

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA



Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control

Serie de Textos Académicos de la
Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Ing. Marllelis Gutiérrez, PhD.
Ing. Sadi Iturralde, MSc.





Serie de Textos Académicos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UPSE

FUNDAMENTOS BASICOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

Para estudiantes de Ingeniería

Ing. Marllelis Gutiérrez, PhD.

Ing. Sadi Iturralde, MSc.

Universidad Estatal Península de Santa Elena
ECUADOR
2017

Ficha Bibliográfica:

Marllelis del Valle Gutiérrez Hinestroza

Sadi Armando Iturralde Kure

Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control

Primera Edición, 2017

Editorial UPSE

ISBN: 978-9942-8603-7-8

Formato: 17 x 24 cm #páginas: 127

Derechos Reservados © 2017

Universidad Estatal Península de Santa Elena

Ediciones UPSE

Avenida La Libertad-Santa Elena

Ciudadela Universitaria UPSE

www.upse.edu.ec

Este libro ha sido evaluado bajo el sistema de pares académicos y mediante la modalidad de doble ciego.

Portada: Manuel Martínez Santana.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin autorización escrita de los editores

IMPRESO EN ECUADOR
Printed in Ecuador



Presentación

Al igual que la investigación científica, la producción de un texto educativo es un proceso sometido a crítica, revisión y sobre todo de ser actualizado permanentemente.

En esta oportunidad, más que una edición, se produjo un texto básico. De entrada anuncia una introducción a **Los Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control**, dirigidos a estudiantes de Ingeniería, entendiendo por Instrumentación y control la optimización de procesos que hacen de la instrumentación el conjunto de herramientas que sirven para la medición, la conversión o transmisión de las variables. Tales variables pueden ser químicas o físicas, necesarias para iniciar, desarrollar y controlar las diversas etapas que involucran al reservorio de Hidrocarburos, las facilidades de superficie, plantas operativas y sistemas de controles automatizados

En este sentido, la obra asume un nuevo propósito: iniciar a los lectores en el estudio de los conceptos básicos relacionados con la instrumentación y control de los procesos automatizados todo esto bajo la concepción de que la instrumentación ha permitido el avance tecnológico de la ciencia actual como la automatización de los procesos industriales; en donde la acción de la automatización tiene lugar a través de elementos que puedan sensar lo que sucede en el ambiente, para luego tomar una acción de control pre-programada que actúe sobre el sistema para obtener el resultado previsto.

Finalmente el texto quedó estructurado en cinco capítulos. En síntesis, la obra combina elementos teóricos y elementos finales de control automatizados prácticos y se ajusta en gran medida al programa vigente de la asignatura Instrumentación, por lo que satisface las necesidades de los estudiantes de cualquier nivel .

Los Autores

CONTENIDO

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN A LA INSTRUMENTACIÓN Y NORMAS | 1 |
| 1.1. | DEFINICIONES Y CONCEPTOS..... | 2 |
| 1.2. | SIMBOLOGÍA, NORMAS Y SISTEMAS DE UNIDADES | 4 |
| 1.3. | NORMAS | 5 |
| 1.4. | SISTEMA DE UNIDADES..... | 6 |
| 1.5. | NORMAS SAMA | 8 |
| 1.6. | NORMAS ISA | 11 |
| 2. | TIPOS DE SENSORES | 18 |
| 2.1. | SENSORES DE PRESIÓN | 20 |
| 2.1.1. | Transductores de presión miniatura | 20 |
| 2.1.2. | Manómetros digitales..... | 21 |
| 2.1.3. | Presión de altos rangos y temperaturas..... | 22 |
| 2.1.4. | Sensores de presión micro mecánicos | 22 |
| 2.1.5. | Sensor de presión atmosférica (adf) | 23 |
| 2.1.6. | Sensor de presión del aceite y combustible | 23 |
| 2.1.7. | Sensores de alta presión | 24 |
| 2.1.8. | Sensores de flujo | 25 |
| 2.2. | SENSORES DE FLUJO PRIMARIOS..... | 26 |
| 2.2.1. | Turbina | 26 |
| 2.2.2. | Ultrasónicos | 27 |
| 2.3. | SENSORES DE TEMPERATURA..... | 28 |
| 2.4. | RTD | 28 |
| 2.5. | TERMOCUPLAS / TERMOPARES | 29 |

| | |
|--|----|
| 2.6. TERMISTORES | 30 |
| 2.7. SENSOR DE TEMPERATURA DE SUPERFICIE POR INFRARROJOS | 32 |
| 2.8. SENSORES DE NIVEL | 33 |
| 2.9. FLOTADOR | 34 |
| 2.10. TIPO BURBUJEO | 35 |
| 2.11. DE PRESIÓN DIFERENCIAL..... | 35 |
| 2.12. MEDIDOR DE NIVEL TIPO DE DESPLAZAMIENTO | 36 |
| 2.13. SISTEMA ULTRASÓNICO DE MEDICIÓN DE NIVEL..... | 37 |
| 2.14. SENSORES PARA OTRAS VARIABLES FÍSICAS..... | 38 |
| 2.14.1. Sensores de peso..... | 38 |
| 2.14.2. Sensores de velocidad | 38 |
| 2.14.3. Sensores de conductividad | 39 |
| 2.15. SENSORES DE pH | 40 |
| 2.16. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SENSORES | 41 |
| 2.16.1. Exactitud | 41 |
| 2.16.2. Precisión..... | 42 |
| 2.16.3. Rango de funcionamiento | 42 |
| 2.16.4. Velocidad de respuesta | 42 |
| 2.16.5. Calibración..... | 42 |
| 2.16.6. Fiabilidad..... | 42 |
| 3. ACTUADORES DE CONTROL..... | 43 |
| 3.1. ACTUADORES ELECTRÓNICOS..... | 44 |
| 3.2. ACTUADORES HIDRÁULICOS..... | 45 |
| 3.3. MOTOR HIDRÁULICO..... | 49 |
| 3.4. ACTUADORES NEUMÁTICOS | 51 |
| 3.5. VÁLVULA DE CONTROL | 52 |
| 3.6. VÁLVULA DE COMPUERTA | 53 |
| 3.7. VÁLVULAS DE GLOBO..... | 56 |
| 3.8. VÁLVULAS DE BOLA | 57 |

| | |
|---|------------|
| 3.9. VÁLVULAS DE MARIPOSA | 59 |
| 3.10. VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK) Y DE DESAHOGO (ALIVIO)..... | 61 |
| 3.11. VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK)..... | 62 |
| 3.12. VÁLVULAS DE RETENCIÓN DEL COLUMPIO..... | 62 |
| 3.13. TIPOS DE PISTONES: | 64 |
| 3.13.1. Pistones de aluminio fundido (sufijos p, np) | 64 |
| 3.13.2. Pistones forjados a presión (sufijo f) | 65 |
| 3.13.3. Pistones hipereutécticos (prefijo h): | 66 |
| 3.13.4. Pistones con capa de recubrimiento (sufijo c) | 67 |
| 3.14. ACTUADORES LINEALES: | 68 |
| 3.15. ACTUADORES DE LORENTZ O MAGNÉTICOS | 69 |
| 3.16. ACTUADORES DE NANO TUBO DE CARBONO: | 70 |
| 3.17. ACTUADORES TÉRMICOS:..... | 70 |
| 3.18. ACTUADORES DE PLASMA:..... | 71 |
| 3.19. ACTUADORES DE CINTURÓN RÍGIDO:..... | 72 |
| 3.20. SCRATCH DRIVE ACCUATORS:..... | 72 |
| 3.21. ACTUADORES DE VÁLVULA: | 73 |
| 3.22. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN ACTUADOR: | 75 |
| 3.23. PROCESO DE SELECCIÓN: | 76 |
| 4. TÓPICOS DE CONTROL ASISTIDOS POR COMPUTADORA | 79 |
| 4.1. ADQUISICIÓN DE DATOS | 80 |
| 4.2. CONTROL SUPERVISORIO REMOTO (SCADA)..... | 88 |
| 4.3. CONTROL DIGITAL DIRECTO (DDC) | 90 |
| 4.4. INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL | 94 |
| 4.5. SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (SCD): | 98 |
| 5. INSTRUMENTOS INDUSTRIALES | 103 |
| 5.1. CONTROLADORES | 104 |

| | |
|---|-----|
| 5.2. APLICACIONES DE SISTEMAS DE LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO..... | 106 |
| 5.2.1. SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO | 106 |
| 5.2.2. SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO | 109 |
| 5.3. MODOS DE CONTROL EN INSTRUMENTACIÓN..... | 110 |
| 5.3.1. ON-OFF | 111 |
| 5.3.2. PROPORCIONAL | 112 |
| 5.3.3. PROPORCIONAL + INTEGRAL. | 115 |
| 5.3.4. PROPORCIONAL + INTEGRAL + DERIVATIVO..... | 117 |
| 5.4. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN CONTROLADOR. | 118 |
| 5.5. SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES | 119 |
| 5.6. APLICACIÓN DE CONTROLADORES | 122 |
| BIBLIOGRAFÍA | 125 |

Capítulo I

1. INTRODUCCIÓN A LA INSTRUMENTACIÓN Y NORMAS

El constante desarrollo de la tecnología y ciencia de los instrumentos ha incursionado en el ámbito petrolero en los últimos tiempos, con el fin de fortalecer sectores industriales mediante la instrumentación, sistemas de control y automatización de los procesos industriales bastante sofisticados e inteligentes que de una u otra manera optimizan la producción petrolera.

La optimización de procesos hace de la instrumentación el conjunto de herramientas que sirven para la medición, la conversión o transmisión de las variables. Tales variables pueden ser químicas o físicas necesarias para iniciar, desarrollar y controlar las diversas etapas que involucran a los yacimientos, considerando que la instrumentación es usada en operaciones de planta.

Todos los instrumentos tienen la particularidad de conocer que está pasando en un determinado proceso. Por otro lado, los instrumentos liberan al operador de las acciones manuales que realizaban en los procesos industriales. La instrumentación y control de procesos es una especialidad de

la ingeniería que combina, distintas ramas, entre las que destacan: sistemas de control, automatización, informática, entre otros. Su principal aplicación y propósito es el análisis, diseño, automatización de procesos de manufactura de las áreas industriales: petróleo y gas, generación de energía eléctrica, entre otras. Un ingeniero participa en el desarrollo de las hojas de especificaciones técnicas de los instrumentos que integraran los lazos de control, revisión de los planos de tubería e instrumentación, desarrollo de la lógica de control, que puede ser, del tipo electrónica, neumática o hidráulica.

1.1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS

La instrumentación ha permitido el avance tecnológico de la ciencia actual como la automatización de los procesos industriales; ya que la automatización es solo posible a través de elementos que puedan sensar o transmitir lo que sucede en el ambiente, para luego tomar una acción de control pre-programada que actué sobre el sistema para obtener el resultado previsto.

Los instrumentos pueden ser simples como transmisores, válvulas, sensores y pueden ser muy complejos como controladores, analizadores y amortiguadores.

INSTRUMENTACIÓN: Es el conjunto de ciencias y tecnologías mediante las cuales se miden cantidades físicas o químicas con el objeto de obtener información para su archivo, evaluación o actuación sobre los Sistemas de Control Automático.

SISTEMA DE MEDICIÓN: Conjunto de elementos que forman un instrumento, capaz de convertir una variable física en una señal.

SEÑAL: Es aquella muestra física que puede ser medida ya sea variable o constante en el tiempo.

INDICADORES: Poseen una escala para expresar la equivalencia de los datos al operario, pueden ser manómetros, tensíometros, entre otros.

TRANSMISOR: En el campo de la instrumentación y control es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio que está conectado al sensor mediante conductores eléctricos.

CONTROLADORES: Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta operación calcula un error, para luego actuar con el fin de corregir el error.

TRANSDUCTORES: Reciben una señal de entrada en función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada a una señal de salida.

RANGO: Se define como el intervalo comprendido entre el valor mínimo y máximo que el instrumento puede medir, transmitir o indicar.

LINEALIDAD: Es la característica que define que tanto se acerca la curva de calibración del instrumento a una línea recta.

PRECISIÓN: Capacidad de un instrumento de entregar el mismo valor para la magnitud medida al realizar varias mediciones y en unas mismas condiciones.

AMORTIGUADORES: Un amortiguador es aquel dispositivo que ha sido diseñado para la absorción de energías producidas a partir de impactos o golpes o bien, para que aquellas oscilaciones provocadas por algún movimiento periódico disminuyan.

ERROR: Es la diferencia entre la salida real y la salida ideal. El error se puede expresar como un porcentaje de la lectura.

SENSOR: Es un dispositivo que, al partir de la energía del medio en el que se mide, proporciona una señal de salida

transducible que es función de la magnitud que se pretende medir.

EXACTITUD: Es la capacidad de un instrumento de medición de dar indicaciones que se aproximen al valor verdadero de la magnitud medida.

