula y la pérdida de presión depende de las condiciones establecidas por el proceso. Y la pérdida de presión a través de la válvula no solo está determinada por su diseño sino también por las condiciones exteriores a la propia válvula. Por lo tanto el usuario de la válvula o proyectista del sistema debe considerar no sólo las características de la válvula sino también las del proceso, de manera que pueda combinar las dos para obtener el funcionamiento perfecto requerido.

3.5.1 CAPACIDAD DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

La necesidad universal de normalizar el cálculo de las dimensiones de las válvulas, no solo en cuanto a tamaño sino también en cuanto a capacidad de paso del fluido, ha llevado a los fabricantes y a los usuarios a adoptar un coeficiente que refleja y representa la capacidad de las válvulas de control. La capacidad o flujo por unidad de tiempo de una válvula de control debe adaptarse a las condiciones del proceso que debe regular. El coeficiente de gasto de una válvula se designa por "Cv". Todos los fabricantes de válvulas de control publican los Cv correspondientes.

Se define por "Cv" el número de galones americanos de agua por minuto, en condiciones normales (standard) de temperatura y presión, que pasan por la válvula completamente abierta cuando la pérdida de carga del fluido al atravesar la válvula es de 1 psi (una libra por pulgada cuadrada). En los países que se emplean unidades métricas se suele aplicar el factor de caudal Kv que la norma

internacional IEC – 534- 1987 sobre válvulas de control de procesos industriales define del siguiente modo: “Caudal de agua a 20° C en m³/h que pasa a través de la válvula a una apertura dada y con una pérdida de carga de 1 bar.

Es esencial el dimensionar adecuadamente la válvula, puesto que si la válvula es demasiado grande no tendrá bastante resistencia para regular el fluido, excepto en una parte limitada de su carrera. En cambio si la válvula es demasiado pequeña, no pasará el flujo necesario cuando la válvula esté completamente abierta.

3.5.2 FORMULAS PARA EL CÁLCULO DEL C_v EN UNIDADES MÉTRICAS

Para líquidos:

$$C_v = 0,070V \left(\frac{G}{\Delta P} \right)^{1/2} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Para gases:

$$C_v = 0,00259 Q \left(\frac{T_f G}{\Delta P * P_2} \right)^{1/2} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Nota: si T_f esta comprendido entre – 10° C Y 50° C, la fórmula anterior puede simplificarse:

$$C_v = 0,044 Q \left(\frac{G}{\Delta P * P_2} \right)^{1/2} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

Para vapor de agua y otros vapores:

$$C_v = \frac{0,037W}{(\Delta P * w)^{1/2}} \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

Donde:

C_v = Coeficiente de gasto definido.

V = Caudal de liquido de litros por minuto

G = Peso especifico en gr/cm^3 , (para gases es la densidad relativa a la del aire a la misma presión y temperatura)

Q = Caudal de gas en m^3 / hora

T_f = Temperatura en escala absoluta, ($^{\circ}C + 273^{\circ}K$)

W = kilogramo / hora del vapor de agua o de otros vapores.

P_1 = Presión absoluta en Kg/cm^2 (que se tiene a la entrada de la válvula)

P_2 = Presión absoluta en Kg/cm^2 (que se tiene a la salida de la válvula)

$\Delta P = P_1 - P_2$, Perdida de presión en la válvula en Kg/cm^2 . Para gases, en vapor de agua u otros vapores, si $P_2 < \frac{1}{2} P_1$, se sustituye un $\frac{1}{2} P_1$ como valor de ΔP y de P_2 .

w = Peso específico del vapor de agua o de otros vapores en Kg/cm^3 , a la presión P_2 o $\frac{1}{2} P_1$, según los casos.

V = Volumen específico, en m^3/Kg , del vapor a la presión P_2 ó $\frac{1}{2} P_1$.¹⁶

¹⁶ . Norman A. Anderson (FOXBORO) – Instrumentos para la medición y control de procesos industriales, págs. 40,...46.

CAPITULO IV

REHABILITACIÓN Y READECUACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL DE LAZO ABIERTO NEUMÁTICO PARA SUMINISTRAR AIRE A PRESIÓN CONSTANTE.

4.1 DIAGNÓSTICO GENERAL DEL ESTADO FÍSICO DEL TABLERO.

El tablero de control neumático de lazo abierto que posee el laboratorio de instrumentación industrial de la carrera de tecnología electromecánica, es necesario repararlo y rediseñarlo debido a que algunos de sus componentes se encuentran en mal estado y requieren ser sustituidos o reparados. Para que este tablero de control neumático pueda funcionar de forma adecuada, puesto que el mismo estuvo sin funcionamiento por aproximadamente 6 semestres debido a que tenía las siguientes averías:

- El sistema de tuberías estaba en su mayor parte dañadas, razón por la cual se requiere realizar una inspección y selección de las tuberías con el propósito de ser reutilizadas.
- El controlador indicador de presión de tipo neumático esta en buenas condiciones, pero será necesario realizar una revisión y calibrarlo.
- La válvula de control que se posee es una válvula con actuador de diafragma, esta requiere ser reacondicionada debido a que presenta daños mecánicos.
- No tiene una fuente que proporcione aire comprimido, el cual es necesario para el funcionamiento de los componentes que forman parte de este tablero de control neumático.

- Además carece de un sistema eléctrico, el cual es necesario para la iluminación de este tablero y para el funcionamiento del compresor de aire.
- La estructura metálica del tablero de control neumático requiere de un mantenimiento general, debido a que ha carecido del mismo por un largo periodo de tiempo.

4.2 REDISEÑO DEL TABLERO

El tablero de control neumático de lazo abierto que posee el laboratorio de instrumentación industrial, se lo procedió a rediseñarlo debido a que algunos de sus componentes se encontraban en mal estado y requerían ser sustituidos o reparados. Para que nuevamente el tablero pueda funcionar de forma adecuada ya que este tablero estuvo sin funcionamiento por varios semestres, provocando una deficiencia en la enseñanza teórica-práctica de la materia de instrumentación industrial.

Primeramente antes de describir el tablero de control neumático, es mejor tener una idea general de la rehabilitación y rediseño de este tablero de control neumático, así como de cada una de las partes que constituyen el tablero de control. Dado que este es de tipo neumático consta de instrumentos y elementos destinados a controlar la presión de aire comprimido y mantenerla a una presión constante de 10 psi; la cual puede ser utilizada en un proceso. Todos los instrumentos tales como: manómetros, regulador de presión, válvulas de paso, visores neumáticos, controlador P.I.D., válvula de control, acumulador son montados en panel (estructura metálica).

En primer lugar se realizó el diseño de los diagramas de funcionamiento y unifilar del tablero de control neumático, los cuales se muestran en la figura 4.19 y en la figura 4.20 respectivamente. Estos diagramas muestran con claridad las conexiones entre cada uno de los elementos que forman parte del tablero.

Además los diagramas del tablero, sirven para ir conectando cada uno de los elementos que conforman el tablero de una manera ordenada, mediante el uso de tuberías de acero inoxidable con sus respectivos acoples y accesorios. La tubería de acero inoxidable puede manejar presiones de hasta 1200 psi, ante lo cual se obtiene un rango de seguridad muy grande; incluso para poder utilizar otro compresor más grande. Para la conexión entre el compresor y el filtro de aire se utilizó una manguera plástica de nylon para aire comprimido y dos conectores neumáticos tipo instantáneo. La manguera plástica de nylon puede soportar hasta 400 psi y los conectores neumáticos hasta 800 psi según especificaciones de los fabricantes de estos accesorios.

Posteriormente se procedió a ensamblar cada uno de los elementos que forman parte del tablero, para la perfecta conexión de todos los elementos se utilizó acoples, racores, uniones, bushings, tramos de tubería, teflón para un sellado perfecto y llaves apropiadas para unir tubería, este trabajo es idéntico al que realiza un plomero.

El rediseño del tablero de control neumático se lo ha dividido en cuatro secciones las cuales son:

- Estructura metálica
- Equipos de instrumentación
- Suministros neumáticos
- Sistema eléctrico

Estructura metálica: Esta estructura es de acero inoxidable para que soporte condiciones de humedad y temperatura. Al realizar la inspección del estado físico de la estructura metálica, se determinó que esta no presenta daños severos ni corrosión; por lo que se realizó la limpieza y mantenimiento de la misma.

Equipos de instrumentación: En estos equipos de instrumentación se pudo notar que la mayor parte de sus componentes y elementos estaban averiados, descalibrados e incluso incompletos. Por lo que se tuvo que rediseñar el tablero

de control neumático, sustituyendo elementos averiados por elementos nuevos de acuerdo a la necesidad requerida. Y los instrumentos que estaban descalibrados fueron sometidos a pruebas de calibración de acuerdo al tipo de instrumento.

Suministros neumáticos: En lo que se refiere a los suministros neumáticos estos presentaban averías y evidenciaban una falta de mantenimiento. Además se encontró con tuberías estropeadas y rotas e incluso componentes incompletos. Por lo que se tuvo que rediseñar y realizar el montaje de un nuevo sistema de tuberías; puesto que es una de las partes más importantes del tablero de control neumático, debido a que por estas circula aire comprimido que es necesario para la operación del tablero de control neumático.

Sistema eléctrico: El tablero de control neumático no tenía un sistema eléctrico, por lo que se decidió dotar al mismo de un sistema eléctrico acorde a la necesidad requerida. Este sistema eléctrico básicamente provee de energía eléctrica para el funcionamiento del compresor, así como para las luces piloto que permiten visualizar su operación y para el sistema de iluminación del tablero.

4.3 SELECCIÓN DE MATERIALES Y PARTES COMPONENTES

Cabe mencionar que el material de la estructura metálica y de los elementos del sistema de tuberías del tablero de control neumático, son de acero inoxidable para evitar la corrosión. Puesto que por las tuberías circula aire comprimido que posee cierta cantidad de humedad. La estructura metálica del tablero de control neumático es de acero inoxidable, con el propósito de protegerlo de ambientes corrosivos.

El cuerpo de la válvula de control esta construido de un material de bronce para evitar la corrosión y desgaste entre materiales del mismo tipo. En cambio el acumulador de aire esta construido de acero inoxidable para protegerlo de la corrosión o oxidación.

4.4 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL TABLERO

A continuación se describe cada uno de los elementos que forman parte del tablero de control neumático, con el fin de detallar las características físicas y técnicas de cada uno de estos componentes. Esto es de gran importancia para comprender de una manera más fácil el rol que cumple cada elemento dentro del funcionamiento del tablero de control neumático.

Estos componentes son los siguientes:

- Estructura metálica
- Controlador indicador de presión (P.I.C.), de tipo neumático.
- Válvula de control neumática
- Manómetros
- Compresor de aire
- Acumulador de aire
- Regulador de presión
- Filtro de aire
- Válvulas de paso
- Tuberías y accesorios

4.4.1 ESTRUCTURA METÁLICA:

En la siguiente figura 4.1, se muestra la estructura metálica con sus respectivos componentes instalados. Esta estructura metálica es de acero inoxidable por lo que tiene una considerable resistencia mecánica, pudiendo ser utilizada en ambientes corrosivos.

Además esta estructura metálica sirve de soporte para el montaje de cada uno de los elementos que forman parte del tablero de control neumático; como por ejemplo para montar y fijar el controlador indicador de presión, manómetros, válvulas, tuberías y otros elementos que forman parte del tablero.



Figura 4.1. Estructura metálica del módulo didáctico de control neumático.

4.4.2 CONTROLADOR INDICADOR DE PRESIÓN (P.I.C.)

En la figura 4.2 se muestra el controlador indicador de presión FOXBORO modelo 43AP que es de tipo neumático, su rango de operación es de 3 – 15 psi, supply: 20 psi, input: 3 - 15 psi, output: 3-15 psi y su temperatura de operación es de 5 - 40 ° C. Este controlador detecta continuamente la diferencia entre la medición de la variable controlada y su punto de ajuste, y produce una señal de salida de aire que es una función de esta diferencia y del tipo de control. La señal de salida se transmite a una válvula de control. Su breve tiempo de respuesta y su carcasa resistente al polvo y a las salpicaduras de agua hacen de estos aparatos instrumentos idóneos para el sector industrial.

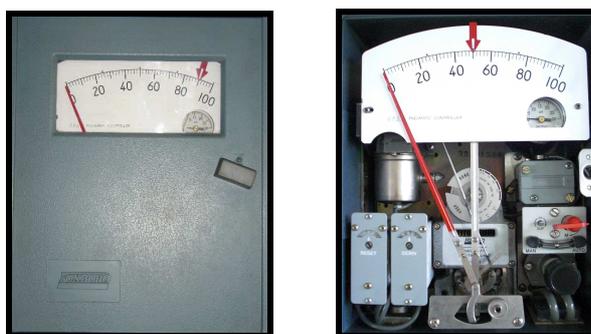


Figura 4.2. Control indicador de presión neumático (P.I.C.)

4.4.3 VÁLVULA DE CONTROL NEUMÁTICA

En la figura 4.3, se muestra la válvula de control, la cual opera mediante un accionamiento neumático por medio de diafragma y resorte. Esta construida de bronce y puede operar a una temperatura máxima de 270 ° C, su rango de operación es de 3-15 psi. Esta válvula es de acción inversa, por lo que la presión neumática es necesaria para abrir y en caso de falla de aire queda totalmente cerrada. El diafragma de la válvula soporta la presión de 3 – 15 psi, proveniente del instrumento de control (P.I.C.). Esta presión de aire ejerce una fuerza de hacia abajo. Esta fuerza aplicada al resorte lo comprime hasta que se establece un equilibrio y la válvula queda en reposo.

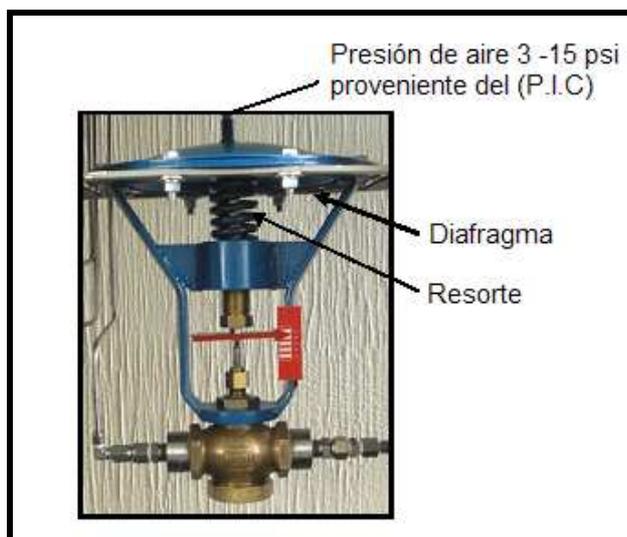


Figura 4.3. Válvula de control neumática

4.4.3.1 Reacondicionamiento de la válvula de control

El reacondicionar la válvula de control tiene el propósito de dejarla como nueva, mediante el reacondicionamiento o reemplazo de piezas gastadas, para hacer que la válvula vuelva al servicio en vez de desecharla. La razón principal para reacondicionar la válvula es que ofrece la oportunidad de lograr ahorros importantes de dinero, porque se aprovechan artículos costosos. No sólo se evita la compra de una válvula nueva y más costosa, sino también las modificaciones a la tubería que se podrían necesitar para instalar una válvula de otro diseño.

El tiempo requerido para reacondicionar una válvula depende del desgaste o daño que tenga la válvula, pudiendo ser este tiempo desde unos días hasta unas pocas semanas y los costos para reacondicionar una válvula varían en función del desgaste de la misma, si se requieren aleaciones especiales, el número de piezas de repuesto necesarias y las modificaciones deseadas. El reacondicionamiento de la válvula implica mucho más que la simple limpieza y volver a pintar; es un proceso mediante el cual se reconstruye la válvula para lograr características de funcionamiento iguales a las de una válvula nueva. El procedimiento seguido para el reacondicionamiento de la válvula de control es el siguiente:

- 1.- Desarmar la válvula y limpiar los componentes con productos químicos o con chorro de arena.
- 2.- Inspeccionar con cuidado los componentes. Se toma la decisión de reparar o reemplazar las piezas gastadas.
- 3.- Soldar o rellenar con pastas especiales las superficies gastadas ó a su vez maquinar para producir superficies o piezas nuevas.
- 4.- Armar la válvula con empaquetaduras y si se requiere con tornillos nuevos.
- 5.- Probar la válvula reacondicionada de acuerdo con las especificaciones para válvulas. Para lo cual se realiza la calibración de la válvula de control, esto consta en el capítulo N° 5 que corresponde al manual del tablero de control neumático.

4.4.4 MANÓMETROS

En la figura 4.4 se muestra los manómetros que son utilizados para indicar el valor de la presión de aire de entrada y salida del proceso, y para el supply del controlador indicador de presión P.I.C. Estos manómetros son indicadores de presión análogos (de aguja), internamente poseen un sistema sensor mecánico compuesto de un tubo bourdon. El tubo bourdon se encuentra sujeto a la aguja indicadora y dependiendo de la presión que ingresa al tubo bourdon, este se

estira y mueve la aguja indicadora que se encuentra sobre una superficie graduada obteniéndose una medida de la presión.

El manómetro que indica la presión de entrada al proceso (figura 4.4), es de tipo seco, su rango de operación es de 0 -100 psi y puede operar a una temperatura máxima de 175° F. En cambio el manómetro que indica la presión del supply y el manómetro que indica la presión de salida del proceso, tienen un rango de operación de 0 – 30 psi, su temperatura máxima de operación es de 175° F y son de tipo seco y de glicerina respectivamente.



Figura 4.4. Manómetros

4.4.5 COMPRESOR DE AIRE

En la figura 4.5a se muestra el compresor de aire, que cumple la misión de aspirar y comprimir el aire para utilizarlo en el tablero de control neumático este compresor tiene las siguientes características: Es un compresor de aire de tipo alternativo de pistón, posee un motor eléctrico monofásico de 1.5 HP 120V/60Hz, un tanque acumulador de aire cuya capacidad es de 10 galones y la máxima presión de aire que alcanza es de 115 psi.

Los compresores son máquinas que tienen por finalidad aportar una energía a los fluidos compresibles (gases y vapores) sobre los que operan, para hacerlos fluir aumentando al mismo tiempo su presión al valor de trabajo deseado. El aire comprimido obtenido mediante el compresor llega a la instalación a través de las tuberías.

Es necesario sobredimensionar la instalación, con el propósito de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, puesto que toda ampliación futura en el equipo compresor de aire supone gastos considerables.



Figura 4.5a. Compresor de aire.

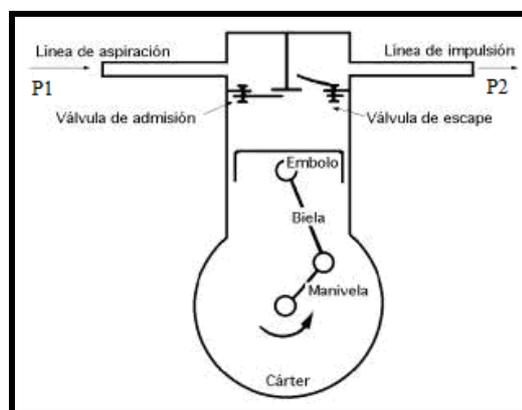


Figura 4.5b. Funcionamiento del compresor

A continuación se describe el funcionamiento del compresor utilizando la figura 4.5b, el compresor admite gas o vapor a una presión atmosférica (P_1) dada, descargándolo a una presión (P_2) superior a la atmosférica. La energía necesaria para efectuar este trabajo la proporciona un motor eléctrico u otro tipo de motor. La depresión producida por el descenso del pistón ayudado por la presión de retorno del gas, provoca que la válvula de admisión se abra y permita el llenado del cilindro hasta que éste llega a su punto muerto inferior, cerrándose cuando cesa la succión. Superando el punto muerto inferior comienza a comprimir hasta que el pistón llega muy cerca de su punto muerto superior, esta alta presión vence la fuerza que ejerce la válvula de descarga permitiendo la salida de aire a alta presión y temperatura. Cuando el pistón llega al punto muerto superior deja de comprimir y la válvula de descarga vuelve a cerrarse. El aceite disuelto en el aire lubrica las válvulas de los cilindros ayudando a que el cierre sea hermético y a la vez deja una película de aceite que evita el desgaste de las válvulas, debido a las numerosas aperturas y cierres de los cilindros del compresor durante su funcionamiento.