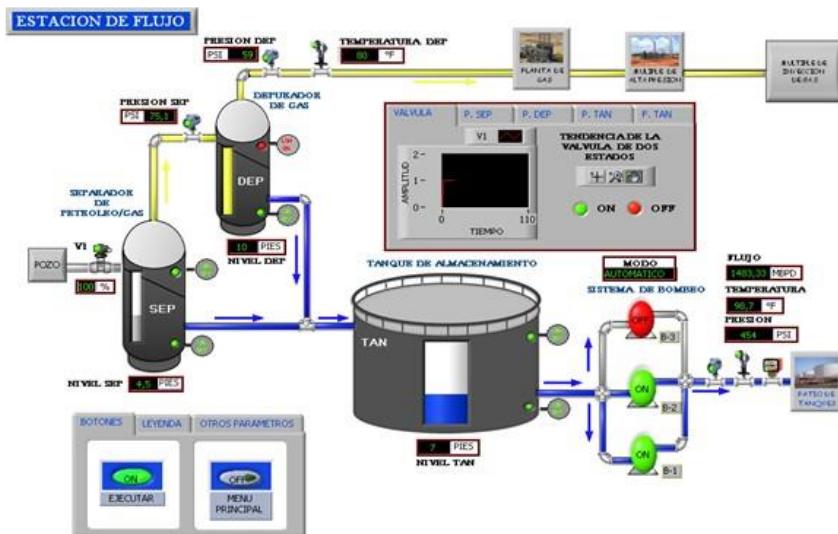


Figura 1. Sistema De Instrumentación en Domótica. Tomado de <https://sites.google.com/site/domoticaycontrol2/21-sistema-de-instrumentacion>

1.2. SIMBOLOGÍA, NORMAS Y SISTEMAS DE UNIDADES

En la instrumentación y control de procesos, se emplean sistemas especializados con el objetivo de transmitir de una manera clara y concisa información de cada elemento automatizado, el cual es indispensable en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control.

SIMBOLOGÍA

La simbología es un proceso abstracto en el cual las características salientes de los dispositivos o funciones son representadas de forma simple por figuras geométricas como círculos, rombos, triángulos y otros para escribir caracteres como letras y números identificando la ubicación y el tipo de instrumento a ser utilizado. La indicación de los símbolos de los instrumentos o funciones ha sido aplicada en las típicas formas.

1.3. NORMAS

Las normas son indispensables para la referencia de un instrumento o de una función de sistema de control que se requiere para los propósitos de simbolización e identificación. Algunas de las referencias más conocidas son:

Diagramas de sistemas de instrumentación, diagramas lógicos, descripciones funcionales.

Diagramas de flujo: procesos, mecánicos, ingeniería, sistemas, que conduce por tuberías (el proceso) e instrumentación.

Identificación de instrumentos y funciones de control, instalación, operación e instrucciones de mantenimiento.

| | |
|---|--|
| Conexión de proceso o suministro | _____ |
| Señal Neumática | // // // |
| Señal Eléctrica | /// // / ó ----- |
| Tubo Capilar | X X X |
| Señal Indefinida | / / / / / / / / |
| Línea de Software | ○ ○ |
| Línea Mecánica | ● ● |
| Señal electromagnética o de sonido | waveform |
| Señal Hidráulica | L L L L L |
| El símbolo de señal neumática es usado de esta forma cuando se trata de aire. | AS aire suministrado ES Suministro eléctrico GS Suministro de Gas HS Suministro Hidráulico NS Suministro de Nitrógeno SS Suministro de vapor WS Suministro de agua |

Figura 2. Simbología ISA. Tomado de <http://iee-consultores.com/Simbologia%20ISA%20IEE.pdf>

Las normas proporcionan la información suficiente para habilitar cualquier proceso de medida y control para entender los medios de medida y mando del proceso. Un sistema de símbolos ha sido estandarizado por la norma ISA.

1.4. SISTEMA DE UNIDADES

El Sistema Internacional de Unidades es una forma aceptada para la utilización de las unidades de medida de las magnitudes físicas de los cuerpos. Al inicio las unidades de medida se utilizaron sólo para el intercambio de cantidades. Pero actualmente, las unidades de medición se desarrollaron internacionalmente y se formaron las normas para la medición de las cantidades físicas y variables físicas.

Diferentes organizaciones como SAMA (Asociación científica de fabricante de aparatos), ISA (Sociedad Internacional de automatización) han hecho diferentes estándares para instrumentos industriales para su unidad de medida también.

- **UNIDADES BÁSICAS**

Consta de siete unidades básicas fundamentales que expresan magnitudes físicas.

- 1. Longitud, Metro (m):** Un metro se define como la distancia que recorre la luz el vacío en $1/299\ 792\ 458$ segundos.
- 2. Masa, Kilogramo (Kg):** Un kilogramo se define como la cantidad de materia que contiene un cuerpo.
- 3. Tiempo, Segundo (s):** El segundo se usa primordialmente para designar a la unidad de tiempo que dura tan sólo un instante y a partir de la cual se componen los minutos, las horas y sucesivamente los días, entre otros.
- 4. Intensidad de Corriente Eléctrica, Ampere (A):** Es la unidad de intensidad de corriente eléctrica que corresponde al paso de un culombio por segundo.
- 5. Temperatura, Kelvin (K):** Es la fracción $1/273.16$ de la temperatura termodinámica (o absoluta) del punto triple del agua (273.16 k).
- 6. Cantidad de Sustancia, mol:** Es la cantidad de unidades elementales (átomos, moléculas iones, entre otros) en un sistema material.
- 7. Intensidad Luminosa, Candela (cd):** Es la intensidad luminosa en una dirección dada,

correspondiente a una energía de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia.

- Unidades Derivadas

Mediante esta denominación se hace referencia a las unidades utilizadas para expresar magnitudes físicas que son resultado de combinar magnitudes físicas básicas. Si éstas son longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura, cantidad de substancia o intensidad luminosa, se trata de una magnitud básica. Todas las demás son derivadas.

| Unidades básicas del sistema internacional (SI) | | |
|---|-----------|---------|
| Magnitud | Unidad | |
| | Nombre | Símbolo |
| Longitud | metro | m |
| Masa | kilogramo | kg |
| Tiempo | segundo | s |
| Intensidad eléctrica | ampere | A |
| Intensidad luminosa | candela | cd |
| Temperatura | kelvin | K |
| Cantidad de sustancia | mol | mol |

Figura 3. Unidades de medición y conversión SI. Tomado de <http://lazarovictoria.blogspot.com/2015/05/13-unidades-de-medicion-y-conversion-de.html>

1.5. NORMAS SAMA

Los diagramas con simbología SAMA ("Scientific Apparatus Makers Association") son utilizados frecuentemente para documentar estrategias complejas de control.

El método SAMA de diagramas funcionales que emplean para las funciones block y las designaciones de funciones. Para ayudar en procesos industriales donde la simbología binaria es extremadamente útil aparecen nuevos símbolos binarios en líneas. El diagrama SAMA es muy similar a la carta de flujo en apariencia con símbolos para representar diferentes funciones.

✓ *Propósito.*

El propósito de esta norma es establecer un medio uniforme de designación los instrumentos y los sistemas de la instrumentación usados para la medición y control. Con este fin, el sistema de designación incluye los símbolos y presenta un código de identificación.

✓ *Proceso*

En todo proceso trabajan diferentes usuarios o especialidades. La estandarización debe reconocer esta realidad y además ser consistente con los objetivos del estándar, por lo tanto debe entregar métodos para una simbología alternativa. La estandarización de la instrumentación es importante para diversas industrias como:

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| * Industria química | * Refinadoras de Metales |
| * Industria Petrolera | * Aire Acondicionado |
| * Generación Eléctrica | * Otros |

Existen otros campos con instrumentos muy especializados y diferentes a la industria convencional como:

- * Astronomía
- * Navegación
- * Medicina

Ningún esfuerzo específico se ha hecho para establecer una norma que reúna los requerimientos de estas actividades, sin embargo se espera que la norma sea lo suficientemente flexible como para abarcar áreas muy especializadas.

Aplicaciones en Procesos

El estándar es recomendable emplearlo cada vez que se requiera cualquier referencia para un instrumento o para una función de control de un sistema con los propósitos de identificación y simbolización.

- *Esquemas diseño.*
- *Ejemplos para enseñanza.*
- *Fichas técnicas, literatura y discusiones.*
- *Diagramas en sistemas de instrumentación, diagramas lógicos, diagramas de lazos en procesos.*
- *Descripciones funcionales.*
- *Diagramas de flujo en: procesos, sistemas, elementos mecánicos, tuberías de procesos e instrumentación.*
- *Dibujos de construcción.*
- *Especificaciones, órdenes de compra, manifiestos y otros listados.*
- *Identificación (etiquetado o marcas) de instrumentos y funciones de control.*
- *Instrucciones de mantención, operación, instalación, dibujos informes.*

| Signal Processing Symbols | | | |
|---------------------------|----------------|----------------------|--------------|
| Addition | Σ | High Selecting | > |
| Averaging | Σ/n | Low Selecting | < |
| Difference | Δ or - | High Limiting | \nearrow |
| Proportional | K or P | Low Limiting | \searrow |
| Integral | \int or I | Reverse Proportional | -K or -P |
| Derivative | d/dt or D | Velocity Limit | V \searrow |
| Multiplying | X | Bias | \pm |
| Dividing | \div | Time function | f(t) |
| Root Extract | $\sqrt[n]{x}$ | Signal transfer | T |
| Non-Linear | $f_1(x)$ | Signal generation | A |
| Tri-state | \updownarrow | Signal comparator | H/, /L |

| Enclosure Symbols | |
|-------------------|-----------------------------|
| | Measuring or Readout |
| | Manual Signal Processing |
| | Automatic Signal Processing |
| | Final Controlling |

Figura 4. Instrumentación: normas y simbologías. Tomado de Mendoza (2014).

El estándar pretende dar la suficiente información, que habilite a cualquiera para revisar documento de representación, de medición y control de procesos para que entienda el significado y el control del proceso no se requiere un conocimiento detallado de un especialista en instrumentación, como requisito para su comprensión.

1.6. NORMAS ISA

La *Instrument Society of America* de los Estados Unidos crea y actualiza permanentemente, las normas usadas en la instrumentación empleada en todo proceso. Esta Norma especifica la nomenclatura para nombrar los instrumentos, y los símbolos para representarlos. La nomenclatura está representada por un código de letras cuya especificación se resume a continuación:

El fin de las normas ISA es el de estandarizar la nomenclatura dentro de un plano de funcionalidad de un instrumento donde se expresara cada elemento o instrumento que conforme el proceso que se está desarrollando, así como las variables y la señal que los elementos primarios, transductores y convertidores. Identificación funcional de un instrumento:

- *Todas las letras son mayúsculas.*
- *No más de 4 letras son utilizadas.*
- *Identificación del instrumento + identificación funcional.*
- *La identificación de los símbolos y elementos debe ser alfa numérica, los números representan la ubicación y establecen el lazo de identidad, y la codificación alfabética identifica al instrumento y a las acciones a realizar.*

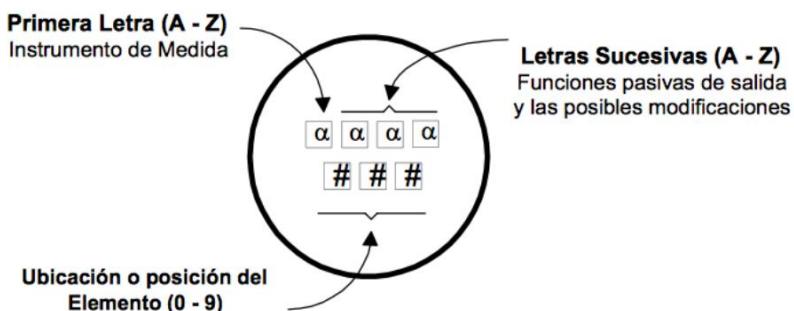


Figura 5. Ubicación de las letras. Tomado de Mendoza (2014).

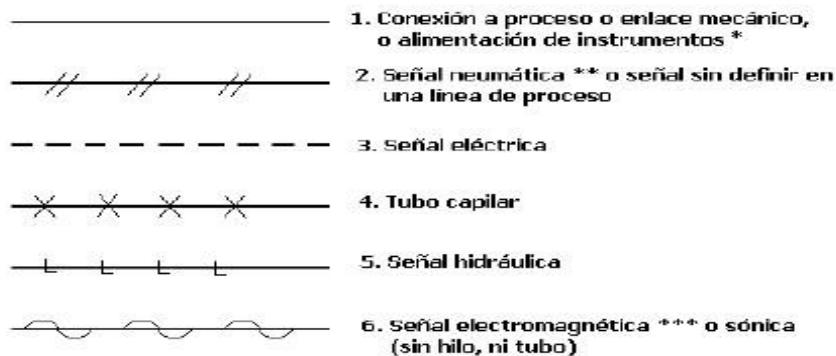


Figura 6. Simbología en señales. Tomado de Mendoza (2014)

| VARIABLE MEDIDA O INICIO DE INFORMACIÓN | LETRA MODIFICANTE | FUNCION DE LECTURA PASIVA | FUNCION DE SALIDA | LETRA MODIFICANTE |
|---|-------------------------|------------------------------------|---|----------------------|
| A ANALISIS | | ALARMA | | |
| B FLAMA O QUEMADOR | | LIBRE | LIBRE | LIBRE |
| C CONDUCTIVIDAD (ELÉCTRICA) | | | CONTROL | |
| D DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO | DIFERENCIAL | | | |
| E VOLTAJE | | ELEMENTO PRIMARIO (SENSOR) | | |
| F FLUJO | RAZÓN, FRACCIÓN | | | |
| G CALIBRE (ESPESOR) | | VISOR | | |
| H MANUAL | | | | ALTO |
| I CORRIENTE | | INDICACION | | |
| J POTENCIA | EXPLORACIÓN (SCAN) | | | |
| K TIEMPO | | | ESTACIÓN DE CONTROL | |
| L NIVEL | | LUZ PILOTO | | BAJO |
| N LIBRE | | LIBRE | LIBRE | LIBRE |
| O LIBRE | | ORIFICIO / RESTRiccIÓN | | |
| P PRESION O VACÍO | | PUNTO DE PRUEBA | | |
| Q CANTIDAD | INTEGRAR O TOTALIZAR | | | |
| R RADIACTIVIDAD | | REGISTRAR | | |
| S VELOCIDAD O FRECUENCIA | SEGURIDAD | | INTERRUPTOR | |
| T TEMPERATURA | | | TRANSMISOR | |
| U MULTIVARIABLE | | MULTIFUNCION | MULTIFUNCION | MULTIFUNCION |
| V VISCOSIDAD | | | VALVULA | |
| W PESO O FUERZA | | TERMOPZO (RTD, TERMOCUPLA, ETC) | | |
| X SIN CLASIFICAR | | SIN CLASIFICAR | SIN CLASIFICAR | SIN CLASIFICAR |
| Y LIBRE | | | (12 RELE, CONVERSOR, COMPUTADOR) | |
| Z POSICIÓN | | | ACTUAR, OPERAR O ELEMENTO FINAL DE CONTROL | |

Figura 7. Letras de identificación de Instrumentos. Tomado de Mendoza (2014).

| Primera Letra | Variables Medidas | Controladores | | | | Dispositivos de salida | | Interruptores y Dispositivos de Transmisión de Alarmas | | | | | | Solenoides, Relés | Elementos primarios | Punto de muestreo |
|---------------|-------------------------------|---------------|-------------|-----------|------|------------------------|-------------|--|------|-------|------|------|-----|-------------------|---------------------|-------------------|
| | | Registros | Indicadores | Registros | | | Indicadores | | | | | | | | | |
| A | Análisis | ARC | AIC | AC | | AR | AI | ASH | ASL | ASHL | ART | AIT | AT | AY | AE | AP |
| B | Combustión | BRC | BIC | BC | | BR | BI | BSH | BSL | BSHL | BRT | BIT | BT | BY | BE | |
| C | Conductividad | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | Densidad | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | Voltaje | ERC | EIC | EC | | ER | EI | ESH | ESL | ESHL | ERT | EIT | ET | EY | EE | |
| F | Flujo | FRC | FIC | FC | FCV | FR | FI | FSH | FSL | FSHL | FRT | FIT | FT | FY | FE | FP |
| FQ | Cantidad de flujo | FQRC | FFIC | | | FQR | FQI | FQSH | FQSL | | | FQIT | FQT | FQY | FQE | |
| FF | Flujo Promedio | FFRC | FFIC | FFC | | FFR | FFI | FFSH | FFSL | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | Corriente Eléctrica | HIC | HC | | | | | | | HS | | | | | | |
| I | Tiempo | IRC | IIC | | | IR | II | ISH | ISL | ISHL | IRT | IIT | IT | IY | IE | |
| J | Nivel | JRC | JIC | | | JR | JI | JSH | JSL | JSHL | JRT | JIT | JT | JY | JE | |
| K | | KRC | KIC | KC | KCV | KR | KI | KSH | KSL | KSHL | KRT | KIT | KT | KY | KE | |
| K | | LRC | LIC | LC | LCV | LR | LI | LSH | LSL | LSHL | LRT | LIT | LT | LY | LE | |
| M | Humedad | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | Presión | PRC | PIC | PC | PCV | PR | PI | PSH | PSL | PSHL | PRT | PIT | PT | PY | PE | PP |
| PD | Presión Diferencial | PDRC | PDIC | PDC | PDCV | PDR | PDI | PDSH | PDSL | | PDRT | PDIT | PDT | PDY | PDE | PDP |
| Q | Cantidad | QRC | QIC | | | QR | QI | QSH | QSL | QSHL | QRT | QIT | QT | QY | QE | QP |
| R | Radiación | RRC | RIC | RC | | RR | RI | RSH | RSL | RSHL | RRT | RIT | RT | RY | RE | |
| S | Velocidad | SRC | SIC | SC | SCV | SR | SI | SSH | SSL | SSHLL | SRT | SIT | ST | SY | SE | TP |
| T | Frecuencia | TDRC | TDIC | TDC | TDCV | TR | TI | TSH | TSL | TSHL | TRT | TIT | TT | TY | TE | TDP |
| TD | Temperatura diferencial | | | | | TDR | TDI | TDSH | TDSL | | TDRT | TDIT | TDT | TDY | TDE | |
| U | Multivariable | | | | | | | | | | | | | | | |
| V | Vibración ó Análisis Mecánico | | | | | VR | VI | VSH | VSL | VSHL | VRT | VIT | VT | VY | VE | |
| W | Peso | WRC | WIC | WC | WCV | WR | WI | WSH | WSL | WSHL | WRT | WIT | WT | WY | WE | |
| WD | Peso Diferencial | WDRC | WDIC | WDC | WDCV | WDR | WDI | WDSH | WDSL | | WDRT | WDIT | WDT | WDY | WDE | |
| Y | Evento, Estado Presencia | | YIC | YC | | YR | YI | YSH | YSL | YSHL | YRT | YIT | YT | YY | YE | |
| Z | Posición | ZRC | ZCI | ZC | ZCV | ZR | ZI | ZSH | ZSL | ZSHL | ZRT | ZIT | ZT | ZY | ZE | |
| ZD | Dimensionamiento | ZDRC | ZDIC | ZDC | ZDCV | ZDR | ZDI | ZSH | ZSL | | ZDRT | ZDIT | ZDT | ZDY | ZDE | |

Figura 8. Combinaciones posibles de letras para identificación de instrumento. Tomado de Mendoza (2014)

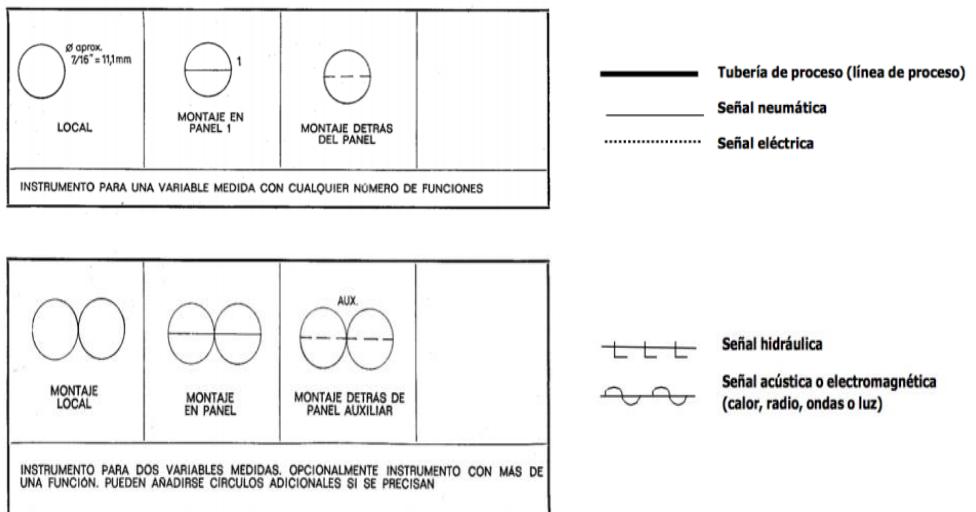


Figura 9. Líneas y símbolos generales. Tomado de Mendoza (2014)

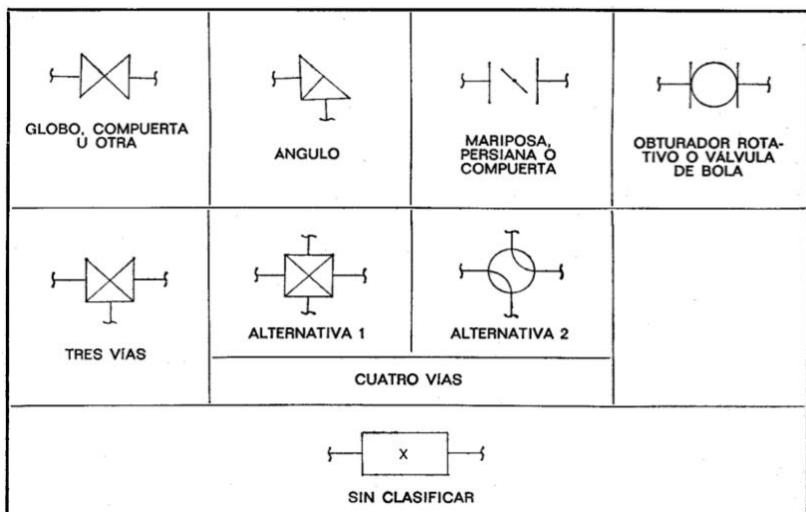


Figura 10. Símbolos de válvulas de control. Tomado de Mendoza (2014)

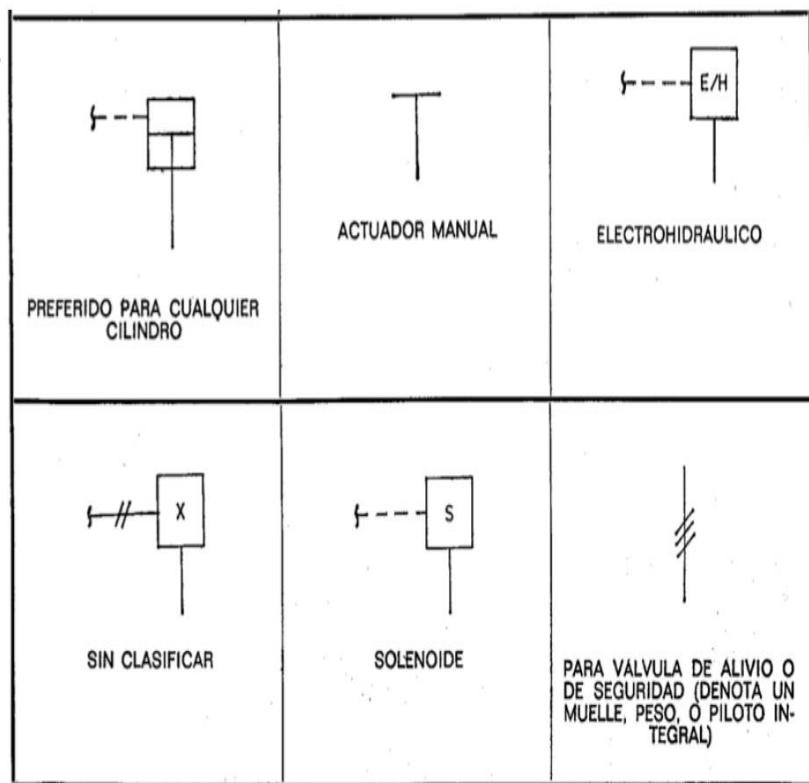


Figura 11. Símbolos para actuadores. Tomado de Mendoza (2014)

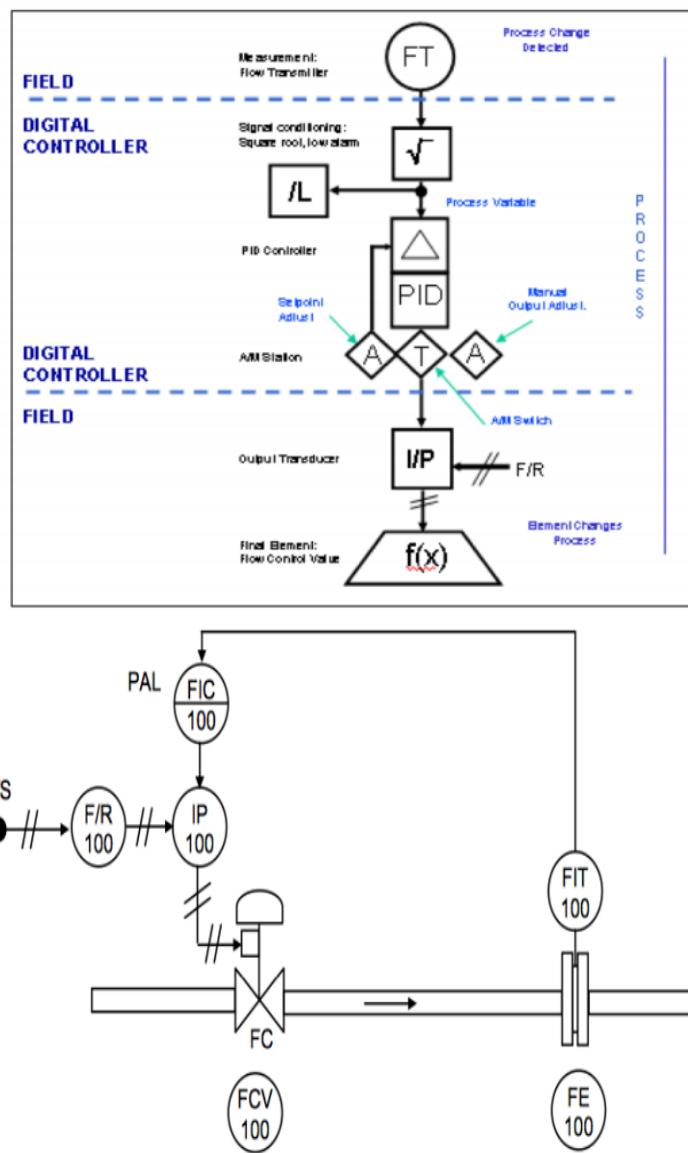


Figura 12. Comparación SAMA e ISA. Mendoza (2014)

Capítulo II

2. TIPOS DE SENSORES

Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio. Con frecuencia, una condición de cambio, se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica). Los sensores posibilitan la comunicación entre el mundo físico y los sistemas de medición y/o de control, tanto eléctricos como electrónicos, utilizándose extensivamente en todo tipo de procesos industriales y no industriales para propósitos de monitoreo, medición, control y procesamiento.