4.4.6 ACUMULADOR DE AIRE

En la figura 4.6 se muestra el acumulador de aire el cual puede almacenar aire a una presión de 120 psi, este acumulador de aire sirve para la estabilización del suministro de aire comprimido, puesto que compensa las oscilaciones de presión en la red de tuberías y cumple las funciones de reserva cuando el consumo de aire comprimido sea momentáneamente más elevado. Además la gran superficie del acumulador permite que el aire comprimido se refrigere adicionalmente.



Figura 4.6. Acumulador de aire

4.4.7 REGULADOR DE PRESIÓN

En la figura 4.7 se muestra el regulador de presión instalado en el tablero de control neumático. A continuación se describe el funcionamiento del regulador de presión utilizando la figura 4.8, la cual muestra esquemáticamente las partes componentes del regulador de presión de la figura 4.7.

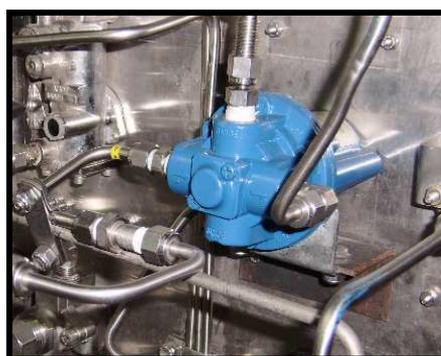


Figura 4.7. Regulador de presión

El regulador de presión tiene la misión de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de la red (primaria) y del consumo de aire. La presión primaria siempre ha de ser mayor que la secundaria. Esta presión es regulada por la membrana (1), que es sometida por un lado a la presión de trabajo y por el otro a la fuerza de un resorte (2), ajustable por medio de un tornillo (3). A medida que la presión de trabajo aumenta, la membrana actúa contra la fuerza del muelle. La sección de paso en el asiento de válvula (4) disminuye hasta que la válvula cierra el paso por completo.

En otros términos, la presión es regulada por el caudal que circula. Al tomar aire, la presión de trabajo disminuye y el muelle abre la válvula. La regulación de la presión de salida ajustada consiste, pues, en la apertura y cierre constantes de la válvula. Al objeto de evitar oscilaciones, encima del platillo de válvula (6) hay dispuesto un amortiguador neumático o de muelle (5). La presión de trabajo se visualiza en un manómetro. Cuando la presión secundaria aumenta demasiado, la membrana es empujada contra el muelle y entonces se abre el orificio de escape en la parte central de la membrana y el aire puede salir a la atmósfera por los orificios de escape existentes en la caja.

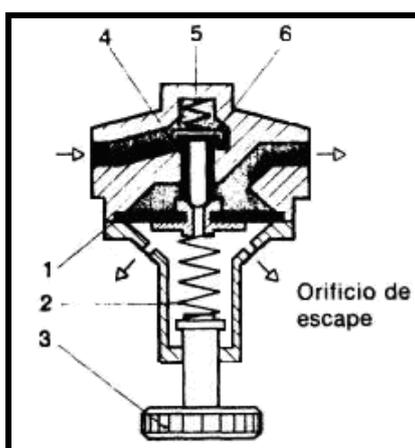


Figura 4.8. Partes del regulador de presión.

4.4.8 FILTRO DE AIRE

En la figura 4.9, se muestra el filtro de aire cuya presión máxima de operación es de 250 psig y su temperatura máxima de operación es 175 °F. El filtro de aire tiene la función de liberar al aire comprimido de todas las impurezas y del vapor de agua que lleva en suspensión.

Cuando el aire penetra en el interior del filtro, una placa deflectora especialmente colocada le obliga a realizar un lento movimiento de rotación. A consecuencia de este movimiento de rotación, las partículas más pesadas y las gotitas vapor son impulsadas por la fuerza centrífuga contra las paredes del recipiente donde se condensa el vapor de agua, que cae al fondo del recipiente junto con las impurezas. Estas son evacuadas al exterior a través de una abertura de vaciado tapada por un tornillo que se encuentra en el fondo del recipiente. A continuación, el aire se filtra a través de un cartucho de material poroso que permite el paso del aire, pero impide que pasen las partículas que lleva en suspensión. Los cartuchos tienen que sustituirse cada cierto tiempo, puesto que las pequeñas partículas y suciedad retenida, produce mayor resistencia al flujo de aire y como consecuencia se reduce la presión del aire de utilización.

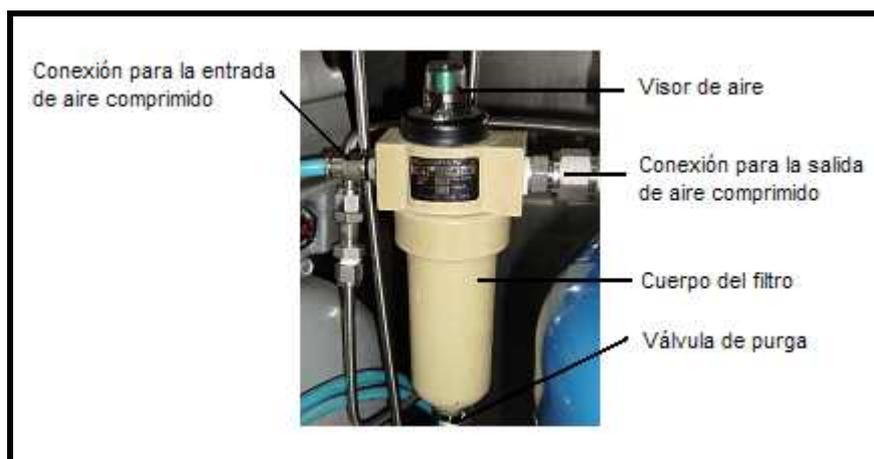


Figura 4.9. Filtro de aire

4.4.9 VÁLVULAS DE PASO

En la figura 4.10, se muestran las válvulas de paso las cuales pueden operar una presión máxima de 500 psig, estas válvulas son elementos mecánicos que permiten el flujo de aire comprimido por el sistema de tuberías del tablero de control neumático. La válvula de paso controla el flujo de aire comprimido, mediante una pieza (obturador) que tapa de forma parcial o completa el orificio de la cañería. Estas válvulas son de acero inoxidable y se conectan a las tuberías mediante acoples roscados.

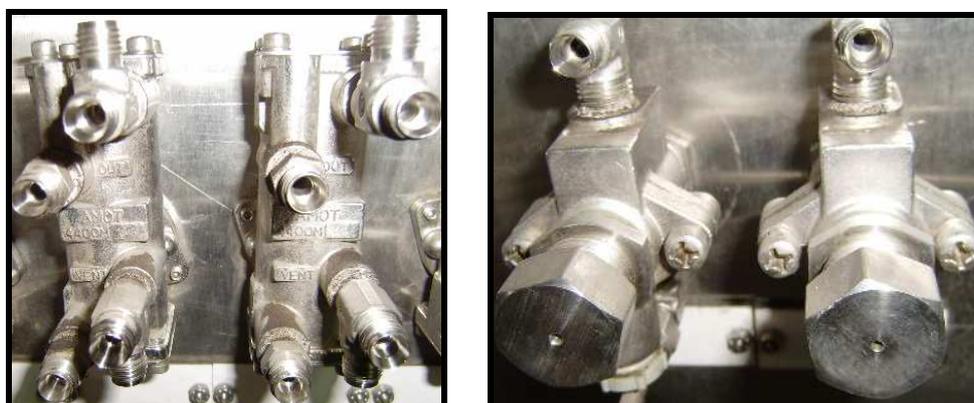


Figura 4.10. Válvulas de paso

4.4.10 VISORES NEUMÁTICOS

Estos elementos de visualización son de tipo neumático y operan con una presión de hasta 120 psig, los mismos que son empleados en procesos industriales que manejan aire comprimido. Estos visores permiten observar de manera visual el funcionamiento de un instrumento neumático, debido a que al pasar el aire comprimido por tales dispositivos acciona un mecanismo que produce un cambio de color en el visor.

En la figura 4.11 se puede observar los visores neumáticos que forman parte del tablero de control, los cuales ante la circulación de aire comprimido por los mismos cambia de color verde a color rojo indicando la circulación o presencia de aire comprimido en el sistema.



Figura 4.11. Visores neumáticos

4.4.11 TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Para la conexión entre el suministro de aire, el controlador y la válvula de control se utilizó tubería de acero inoxidable de 1/4" de diámetro interior. Además una serie de accesorios para unir los tramos de tubería y conectar la misma a cada elemento que requiere aire comprimido para su funcionamiento. Estas tuberías y accesorios utilizados se los puede observar en la figura 4.12. Todas las tuberías deben limpiarse cuidadosamente antes de instalarse en el sistema neumático y antes de completar las conexiones la tubería debe soplarse con aire comprimido.

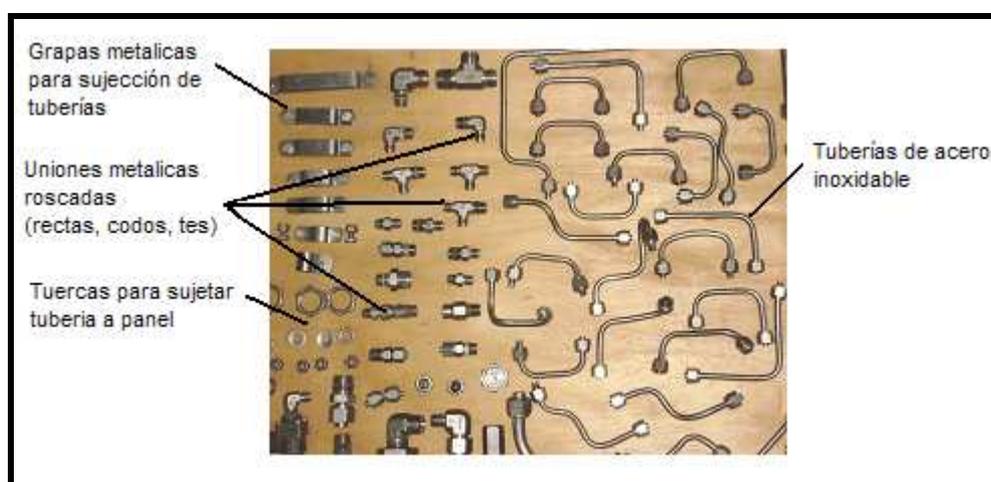


Figura 4.12. Tuberías y accesorios de acero inoxidable

4.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En la figura 4.13 se muestra la instalación eléctrica y en la figura 4.14 se muestra el esquema del circuito eléctrico de la instalación. Para la realización de la instalación eléctrica fue necesario conocer cada uno de los elementos que forma parte del sistema eléctrico del tablero.

Se utilizó interruptores de tipo on/off que están diseñados para operar a 15A/120V, Estos son utilizados para energizar o desenergizar cada una de las cargas eléctricas. El estado de operación de cada carga eléctrica se puede visualizar mediante los focos pilotos respectivos.

Lámparas fluorescentes de arranque instantáneo cuya potencia eléctrica es de 40 watts de tipo luz día, estas generan luz como el resultado del paso de una corriente eléctrica a través de un gas inerte. Se utilizó tubos fluorescentes debido a que son mucho más eficientes que las lámparas incandescentes, además tienen mayor vida útil, producen menos calor y no generan sombras.

Un borne para la conexión de conductores eléctricos tales como: conductor de fase, neutro y tierra. Los cuales transportan energía eléctrica hacia cada una de las cargas eléctricas.

El suministro de energía eléctrica es de tipo monofásica 120V/60Hz, se utilizó conductor eléctrico N° 14 y 12 AWG. El sistema eléctrico está conformado por las siguientes cargas: compresor, luces piloto y lámparas fluorescentes. Cada uno de los swicht on/off cierra o abre independientemente los circuitos de la instalación eléctrica. En las instalaciones eléctricas por muy sencillas o complejas que parezcan, es importante tener en cuenta los reglamentos que se debe cumplir para garantizar un buen y duradero funcionamiento.

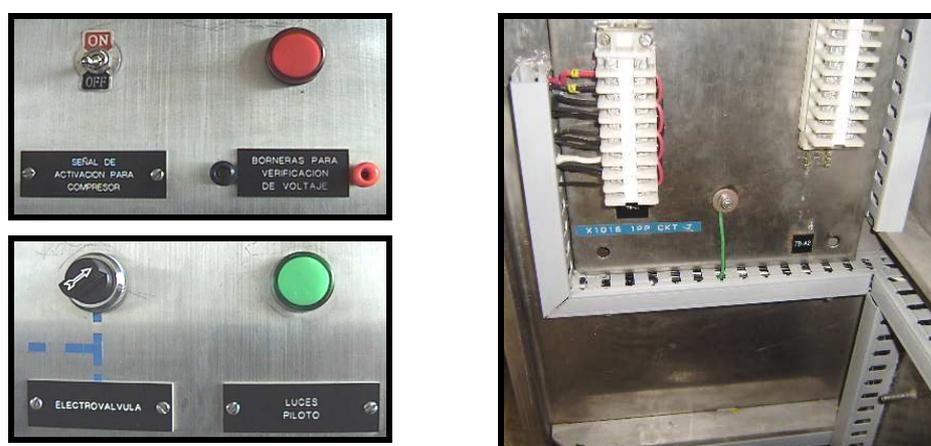


Figura 4.13. Instalación eléctrica

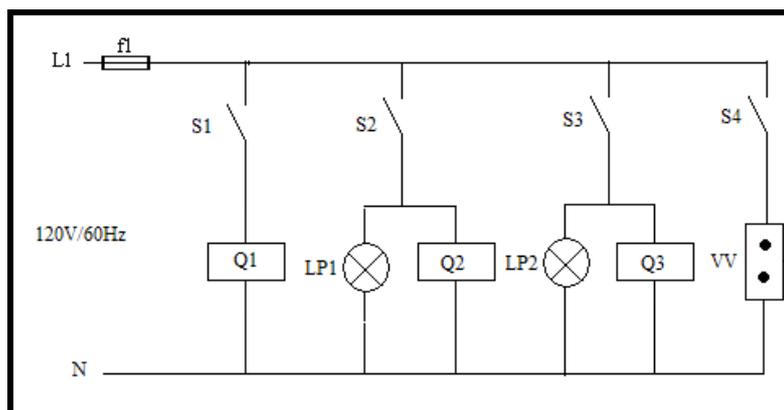


Figura 4.14. Circuito eléctrico de la instalación.

Siendo:

S1, S2, S3 Y S4 son interruptores para accionar las respectivas cargas eléctricas.

Q1: Lámparas fluorescentes para la iluminación del tablero.

Q2: Electroválvula para el paso de aire comprimido.

Q3: Compresor de aire

VV: Verificador de voltaje de alimentación.

LP1: Luz piloto de la electroválvula

LP2: Luz piloto del compresor

4.6 TUBERÍAS DE AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido para instrumentación neumática, debe tener una calidad superior a la usada en un equipo neumático regular. Debido a la precisión de sus componentes, que tienen una función de control de un determinado proceso. La circulación de aire comprimido por una tubería produce una pérdida de presión debido a la rugosidad, diámetro y longitud de la tubería. Por lo que la selección de tuberías es muy importante esto se detalla en el numeral 4.7.

Debe evitarse utilizar tuberías soldadas puesto que aumentan la posibilidad de fugas, se recomiendan las tuberías estiradas. Los materiales más usados en la fabricación de tuberías de aire empleadas en instrumentación son: el acero galvanizado o acero anodinado. Además se emplean racores que permiten la conexión de tuberías de manera fácil y rápida. Las uniones desmontables que más se emplean son: uniones por racores o uniones roscadas. En los cuales se unen los tubos mediante una serie de tuercas de formas especiales.

4.7 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE TUBERÍAS

Para distribuir o transmitir el aire comprimido en el sistema de instrumentación neumática, se necesita de tuberías y válvulas. Para determinar el diámetro de la tubería es necesario conocer:

- El caudal requerido.
- La pérdida admisible de presión.
- Conocer los elementos que tiene la red (válvulas, codos, piezas T, etc.).
- Presión de servicio.

En la práctica, se puede diferenciar dos métodos para determinar el diámetro de la tubería los cuales son: Analítico y gráfico.

4.7.1 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE TUBERÍAS

➤ **Método analítico:**

El cual toma en consideración las pérdidas de carga en los distintos ramales de la red. Se caracteriza por ser muy largo y engorroso.

➤ **Método Gráfico:**

Este método es más simple y práctico. En este se utiliza un nomograma como el mostrado en la figura N° 4.15, donde se representan todas las magnitudes mencionadas anteriormente para el cálculo.

4.7.2 MÉTODO EMPLEADO PARA EL CÁLCULO DE TUBERÍAS

Se utilizó el método gráfico puesto que es más simple y práctico. A continuación se detalla en que consiste este método para el cálculo de tuberías.

Primeramente para determinar el calibre de una sección de la tubería usando el nomograma de la figura 4.15, se une la línea A (longitud de la tubería) con la línea B (caudal). Luego se prolonga esta línea hasta intersectar la línea C (eje 1). Se une la línea E (presión de servicio) con este último punto de intersección. En la línea F (eje 2) se obtiene otra intersección con esta última línea. Se une los puntos en los ejes 1 y 2. Esta línea corta la línea D (diámetro nominal de la tubería) en un punto que proporciona el diámetro de la tubería (diámetro preliminar).

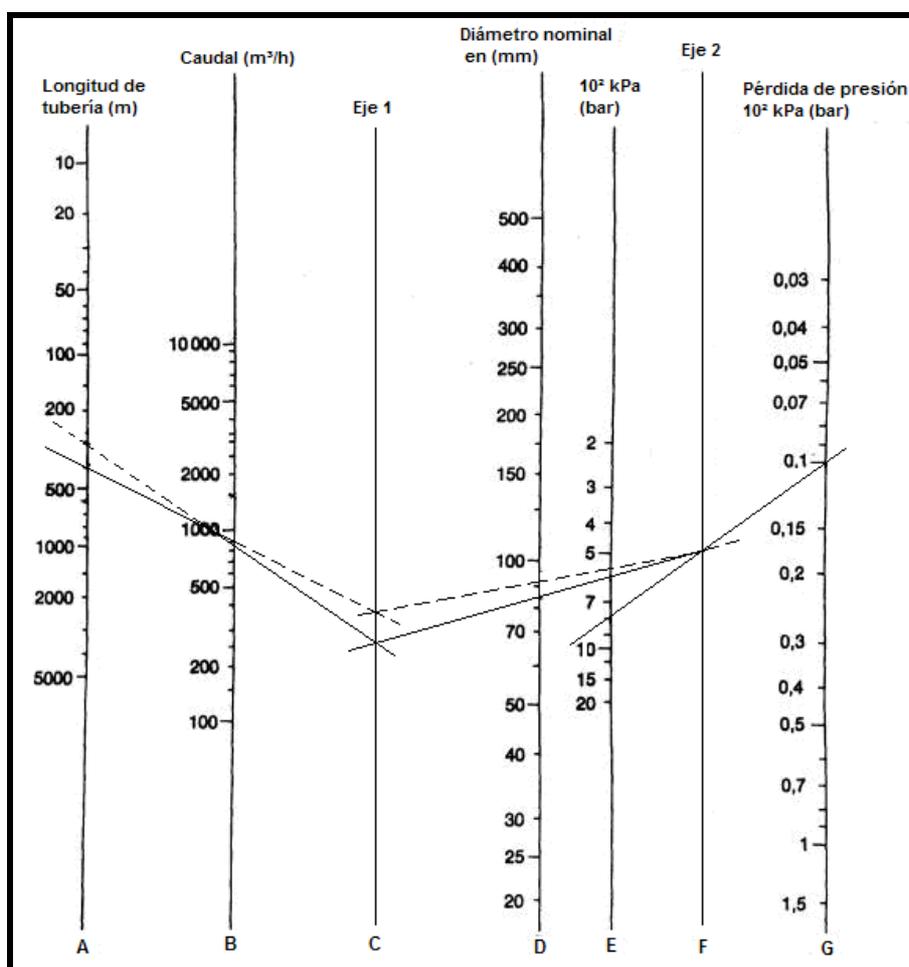


Figura 4.15. Nomograma para determinar el diámetro de tuberías
(Tomado del manual de neumática de FMA Pokorny, Francfort)

El valor preliminar del diámetro nominal de la tubería obtenido en la figura 4.15, debe ser corregido porque existen estrangulamientos (codos, válvulas, etc.). Para lograr esto se utiliza la siguiente figura 4.16.

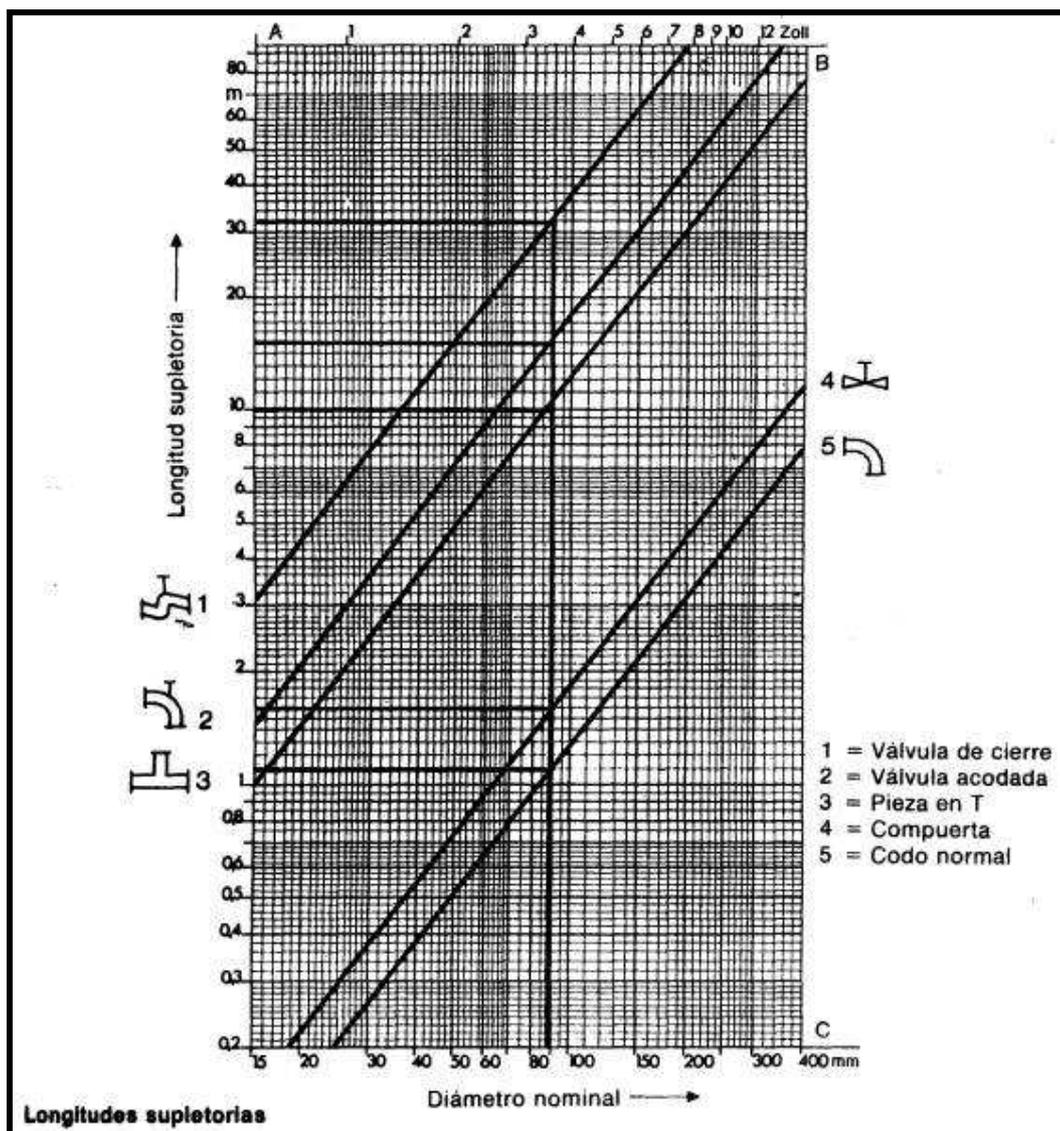


Figura 4.16. Gráfico para sincerar los cálculos en la determinación del diámetro de tuberías.
(Tomado del manual de neumática de FMA Pokorny, Francfort)

Con el valor del diámetro encontrado en la primera etapa del cálculo, se determinan las longitudes complementarias para cada tipo de estrangulamiento con la gráfica de la figura 4.16. Para un tipo de estrangulamiento en particular, se determinan la longitud equivalente multiplicando el valor obtenido a partir de la figura 4.16, por la cantidad de ese tipo de estrangulamiento.

Se suman los resultados de todas las longitudes equivalentes al valor de la longitud de tubería. Se vuelve a realizar nuevamente el procedimiento con el nomograma de la figura 4.15, pero ahora con la longitud total y se obtiene así el verdadero diámetro de la tubería.

Por ejemplo para determinar el diámetro de la tubería, para una instalación neumática cuyo caudal es 960 m³/h. La longitud de tubería es de 280 m; comprende 6 piezas en "T", 5 codos normales, 1 válvula de cierre. Además la pérdida de presión admisible es 0.1 bar y la presión de servicio es de 8 Bar. Entonces utilizando el procedimiento anterior descrito para el nomograma de la figura 4.15 y con los datos dados, se determina el diámetro provisional de tubería requerida. En este caso, se obtiene para el diámetro de tubería un valor de 90 mm

Utilizando el nomograma de la figura 4.16 permite averiguar rápidamente las longitudes supletorias y estas son:

- 6 piezas en T (90 mm) = 6 * 10.5 m = 63 m
- 1 válvula de cierre (90 mm) = 32 m
- 5 codos normales (90mm) = 5 * 1 m = 5 m

Entonces la longitud total de tubería supletoria es 100 m y siendo la longitud de tubería de 280 m; nos proporciona la longitud total de tubería cuyo valor es 380 m. Con esta longitud total de tubería, el consumo de aire, la pérdida de presión y la presión de servicio se puede determinar con la ayuda de los nomogramas de las figuras 4.15 y 4.16, el diámetro definitivo de la tubería siendo para este caso de 95 mm.

4.8 TIPO DE CONTROL UTILIZADO EN EL TABLERO

En el tablero de control neumático de lazo abierto, se utilizó un control tipo P.I.D. (Proporcional + Integral + Derivativo). Con el objetivo de simular un proceso en el cual se requiera suministrar aire a presión constante para un proceso industrial.

Un controlador **P.I.D. (Proporcional Integral Derivativo)** es un sistema de control que, mediante un actuador es capaz de mantener una variable o proceso en un punto deseado dentro del rango de medición del sensor que mide la variable. Además es uno de los métodos de control más frecuentes y precisos dentro de la regulación automática.

4.8.1 SIGNIFICADO DE LAS CONSTANTES DE UN CONTROLADOR P.I.D.

P: Constante de proporcionalidad: se puede ajustar como el valor de la ganancia del controlador o el porcentaje de banda proporcional.

I: Constante de integración: indica la velocidad con la que se repite la acción proporcional.

D: Constante de derivación, hace presente la respuesta de la acción proporcional duplicándola, sin esperar a que el error se duplique. El valor indicado por la constante de derivación es el lapso de tiempo durante el cual se manifestará la acción proporcional correspondiente a 2 veces el error.

4.8.2 ACCIONES DE CONTROL QUE COMPONEN UN CONTROLADOR P.I.D.

Las tres componentes del controlador P.I.D. son: acción **P**roporcional, acción **I**ntegral y acción **D**erivativa. El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo respectivamente. A continuación se describe cada una de las acciones de control que componen un controlador P.I.D. En la figura 4.17, se muestra la variable del proceso y señal de salida del controlador P.I.D. y su evolución en el tiempo. Además en la figura 4.18 se puede observar las señales de las acciones de un controlador P.I.D.

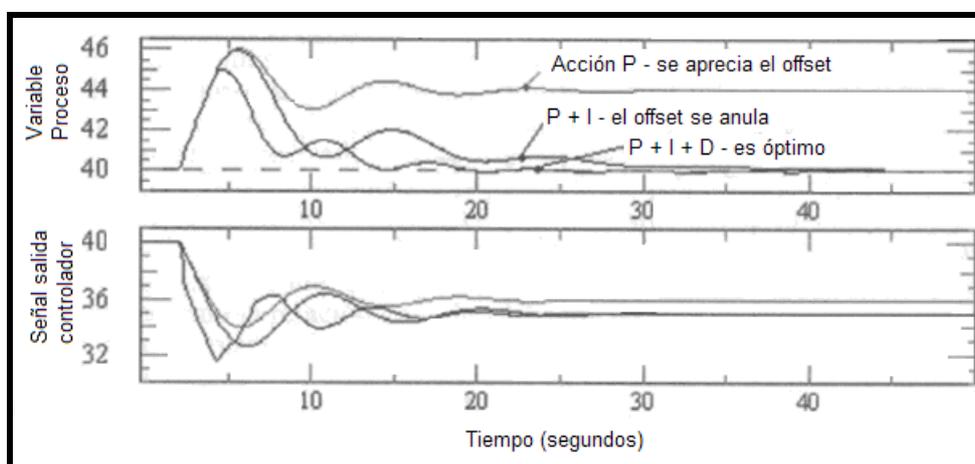


Figura 4.17. Control proporcional + integral + derivativo

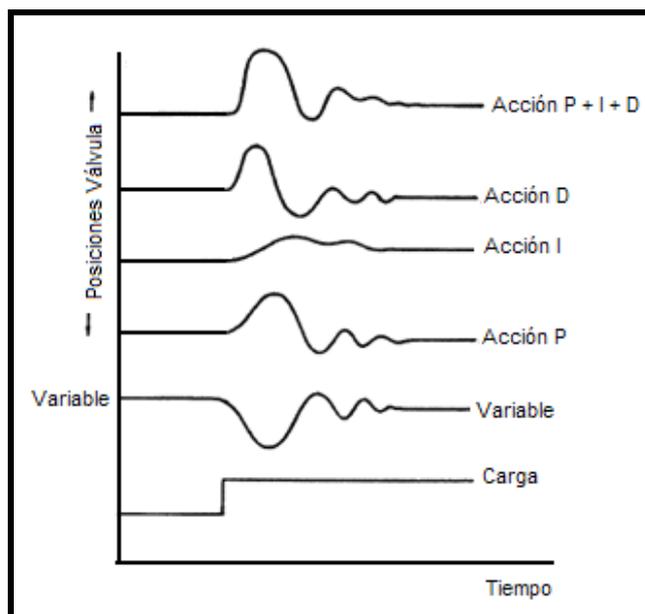


Figura 4.18. Acciones de control en un controlador P.I.D.

4.8.2.1 Acción proporcional

La acción proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional. Esta componente que conforma parte del controlador P.I.D., toma un rol importante cuando la señal de error es grande. Pero su acción se ve reducida con la disminución de dicha señal. Este efecto tiene como consecuencia la aparición de un error permanente, que hace que la parte proporcional nunca llegue a solucionar por completo el error del sistema. Además la constante proporcional determinará el error permanente, siendo éste menor cuanto mayor sea el valor de la constante proporcional. Se pueden establecer valores suficientemente altos en la constante proporcional como para que hagan que el error permanente sea casi nulo pero, en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango.

Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobreoscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobreoscilación.

La parte proporcional no considera el tiempo, por tanto la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación con respecto al tiempo es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa.

4.8.2.2 Acción integral

La acción Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por la acción proporcional. La acción integral opera de modo que el error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un periodo de tiempo determinado. Luego es multiplicado por una constante **I** que representa la constante de integración. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada a la acción proporcional para formar el control proporcional + integral ($P + I$), con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario. Pero la acción integral presenta un desfaseamiento en la respuesta de 90° que sumados a los 180° de la retroalimentación (negativa) acercan al proceso a tener un retraso de 270° , entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con 90° de retardo para provocar la oscilación del proceso. La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo.

4.8.2.3 Acción derivativa

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error. Es decir si el error es constante, solamente actúan la acción proporcional e integral. Por lo que la función de la acción derivativa, es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la velocidad misma que se produce. De esta manera se evita que el error se incremente. Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores ($P + I$). Para gobernar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

4.9 DIAGRAMAS

4.9.1 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO

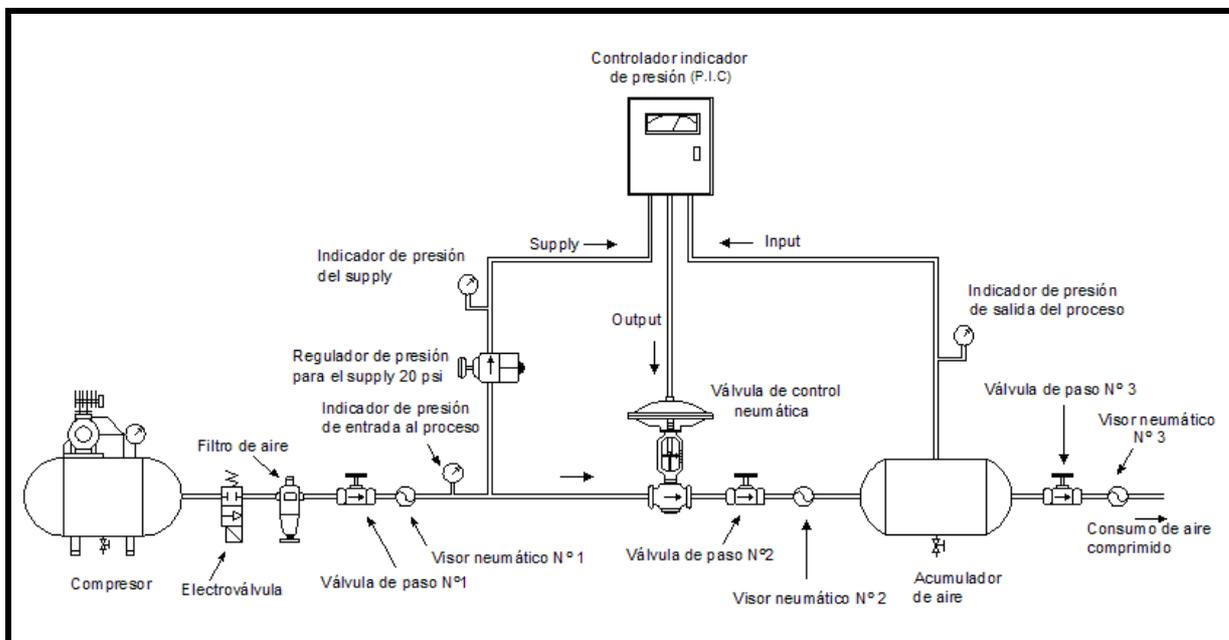


Figura 4.19. Diagrama de funcionamiento del módulo de control neumático.

4.9.2 DIAGRAMA UNIFILAR

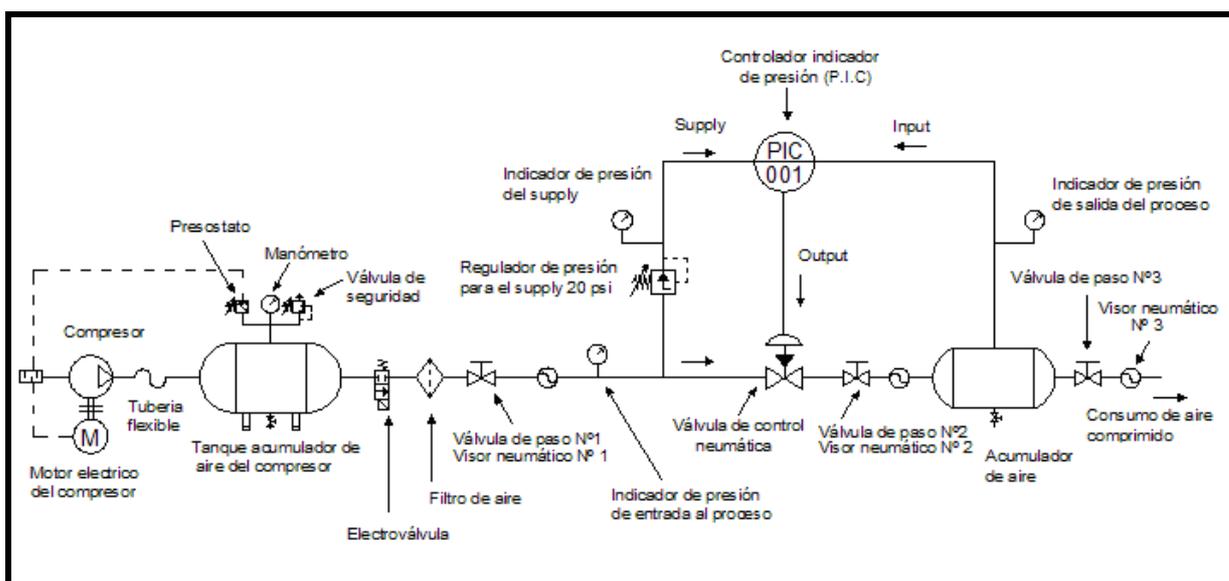


Figura 4.20. Diagrama unifilar del módulo de control neumático.

4.9.3 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DEL MÓDULO DE CONTROL NEUMÁTICO.

En la figura 4.19 se muestra el diagrama de funcionamiento del módulo de control neumático, en el cual se muestra cada uno de los componentes del módulo cuyo funcionamiento es el siguiente:

Se tiene un compresor de aire que suministra de aire comprimido al sistema neumático a una presión de 115 psi; previo a la activación de la electroválvula permitiendo suministrar aire comprimido hacia el filtro de aire, el cual permite separar las impurezas y la humedad del aire.

Al accionar la válvula de paso N° 1 y el visor neumático N° 1, nos indica si existe aire comprimido proveniente del filtro de aire, hacia el regulador de presión y a la entrada de la válvula de control neumática, esta válvula es de tipo normalmente cerrada, por lo que cuando el controlador indicador de presión envía una señal neumática de 3 psi esta cerrada, pero al superar los 3 psi empieza su apertura. La válvula esta completamente abierta cuando el controlador indicador de presión (P.I.C.) envía una señal de 15 psi. Esta válvula permite suministrar aire comprimido al acumulador de aire, en el cual se desea mantener un valor de presión constante; la válvula actúa cuando exista una variación de presión.

La presión de suministro de aire comprimido se puede visualizar en el indicador de presión de entrada al proceso.

Se regula el suministro de aire (supply) mediante el regulador de presión a 20 psi y se verifica la presión en el indicador de presión del supply, para alimentar el controlador indicador de presión (P.I.C.). En el cual se fija el punto de consigna (Set point) de acuerdo al valor que se desea mantener la variable (presión).

Luego al accionar la válvula de paso N° 2 y confirmar la presencia de aire en el visor neumático N° 2, se suministra aire comprimido controlado proveniente de la válvula de control neumática, hacia el acumulador de aire.

Seguidamente se acciona la válvula de paso N° 3 y confirmar la presencia de aire en el visor neumático N° 3, para permitir el paso de aire comprimido hacia el consumo de aire.

Se realiza el ajuste de la banda proporcional (B.P.) y se fija los valores del reset y derivativo en el controlador indicador de presión (P.I.C), de acuerdo a los cambios que se requiere para mantener el punto de consigna de la variable. Se observa en el indicador de presión de salida del proceso, la presión de salida de la variable controlada y se realiza los cambios necesarios en el reset y derivativo, para tratar de mantener la variable controlada en un valor casi constante.