✓ *Cálculo De Sn (Distancia Máxima De Comutación)*

Al utilizar un sensor para una aplicación, se debe calcular una distancia de detección nominal y una distancia de detección efectiva.

✓ *Distancia Nominal De Detección*

La distancia de detección nominal corresponde a la distancia de operación para la que se ha diseñado un sensor, la cual se obtiene mediante criterios estandarizados en condiciones normales.

✓ *Distancia Efectiva De Detección*

La distancia de detección efectiva corresponde a la distancia de detección inicial (o de fábrica) del sensor que se logra en una aplicación instalada. Esta distancia se encuentra más o menos entre la distancia de detección nominal, que es la ideal, y la peor distancia de detección posible.

Existen otros términos asociados al cálculo de la distancia nominal en los sensores los cuales son: Histéresis, Repetibilidad, Frecuencia de conmutación y Tiempo de respuesta.

✓ *Histéresis*

La histéresis, o desplazamiento diferencial, es la diferencia entre los puntos de operación (conectado) y liberación (desconectado) cuando el objeto se aleja de la cara del sensor y se expresa como un porcentaje de la distancia de detección. Sin una histéresis suficiente, el sensor de proximidad se conecta y desconecta continuamente al aplicar una vibración excesiva al objeto o al sensor, aunque se puede ajustar mediante circuitos adicionales.

✓ *Repetibilidad*

La repetibilidad es la capacidad de un sensor de detectar el mismo objeto a la misma distancia de detección nominal y se basa en una temperatura ambiental y voltaje eléctrico.

✓ *Frecuencia De Conmutación*

La frecuencia de conmutación corresponde a la cantidad de conmutaciones por segundo que se pueden alcanzar en Condiciones normales. En términos más generales, es la velocidad relativa del sensor.

2.1. SENsores DE PRESIÓN

Los sensores de presión o transductores de presión son elementos que transforman la magnitud física de presión o fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica que será la que emplearemos en los equipos de automatización o adquisición estándar. Los rangos de medida son muy amplios, desde unas milésimas de bar hasta los miles de bar.

Para cubrir los diferentes rangos de medida, precisión y protección, disponemos de una gran variedad de transductores de presión, fabricados con diferentes tecnologías, que permiten cubrir todas sus necesidades.

A continuación encontrará un resumen de prácticamente todos los sensores de presión disponibles en el mercado, agrupados según su formato y tipo de medida.

2.1.1. Transductores de presión miniatura

La gama de transductores de presión miniatura y ultra miniatura ha sido diseñada con el fin de conciliar tamaño pequeño y robustez. De tecnología piezorresistiva y fibra óptica, con membranas de acero inoxidable. Resistente a líquidos y gases corrosivos. Disponible en versiones de alta temperatura (hasta 600º C).

CARACTERÍSTICAS:

- PERFILES PLANOS, ROSCADOS O ENRASADOS.
- RANGOS: DESDE 0..0,13 BAR HASTA 0..2.500 BAR.
- LINEALIDAD: 0,25 % A 1 %
- ANCHO DE BANDA: DESDE MEDIDAS ESTÁTICAS HASTA 1,7 MHZ.
- PROTECCIÓN: HASTA IP68.
- DIÁMETRO DEL CUERPO: DESDE 1,27 MM, CON 1 MM DE ESPESOR.

Figura 13. Características de los transductores de presión miniatura. Tomado de <http://instrumentacion.industrialmaxima.blogspot.com/>

2.1.2. Manómetros digitales

Los manómetros digitales de AEP son la solución ideal cuando se busca un transductor de presión y un visualizador sin cables, ya que al unir el sensor y el visualizador en un solo bloque alimentado por baterías internas, permiten instalarse en cualquier punto donde se precise medir presión con unas buenas prestaciones.

**CARACTERÍSTICAS:**

- RANGOS: 0.5 HASTA 2.000 BAR.
- LINEALIDAD: 0.2 % HASTA EL 0.05 % FS.
- RESOLUCIÓN: HASTA 65.000 DIVISIONES.
- FUNCIONES: PICO, CERO, TARA, AUTO-APAGADO O FILTRO DIGITAL.
- DISPLAY TIPO LCD (BAJO CONSUMO) O LED.
- SALIDA ANALÓGICA: 0-10 V, 4-20 MA O DIGITAL RS232

APLICACIONES:

INSTALACIONES HIDRÁULICAS EN GENERAL Y LABORATORIOS.

Figura 14. Características de manómetros digitales. Tomado de <http://instrumentacionindustrialmaxima.blogspot.com/>

2.1.3. Presión de altos rangos y temperaturas

SENSING dispone de diferentes modelos de sensores de presión para altos rangos de presión, muchos de ellos con rangos de hasta 2.000bar. También dispone de modelos especiales para la medida de presión con alta temperatura como el TP8, que soporta hasta 150º c o los ATEK para inyección de plástico de hasta 400ºc.

Movimiento es detectado por un transductor que convierte pequeños desplazamientos en señales eléctricas analógicas, más tarde se pueden obtener salidas digitales acondicionando la señal. Pueden efectuar medidas de presión absoluta (respecto a una referencia) y de presión relativa o diferencial (midiendo diferencia de presión entre dos puntos) generalmente vienen con visualizadores e indicadores de funcionamiento.



CARACTERÍSTICAS

Estos sensores son pequeños, bajos costo y confiables. ofrecen la capacidad de repetición excelente, la alta exactitud y la confiabilidad bajo variación de condiciones ambientales. además, ofrecen características de funcionamiento algo constantes a partir de un sensor al siguiente, y de la capacidad de intercambio sin la recalibración. Mejor usado para: dispositivos médicos y de la HVAC, equipo del almacenaje de datos y de la cromatografía de gas, controles de proceso, maquinaria industrial, bombas y robótica.

APLICACIONES

Control de sujección, succión de elementos, succión de tornillos en atornilladores automáticos, apretado de tuercas automáticas, control de fuerza en pinzas prensoras , confirmación de presión a la soldadura

Figura 15. Hernández, G. (2016), *Instrumentación. Presión de altos rangos y temperatura.* Tomado de <http://instrumentacionindustrialmaxima.blogspot.com/>

2.1.4. Sensores de presión micro mecánicos

El sensor de presión de alimentación está montado por lo general directamente en el tubo de admisión. Mide la presión

absoluta en el tubo de admisión (2... 400 kpa o 0,02...4,0 bar), o sea que mide la presión contra un vacío de referencia y no contra la presión del entorno. De este modo es posible determinar la masa de aire con toda exactitud y regular el compresor de acuerdo con las necesidades del motor. Si el sensor no está montado directamente en el tubo de admisión, este se hace comunicar neumáticamente con el tubo de admisión mediante una tubería flexible.

2.1.5. Sensor de presión atmosférica (adf)

Este sensor puede estar montado en la unidad de control o en otro lugar del vano motor. Su señal sirve para la corrección, en función de la altura, de los valores teóricos para los circuitos reguladores (como ejemplo: retroalimentación de gases de escape egr, regulación de la presión de sobrealimentación). Con ello se pueden tener en cuenta las diferencias de la densidad del aire del entorno. El sensor de presión de entorno mide la presión absoluta (60...115 kpa o 0,6...1,15 bar).

2.1.6. Sensor de presión del aceite y combustible

Los sensores de presión de aceite están montados en el filtro de aceite y miden la presión absoluta del aceite para que se pueda averiguar la carga del motor para la indicación de servicio. Su margen de presiones se sitúa en 50...1000 kpa o 0,5...10,00 bar.

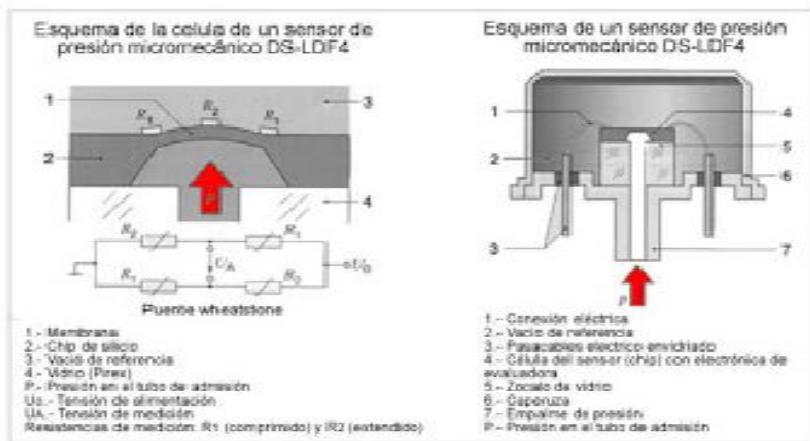


Figura 16. Hernández, G. (2016), Instrumentación. Sensores de presión atmosférica. Tomado de <http://instrumentacionindustrialmaxima.blogspot.com/>

2.1.7. Sensores de alta presión

Los sensores de alta presión se emplean en el automóvil para medir la presión del combustible y del líquido de freno: Sensor de presión "rail" diésel este sensor mide la presión del combustible en el tubo distribuidor (rail) del sistema de inyección diésel "common rail".



Figura 17. Hernández, G. (2016), Instrumentación. Sensores de alta presión. Tomado de <http://instrumentacionindustrialmaxima.blogspot.com/>

La presión máxima de trabajo (presión nominal) p_{max} : es de 160 mpa (1600 bares). La presión del combustible es modulada en un circuito de regulación. Es casi constante e independiente de la carga y de la velocidad de rotación. Las posibles desviaciones del valor teórico se compensan mediante una válvula reguladora de presión.

2.1.8. Sensores de flujo

Los **sensores de flujo tienen la función específica de monitorear la velocidad de fluidos**. Un sensor de flujo es un dispositivo que, al ser instalado en una tubería, permite determinar si hay circulación de un gas o un fluido, es decir, estos sensores nos indican la ausencia o presencia de flujo, pero no miden el caudal.

Sus **aplicaciones típicas** incluyen detección de flujo de aceite en sistemas hidráulicos, de lubricación y cajas de engranajes; fluidos en sistemas de refrigeración y calefacción, aplicaciones en bombas de transferencia y carga de combustible, y sistemas de agua potable y aguas servidas o negras.

En la técnica de instalación de equipos de flujo de procesos y operaciones para medir el flujo o corriente de medios líquidos, el **sensor de flujo** es un elemento constituyente ciertamente importante para la seguridad en el servicio y funcionamiento.

Las **aplicaciones industriales** requieren, en su mayoría, una medición de flujo, algunas veces dichas mediciones deben ser muy exactas, tal como la medición del material que se está usando en el proceso o manufactura en cuestión, de manera que se pueda determinar la cantidad del material en bruto. De ahí la necesidad de contar con elementos de excelente calidad provistos por expertos en la materia, evitando con ello retrasos y malos resultados en las labores de la industria.

2.2. SENSORES DE FLUJO PRIMARIOS

Placa Orificio, Tobera, Venturi, Tubo Pitot, Pitot Promediante. Este grupo está basado en la ecuación de Bernoulli que establece que la suma de energía cinética más la energía potencial de altura más la energía potencial debido a la presión que tiene un fluido permanece constante. De ahí se puede deducir que, frente a un aumento de velocidad, por ejemplo, al pasar por una restricción en la tubería, se producirá una disminución en la presión. Esta diferencia de presión se puede medir y de ahí determinar la velocidad. Multiplicando esa velocidad por el área de la tubería obtendremos el caudal volumétrico.

2.2.1. Turbina

Los medidores de tipo turbina se basan en el uso de piezas rotantes que son impulsadas por el flujo del fluido, (tales como hélices empujadas por el fluido) y giran a una velocidad proporcional al caudal del fluido circulante. No son aptos para medir productos viscosos ni con arrastre de sólidos. La velocidad del fluido ejerce una fuerza de arrastre en el rotor; la diferencia de precisiones debido al cambio de área entre el rotor y el cono posterior ejerce una fuerza igual y opuesta. De este modo, el rotor está equilibrado



Figura 18. Sensor de flujo tipo Turbina.
Tomado de: Senovant

hidrodinámicamente y gira entre los conos anterior y posterior sin necesidad de utilizar rodamientos axiales evitando así un rozamiento que necesariamente se produciría.