4.10 ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES DEL TABLERO DE CONTROL DE PRESIÓN

Previo al ensamblaje de cada uno de los componentes que conforman parte del tablero de control de presión, se realizó el mantenimiento general de la estructura metálica de acero inoxidable. Puesto que el tablero de control de presión es de tipo neumático, este esta conformado en la mayor parte por elementos neumáticos. Estos elementos fueron descritos en el subcapitulo 4.4.

Cada uno de estos elementos fue debidamente examinado e inspeccionado, para verificar su correcto funcionamiento y ser empleados con confiabilidad y seguridad al realizar el ensamblaje de los respectivos elementos. Además se rediseño la instalación eléctrica para este tablero acorde a las necesidades requeridas. Esto se detalla en el subcapitulo 4.5.

Posteriormente se procede a realizar el ensamblaje de cada uno de los componentes, según los diagramas del subcapitulo 4.9; los cuales representan el funcionamiento del tablero de control neumático. Teniendo en cuenta las respectivas normas de seguridad y los rangos de operación de los diferentes elementos empleados que se especifican en el capítulo N° 5.

Una vez realizado las conexiones entre cada uno de los elementos que conforman el tablero, empleando tubería y racores de acero inoxidable se revisa que el sistema de tuberías no presente fugas de aire; las cuales puedan perjudicar el rendimiento del tablero. Para verificar la existencia de fugas de aire en las tuberías, se cubre a las tuberías con espuma de jabón. Este método es práctico y permite visualizar el punto en el cual existe una fuga de aire, puesto que en el punto en el que exista fuga de aire se producirá burbujas.

Otra manera de determinar la existencia de fugas de aire, es mediante la observación de la presión que indica un manómetro que forme parte del sistema de tuberías, pero este método no permite indicar el punto exacto en el cual existe una fuga de aire, además depende de la ubicación en el cual este instalado el manómetro y de sus características.

Se debe mencionar que es importante que a los elementos neumáticos se suministre una presión de aire constante; es decir sin fluctuaciones. Esto es necesario para evitar un funcionamiento irregular y prevenir que no sufran esfuerzos inadmisibles que puedan provocar una disminución de su vida útil.

Al finalizar el ensamblaje del tablero de control neumático, se procede a realizar:

- Detallar la operación de los instrumentos
- La calibración de los instrumentos
- Las pruebas de funcionamiento
- Y aplicación.

Cada uno los aspectos anteriores se detalla a continuación en el capítulo N° 5, que corresponde al manual del tablero de control neumático.

4.11 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO COLECTIVO

Para el correcto funcionamiento del controlador neumático P.I.D., que regula la variable que en este caso es la presión de aire hacia un proceso o sistema se necesita, al menos de los siguientes componentes:

- Un sensor, que determine el estado del sistema.
- Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
- Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada.

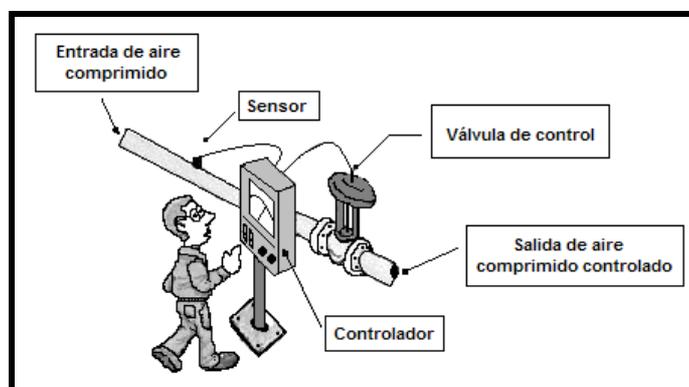


Figura 4.21. Elementos del control neumático.

A continuación se detalla en que consiste cada uno de estos elementos del control neumático que se puede ver en la figura 4.21.

- El elemento sensor proporciona una señal analógica al controlador, esta señal representa el punto actual en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal representa este valor en forma de una señal neumática que es enviada al controlador.
- El controlador que en este caso es de tipo neumático, lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna o punto de referencia, la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. El controlador resta la señal del punto actual de la variable a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la

diferencia que hay entre el valor deseado y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada una de las tres componentes del controlador P.I.D. (proporcional + integral + derivativo), para generar tres señales que sumadas componen la señal que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador que es una válvula de globo de control neumático de diafragma.

- El actuador es el elemento final de control, que en este caso es una válvula de control que realiza la función de variar el caudal de aire comprimido sujeto a control; que modifica a su vez el valor de la variable controlada comportándose como un orificio de área continuamente variable. La señal resultante de la suma de estas tres señales, se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, si no que debe ser transformada para ser compatible con el actuador empleado.

CAPITULO N° 5

MANUAL DEL TABLERO DE CONTROL NEUMÁTICO

5.1. OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS

5.2. CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS

5.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.4. APLICACIÓN

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 1 de 1
			Revisión Nº 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

1. OBJETIVO:

Documentar las características de los principales elementos que conforman el modulo de control neumático, para la operación optima del equipo de medición y control.

2. ALCANCE:

Brindar al estudiante de la carrera de tecnología Electromecánica información detallada de los elementos que conforman el modulo de control neumático.

3. NOMBRE DEL EQUIPO: Modulo de control neumático (M.N.1).

3.1. CONTROLADOR INDICADOR DE PRESIÓN (M.N.1.1):

- FOXBORO modelo 43AP
- Rango: 3-15 psi
- Supply: 20 psi , input: 3-15 psi, output: 3-15 psi
- Temperatura de operación: 5-40° C

3.2. REGULADOR DE PRESIÓN (M.N.1.2):

- FAIRCHILD Modelo 10
- Rango de operación: 0.5-30 psig
- Supply máx.: 500 psig
- Temperatura de operación máx.: 175° F

	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 2 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

3.3. VÁLVULA DE CONTROL NEUMÁTICA (M.N.1.3):

- Marca: MOORE P-820-11340
- Válvula de globo con actuador de diafragma
- Rango de operación: 3-15 psi.
- Material: Bronce
- Tamaño: 1½"
- Temperatura máx.: 270° C

3.4. MANÓMETROS (M.N.1.4):

- Manómetro ASHCROFT (M.N.1.4.1)
- Rango de operación: 0-100 psi
- Tipo: Seco
- Temperatura máx.: 175° F

- Manómetros WIKA y US GAUGE (USG) (M.N.1.4.2 y M.N.1.4.3)
- Rango de operación: 0-30 psi
- Tipo: Seco y de glicerina
- Temperatura máx.: 175° F

3.5. FILTRO (M.N.1.5):

- NORGREN F 08-301 – M1DA
- Inlet máx.: 250 psig
- Temperatura máx.: 175° F

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 3 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

3.6. COMPRESOR DE AIRE (M.N.1.6):

- Marca: Campbell Hausfeld
- Motor: 1.5 HP monofásico/ 120V/60Hz
- Capacidad del tanque: 10 galones
- Máxima presión de aire: 115 psi

3.7. TUBERÍAS:

- Tipo de material: Acero inoxidable 316 SST
- Tamaños: 1 ¼", 1 ½", ¼"

4. PROCEDIMIENTO PARA OPERACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL NEUMÁTICO.

Los pasos para la operación del modulo neumático, se describen a continuación según la figura 5.1 y la figura 5.2, que muestra los elementos que forman parte del modulo de control neumático, los cuales deben ser muy tomados en cuenta al manipular el modulo. Esto evitará que el usuario que manipule el modulo de control neumático realice acciones incorrectas que puedan provocar situaciones inseguras.

1.- Primeramente accionar el interruptor general N° 1 según la figura 5.1, para energizar los componentes eléctricos del modulo de control neumático.

2.- Accionar el interruptor N° 2 para el encendido del compresor.

	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 4 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

3.- Luego accionar el interruptor N° 3 que activa la electroválvula que posee el compresor N° M.N.1.6. (figura 5.2), permitiendo suministrar aire comprimido hacia el filtro de aire N° M.N.1.5 que se observa en la figura 5.2. El cual permite separar las impurezas y la humedad del aire la misma que se condensa y se almacena en el fondo del depósito del filtro de aire, esta agua debe ser purgada.

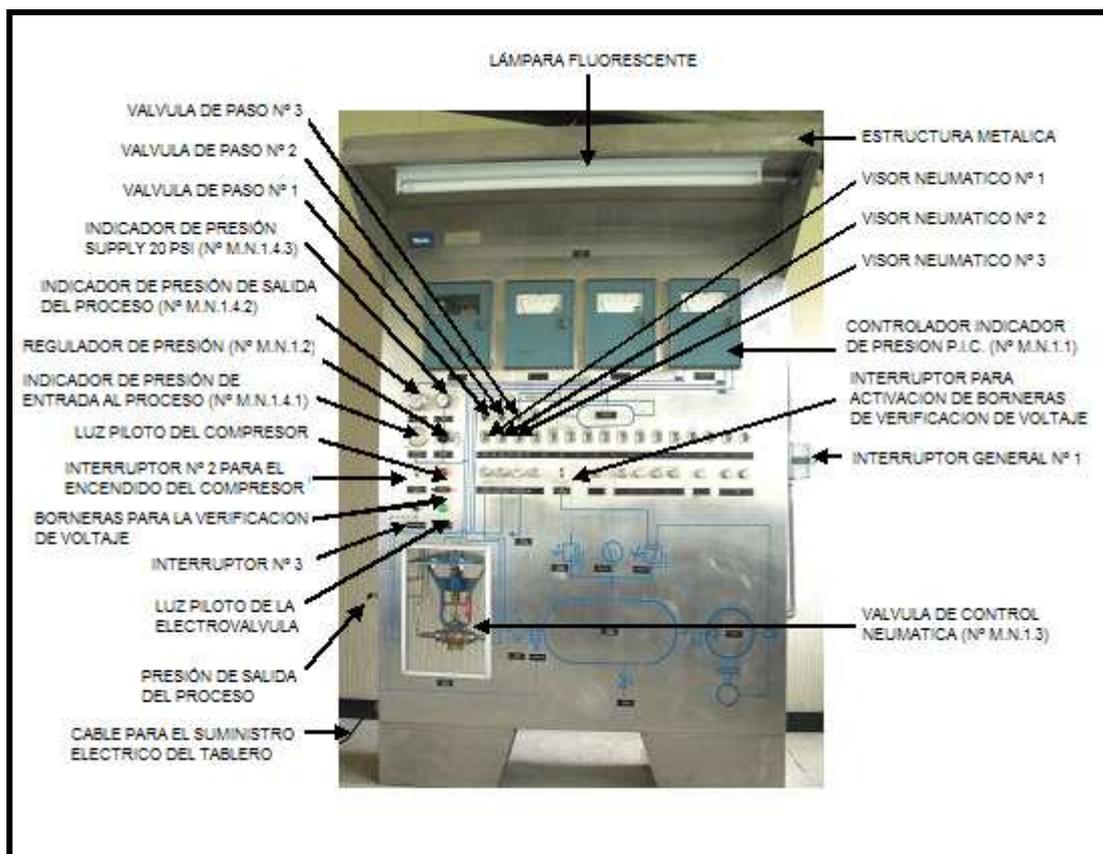


Figura 5.1. Elementos constitutivos del modulo de control neumático (vista frontal).

	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 5 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

4.- Accionar la válvula de paso N° 1 y el visor neumático N° 1 (figura 5.1) nos indica si existe aire comprimido proveniente del filtro de aire N° M.N.1.5, hacia el regulador de presión N° M.N.1.2 y a la entrada de la válvula de control neumática N° M.N.1.3, que se puede ver en la figura 5.2. La presión de suministro de aire comprimido se puede visualizar en el indicador de presión de entrada al proceso (manómetro N° M.N. 1.4.1).

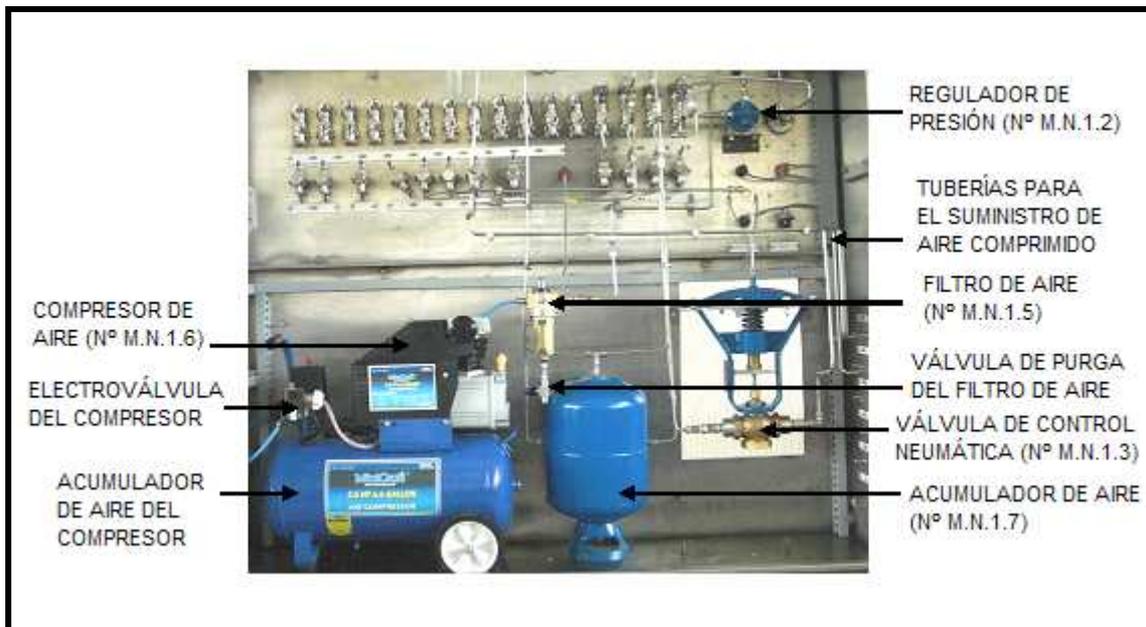


Figura 5.2. Elementos constitutivos del modulo de control neumático (vista posterior).

5.- Regular el suministro de aire (supply) mediante el regulador de presión N° M.N.1.2, a 20 psi y verificar la presión del supply en el indicador de presión (manómetro) N° M.N.1.4.3, para alimentar el controlador indicador de presión (P.I.C.) N° M.N.1.1.

	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 6 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

6.- Accionar la válvula de paso N° 2 y confirmar la presencia de aire en el visor neumático N° 2, para suministrar aire comprimido controlado proveniente de la válvula de control neumática N° M.N.1.3, hacia el acumulador de aire N° M.N.1.7 (ver figura 5.2).

7.- Luego accionar la válvula de paso N° 3 y confirmar la presencia de aire en el visor neumático N° 3, para permitir el paso de aire hacia el consumo de aire.

8.- Fijar el punto de consigna (Set point) con la perilla N° C1 que posee el controlador indicador de presión (P.I.C.) N° M.N.1.1 según la figura 5.3, de acuerdo al valor que se desea mantener la variable (presión).

9.- Ajustar la banda proporcional (B.P.) girando el disco N° C2, según figura N° 5.3 hasta el valor escogido.

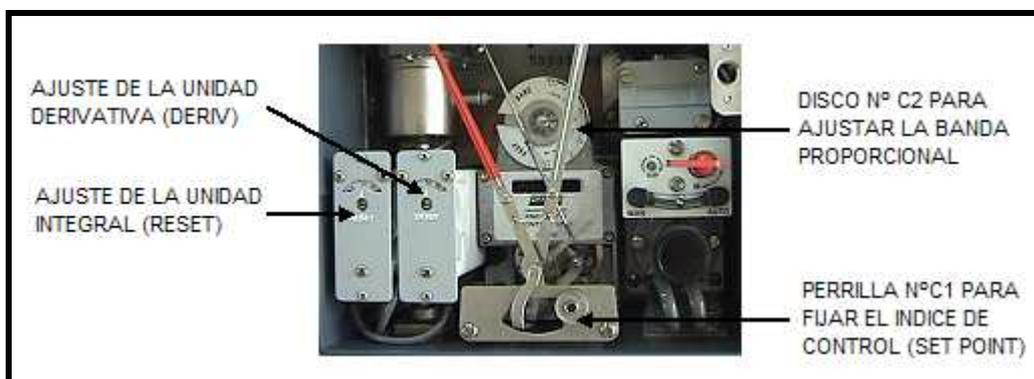


Figura 5.3. Mecanismos para el ajuste de la acción de control del P.I.C.

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 7 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	
<p>10.- Fijar los valores del reset y derivativo, de acuerdo a los cambios que se requiere para mantener el punto de consigna de la variable y evitar la excesiva oscilación del índice de control debido a las perturbaciones dadas en el proceso.</p> <p>11.- La banda proporcional se puede ajustar entre los valores de 10% y 250%. En cambio el reset se puede fijar entre los valores de 0.01 hasta 50 veces por minuto y el derivativo se lo puede fijar entre los valores 0.05 hasta 50 por minuto. Estos valores de la banda proporcional, reset y derivativo se los debe fijar de acuerdo a las características que presente el sistema.</p> <p>12.- Observar en el indicador de presión de salida del proceso N° M.N.1.4.2, la presión de salida de la variable controlada y efectuar los cambios necesarios en el reset y derivativo, para tratar de mantener la variable controlada en un valor casi constante. Este procedimiento debe efectuarse varias veces hasta lograr mantener la variable controlada en un valor casi constante, de acuerdo al consumo promedio.</p> <p>13.- La válvula de control neumático es de tipo normalmente cerrada, por lo que cuando el controlador indicador de presión envía una señal neumática de 3 psi esta cerrada, pero al superar los 3 psi empieza su apertura. La válvula esta completamente abierta cuando el controlador indicador de presión (P.I.C.) envía una señal de 15 psi. Esta válvula permite suministrar aire comprimido al acumulador de aire N° M.N.1.7, en el cual se desea mantener un valor de presión constante; la válvula actúa cuando exista una variación de presión.</p>			

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 1 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	
<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Documentar los procedimientos para la calibración de los elementos de medición y control, que conforman parte del modulo de control neumático.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>Brindar al estudiante de la carrera de tecnología Electromecánica, información detallada para la calibración de los elementos de medición y control que conforman el modulo de control neumático.</p> <p>3. CALIBRACIÓN DE VÁLVULA DE CONTROL</p> <p>Para calibrar la válvula de control se debe ajustar el tornillo de cero y el de multiplicación según la figura 5.4 que muestra las partes de la válvula de control, con el propósito que la carrera completa de la válvula se efectúe en el rango de 3 a 15 psi. Dado que la válvula empleada es de acción inversa es decir sin aire cierra. El procedimiento para la calibración de la carrera de la válvula es el siguiente:</p> <p>Sin aire sobre la válvula se sitúa en el vástago el indicador (flecha indicadora), con el propósito de posicionar el inicio de la carrera del obturador de la válvula en la posición cerrada.</p>			

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 2 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	
<p>➤ Se manipula el regulador de presión N° 1, que posee el P.I.C (ver figura 5.10) para aumentar lentamente la señal neumática que se aplica sobre el diafragma de la válvula, de tal manera que a 3 psi la válvula debe estar cerrada, pero al superar los 3 psi la válvula debe iniciar su apertura. Pero si la válvula no inicia su apertura al superar los 3 psi, se manipula el tornillo de cero (A), como se ve en la figura 5.4; que regula la carrera del vástago; lo necesario para que la válvula comience a abrir a partir de 3 psi. En esta posición se fija el indicador de posición de carrera de la válvula de modo que marque la posición de inicio de la carrera, es decir 0% de apertura de la válvula.</p> <p>➤ Se vuelve a manipular el regulador de presión N° 1, que posee el P.I.C., para suministrar aire a la presión de 15 psi, ante lo cual el indicador de posición debe marcar 100% abierto. Caso contrario se debe apretar el tornillo de multiplicación (B), como se ve en la figura 5.4; el cual permite regular el recorrido del muelle hasta que el indicador de posición señale 100% de la carrera de la válvula.</p> <p>➤ Y finalmente se debe repetir los ajustes de 0% y 100% de la carrera de la válvula, las veces necesarias para que la válvula quede calibrada correctamente.</p>			

	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 3 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

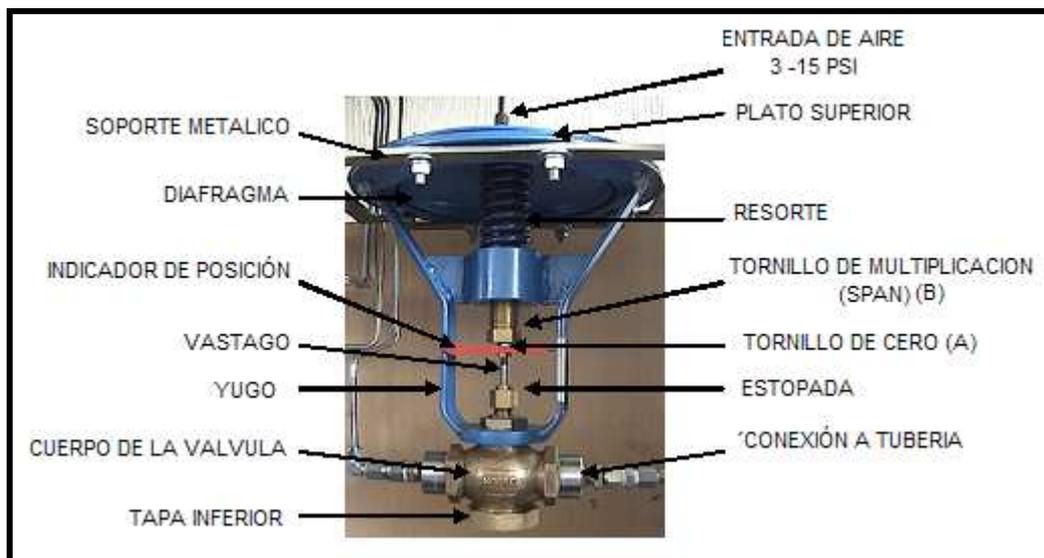


Figura 5.4. Válvula de control de acción inversa.

4. CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS

Para la calibración de los manómetros se tiene dos métodos de calibración los cuales son: calibración seca y calibración húmeda. Las cuales se describen a continuación.

4.1 Calibración seca

En la calibración seca se dispone de un calibrador tipo seco, que esta compuesto por un manómetro patrón, una fuente de aire comprimido especialmente para instrumentos y una válvula reguladora de presión. El procedimiento consiste en aplicar siempre una presión regulada desde un mínimo a un máximo del rango

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 4 de 1
		Revisión N° 1
		Fecha: Abril 2012

establecido, lo que se conoce como calibración de cero y calibración del span. Ante tal situación tanto el calibrador patrón como el instrumento de prueba están sometidos a la misma presión de aire, por lo que los dos instrumentos registrarán la misma lectura teóricamente, pero en la práctica el instrumento que actúa como calibrador patrón es mucho más sensible y registrará una lectura mucho más precisa, lo que no ocurre con el instrumento de prueba; puesto que este es menos preciso a más de tener presente que el mismo podrá presentar errores apreciables en la lectura producto de un deterioro de sus partes componentes.

Por lo que si el instrumento sometido a prueba no marca el valor de presión que marca el calibrador patrón será porque está descalibrado y se debe calibrar variando la amplitud de amplificación de acuerdo a la palanca interna que posee en su interior.

4.2. Calibración húmeda

La calibración húmeda utiliza aceite hidráulico a presión que es suministrado al instrumento bajo prueba, por un calibrador de peso muerto según la figura 5.5. El calibrador de peso muerto posee una o dos bases sobre las cuales se colocan pesas previamente determinadas de acuerdo al span del instrumento a calibrarse.

Estas pesas transmiten una presión prefijada por el peso de las pesas y de acuerdo a las características propias del instrumento bajo prueba; la transmisión de presión se realiza por medio del cilindro de diámetro conocido sobre la cámara interna del calibrador de peso muerto que contiene aceite hidráulico, el

	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 5 de 1 Revisión N° 1 Fecha: Abril 2012
<p>mismo que actúa sobre el instrumento bajo prueba con una cierta presión prefijada por la o las pesas que nos da la fuerza y por el diámetro del cilindro que posee el calibrador de peso muerto. Teniendo en cuenta que:</p> $P = \frac{F}{A} \qquad F = P * A$ <p>Siendo: A = el área del cilindro que actúa sobre el aceite. P = la presión ejercida sobre el aceite. F = la fuerza o peso ejercido sobre el cilindro.</p> <p>4.3. Calibración del cero y del span de un manómetro utilizando un calibrador de peso muerto.</p> <p>Para la calibración de manómetros utilizando un calibrador de peso muerto como se muestra en la figura 5.5, se debe seguir los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Primero se calibra el cero, para lo cual el manómetro sin presión debe marcar cero si esto no ocurre se debe extraer la aguja del manómetro a calibrarse y se la coloca en cero. Esto se lo realiza dos o tres veces. ➤ Luego se verifica que el calibrador de peso muerto, contenga el aceite necesario hasta el nivel establecido. ➤ Se debe nivelar el calibrador de peso muerto, para esto nos valemos del nivel existente en el equipo. 		

 <p>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</p>	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 6 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Instalar y fijar el manómetro patrón y el manómetro a probar en las respectivas conexiones que posee el calibrador de peso muerto. ➤ Bombear el fluido por medio de la palanca que posee el calibrador de peso muerto. Para que los pistones se muevan y el manómetro patrón indique la presión que existe dentro de la cámara interna del calibrador de peso muerto, luego de extraer el aire existente en el interior de dicha cámara. ➤ La presión que se indica en manómetro patrón también debe ser indicada en el manómetro a ser calibrado. ➤ En el caso de calibración por medio de pesas, solo se debe dar la presión necesaria para tener un equilibrio entre las pesas y la presión que hay en ese momento en el recipiente. ➤ Para efectuar la lectura del instrumento se debe primero esperar que el cilindro en el cual está colocado el peso, sea empujado hacia arriba y pueda girar libremente sobre el aceite. Esto indicará que toda la presión está siendo aplicada sobre el instrumento y no existe aire en su interior. En este tipo de calibración el instrumento bajo prueba (manómetro), debe registrar una lectura igual o muy cerca al valor de la presión ejercida sobre el aceite por el peso colocado sobre el cilindro e indicada por el manómetro a calibrar. Caso contrario será necesario volver a calibrarlo, ya sea manipulando los elementos internos del mismo para obtener una lectura igual o muy cercana a la aplicada. 			

	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 7 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

- Si el manómetro bajo prueba no marca el valor de presión que marca el manómetro patrón se tendrá un manómetro descalibrado. Ante lo cual se debe variar la amplitud de amplificación de acuerdo a la palanca interna que posee el manómetro (figura 5.6).

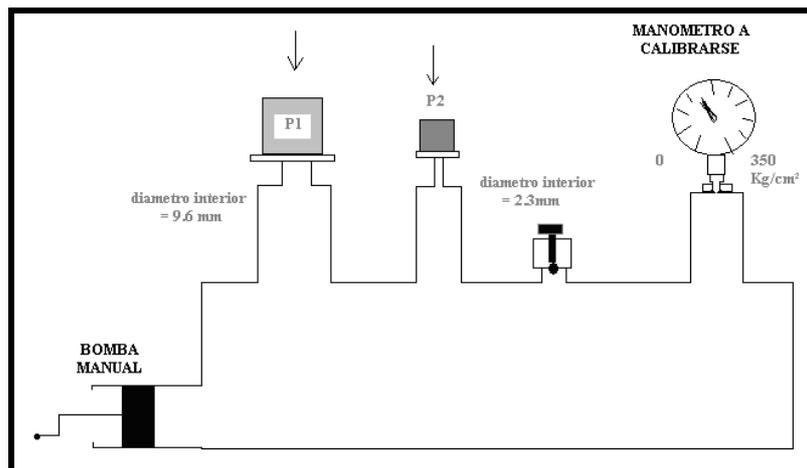


Figura 5.5. Calibrador de peso muerto.

- Con un destornillador se quita la cubierta metálica y la luna del manómetro a calibrarse.
- Por medio de un santiago apropiado se coloca la parte punzante en el centro de giro de la aguja y las patas sujetan la parte circular externa del orificio de la aguja, de tal manera que al ir atornillando el tornillo que posee el santiago sus patas levantan la aguja.
- Se coloca la aguja en la posición de cero y con un tubo pequeño de plástico duro se presiona en el centro para fijar en el eje de giro.
- Luego de esto se procede a la calibración del span.

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 8 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

- Se realiza las pruebas respectivas al manómetro hasta el máximo valor de su escala y si no coincide con su valor respectivo, se usa una pinza para presionar el sistema interno de giro hasta hacer coincidir el valor máximo.

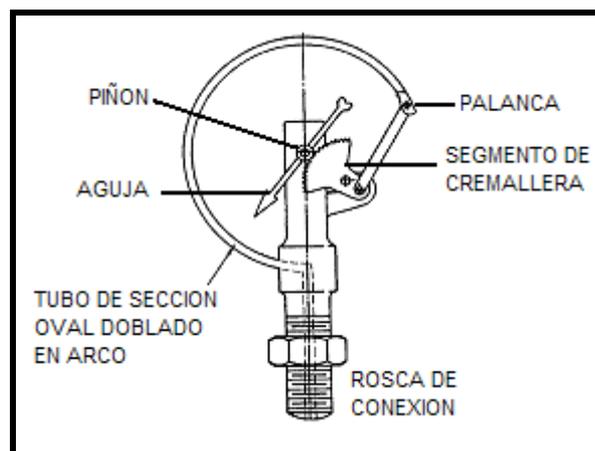


Figura 5.6. Partes de un manómetro tipo bourdon

- Luego se realizan medidas intermedias de la escala del manómetro y si no coinciden dichas medidas se colocan nuevos valores usando placas o cintas.
- Esto se lo debe ir realizando en unos dos o tres pasos y en cada paso se va verificando cada corrección que se realiza, mediante un suministro de fluido o aire a presión regulada; en el primer caso se utiliza un calibrador de peso muerto y en el segundo un suministro de aire a presión. Hay que notar que para la calibración se debe sacar la aguja, para volver a colocarla en una posición adecuada para obtener una lectura más real. En algunos manómetros existe un mecanismo de regulación de la aguja sin tener que sacarla.

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 9 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

5. CALIBRACIÓN DEL CONTROLADOR NEUMÁTICO (P.I.C.)

5.1. Principio de Operación

El principio de operación del controlador indicador de presión es el que se describe a continuación, para lo cual se utiliza la figura 5.7.

1. Un enlace diferencial (ver figura 5.7), mide la diferencia entre la pluma de medición (proceso) y las posiciones del índice de control (set point). Esta señal de error mueve la palanca proporcional.
2. Los pivotes de la palanca proporcional están en el centro sobre el final de los fuelles proporcional e integral.
3. Este movimiento cambia la relación lengüeta - tobera, causando que el réle neumático establezca una salida presión diferente.
4. La presión de salida realimenta al fuelle proporcional, que actúa a través de la palanca proporcional, para reequilibrar tapa la tobera impidiendo la salida de aire (ver la figura 2.6).
5. El fuelle integral y la unidad integral se utiliza cuando la medición se debe mantener exactamente en el punto de control sin desviación estable (off-set). Y la unidad derivativa se utiliza para mejorar la respuesta del sistema (proceso).

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 10 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

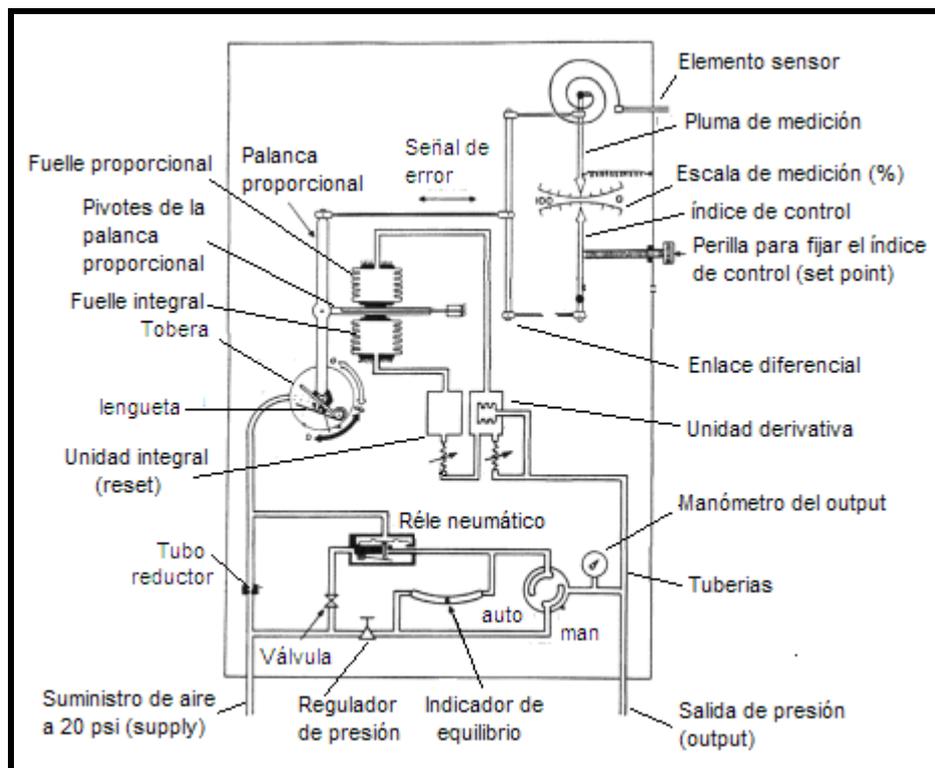


Figura 5.7. Esquema del controlador indicador de presión (P.I.C).

5.2. Suministro de aire

1. El suministro de aire debe ser regulado a 20 psi.
2. El controlador utiliza aproximadamente 0,5 m³/h de aire en condiciones normales de funcionamiento.
3. El aire debe ser limpio y seco.
4. Drenar el agua del filtro con regularidad.
5. Las líneas de aire debe estar libre de fugas.

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 11 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

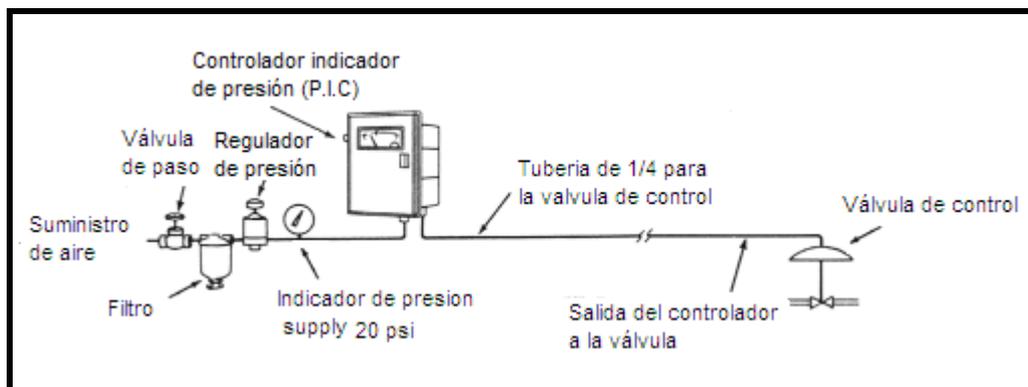


Figura 5.8. Esquema del suministro de aire comprimido.

5.3. Sistema de transferencia manual – automático.

El sistema de transferencia manual – automático consta de un regulador, un indicador de equilibrio sensible y un interruptor de transferencia. El sistema permite cambiar entre control manual y automático, sin perturbar el proceso. La figura 5.9, muestra los componentes del sistema de transferencia.

5.3.1. Para la transferencia de control manual a control automático

Girar despacio la perilla N° C1 (figura 5.10), para cambiar el punto de consigna (set point) y así mover la pelota del indicador de equilibrio (figura 5.9) a un sector central del tubo (no contra cualquiera de los extremos). Luego, a su vez cambiar a automático (AUTO).

	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 12 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	



Figura 5.9. Sistema de transferencia manual – automático del P.I.C.

5.3.2. Para la transferencia de control automático a control manual.

Gire lentamente el regulador de presión para mover la pelota del indicador de equilibrio a un sector central del tubo (no hasta cualquiera de los extremos del indicador de equilibrio). Gire el regulador a fin de que a la cabeza de mando se mueva en la dirección en que la pelota está en movimiento, según la figura 5.9. en la que se puede ver el indicador de equilibrio y en su interior la pelota que indica según su movimiento si el “P.I.C” esta en modo automático (AUTO) ó en modo manual (MAN). Luego con el interruptor para transferencia cambiar a manual (MAN) y entonces la válvula de control puede ser controlada ahora con el regulador de presión.

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 13 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

5.4. Puesta en funcionamiento del Controlador proporcional + integral + derivativo (Modelo 43AP) marca Foxboro.

En la siguiente figura 5.10, se muestra los principales elementos que forman parte del controlador indicador de presión P.I.C. Esta figura se utiliza para describir su calibración y puesta en funcionamiento.

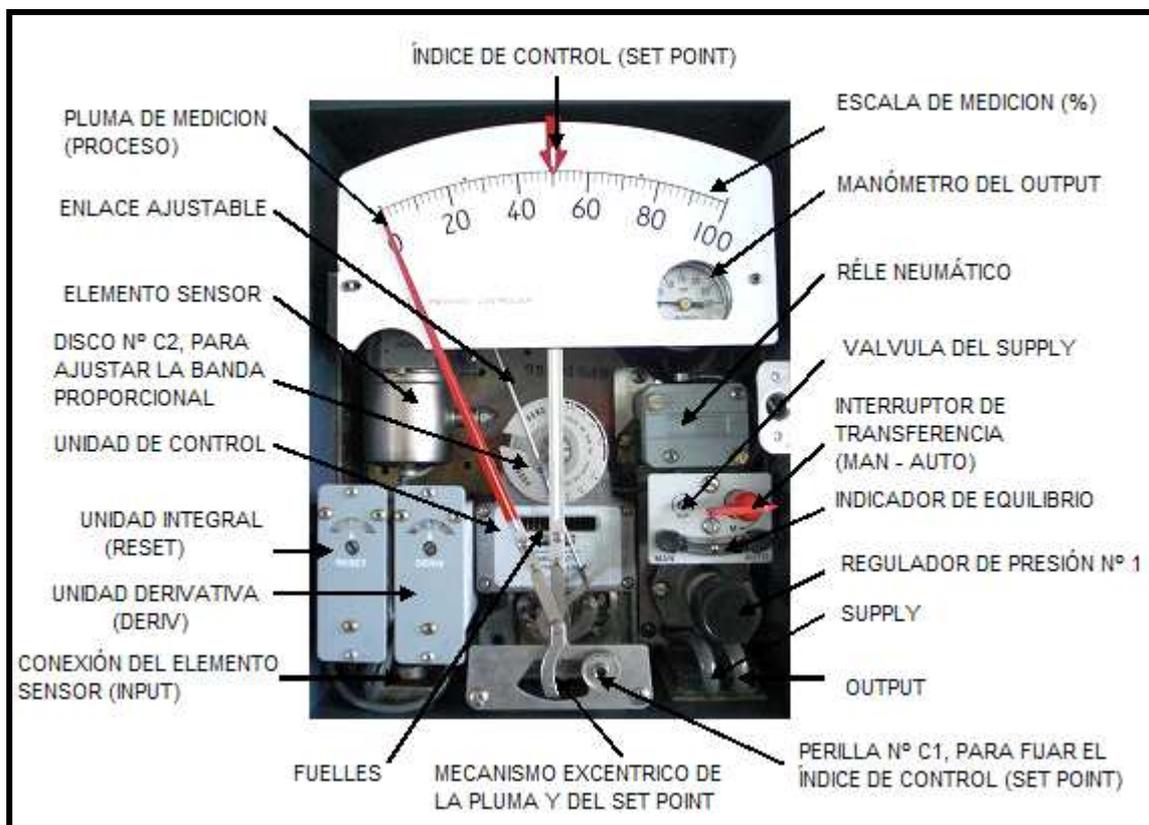


Figura 5.10. Principales elementos del controlador indicador de presión (P.I.C.).