2.2.2. Ultrasónicos

Estos sensores están basados en la propagación de ondas de sonido en un fluido. Existen dos principios básicos para esta medición: Tiempo de Tránsito y Efecto Doppler. En los caudalímetros por tiempo de tránsito, la velocidad de flujo se determina por la diferencia entre la velocidad de propagación de una onda de sonido a favor y otra en contra del flujo. Los elementos emisores y receptores pueden instalarse por fuera de la tubería sostenidos por abrazaderas. El instrumento de efecto Doppler tiene un generador de ultrasonido que emite ondas. Si en el seno del líquido existen partículas o burbujas de gas, estas ondas chocan con ellas provocándose una reflexión de las ondas, un eco. Cuando esto ocurre el eco devuelto tiene una frecuencia igual si el líquido está quieto o distinta que la enviada si está en movimiento. Esta nueva frecuencia depende de la velocidad de la partícula productora del eco, por lo que midiendo el corrimiento de frecuencia se puede determinar la velocidad del fluido y por lo tanto el



caudal instantáneo.

Figura 19. Sensor De Flujo Tipo Ultrasonico. Tomado de:
Sensovant

2.3. SENSORES DE TEMPERATURA

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido translacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicaciones por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios.

2.4. RTD

Un RTD es un detector de temperatura resistivo, esto quiere decir que está basado en la variación de la resistencia de un



conductor con la temperatura.

*Figura 20. Sensor De Temperatura Tipo Rtd. Tomado de:
Sensovant*

Está compuesto por una aleación de metales como el platino, cobre, níquel y molibdeno. Su funcionamiento es que al calentarse el metal habrá una mayor agitación térmica, causando la dispersión de más electrones y reduciéndose su velocidad media, aumentando así la resistencia. Esto quiere decir que, a mayor temperatura, mayor agitación, entonces mayor resistencia.

2.5. TERMOCUPLAS / TERMOPARES

Son sensores de temperatura eléctricos utilizados en la zona industrial. Para hacer funcionarla, se debe hacer con dos alambres de distinto material unidos en un extremo, entonces al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (miliVolts) el cual va aumentando a la par con la temperatura.

- *Son encapsulados, para protegerlos de las condiciones extremas.*
- *Dependiendo de la distancia, se va dando una pequeña señal eléctrica de estos transductores.*
- *Deben utilizarse cables compensados para que pueda transportar esta señal sin que la modifique.*

TIPOS.

Tipo K: (Cromo/Aluminio) tiene una amplia variedad de aplicaciones, con un rango de temperatura de (-200°C a +1.200°C) y una sensibilidad 41 μ V/°C aprox.

Tipo E: (Cromo/Constantán) No son magnéticos, son ideales para el uso en bajas temperaturas (Frío), y una sensibilidad de 68 μ V/°C aprox.

Tipo J: (Hierro/Constantán) Tiene un rango limitado, y tienen un rango de temperatura de (-40°C a +750°C).

Tipo N: (Nicrosil / Nisil) Es adecuado para mediciones de alta temperatura, gracias a su estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y tiene una baja sensibilidad 10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.

Tipo B: (Platino/Rodio) Son adecuados para altas temperaturas superiores a 1.800°C.

Tipo R: (Platino/Rodio) Son adecuados para altas temperaturas de hasta 1.600°C. Aunque tiene una baja sensibilidad 10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.

Tipo S: (Hierro/Constantán) Ideal para de altas temperaturas hasta los 1.600°C, pero tiene una baja sensibilidad 10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Tiene una elevada estabilidad.

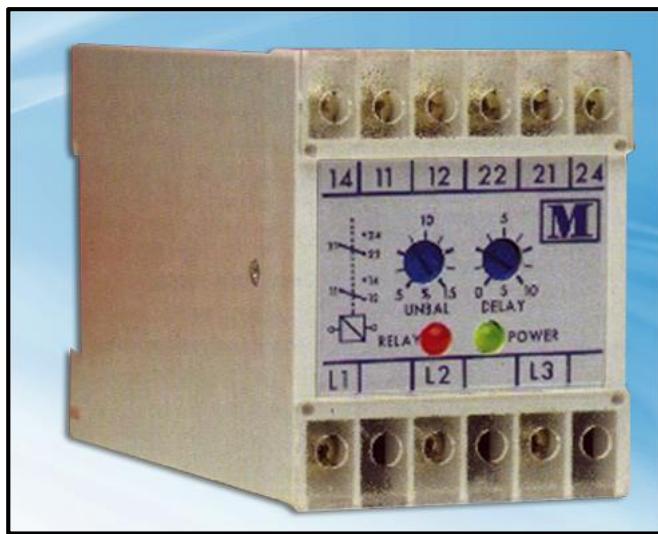


Figura 21. Sensor De Temperatura Tipo Termopar. Tomado de: Sensovant

2.6. TERMISTORES

Los termistores son sensores de temperatura, los cuales su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. Existen dos tipos de termistor: - NTC (Negative Temperature Coefficient)- PTC (Positive Temperature Coefficient). Estos dispositivos son fabricados a partir de los óxidos de metálicos (manganoso, cobalto, cobre y níquel), ósea un semiconductor que deja pasar parcialmente la corriente. El término proviene de (Thermally Sensitive Resistor).

Características.

- *Los termistores sufren de auto calentamiento, por lo que hay que ser cuidadosos en la tensión y corriente que hacemos circular por el sensor para evitar falsos aumentos de temperatura.*
- *Tienen amplio rango de medición, y bajo costo en el mercado.*
- *No son lineales, lo que dificulta la obtención de datos y complicación al calibrar*

Los PTC son resistencias de coeficiente de temperatura positiva, constituidas por un cuerpo semiconductor, cuyo coeficiente de temperatura es elevado, quiere decir que su conductividad crece muy rápidamente con la temperatura.

Los NTC son resistencias de coeficiente de temperatura negativo, constituidas por un cuerpo semiconductor, cuyo coeficiente de temperatura es elevado, quiere decir que su conductividad crece muy rápidamente con la temperatura.

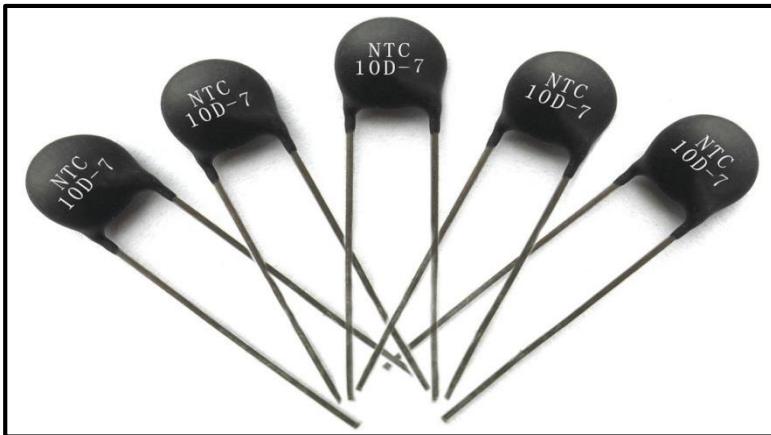


Figura 22. Sensor De Temperatura Tipo Termistor. Tomado de: Sensovant

2.7. SENSOR DE TEMPERATURA DE SUPERFICIE POR INFRARROJOS.

Los **radiómetros infrarrojos** miden la temperatura de la superficie mediante la conversión de energía térmica radiada desde cualquier superficie en su campo de visión (FOV) en una señal eléctrica con un tiempo de respuesta inferior a 1 segundo.

Cada IRR lleva una impresionante incertidumbre de 0,2 °C a 95% de confianza para garantizar mediciones precisas. El elástico 8-14 micras ventana de germanio corresponde a la ventana atmosférica con el fin de minimizar los efectos de bandas de agua por debajo de 8 micras y por encima de 14 micras.

El escudo de radiación va incluido con cada IRR, aisla el sensor de los cambios bruscos de temperatura, reduciendo así ruído de las mediciones. Múltiples opciones de campo de visión (FOV) van desde ángulos media de 14, 18, y 22 grados, respecto de las aberturas circulares, a 13 y 32 grados para los ángulos de medio vertical y horizontal, respectivamente, de la abertura horizontal. El amplio rango de calibración de temperatura, -30 a 65 °C, permite realizar

mediciones terrestres precisas cuando la temperatura del cuerpo del sensor está dentro de 20 °C de la temperatura objetivo. La carcasa de aluminio anodizado ayuda a que el sensor sea capaz de soportar condiciones climáticas extremas.



Figura 23. Sensor De Temperatura Tipo Infrarrojo. Tomado de: Sensovant.

2.8. SENSORES DE NIVEL.

Son utilizados para monitorear nivel de fluidos cerrándose o abriéndose cuando se alcanza un nivel determinado, hay de diferentes tipos con mercurio sin mercurio también modelos con imán permanente y reed switches. Las aplicaciones más comunes son control de sistemas de bombeo, bombas en embarcaciones y sistemas de irrigación.

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquidos sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en el flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.

2.9. FLOTADOR

Consiste en un flotador situado en el seno del líquido y conectado al exterior del tanque indicado directamente el nivel. La conexión puede ser directa, magnética o hidráulica. El flotador conectado directamente está unido por un cable que desliza en un juego de poleas a un índice exterior que señala sobre una escala graduada. En el modelo más antiguo y el más utilizado en tanques de gran capacidad tales como los de fuel-oil y gas-oil tienen el inconveniente de que las partes móviles están expuestas al fluido y pueden romperse y de que el tanque no puede estar sometido a presión.

El flotador acoplado magnéticamente desliza exteriormente a lo largo de un tubo guía sellado, situado verticalmente en el interior del tanque. Dentro del tubo, una pieza magnética sigue al flotador en su movimiento y mediante un cable y un juego de poleas arrastra el índice de un instrumento situado en la parte superior del tanque. El instrumento puede además ser transmisor neumático o eléctrico. Una variante de la conexión magnética consta de un tubo conteniendo un flotador, dotado de un imán que orienta una serie de cintas magnéticas dispuestas en el exterior y a lo largo del tubo. El instrumento puede tener interruptores de alarma y trasmisor incorporados.



Figura 24. Sensor de nivel tipo Flotador. Tomado de: Senovant.

2.10. TIPO BURBUJEO

Emplea un tubo sumergido en el líquido cuyo a través se hace burbujeante aire mediante un rotámetro con un regulador de caudal incorporado. La presión del aire en la tubería equivale a la presión hidrostática ejercida por la columna de líquido, es decir, al nivel. El regulador de caudal permite mantener un caudal de aire constante a través del líquido independientemente del nivel (es normal un caudal de 150 NI/h); si no existiera, habría una gran diferencia en los caudales de aire necesarios desde el nivel mínimo al máximo, con el inconveniente de un gasto de aire indebido. La tubería empleada suele ser de $\frac{1}{2}$ " con el extremo biselado para una fácil formación de las burbujas de aire.



Figura 25. Sensor De Nivel Tipo Flotador. Tomado de: Senovant

2.11. DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Consiste en un diagrama en contacto con el líquido del tanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque. En un tanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso

específico. En el tipo más utilizado, el diafragma está fijado en una brida que se monta rasante al tanque para permitir sin dificultades la medida del nivel de fluidos, tales como pasta de papel y líquidos con sólidos en suspensión, pudiendo incluso ser de montaje saliente para que el diafragma enrase completamente con las paredes interiores del tanque tal como ocurre en el caso de líquidos extremadamente viscosos en que no puede admitirse ningún recodo.

Hay que señalar que el nivel cero del líquido se seleccionan en un eje a la altura del diafragma.



Figura 26. Sensor De Nivel Tipo De Presion Diferencial. Tomado de: Sensovant

En el caso de que el tanque este cerrado y bajo presión, hay que corregir la indicación del aparato para la presión ejercida sobre el líquido debiendo señalar que la lectura será muy poco precisa, si la presión es grande. Se suele conectar un tubo en la parte superior del tanque y medir la diferencia de presiones entre la toma inferior y la toma superior, utilizando trasmisores de presión diferencial de diafragma.

2.12. MEDIDOR DE NIVEL TIPO DE DESPLAZAMIENTO

Consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al tanque. Dentro del tubo y unido a su extremo libre se encuentra una varilla que trasmite el movimiento de giro a un trasmisor exterior al tanque. El tubo de torsión se caracteriza fundamentalmente porque el ángulo de rotación de su extremo libre es directamente proporcional a la fuerza aplicada, es decir, al momento ejercido por el flotador. El movimiento angular del extremo libre del tubo de torsión es muy pequeño, del orden de los 9º. El tubo proporciona además un cierre estanco entre el flotador y el exterior del tanque (donde se dispone el instrumento receptor del par transmitido).

2.13. SISTEMA ULTRASÓNICO DE MEDICIÓN DE NIVEL

Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco depende del nivel del tanque. Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20kHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.



Figura 27. Sensor De Nivel Tipo Ultrasónico. Tomado de: Sensovant

2.14. SENSORES PARA OTRAS VARIABLES FÍSICAS

2.14.1. Sensores de peso

Las celdas de carga o sensores de peso son aquellos dispositivos electrónicos desarrollados con la finalidad es la de detectar los cambios eléctricos provocados por una variante en la intensidad de un peso aplicado sobre la báscula o balanza, información que a su vez transmite hacia un indicador de peso o controlador de peso, la celda de carga o sensor de peso es un componente esencial al igual que el indicador de peso, para el funcionamiento de cualquier báscula o balanza electrónica.

Se trata de un elemento totalmente plano integrado dentro de una membrana de circuito impreso flexible de escaso espesor. Esta forma plana permite colocar al sensor con facilidad entre dos piezas de la mecánica de nuestro sistema y medir la fuerza que se aplica sin perturbar la mecánica de las pruebas.