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 14 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

1. Asegurar que el sistema de medición está correctamente instalado y en funcionamiento.
2. Establecer en el indicador el valor de la banda proporcional, de acuerdo a los puntos del dial de la banda proporcional. (aumenta o disminuye el output con el aumento de la medición).
3. Con el seguro en la posición inferior como se muestra en la figura 5.11; el dial de la banda proporcional no puede ser accidental girado a la zona de atrás de los valores de banda proporcional.

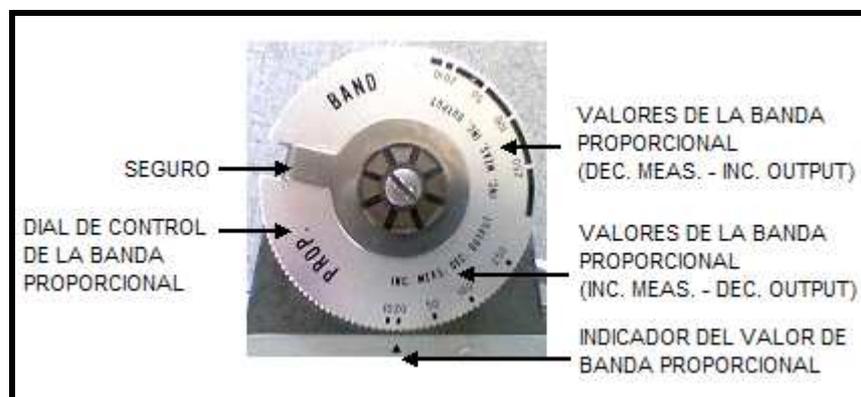


Figura 5.11. Banda proporcional

4. Para invertir los valores de control la banda proporcional, se debe empujar y girar el seguro de marcación a fin de que se cierre este en el otro lado y este detenido. Y a continuación presionar hacia abajo el seguro (ver la figura 5.11).
5. Girar el posicionador del índice de control (set point), de modo que el punto de ajuste del índice de control, se encuentre en el valor deseado como se muestra en la figura 5.12.

	MANUAL DE TABLERO	
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS	
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 15 de 1
		Revisión N° 1
		Fecha: Abril 2012

6. Mover el interruptor de transferencia para cambiar a modo manual.

7. Regular el suministro de aire comprimido (supply) a 20 psi.

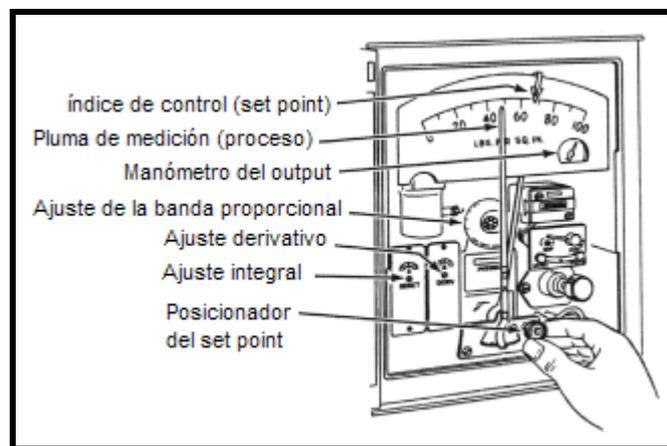


Figura 5.12. Ajuste del índice de control (set point)

8. Ajustar la salida de presión de aire (output) con el regulador de presión N° 1 (figura 5.10), a fin de que la pluma de medición se mantenga lo más cerca posible para establecer el índice de control (set point) .

9. Después de que la medición se ha estabilizado, mover el interruptor de transferencia a automático. El proceso se encuentra ahora en control automático.

10. Luego que la medición se ha estabilizado, ajustar la banda proporcional y los controles derivativo e integral; para obtener la mejor operación del proceso.

11. Ajustar la banda proporcional en 250.

12. Hacer cambios en el índice de control (set point) y observar el proceso y su reacción a la salida.

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 16 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

13. Si el ciclaje no se produce, ajustar la banda proporcional a la mitad del valor anterior.
14. Repetir los pasos 12 y 13 hasta que el ciclaje sea observado. Luego aumentar la banda proporcional al doble de su valor.
15. Con el RESET en 50 y el derivativo (DERIV) en 0.05, ajustar la banda proporcional como se describe en los pasos 11, 12, 13 y 14
16. Ajustar el derivativo utilizando el mismo procedimiento del paso 15, excepto la duplicación de su valor, en lugar de esto reducir el valor a la mitad.
- 17 Ajustar el RESET al final para el establecimiento del ajuste derivativo, en el paso 16.
18. Luego que el proceso se ha estabilizado con la configuración de control adecuado, si el punto de control y la pluma de medición no coinciden, ajustar como se ve en la figura 5.13, de la siguiente manera:
 - a. Aflojar el tornillo del seguro.
 - b. Ajustar el mecanismo excéntrico para cambiar la posición de la pluma de medición, luego restablecer el tornillo del seguro.

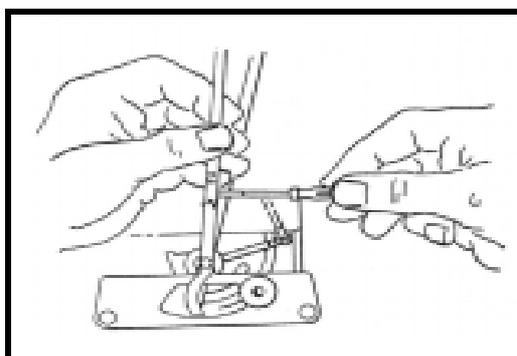


Figura 5.13. Ajuste de la pluma de medición.

	MANUAL DE TABLERO		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 1 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	
<p>1. OBJETIVO.</p> <p>Documentar las pruebas realizadas al modulo de control neumático, para determinar su correcto funcionamiento.</p> <p>2. ALCANCE.</p> <p>Verificar el correcto funcionamiento del modulo de control neumático, para que suministre una presión constante hacia el proceso.</p> <p>3. DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS REALIZADAS</p> <p>Para las pruebas de funcionamiento del controlador indicador de presión (P.I.C.) se tiene que si la pluma se desplaza hacia abajo del punto de control, la válvula de control abrirá completamente y si la pluma se desplaza hacia arriba del punto de control la válvula de control se cerrará completamente; dando como resultado condiciones cíclicas de apertura insuficiente o excesiva de la válvula de control. Por lo que si la pluma se desvía tan solo una pequeña cantidad respecto del índice de control, la válvula modificará su posición tan solo lo suficiente para corregir la desviación de la pluma y regresarla al punto de control. Si la pluma continúa alejándose del punto de control, la válvula continuará cambiando su posición hasta que la desviación quede corregida. Este control se lleva a cabo por medio de la banda proporcional, la misma que tiende a mantener la válvula de control en una posición proporcional y correspondiente a la demanda del</p>			

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 2 de 1
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Revisión N° 1
		Fecha: Abril 2012	

sistema. En la banda proporcional existe una y solamente una posición de la válvula para cada posición de la pluma dentro del rango de la banda proporcional en la cual la amplitud de la banda proporcional se expresa en porcentaje (%) de la escala total del instrumento. La modificación del valor de la banda proporcional se realiza mediante un medio mecánico empleado en los instrumentos de control; para obtener movimientos más pequeños de la válvula de control, para un movimiento dado de la pluma al alejarse del punto de control.

En la siguiente figura 5.14, se muestra la escala de medición del controlador indicador de presión (P.I.C.) con sus principales componentes. Según la figura 5.14, se describe a continuación la reacción del P.I.C., al variar su banda proporcional.

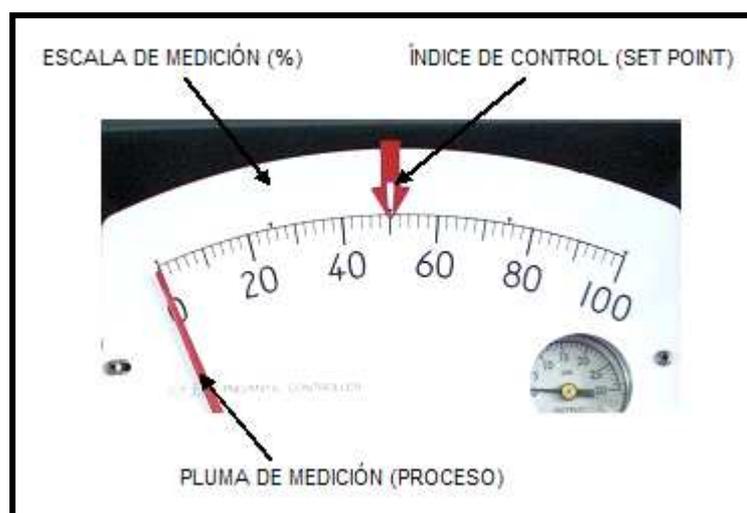


Figura 5.14. Escala de medición del P.I.C.

	MANUAL DE TABLERO		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 3 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

A continuación se muestra las gráficas para cada uno de los valores que puede tomar la banda proporcional del P.I.C. y su reacción en el proceso.

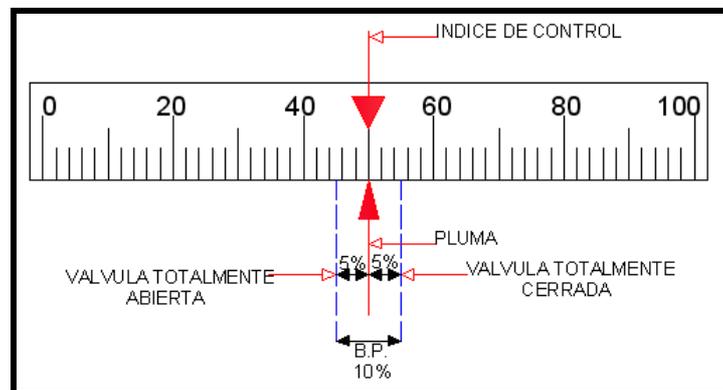


Figura 5.14a. Controlador neumático con una banda proporcional de 10%

En la figura 5.14a, se muestra la reacción del controlador si se fija la banda proporcional en un valor del 10% y suponiendo que el índice de control se ha fijado en el centro de la escala del instrumento de control. Significa que la válvula recorrería su carrera completa con un cambio del 10% del valor de la variable. Por lo tanto si la válvula estaba teniendo en forma satisfactoria la presión en el punto de ajuste permaneciendo abierta en un 50% del valor de la escala, es necesario que la pluma se desvíe 5 % del valor de la variable controlada en cualquiera de las dos direcciones con objeto de que la válvula se cierre o se abra completamente.

	MANUAL DE TABLERO		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 4 de 1
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Revisión N° 1
		Fecha: Abril 2012	

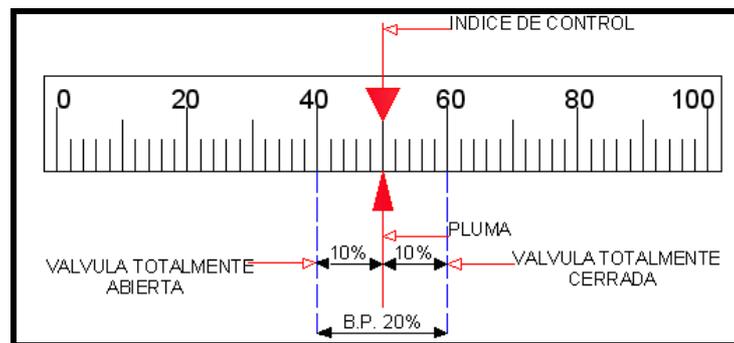


Figura 5.14b. Controlador neumático con una banda proporcional de 20%

En la figura 5.14b, se muestra la reacción del controlador si se fija la banda proporcional en un valor del 20% y suponiendo que el índice de control se ha fijado en el centro de la escala del instrumento de control. Significa que la válvula recorrería su carrera completa con un cambio del 20% del valor de la variable; por lo tanto si la válvula estaba teniendo en forma satisfactoria la presión en el punto de ajuste permaneciendo abierta en un 50% del valor de la escala, es necesario que la pluma se desvíe 10% del valor de la variable controlada en cualquiera de las dos direcciones con objeto de que la válvula se cierre o se abra completamente.

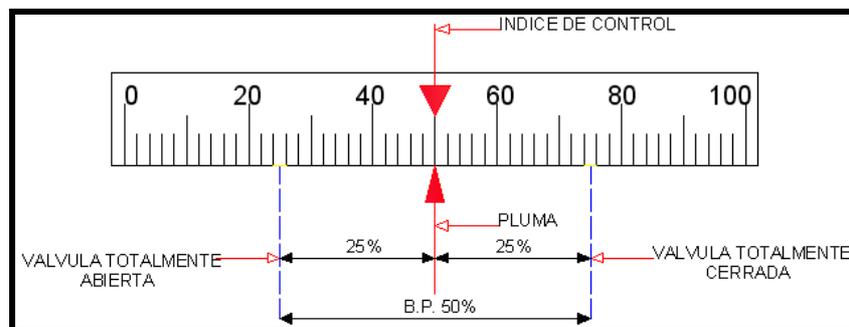


Figura 5.14c. Controlador neumático con una banda proporcional de 50%

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO	
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 5 de 1
		Revisión N° 1
		Fecha: Abril 2012

En la figura 5.14c, se muestra la reacción del controlador si se fija la banda proporcional en un valor del 50% y suponiendo que el índice de control se ha fijado en el centro de la escala del instrumento de control. Significa que la válvula recorrería su carrera completa con un cambio del 50% del valor de la variable; por lo tanto si la válvula estaba teniendo en forma satisfactoria la presión en el punto de ajuste permaneciendo abierta en un 50% del valor de la escala, es necesario que la pluma se desvíe 25% del valor de la variable controlada en cualquiera de las dos direcciones con objeto de que la válvula se cierre o se abra completamente.

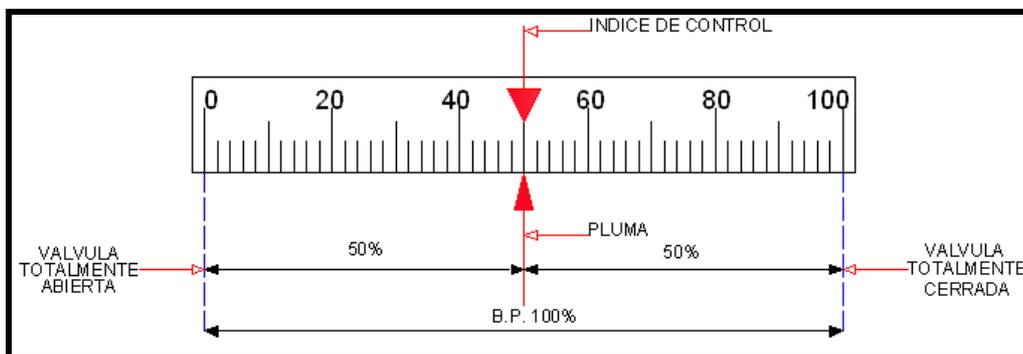


Figura 5.14d. Controlador neumático con una banda proporcional de 100%

En la figura 5.14d, se muestra la reacción del controlador si se fija la banda proporcional en un valor del 100% y suponiendo que el índice de control se ha fijado en el centro de la escala del instrumento de control. Significa que la válvula recorrería su carrera completa con un cambio del 100% del valor de la variable; por lo tanto si la válvula estaba teniendo en forma satisfactoria la presión en el

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO	
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 6 de 1
		Revisión N° 1
		Fecha: Abril 2012

punto de ajuste permaneciendo abierta en un 50% del valor de la escala, es necesario que la pluma se desvíe 50% del valor de la variable controlada en cualquiera de las dos direcciones con objeto de que la válvula se cierre o se abra completamente.

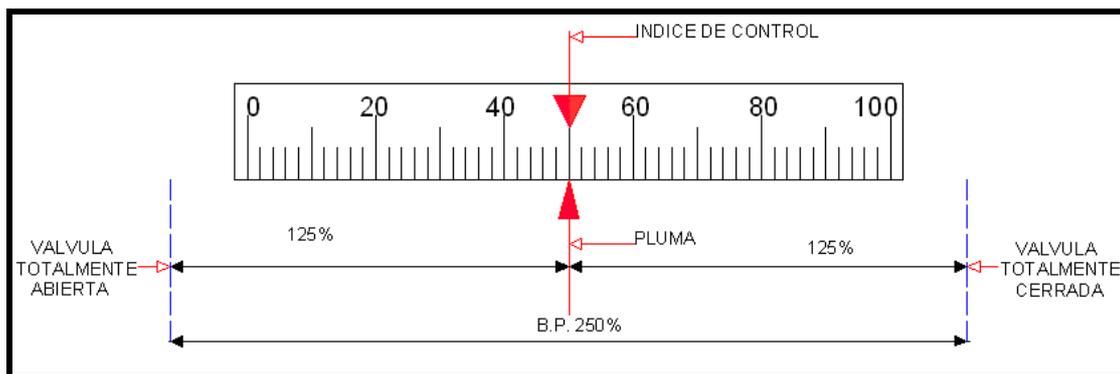


Figura 5.14e. Controlador neumático con una banda proporcional de 250%

En la figura 5.14e, se muestra la reacción del controlador si se fija la banda proporcional en un valor del 250% y suponiendo que el índice de control se ha fijado en el centro de la escala del instrumento de control. Significa que la válvula recorrería su carrera completa con un cambio del 250% del valor de la variable; por lo tanto si la válvula estaba teniendo en forma satisfactoria la presión en el punto de ajuste permaneciendo abierta en un 50% del valor de la escala, es necesario que la pluma se desvíe 125% del valor de la variable controlada en cualquiera de las dos direcciones con objeto de que la válvula se cierre o se abra completamente. Esto da como resultado que la válvula de control nunca llegue a la posición de totalmente abierta ó totalmente cerrada en tanto exista una banda proporcional superior al 100%.

	MANUAL DE TABLERO	
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña
	Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome
		Pág. 7 de 1
		Revisión N° 1
		Fecha: Abril 2012

4. AJUSTE DE LA ACCIÓN PROPORCIONAL, INTEGRAL Y DERIVATIVO DEL CONTROLADOR INDICADOR DE PRESIÓN (P.I.C).

En las figuras 5.15 y 5.16 se muestran la reacción del proceso al realizar los ajustes de la banda proporcional y del tiempo del reset respectivamente, cuando se tiene un cambio en el consumo de la variable controlada.

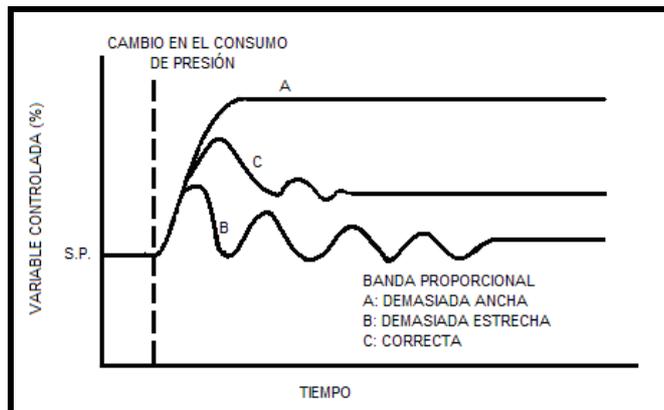


Figura 5.15. Efecto de diversos ajustes de la banda proporcional.