Los sensores utilizan una tecnología basada en la variación de la resistencia eléctrica del área sensora. La aplicación de una fuerza al área activa de detección del sensor se traduce en cambio en la resistencia eléctrica del elemento sensor en función inversamente proporcional a la fuerza aplicada.

2.14.2. Sensores de velocidad

La detección de velocidad forma parte de un gran número de sistemas industriales, en los que se requiere un control de la dinámica de los mismos. Los transductores de velocidad suelen pertenecer a uno de los siguientes tipos:

1. Analógicos: Basados en generadores de CC o dinamos tacometricas
2. Digitales: Basados en la detección de frecuencia de un generador de pulsos (encoder u otros)

La dinamo tacométrica es, en esencia, un generador de corriente continua con excitación a base de imanes permanentes.

La robustez, la buena adaptación a sistemas de control digital y la buena relación coste/precisión de este tipo de sensores hacen que actualmente sustituyan a los generadores tacométricos en muchas aplicaciones.

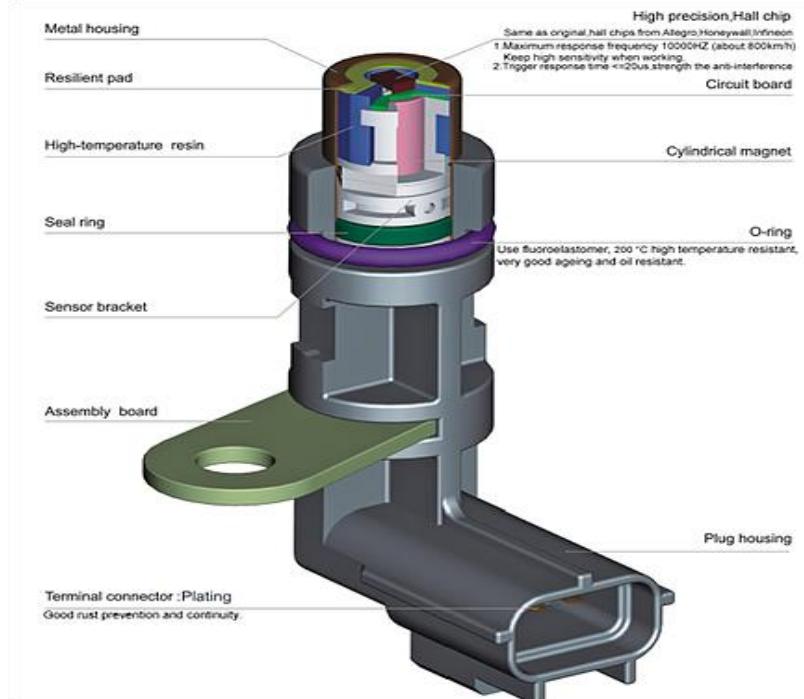


Figura 28. Sensor De Velocidad Tomado De Betancourt, J. O. (2013). Interruptores Y Sensores

2.14.3. Sensores de conductividad

Los sensores de conductividad no tienen piezas móviles. El funcionamiento de estos sensores no se ve interrumpido ni siquiera en líquidos conductores semisólidos como los del sector alimentario, ni en líquidos muy densos como las aguas residuales. La opción para líquidos muy densos o semi-sólidos. Al no tener piezas móviles, estos interruptores se pueden usar en muchos entornos en los que un interruptor de boya se engancharía o no funcionaría en absoluto. La unidad sólo necesita una cantidad de corriente extremadamente pequeña para funcionar, como con cualquier otro dispositivo, un sistema adecuadamente instalado y conectado a tierra no supone ningún riesgo eléctrico.

2.15. SENSORES DE pH

El sistema de pH consiste de un electrodo de pH y un amplificador. El sensor de PH se mide el nivel de Acidez y Basicidad entre valores de 0 a 14. El sensor de pH es un gel de Ag-Cl. El electrodo ha sido construido dentro de un tubo de plástico en un diámetro de 12mm, contiene una botella de protección con una solución buffer estable. Cuando el electrodo no es usado deberá ser guardado dentro de la botella. Durante la medición se debe limpiar la probeta entre prueba y prueba. El electrodo es conectado al amplificador por medio de un cable coaxial y un conector BNC. El amplificador y el adaptador proporcionan una amplificación en un rango entre 0 y 5V, el pH ha sido diseñado para funcionar en diversas situaciones. El cuerpo epoxico protege el tubo de vidrio, el gel de Ag-Cl ha sido llenado una vez no será necesario ser otra vez llenado.



Figura 29. Sensor De Ph; Sensores, P. C.-L. (2014). Manual De Uso De Sensor De Pha Con Disco Globilab

2.16. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SENSORES

Seleccionar un sensor puede ser muy sencillo y algunas veces difíciles, pero, siempre el objetivo es de hacerlo bien. Esto es porque por que los sensores, especialmente para uso científico o para ingeniería, pude significar la diferencia entre mediciones repetibles o números disparados. El objetivo es medir con exactitud y con incertidumbre aceptables.

Al elegir un sensor debemos de tomar en cuenta los siguientes criterios:

- *Alcance de medición*
- *Exactitud del producto*
- *Condiciones bajo la cual la medición debe ser realizada.*
- *Ventajas y desventajas del sensor.*

2.16.1. Exactitud

La exactitud de la medición debe ser tan alta como fuese posible. Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tenderá a ser cero.

2.16.2. Precisión

La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

2.16.3. Rango de funcionamiento

El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

2.16.4. Velocidad de respuesta

El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

2.16.5. Calibración

El sensor debe ser fácil de calibrar. El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos.

Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente el término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

2.16.6. Fiabilidad

El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

Capítulo III

3. ACTUADORES DE CONTROL

En el control automático de los procesos industriales el actuador es un dispositivo importante, capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

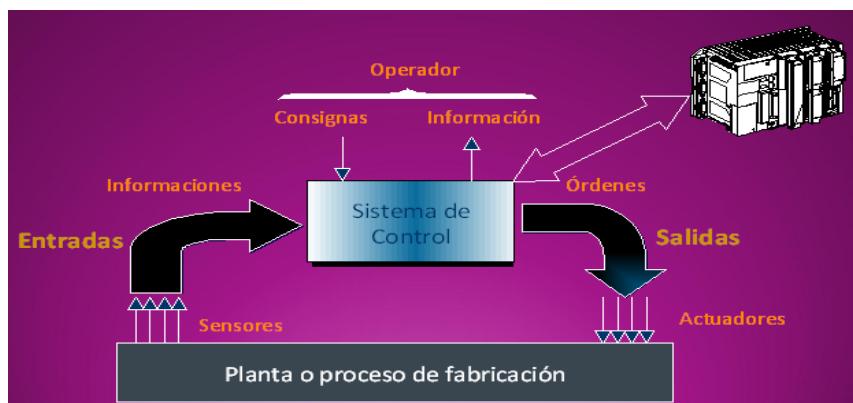


Figura 30. Planta o proceso de fabricación (Web)

Por cada proceso debe haber un actuador final, que regule el suministro de energía o material al proceso y cambie la señal de medición. Más a menudo éste es algún tipo de válvula, pero puede ser además una correa o regulador de velocidad de motor, posicionador, entre otros.

Los tipos de procesos encontrados en las plantas industriales son tan variados como los materiales que producen. Estos se extienden desde lo simple y común, tales como los lazos que controlan caudal, hasta los grandes y complejos como los que controlan columnas de destilación en la industria petroquímica.

Para decidir qué tipo de actuador se necesita utilizar entre la diversidad de estos, se debe saber la acción que se quiere realizar y a la velocidad se quiere realizar. Existen cuatro tipos de sistemas de actuadores:

- *Electrónicos*
- *Hidráulicos*
- *Neumáticos*
- *Eléctricos*

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

3.1. ACTUADORES ELECTRÓNICOS

Los actuadores electrónicos son accionados por medio de corrientes eléctricas. Existen actuadores electrónicos que

consumen una considerable cantidad de energía, para este tipo de casos se utilizan controladores. También son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizarán en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.



Figura 31. Actuadores electrónicos (Web)

3.2. ACTUADORES HIDRÁULICOS

Estos actuadores se basan, para su funcionamiento, en la presión ejercida por un líquido, generalmente un tipo de aceite. Las máquinas que normalmente se encuentran conformadas por actuadores hidráulicos tienen mayor velocidad y mayor resistencia mecánica y son de gran tamaño, por ello, son usados para aplicaciones donde requieran de una carga pesada. Cualquier tipo de sistema hidráulico se encuentra sellado herméticamente a modo que no permita, de ninguna manera, derramar el líquido que contiene, de lo contrario se corre un gran riesgo. Los actuadores hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico.

Las ventajas que presentan los actuadores de esta naturaleza son:

- *Altos índices entre potencia y carga.*
- *Mayor exactitud.*
- *Respuesta de mayor frecuencia.*
- *Desempeño suave a bajas velocidades.*
- *Amplio rango de velocidad.*
- *Produce más fuerza que un sistema neumático de mismo tamaño.*

Las desventajas que presentan los actuadores de esta naturaleza son: que debido a las elevadas presiones a las que trabajan propician la existencia de fugas de aceite a lo largo de la instalación. Además, estas instalaciones suelen ser más complicadas que las necesarias para actuadores neumáticos y mucho más que para los eléctricos, necesitando de equipos de:

- *Filtrado de partículas.*
- *Eliminación de aire.*
- *Sistemas de refrigeración.*
- *Unidades de control de distribución.*

Las principales aplicaciones se encuentran en máquinas troqueladoras, en cargadores y en maquinarias pesada para obras civiles. Este sistema de actuadores se divide en tres grandes grupos:

- *Cilindro hidráulico.*
- *Motor hidráulico.*
- *Motor hidráulico de oscilación.*

Cilindro hidráulico De acuerdo con su función podemos clasificar a los cilindros hidráulicos en 2 tipos:

- *De efecto simple:* se utiliza fuerza hidráulica para empujar y una fuerza externa, diferente, para contraer.
- *De acción doble:* se emplea la fuerza hidráulica para efectuar ambas acciones.

Cilindro de presión dinámica

Lleva la carga en la base del cilindro. Los costos de fabricación por lo general son bajos ya que no hay partes que resbalen dentro del cilindro.

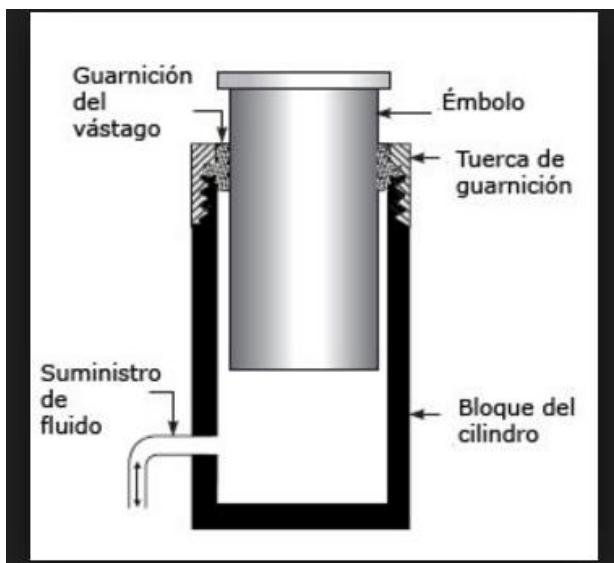


Figura 32. Cilindro de presión dinámica (Web)

Cilindro de efecto simple

Una barra es colocada en un extremo del pistón, cuando la presión es ejercida en la parte contraria al extremo del pistón donde está la barra, esta sube hasta donde la presión lo empuje, ejerciendo una fuerza sobre la barra de contracción, después la barra es regresada a la posición inicial por la simple acción de resortes o de la gravedad. La carga solo puede colocarse en un extremo del cilindro.

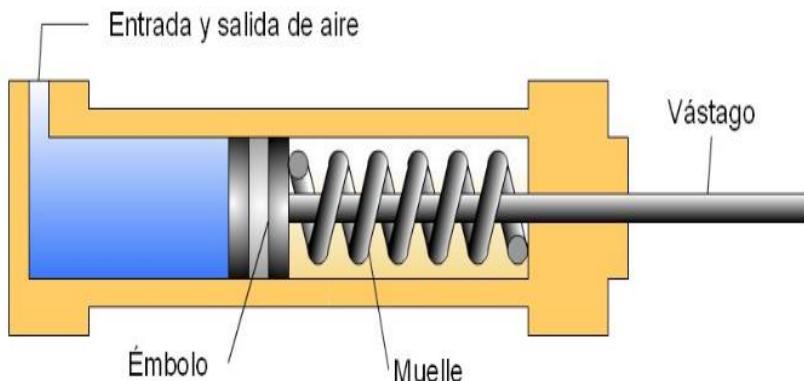


Figura 33. Cilindro de efecto simple (Web)

Cilindro de efecto doble

La carga puede colocarse en cualquiera de los lados del cilindro. Se genera un impulso horizontal debido a la diferencia de presión entre los extremos del pistón cuando el líquido entra en este.

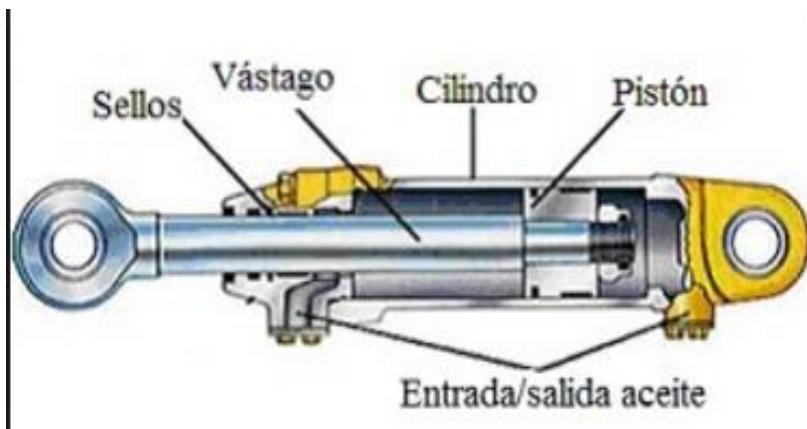


Figura 34. Cilindro de efecto doble (Web)

Cilindro telescopico

La barra de tipo tubo multietápico es empujada sucesivamente conforme se va aplicando al cilindro aceite a

presión. Se puede lograr una carrera relativamente en comparación con la longitud del cilindro.



Figura 35. Cilindro telescópico (Web)

3.3. MOTOR HIDRÁULICO

En los motores hidráulicos el movimiento rotatorio es generado por la presión. Estos motores los podemos clasificar en dos grandes grupos:

- *El de tipo rotatorio: en el que los engranes son accionados directamente por aceite a presión.*
- *El de tipo oscilante: el movimiento rotatorio es generado por la acción oscillatoria de un pistón o percutor; este tipo tiene mayor demanda debido a su mayor eficiencia.*

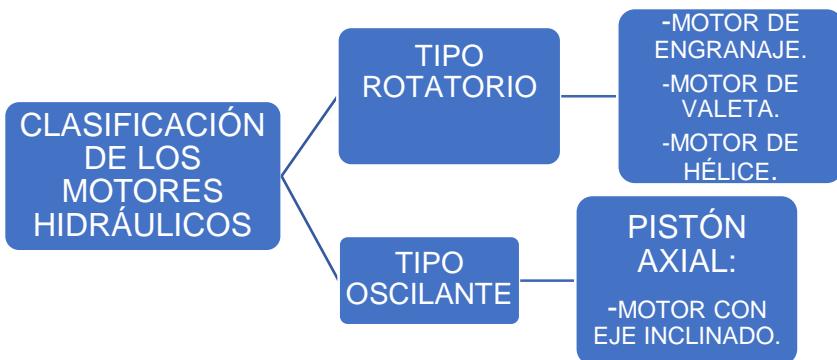


Figura 36. Clasificación de los motores hidráulicos

Motor con pistón eje inclinado

El aceite a presión que fluye desde la entrada empuja el pistón contra la brida y la fuerza resultante en la dirección radial hace que el eje y el bloque del cilindro giren en la dirección de la flecha. Este tipo de motor es muy conveniente para usos a alta presión y a alta velocidad. Es posible modificar su capacidad al cambiar el ángulo de inclinación del eje.

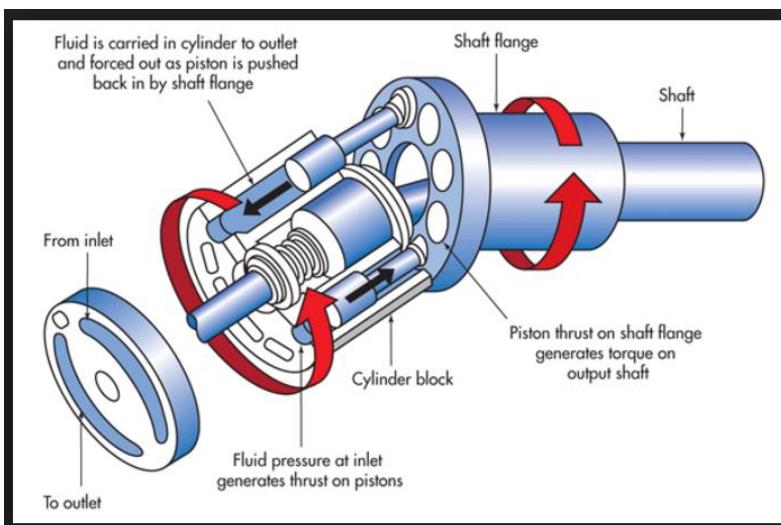


Figura 37. Motor con pistón eje inclinado (Web)

Motor oscilante con pistón axial

Tiene como función, el absorber un determinado volumen de fluido a presión y devolverlo al circuito en el momento que éste lo precise.



Figura 38. Motor oscilante con pistón axial (Web)

3.4. ACTUADORES NEUMÁTICOS

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad. En esta clasificación aparecen los fuelles y diafragmas, que utilizan aire comprimido y también los músculos artificiales de hule, que últimamente han recibido mucha atención.

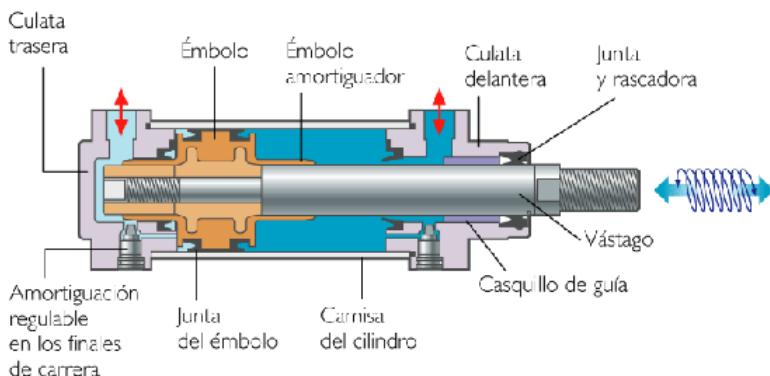


Figura 39. Actuador Neumático (Web)

3.5. 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 varía continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada.

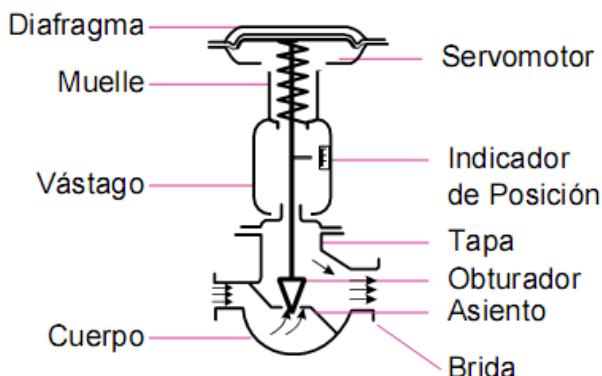


Figura 40. Partes de una válvula de control (Web)

3.6. VÁLVULA DE COMPUERTA

Esta válvula 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.

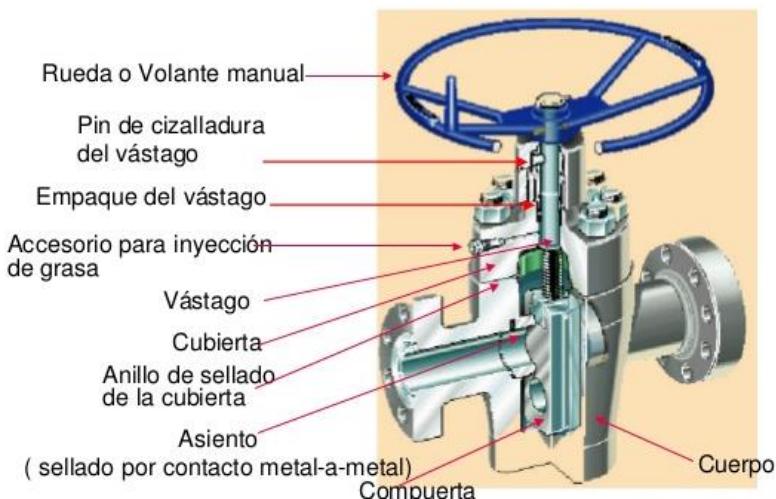


Figura 41. Válvulas de compuerta (Web)

Recomendada para

- ✓ *Servicio con apertura total o cierre total, sin estrangulación.*
- ✓ *Para uso poco frecuente.*
- ✓ *Para resistencia mínima a la circulación.*
- ✓ *Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.*

Aplicaciones

Servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.

Ventajas

- ✓ *Alta capacidad.*
- ✓ *Cierre hermético.*
- ✓ *Bajo costo.*
- ✓ *Diseño y funcionamiento sencillos.*
- ✓ *Poca resistencia a la circulación.*

Desventajas

- ✓ *Control deficiente de la circulación.*
- ✓ *Se requiere mucha fuerza para accionarla.*
- ✓ *Produce cavitación con baja caída de presión.*
- ✓ *Debe estar cubierta o cerrada por completo.*
- ✓ *La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco.*

Variaciones

- ✓ *Cuña maciza, cuña flexible, cuña dividida, disco doble.*

Materiales

- ✓ *Cuerpo: bronce, hierro fundido, hierro, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, plástico de PVC.*

Válvulas de macho

La válvula de macho es de $\frac{1}{4}$ de vuelta, que controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90° .

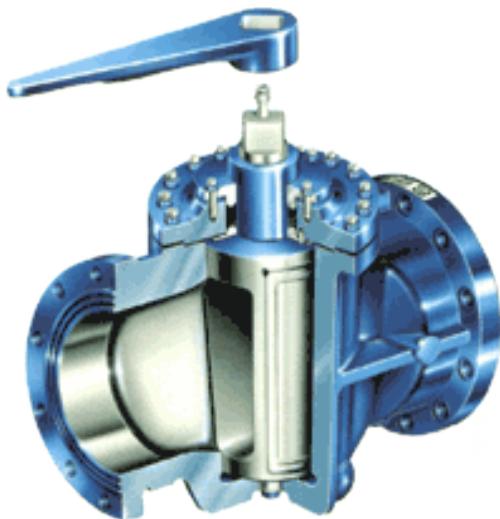


Figura 42. Válvula de macho (Web)

Recomendada para:

- ✓ Servicio con apertura total o cierre total.
- ✓ Para accionamiento frecuente.
- ✓ Para baja caída de presión a través de la válvula.
- ✓ Para resistencia mínima a la circulación.
- ✓ Para cantidad mínima de fluido atrapado en la tubería.

Aplicaciones

- ✓ Servicio general, pastas semilíquidas, líquidos, vapores, gases, corrosivos.

Ventajas

- ✓ Alta capacidad.

- ✓ Bajo costo.
- ✓ Cierre hermético.
- ✓ Funcionamiento rápido.

Desventajas

- ✓ Requiere alta torsión (par) para accionarla.
- ✓ Desgaste del asiento.
- ✓ Cavitación con baja caída de presión.

Variaciones

- ✓ Lubricada, sin lubricar, orificios múltiples.

Materiales

- ✓ Hierro, hierro dúctil, acero al carbono, acero inoxidable, aleación 20, Monel, níquel, Hastelloy, camisa de plástico.
-

3.7. VÁLVULAS DE GLOBO

Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que cierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería.

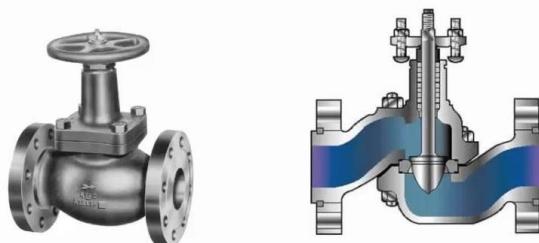


Figura 43. Válvulas de globo (Web)

Recomendada para

- ✓ Estrangulación o regulación de circulación.
- ✓ Para accionamiento frecuente.
- ✓ Para corte positivo de gases o aire.
- ✓ Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.

Aplicaciones

- ✓ Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

Ventajas

- ✓ Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.
- ✓ Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarlas, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y el bonete.
- ✓ Control preciso de la circulación.
- ✓ Disponible con orificios múltiples.

Desventajas

- ✓ Gran caída de presión.
- ✓ Costo relativo elevado.
- ✓ Variaciones
- ✓ Normal (estándar), en "Y", en ángulo, de tres vías.

Materiales

- ✓ Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, plásticos.

3.8. VÁLVULAS DE BOLA

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la

circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto.



Figura 44. Válvulas de bola (Web)

Recomendada para:

- ✓ Para servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- ✓ Cuando se requiere apertura rápida.
- ✓ Para temperaturas moderadas.
- ✓ Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.

Aplicaciones

- ✓ Servicio general, altas temperaturas, pastas semilíquidas.

Ventajas

- ✓ Bajo costo.
- ✓ Alta capacidad.
- ✓ Corte bidireccional.
- ✓ Circulación en línea recta.
- ✓ Pocas fugas.
- ✓ Se limpia por si sola.
- ✓ Poco mantenimiento.
- ✓ No requiere lubricación.
- ✓ Tamaño compacto.
- ✓ Cierre hermético con baja torsión (par).

Desventajas

- ✓ Características deficientes para estrangulación.
- ✓ Alta torsión para accionarla.
- ✓ Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- ✓ Propensa a la cavitación.

Variaciones

- ✓ Entrada por la parte superior, cuerpo o entrada de extremo divididos (partidos), tres vías, Venturi, orificio de tamaño total, orificio de tamaño reducido.