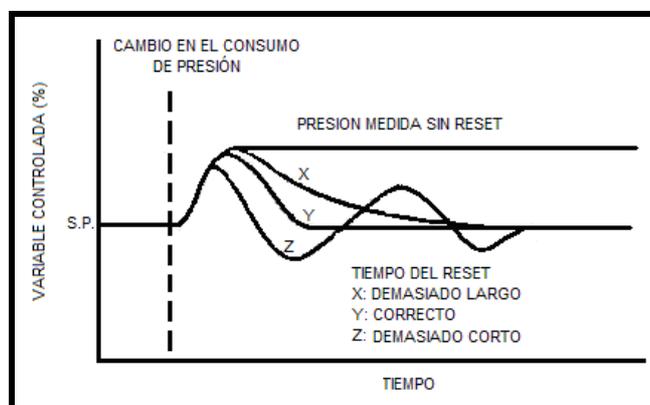
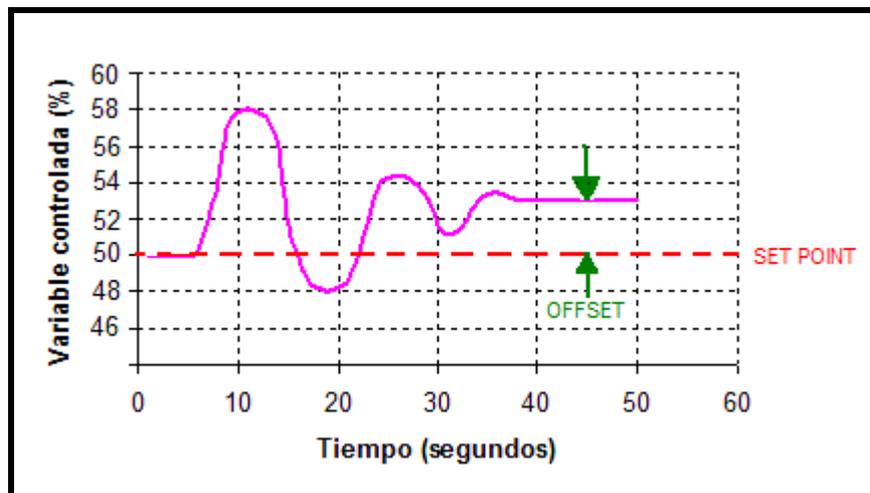


Figura 5.16. Efecto de diversos ajustes del tiempo del reset

	MANUAL DE TABLERO		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 8 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

4.1. Control proporcional (P)

La acción proporcional tiene una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control. Por lo que al ser la válvula el elemento final de control, esta se mueve el mismo valor por cada unidad de desviación de la variable controlada. En la grafica N° 5.1 se puede ver el efecto del ajuste de la banda proporcional en la estabilización de la variable controlada (presión de aire) después de un cambio de carga en el proceso. Una banda proporcional muy angosta produce demasiado ciclaje antes de estabilizar la variable controlada. En cambio una banda proporcional ancha produce una desviación excesiva. Debido a que la acción proporcional tiene un inconveniente que es la desviación permanente (offset) de la variable una vez estabilizada con relación al punto de consigna (set point).

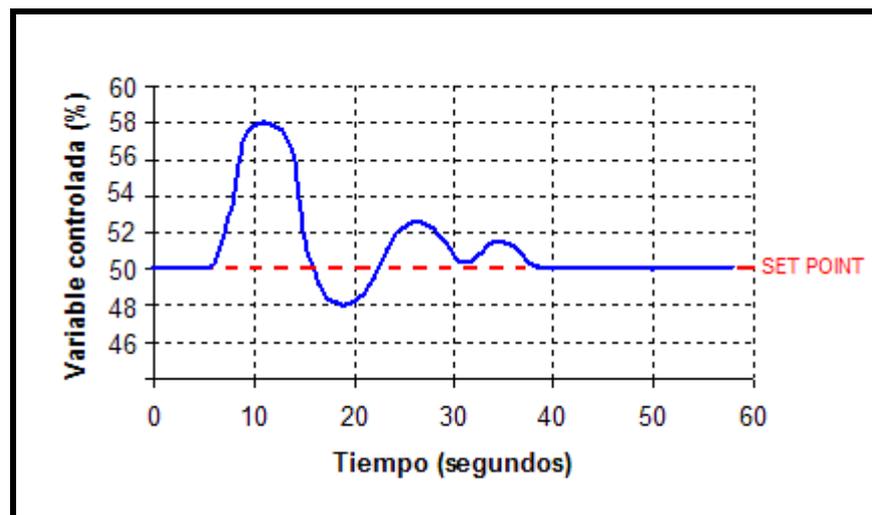


Gráfica N° 5.1. Reacción del proceso con control proporcional. Con set point en 50% de la variable controlada y banda proporcional de 20%.

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 9 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

4.2. Control proporcional + integral (P.I.)

En la grafica N° 5.2. Se puede ver que al utilizar la acción integral se elimina la desviación sostenida (offset) de la variable controlada que es típica del control proporcional. Cuando la velocidad del reset (acción integral) tiene un valor pequeño el retorno de la variable al set point es lenta, pero se consigue eliminar el offset. Pero con una mayor velocidad del reset se consigue un retorno de la variable controlada al set point es relativamente rápida sin tener un ciclaje excesivo. Si la acción proporcional es la que actúa principalmente, el propósito del reset es efectuar un pequeño movimiento en la válvula de control para eliminar el offset.



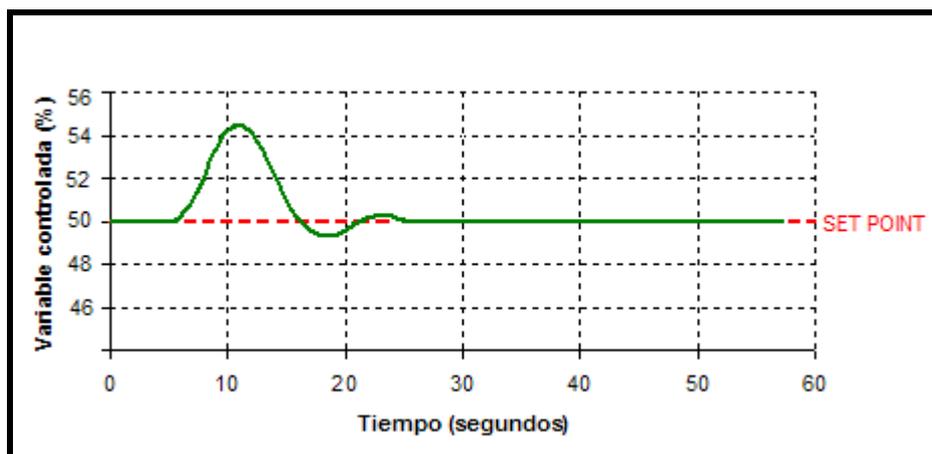
Grafica N° 5.2. Reacción del proceso con control proporcional + integral. Con set point en 50% de la variable controlada, banda proporcional de 20% y integral igual a 0.2 (veces por minuto)

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 10 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

4.3. Control proporcional + integral + derivativo (P.I.D.)

La acción derivativa actúa cuando existen cambios en la variable controlada. La presencia de atrasos en la medición o en el control produce atrasos en la transmisión, para lo cual se utiliza la acción derivativa para contrarrestar los efectos de dichos atrasos.

En la grafica N° 5.3. Se puede ver la reacción del proceso al incorporar la acción derivativa en el control proporcional con integral, con lo cual se consigue reducir la desviación máxima de la variable controlada ante un cambio de carga en el proceso y la variable controlada vuelve al set point en un menor tiempo y se estabiliza más rápido.



Grafica N° 5.3. Reacción del proceso con control proporcional + integral + derivativo. Con set point en 50% de la variable controlada, banda proporcional de 20%, integral igual a 0.2 (veces por minuto) y derivativo igual a 5 (por minuto).

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 11 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

5. CONCLUSIONES:

- Cuando hay un cambio de carga, la variable controlada se desvía permanentemente del punto de control y a mayor banda proporcional hay una mayor desviación.
- Una banda proporcional muy angosta produce demasiado ciclaje antes de estabilizar la variable controlada.
- Un cambio en la banda proporcional afecta proporcionalmente a la velocidad de la acción integral.
- El rebasamiento del punto de consigna es ocasionado, porque la acción integral empieza actuar cuando la variable controlada llega al límite inferior de la banda proporcional y continúa actuando mientras la variable controlada no alcance el punto de consigna.
- Un tiempo de acción derivativa demasiado grande, ocasiona que la variable controlada cambie demasiado rápido y rebase el punto de consigna, con una oscilación que puede ser o no amortiguada.
- Un tiempo de acción derivativa demasiado pequeño, produce que la variable controlada esté oscilando demasiado tiempo con relación al punto de consigna.
- El tiempo óptimo de acción derivativa es aquel que permite el retorno de la variable controlada al punto de consigna con el mínimo de oscilaciones.

 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	MANUAL DE TABLERO		
	APLICACIÓN		
	Elaborado por:	Giovanny Chinchero César Catagña	Pág. 1 de 1
			Revisión N° 1
Aprobado por:	Ing. Fernando Jácome	Fecha: Abril 2012	

1. OBJETIVO.

Documentar la utilización y aplicación que se puede dar al modulo didáctico de control neumático, en el que se utiliza un controlador indicador de presión de tipo neumático; para lograr mantener una presión de aire constante.

2. ALCANCE.

Dar a conocer al estudiante de la carrera de tecnología electromecánica la aplicación del modulo didáctico de control neumático.

3. APLICACIÓN

La principal aplicación del modulo didáctico de control neumático de lazo abierto, para suministrar aire a presión constante, es mejorar la metodología en la enseñanza de la instrumentación industrial aplicada; mediante el empleo de este tablero como material didáctico para el laboratorio de instrumentación industrial. En el cual los estudiantes de la carrera de tecnología electromecánica puedan realizar prácticas, con el objetivo que el estudiante relacione la teoría de la materia de instrumentación industrial con la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos. Además de poder visualizar la aplicación de un controlador indicador de presión de tipo neumático, en el control de presión para un proceso dado. Esto mejorará significativamente el aprendizaje de la instrumentación industrial y capacitará de mejor manera al estudiante electromecánico.

CONCLUSIONES

- El presente proyecto tiene el propósito de brindar una herramienta para mejorar la enseñanza de instrumentación industrial, este permite visualizar la aplicación de instrumentos para la medición y control de presión. Y la función que cumple cada uno de estos elementos en un lazo de control con el propósito de mantener la variable controlada en un punto de control deseado.
- A mayor amplitud de banda proporcional, se tiene una mayor desviación estable (off set) para cualquier cambio de carga.
- Una banda proporcional estrecha significa un control sensitivo dentro de límites estrechos de la variable controlada.
- Una banda proporcional ancha indica que es necesario, un cambio grande de la variable controlada para que actúe la válvula de control.
- La válvula de control nunca llega a la posición de totalmente abierta ó totalmente cerrada en tanto exista una banda proporcional superior al 100%.
- Un cambio en la banda proporcional afecta proporcionalmente la velocidad del RESET. Por lo que si la banda proporcional se reduce a la mitad, la velocidad del RESET se aumenta al doble aunque el ajuste del RESET no se cambie.
- Un tiempo derivativo corto produce ciclaje, pero esto es debido a una banda proporcional angosta y a un reset grande que ha sido satisfactorio con un valor derivativo determinado.
- La desviación estable (offset) se presenta porque la acción integral, empieza a actuar cuando la presión llega al límite inferior de la banda proporcional y continua actuando mientras la presión no alcance el punto de consigna.

- Un tiempo derivativo largo causa excesivas oscilaciones (ciclaje).
- La interacción que existe entre las tres acciones de control del controlador P.I.D., da como resultado que cualquier cambio en una de las acciones (proporcional, integral o derivativo) produzca un cambio en las otras.
- El controlador neumático puede ser instalado directamente en áreas peligrosas y se mantiene funcionando, mientras exista aire en las tuberías de alimentación neumática.
- Durante el avance de este proyecto y al realizar las pruebas de funcionamiento del modulo didáctico avanzamos con nuestro conocimiento en la importancia del control neumático.

RECOMENDACIONES

- En todo sistema neumático se debe revisar que todos los equipos y componentes neumáticos estén correctamente instalados y libres de fugas ya que una fuga por más pequeña que sea ocasiona alteraciones en el proceso de medición.
- Es de vital importancia una correcta medición y control de la presión ya sea de un gas, fluido o vapor. Por lo cual este proyecto permite que el estudiante electromecánico se familiarice con los elementos que intervienen en la medición y control de presión de aire comprimido.
- Los instrumentos de medición y control de presión son diseñados para operar bajo parámetros preestablecidos por el fabricante y no se debe de exceder estos parámetros.
- Es necesario calibrar los instrumentos de presión, para evitar obtener lecturas erradas
- El aire para instrumentación no debe tener dosificador de aceite.
- Debe instalarse un regulador de presión para regular el suministro de aire comprimido (Supply) a 20 psi, para el controlador neumático y su ubicación debe ser entre la salida del filtro y la entrada al instrumento.
- La carrera de la válvula de control debe ajustarse de tal manera que comience su apertura con una presión de 3 psi y termine su apertura con una presión de 15 psi aplicado sobre el diafragma de la válvula.
- Nunca debe apretarse el estopero (empaques que esta en contacto con el vástago) de la válvula de control para detener las fugas, lo correcto es poner más lubricante. Debido a que la fricción excesiva en el estopero puede ser una causa directa de la acción de ciclaje en el proceso.

- Ninguna unidad de control neumático debe aceitarse puesto que el aceite tiende a volverse gomoso y en estas condiciones recoge polvo y obstruye la tobera, orificios y tuberías.

- Se recomienda al usuario leer detenidamente el capítulo N° 5, el cual corresponde al manual del tablero didáctico de control neumático. Este brinda información detallada para su correcta operación.

BIBLIOGRAFÍA:

- Antonio Creus Sole – Instrumentación industrial 7ª edición, págs. 15, ..22; 361,..367; 485,..501.
- Manual de Instrumentación industrial “Honeywell” págs. 122,...124.
- <http://www.geocities.com/CollegePark/Den/1108/instru2/doc01/simbologia13.html>.
- Norman A. Anderson (FOXBORO) – Instrumentos para la medición y control de procesos industriales, págs. 19,.. 20; 40,...46; 107,..112.
- Internet [http:// www.presión monografías_com.htm](http://www.presiónmonografías.com.htm)
- Tippens Paúl. “Física 1”. Pág. 266,...270 Editorial McGRAW- HILL.Mexico
- Soisson Harold “Instrumentación Industrial”. págs. 51,..61; 75,..77.
- Internet [http:// www. Válvulas. monografías_com.htm](http://www.Válvulas.monografías_com.htm)
- Richard W. Greene “Válvulas selección, uso y mantenimiento”. págs.4,..,9; 172,.., 173; 183. Editorial Mc GRAW- HILL.Mexico.

ANEXOS

ANEXO N° 1

1.1 SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN INSTRUMENTACIÓN.

La ISA (Instrumentation System and Automation Society), es una de las más importantes organizaciones de estandarización en el campo del control de procesos. En particular la ISA-S5.1 especifica para simbología de instrumentación. Los sistemas de control de procesos se representan en los diagramas de proceso e instrumentos utilizando símbolos e iconos simples. Estos diagramas permiten entender el funcionamiento integrado del proceso y del sistema de control.

A continuación se muestra este tipo de simbología para instrumentación. Los círculos representan instrumentos de medida individuales. Ej. Sensor, transmisor, etc.

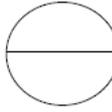
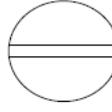
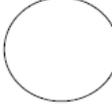
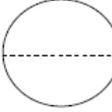
	El instrumento se encuentra ubicado en una localización primaria o principal. Ej. Sala de control
	El instrumento se encuentra ubicado en una localización secundaria. Ej. Módulo "Rack" de instrumentación
	El instrumento se encuentra ubicado en el campo
	El instrumento no se encuentra accesible

Figura 1.1. Simbología para representar la ubicación de instrumentos

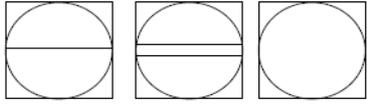
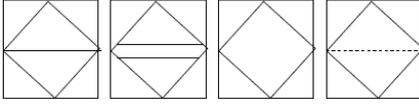
	<p>Un cuadrado con un círculo interno, representa instrumentos que muestran información y que realizan acciones de control</p>
	<p>Un hexágono representa dispositivos con capacidades de cómputo. Ej. controladores</p>
	<p>El siguiente símbolo indica control lógico programable (PLC's)</p>

Figura 1.2. Simbología para representar información de instrumentos

En la norma ISA se emplean líneas sólidas para representar las conexiones del proceso y líneas a trazo discontinuo o líneas de trazo continuo con marcas para las comunicaciones entre instrumentos. A continuación se muestra la simbología para conexiones en diagramas de instrumentación.

	Cañería
	Conexión entre proceso e instrumentos
	Señal eléctrica
	Señal eléctrica binaria
	Señal neumática
	Señal neumática binaria
	Señal electromagnética o sónica (guiada)
	Señal Hidráulica
	Tubo capilar
	Enlace de sistema interno (software o enlace de información)
	Enlace mecánico

Figura 1.3. Simbología para representar conexiones

Primera letra	Variable medida
A	Análisis
D	Densidad
E	Voltaje
F	Caudal
I	Corriente
J	Potencia
L	Nivel
M	Humedad
P	Presión
S	Velocidad
T	Temperatura
V	Viscosidad
W	Peso
Z	Posición

Segunda letra	Cualificador para la primera letra
D	Diferencial
F	Relación
S	Seguridad
Q	Integración

Tercera letra y siguientes	Función del instrumento
I	Indicador
R	Registro
C	Control
T	Transmisor
V	Válvula
Y	Cálculo
H	Alto
L	Bajo

Figura 1.4. Letras que se utilizan para clasificar los diferentes tipos de instrumentos.

Se sugieren las siguientes abreviaturas para representar el tipo de alimentación.

AS: Alimentación de aire

ES: Alimentación eléctrica

GS: Alimentación de gas

HS: Alimentación hidráulica

NS: Alimentación de nitrógeno

SS: Alimentación de vapor

WS: Alimentación de agua

1.2 MANDOS NEUMÁTICOS Y ELÉCTRICOS

El mando neumático, eléctrico o de cualquier otro suministro de energía para un instrumento no se espera que sea mostrado en un diagrama de control, pero es esencial para el entendimiento de las operaciones de los instrumentos en un lazo de control. En general una línea de una señal de mando representara la

interconexión entre dos instrumentos en un diagrama de flujo siempre a través de ellos. Pueden ser conectados físicamente por más de una línea. La secuencia en cada uno de los instrumentos o funciones de un lazo están conectados en un diagrama y pueden reflejar el funcionamiento lógico o información acerca del flujo, algunos de estos arreglos no necesariamente corresponderán a la secuencia de la señal de conexión.

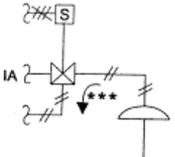
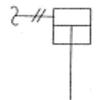
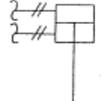
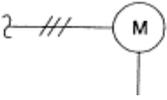
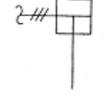
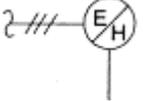
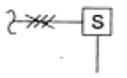


Figura 1.5. Válvulas con sus respectivos tipos de actuador.

A continuación se muestra la simbología para actuadores y válvulas de control.

Simbología para válvulas de control	
	Globo, compuerta u otra
	Ángulo
	Mariposa
	Obturador rotativo o válvula de bola
	Tres vías
	Cuatro vías
	Globo
	Diafragma

Acción del actuador en caso de fallo de aire (o de potencia)	
	Abre en fallo
	Cierra en fallo
	Abre en fallo a vía A-C
	Abre en fallo a vías A-C y D-B
	Se bloquea en fallo
	Posición indeterminada en fallo

Simbología para actuadores	
	Diafragma con muelle
	Diafragma con muelle, posicionador y válvula piloto y válvula que presuriza el diafragma al actuar.
	Cilindro sin posicionador u otro piloto de simple acción
	Cilindro sin posicionador u otro piloto de doble acción
	Motor rotativo
	Preferido para cualquier cilindro
	Actuador manual
	Electrohidráulico
	Solenoide
	Para Válvula de alivio o de seguridad

1.2.1. Representación de instrumentos.

Los instrumentos de los lazos de control se representan por un círculo en cuyo interior se colocan las letras que designan al instrumento. Además el bucle al que pertenece se identifica por un número y el símbolo indica la localización física del instrumento. La identificación del tipo de instrumento se realiza con dos o más letras.

- La primera letra indica el tipo de variable que se mide, se indica, se transmite o se controla por ejemplo; T: Temperatura, F: Caudal, P: Presión.
- La segunda letra indica la función que realiza el instrumento o dispositivo en el bucle, por ejemplo; I: Indicación, R: Registro, T: Transmisor.
- La tercera letra es un modificador o indica multifunción (función del dispositivo).
- El número representa una etiqueta, frecuentemente relacionada con un lazo de control particular.

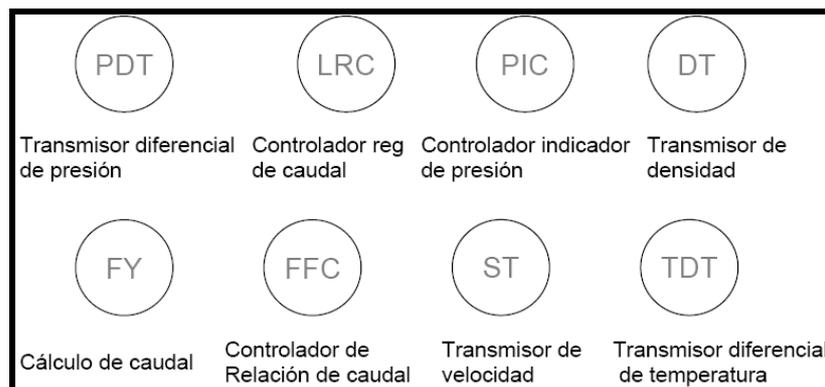


Figura 1.6. Ejemplos para representar instrumentos

1.3 ESQUEMA DE APLICACIÓN

Ejemplo: En la figura 1.7, se muestra un diagrama de un lazo de control en el cual se aplican los símbolos para la representación de instrumentos y señales. En este diagrama FT 123 representa un transmisor de flujo montado en campo y conectado vía señales eléctricas (línea de puntos) a un indicador/controlador de flujo FIC123 (dispositivo de control/indicación compartido). Una extracción de raíz cuadrada de la señal de entrada es aplicada como parte de la funcionalidad del FIC 123. La salida de FIC123 es una señal eléctrica que va a TY 123, localizada en un lugar inaccesible o detrás de un panel. En cambio la señal de salida de TY

123 es una señal neumática (línea vertical resaltada con rayas dobles), lo que hace a TY 123 un convertidor I/P es decir recibe corriente eléctrica y entrega una presión. El TT 123 y el TIC 123, son similares a FT 123 y FIC 123, pero los dos primeros están indicando y controlando la temperatura. Además la salida del TIC 123 está conectada vía software interno o enlace de transmisión (línea con círculos) al set point (SP) del FIC 123 para formar una estrategia de control en cascada.

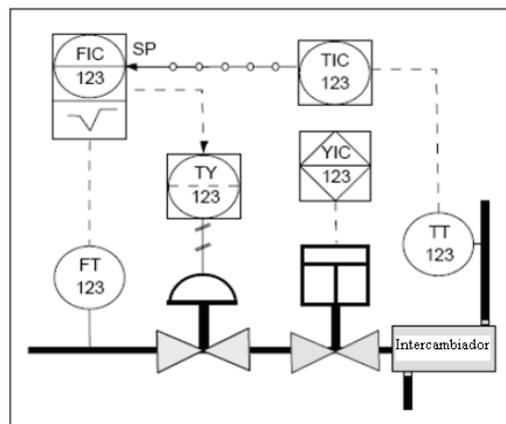


Figura 1.7. Lazo de control de un intercambiador de calor

Un YIC típico está provisto de una válvula on/off que es controlada por una válvula solenoide y es alimentada con switch limitadores para indicar las posiciones abierto y cerrado. Todas las entradas y salidas están cableadas al PLC que es accesible al operador. (Diamante dentro de un cuadrado con una línea horizontal). La letra 'Y' indica un evento, estado, ó presencia. La letra 'I' refiere a que la indicación está provista y la letra 'C' significa que el control se lo toma desde este aparato. ¹⁷

¹⁷ . <http://www.geocities.com/CollegePark/Den/1108/instru2/doc01/simbologia13.html>

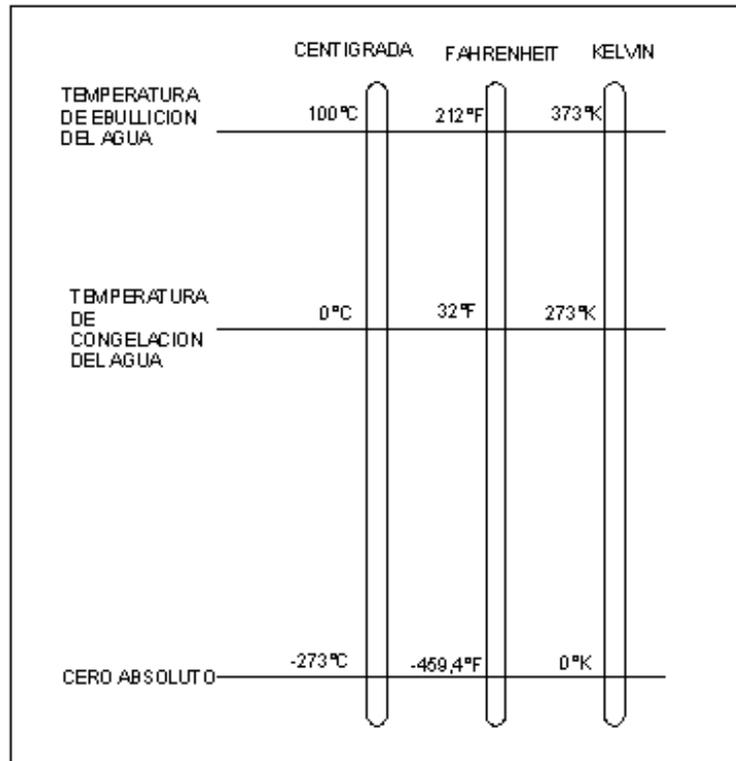
ANEXO N° 2

TABLAS DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

2.1. TABLA PARA CONVERSIÓN Y EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE PRESIÓN

	bar	p.s.i	kPa	MPa	Kg/cm ²	mm H ₂ O	mm Hg	atm
1 bar	1	14,503	100	0,1	1,02	10197,2	750,06	0,9869
1psi	0,0689	1	6,895	0,00689	0,00703	703,069	51,7149	0,0680
1 kPa	0,01	0,145	1	0,001	0,0102	102	7,5	0,0099
1 MPa	10	145,037	1000	1	10,197	1020000	7500,62	9,9
1 Kg/cm²	0,9806	14,223	98,066	0,0981	1	10000	735,56	0,9678
1 mm H₂O	$9,81 \cdot 10^{-5}$	$14,22 \cdot 10^{-5}$	$9,81 \cdot 10^{-4}$	$9,81 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-4}$	1	0,0735	0,0001
1 mm Hg	0,0013	0,0193	0,1333	0,00013	0,0014	13,5962	1	0,0013
1 atm	1,0133	14,695	101,325	0,1013	1,0332	10.333,11	760	1

2.2. TABLA PARA CONVERSIÓN Y EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE TEMPERATURA.



TEMPERATURA	°K	°C	°F
°K	1	°K - 273	$9/5(°K - 273)+32$
°C	°C+273	1	$9/5*°C+32$
°F	$5/9(°F - 32)+273$	$5/9(°F - 32)$	1

Nota: En esta tabla de conversión de temperaturas se procede de izquierda a derecha, por ejemplo: para saber 45°C (grados centígrados) a cuantos (grados Fahrenheit) °F equivale se procede de la siguiente manera:

$$X = 9/5*°C+32$$

$$X = 9/5*45+32$$

$$X = 113 °F$$

**2.3.- TABLA PARA CONVERSIÓN Y EQUIVALENCIAS DE
UNIDADES DE ÁREA.**

Unidad	cm^2	m^2	km^2	$pulg^2$	pie^2
1 cm^2	1	1×10^{-4}	1×10^{-10}	0,155	$1,076 \times 10^{-3}$
1 m^2	1×10^4	1	1×10^{-6}	1550	10,764
1 km^2	1×10^{10}	1×10^6	1	$1,550 \times 10^9$	$1,076 \times 10^7$
1 $pulg^2$	6,451	$6,451 \times 10^{-4}$	$6,451 \times 10^{-10}$	1	$6,944 \times 10^{-3}$
1 pie^2	929,03	0,0929	$9,290 \times 10^{-8}$	144	1

ANEXO N° 3

TERMINOLOGÍAS EMPLEADAS EN INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

“ACCIÓN DERIVATIVA:

Es una acción de control en que la velocidad de cambio de la señal de error determina la velocidad con que se aplica la acción correctiva. Se calibra en unidades de tiempo.

ACCIÓN INTEGRAL:

Es la acción en que la señal de salida del regulador es proporcional a la integral en el tiempo de la señal de error de entrada; cuando se usa junto con la acción proporcional tenemos el regulador P.I. (proporcional + integral).

ACCIÓN DE REAJUSTE:

Es la acción de control que tiende a eliminar el off-set (desviación estable). La corrección se hace de acuerdo con la magnitud del off-set y del tiempo involucrado.

BANDA PROPORCIONAL:

Es el número recíproco de la ganancia expresado en porcentaje. Se refiere al porcentaje de la amplitud de la escala de medición del regulador sobre el cual se divide la carrera total de la válvula de control.

CALIBRACIÓN:

Una calibración del instrumento es un conjunto de valores de la relación entre la variable de entrada (del proceso) y la variable de salida (medición), donde se mantienen las restantes condiciones constantes. Se trata de alguna forma de obtener expresiones que relacionen las variables externas que influyen en la obtención de la medición a fin de corregir la calibración en condiciones standard.

CAPACIDAD:

Es la medida de la máxima cantidad de energía o material que puede almacenarse, se mide en unidades de cantidad.

CAPACITANCIA:

Es el cambio en cantidad contenida por unidad de cambio de alguna variable de referencia, se mide en unidades de cantidad dividida por la variable de referencia.

CIRCUITO ABIERTO:

Es un circuito de control sin realimentación.

CIRCUITO CERRADO:

Es un circuito de control con realimentación, que posee varias unidades de control automático conectadas formando una trayectoria cerrada, que incluye un camino de avance, realimentación y un punto de adición algebraica de señales.

COMPORTAMIENTO DINÁMICO:

Es una función del tiempo.

COMPORTAMIENTO ESTÁTICO:

Este no es función del tiempo o a su vez tiene lugar durante largo tiempo en que no ocurre cambios dinámicos de importancia.

ELEMENTO FINAL DE CONTROL:

Es el componente de un sistema de control, tal como una válvula que regula directamente el flujo de energía o de materia que va al proceso.

ELEMENTO DE MEDICIÓN:

Es el elemento que convierte el valor actual de la variable en una forma o lenguaje que pueda comprender el regulador.

EQUILIBRIO:

Es cuando la oferta y la demanda son iguales en estado permanente.

ERROR:

Se lo define como la diferencia entre el valor medido y el valor verdadero de la variable regulada, producto de las imperfecciones de los aparatos e interferencias.

ERROR DE CERO:

Cuando la salida del instrumento debe ser el valor cero del rango, pero marca a su salida un valor distinto de cero. Este valor es el error de cero.

ESTABILIDAD:

Es el equilibrio que se busca entre la oferta y la demanda, permanente mientras no cambien los estímulos exteriores.

EXACTITUD:

Es la cualidad que tiene un instrumento de medida de dar lecturas próximas al verdadero valor de la magnitud medida.

FIABILIDAD:

Es la probabilidad de que un instrumento continúe comportándose dentro de los límites especificados de error a lo largo de un tiempo determinado y bajo condiciones especificadas.

GANANCIA ESTÁTICA:

Es el cociente de amplitudes salida/entrada de un componente o de un sistema cuando la frecuencia se acerca a cero.

HISTÉRESIS:

Es la diferencia máxima del valor del instrumento en todo el campo de medida recorriendo toda la escala en los dos sentidos (ascenso y descenso). Provocando que la curva de calibración ascendente no coincida con la descendente.

INSTRUMENTACIÓN:

Es la aplicación de instrumentos a un proceso con el propósito de medir y regular su actividad.

INSTRUMENTO:

Es un dispositivo que realiza una función de medición o regulación en un proceso.

INTERVALO DE MEDIDA:

Es el conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida de un instrumento. Se expresa tomando en cuenta los valores inferior y superior de la escala de medida.

INTERFERENCIAS:

Son entradas que el instrumento detecta sin la intención de hacerlo.

LIMITE:

Es la barrera impuesta en el valor superior o inferior de una variable. Por ejemplo: la presión del vapor en una caldera está limitada por una válvula de seguridad.

OFF-SET (DESVIACIÓN ESTABLE):

Es la diferencia entre lo que obtenemos y lo que deseamos, es decir la diferencia entre el punto para el cual se estabiliza el proceso y el punto de consigna.

OSCILACIÓN:

Es un cambio periódico de la variable controlada de un valor a otro, con iguales excursiones arriba y abajo del punto de control. También es sinónimo de ciclaje.

PUNTO DE AJUSTE:

Es la posición a la cual el mecanismo de ajuste del índice de control se fija.

PUNTO DE CONSIGNA:

Básicamente es una orden dada al regulador fijando el punto de estabilización de la variable regulada.

PUNTO DE CONTROL:

Es el valor de la variable controlada que en cualquier momento mantiene u opera para mantener el control automático.

PRECISIÓN:

Es la cualidad que posee un instrumento de tender a dar lecturas muy próximas unas a otras.

RANGO:

El rango se indica por los dos valores extremos comprendidos entre los límites superior e inferior de la variable medida dentro de los cuales las mediciones que se desean realizar se encontrarán normalmente.

REALIMENTACIÓN:

Es la información sobre la variable regulada que puede compararse con el deseado a fin de hacer que coincidan.

REGULADOR AUTOMÁTICO:

Es un dispositivo o combinación de dispositivos que mide el valor de una variable, cantidad o condición y opera de manera que corrija o limite la desviación del valor medido respecto a un punto de consigna, que sirve de referencia.

REPETIBILIDAD:

Es la capacidad de un instrumento de repetir la salida, cuando se llega a la medición en sucesivas ocasiones bajo exactamente las mismas condiciones.

RESPUESTA:

Es la reacción obtenida cuando se aplica a la entrada una función perturbadora. Por ejemplo, las variaciones en las variables medidas que ocurren como resultado de una señal de entrada brusca.

RESOLUCIÓN:

Es la magnitud de los cambios de escalón de la señal de salida expresado en porcentaje de la salida de toda la escala al ir variando continuamente la medida en todo el campo.

RUIDO:

Es cualquier perturbación eléctrica o señal accidental no deseada que modifica la transmisión, indicación o registro de los datos deseados.

SENSIBILIDAD:

Es la variación en la salida del instrumento por unidad de variación de la variable del proceso, es decir el mínimo cambio de la señal de entrada al cual es capaz de responder el sistema.

SENSOR:

El sensor o elemento primario toma una cierta magnitud que saca del proceso y en consecuencia de ella nos da otra magnitud física que podremos aprovechar para obtener la información que queremos que en definitiva es la medición.

SEÑAL:

Aviso en forma de señal neumática, de corriente eléctrica o de posición mecánica que transmite la información de un componente de circuito de control a otro.

SISTEMA:

Se refiere a todos los componentes de control incluyendo el proceso, la medición, el regulador y la válvula junto con otros equipos adicionales que pueden contribuir a la operación.

SPAN:

Es la diferencia entre el límite de operación superior e inferior del campo de medida de un instrumento, en las condiciones que se necesitan para el control.

TEMPERATURA DE SERVICIO:

Es el rango de temperatura dentro del cual se espera que trabaje un instrumento dentro de los límites de error especificados.

TIEMPO MUERTO:

Es el tiempo que transcurre mientras la señal de entrada al instrumento varía suficientemente para atravesar la zona muerta y hace responder al instrumento.

TRANSDUCTOR:

Es el instrumento o dispositivo capaz de transformar la energía disponible en una magnitud física dada en otra magnitud física, que el sistema pueda aprovechar para realizar su objetivo de medición y control.

TRANSDUCTOR ACTIVO – PASIVO:

Un transductor es pasivo cuando no se alimenta de otra fuente que no sea la del mismo proceso que está midiendo. En cambio el activo es aquel que en general necesita menos energía del propio proceso a medir ya que tiene para su funcionamiento una fuente externa.

TRANSMISOR:

Es el conjunto acondicionador de señal, en casos integrado al sensor y en otros como un dispositivo independiente conectado al sensor mediante conductores eléctricos, tuberías, etc.

VARIABLE:

Es la cantidad u otra condición que está sujeto a cambios y que puede regularse.

ZONA MUERTA:

Es el campo de valores de la variable, que ante un cambio que puede producirse en la señal de entrada del instrumento no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento.”¹⁸

TERMINOLOGÍAS PARA VÁLVULA DE CONTROL**“ACTUADOR:**

Es la parte de la válvula que convierte la energía térmica, eléctrica o de un fluido en energía mecánica para abrir o cerrar la válvula.

ASIENTO DE LA VÁLVULA:

Es la parte interna del cuerpo de la válvula que el obturador hace contacto para el cierre de la válvula.

¹⁸ Norman A. Anderson (FOXBORO) – Instrumentos para la medición y control de procesos industriales, págs. 107 – 112.

CARRERA DE LA VÁLVULA:

Es el recorrido de la válvula desde la posición de totalmente cerrada hasta la posición de totalmente abierta.

CAVITACIÓN:

Es un fenómeno que se produce siempre que la presión en algún punto o zona de la corriente de un fluido desciende por debajo de un cierto valor mínimo admisible.

COEFICIENTE DE FLUJO:

Es el número de galones por minuto de agua a 60° F, que circulan por una válvula con una caída de presión de 1 psi.

CUERPO DE LA VÁLVULA:

Es la parte mecánica fija de la válvula, la cual sirve de soporte para los elementos móviles que conforman la válvula.

ELEVACIÓN DEL VÁSTAGO:

Recorrido del vástago de la válvula al accionarla.

EMPAQUE LUBRICANTE:

Es un componente opcional de las válvulas, que se emplea para la lubricar la caja de empaque. Para reducir el rozamiento del vástago de la válvula.

FUGAS:

Es la cantidad de fluido que pasa por una válvula cuando esta cerrada. Se suele expresar en unidades de volumen y tiempo.

GOLPE DE ARIETE:

Es un fenómeno transitorio de régimen variable, que se produce en las tuberías al cerrar o abrir una válvula, al poner en marcha o parar una máquina hidráulica o al disminuir bruscamente el caudal.

GUARNICIONES DE VÁLVULAS:

Componentes internos de una válvula expuestos al fluido del flujo.

OBTURADOR:

El obturador o tapón esta unido por medio de un vástago al actuador. Y es el encargado de controlar la cantidad de fluido, que pasa a través de la válvula.

PRENSA ESTOPA:

Es la encargada de sellar a prueba de fugas alrededor del vástago de la válvula, esta conformada generalmente por un empaque, una tuerca para el sellado o brida con sus respectivos elementos de fijación.

VIBRACIÓN:

La vibración a menudo es el resultado de la alta velocidad de la válvula y en la tubería puede ocasionar falla de la válvula y lo que es peor daños en la tubería.”¹⁹

¹⁹ . Richard W. Greene (1989) Válvulas selección, uso y mantenimiento. Pág.183. Editorial Mc GRAW-HILL.Mexico