Materiales

- ✓ Cuerpo: hierro fundido, hierro dúctil, bronce, latón, aluminio, aceros al carbono, aceros inoxidables, titanio, tántalo, zirconio; plásticos de polipropileno y PVC.

3.9. VÁLVULAS DE MARIPOSA

La válvula de mariposa es de $\frac{1}{4}$ de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación.



Figura 45. Válvulas de mariposa (Web)

Recomendada para:

- ✓ Servicio con apertura total o cierre total.
- ✓ Servicio con estrangulación.
- ✓ Para accionamiento frecuente.
- ✓ Cuando se requiere corte positivo para gases o líquidos.
- ✓ Cuando solo se permite un mínimo de fluido atrapado en la tubería.
- ✓ Para baja caída de presión a través de la válvula.

Aplicaciones

- ✓ Servicio general, líquidos, gases, pastas semilíquidas, líquidos con sólidos en suspensión.

Ventajas

- ✓ Ligera de peso, compacta, bajo costo.
- ✓ Requiere poco mantenimiento.
- ✓ Número mínimo de piezas móviles.
- ✓ No tiene bolas o cavidades.
- ✓ Alta capacidad.
- ✓ Circulación en línea recta.
- ✓ Se limpia por si sola.

Desventajas

- ✓ Alta torsión (par) para accionarla.
- ✓ Capacidad limitada para caída de presión.
- ✓ Propensa a la cavitación.
- ✓ Variaciones
- ✓ Disco plano, disco realzado, con brida, atornillado, con camisa completa, alto rendimiento.

Materiales

- ✓ Cuerpo: hierro, hierro dúctil, aceros al carbono, acero forjado, aceros inoxidables, aleación 20, bronce, Monel.
- ✓ Disco: todos los metales; revestimientos de elastómeros como TFE, Kynar, Buna-N, neopreno, Hypalon.
- ✓ Asiento: Buna-N, viton, neopreno, caucho, butilo, poliuretano, Hypalon, Hycar, TFE.

3.10. VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK) Y DE DESAHOGO (ALIVIO)

Hay dos categorías de válvulas y son para uso específico, más bien que para servicio general: válvulas de retención (check) y válvulas de desahogo (alivio). Al contrario de los otros tipos descritos, son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento del sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería. Como ambos tipos se utilizan en combinación con válvulas de control de circulación, la selección de la válvula, con frecuencia, se hace sobre la base de las condiciones para seleccionar la válvula de control de circulación.



Figura 46. Válvulas de alivio (Web)

3.11. VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK).

La válvula de retención (fig. 3-8) está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra. Hay tres tipos básicos de válvulas de retención: 1) válvulas de retención de columpio, 2) de elevación y 3) de mariposa.



Figura 47. Válvulas de retención (Web)

3.12. VÁLVULAS DE RETENCIÓN DEL COLUMPIO.

Esta válvula tiene un disco embisagrado o de charnela que se abre por completo con la presión en la tubería y se cierra cuando se interrumpe la presión y empieza la circulación inversa. Hay dos diseños: uno en "Y" que tiene una abertura de acceso en el cuerpo para el esmerilado fácil del disco sin desmontar la válvula de la tubería y un tipo de circulación en línea recta que tiene anillos de asiento reemplazables.



Figura 48. Válvulas de retención de columpio (Web)

Recomendada para

- ✓ Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.
- ✓ Cuando hay cambios poco frecuentes del sentido de circulación en la tubería.
- ✓ Para servicio en tuberías que tienen válvulas de compuerta.
- ✓ Para tuberías verticales que tienen circulación ascendente.

Aplicaciones

- ✓ Para servicio con líquidos a baja velocidad.

Ventajas

- ✓ Puede estar por completo a la vista.
- ✓ La turbulencia y las presiones dentro de la válvula son muy bajas.
- ✓ El disco en "Y" se puede esmerilar sin desmontar la válvula de la tubería.

Variaciones

- ✓ Válvulas de retención con disco inclinable.

Materiales

- ✓ Cuerpo: bronce, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, acero al carbono.
-

3.13. TIPOS DE PISTONES:

El Pistón es un cilindro abierto por su base inferior, cerrado en la superior y sujeto a la biela en su parte intermedia. El movimiento del pistón es hacia arriba y abajo en el interior del cilindro, comprime la mezcla, transmite la presión de combustión al cigüeñal a través de la biela, fuerza la salida de los gases resultantes de la combustión en la carrera de escape y produce un vacío en el cilindro que “aspira” la mezcla en la carrera de aspiración. El pistón debe ser ligero, de forma que sean mínimas las cargas de inercia, pero a su vez debe ser lo suficientemente rígido y resistente para soportar el calor y la presión desarrollados en el interior de la cámara de combustión.

3.13.1. Pistones de aluminio fundido (sufijos p, np)

Uno de los procesos más antiguos y aún vigente, es el de la fundición de lingotes de aluminio en grandes Crisoles (donde se calientan los metales hasta que se funden o pasan de sólido a líquido) que luego se vacían en moldes enfriados por agua bajo sistemas especiales.

Posteriormente, comienza el proceso de mecanizado, efectuado por diferentes maquinarias controladas por computadoras y por último pasan por una serie de procesos térmicos que les dan las propiedades requeridas por las empresas fabricantes de equipo original. Estos mismos pistones de la marca Sealed Power son los que tienen los

vehículos que salen de la fábrica y son los mismos ofrecidos en las repuesteras como piezas de reposición.



Figura 49. Pistón de Aluminio Fundido (Web)

3.13.2. Pistones forjados a presión (sufijo f)

En este proceso se utilizan trozos de barras de aleaciones de aluminio cortados a la medida y sometidos a presiones de hasta 3000 toneladas de fuerza. En los troqueles se forja con exactitud las dimensiones del pistón y las ranuras de los anillos con maquinados a precisión para brindar óptima calidad y confiabilidad en el uso de estos, tanto en motores de uso diario como de trabajos pesados e incluso en los motores de autos de competencias.



Figura 50. Pistón Forjado a Presión (Web)

3.13.3. Pistones hipereutécticos (prefijo h):

Estos pistones son fabricados con modernos sistemas de la más alta tecnología metalúrgica en la cual se emplean nuevas formulaciones que permiten agregar una mayor cantidad de silicio, lográndose una expansión molecular uniforme de los elementos utilizados en su composición. Esta técnica de manufactura proporciona a los pistones características especiales, tales como soportar mayor fuerza, resistencia y control de la dilatación a temperaturas altas, disminuyendo el riesgo de que el pistón se pegue o agarre en el cilindro, la vida útil es mayor ya que las ranuras de los anillos y el orificio del pasador del pistón son más duraderas, además se pueden instalar en los nuevos motores e igualmente se usan en motores de años anteriores. Esta particular tecnología de los pistones Sealed Power se impone en especial para las nuevas generaciones de motores de alta compresión. Al usar pistones con prefijo "H" su reparación será confiable.



Figura 51. Pistón Hipereutéctico (Web)

3.13.4. Pistones con capa de recubrimiento (sufijo c)

Los primeros minutos de funcionamiento de un motor nuevo o reparado son cruciales para la vida del motor. Los pistones de la marca Sealed Power han estado a la vanguardia de la tecnología del recubrimiento de las faldas del pistón. Inicialmente se utilizó el estaño, pero por ser nocivo a la salud ha sido eliminado por los fabricantes de pistones. En sustitución se está aplicando el nuevo recubrimiento antifricción compuesto por molibdeno y grafito en las faldas.

Este proceso patentado por Sealed Power extiende la vida útil de los motores que lo usan, evita que los pistones se rayen, ayuda a prevenir daños por la lubricación inadecuada y mejora el sellado de los pistones.



Figura 52. Pistón con capa de Recubrimiento (Web)



Figura 53. Tipos de Pistones (Web)

También se usan los pistones sin recubrimiento que tienen una apariencia brillante por el color del aluminio al ser maquinado.

Todos los pistones originales KS van equipados con los correspondientes segmentos, bulones y seguros. Están listos para su montaje final, y con excepción de los pistones grandes van esmeradamente empaquetados por juegos de motor, para cada tipo de motor se aplica la aleación más apropiada de la gama de aleaciones KS y la construcción más conveniente. Los pistones se diferencian por las siguientes características:

OTROS TIPOS DE ACTUADORES:

Los tipos más comunes son los actuadores eléctricos e hidráulicos. Pero nos centraremos en otro tipo de actuadores tales como:

- Actuadores lineales
- Lorentz actuadores
- Actuadores de tubo • carbono-nano
- Actuadores térmica
- Actuadores de plasma
- Actuadores de cinturón rígido
- Actuadores de unidad de cero

3.14. ACTUADORES LINEALES:

El movimiento creado en recto es debido a los actuadores lineales. Se utilizan en la maquinaria industrial el actuador linear. El trabajo de actuadores lineales es transformar las señales eléctricas en ondas de presión en el aire. Actuadores lineales se utilizan principalmente en la válvula y amortiguadores.

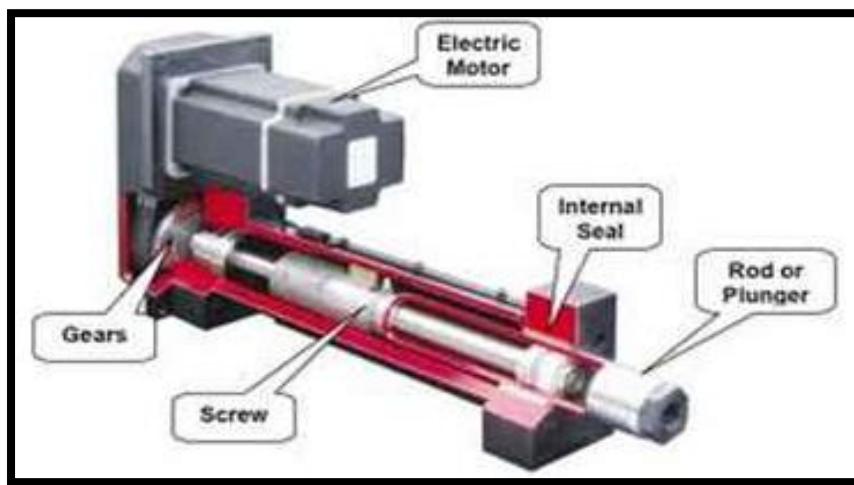


Figura 54. Actuador Lineal Tomado de Thomson Linear -actutors php

3.15. ACTUADORES DE LORENTZ O MAGNÉTICOS

Actuadores de Lorentz trabajan en la corriente eléctrica de la presencia y el campo magnético. Es un actuador que puede manejar o aprovechar mucha fuerza. También cuando se requiere un movimiento de gran ancho de banda hay una necesidad de Lorentz o actuadores magnéticos.



Figura 55. Actuador Magnético (Web)

3.16. ACTUADORES DE NANO TUBO DE CARBONO:

Actuadores de tubo de carbono nano Mantenga la propiedad de eléctricas y mecánicas. Han demostrado un buen conductor de electricidad y calor debido a que estos actuadores de tubo de carbono nano pueden usarse en lugar de actuadores eléctricos de todo tipo de aplicaciones.

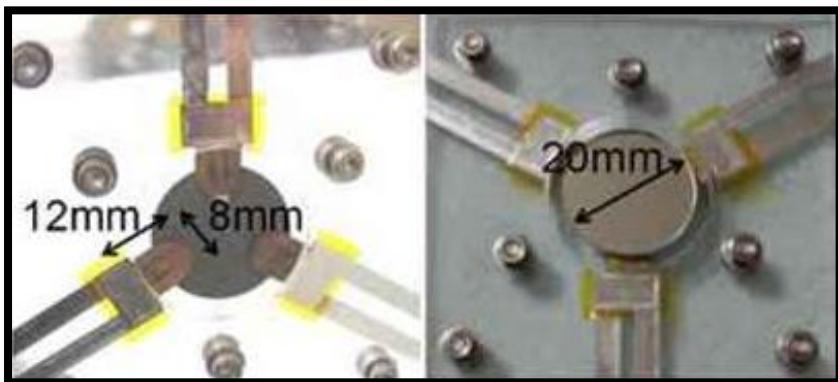


Figura 56. Actuadores de Tubo de Carbono (Tomado de neumaic.com)

3.17. ACTUADORES TÉRMICOS:

Actuadores térmicos producen movimiento por amplificación de expansión térmica. También se lo denomina como dispositivo micromecánico.

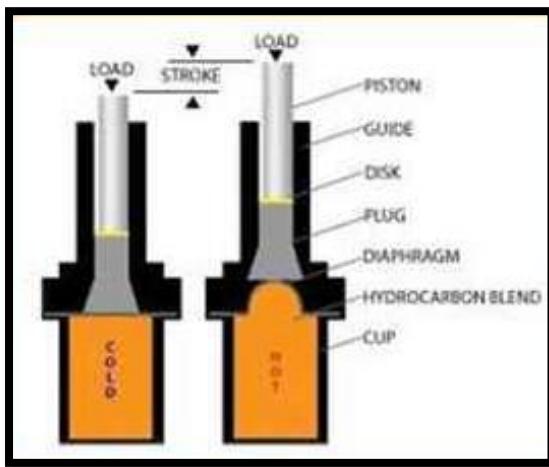


Figura 57. Actuador Térmico ([Web mitecnologico.com](http://Web.mitecnologico.com))

3.18. ACTUADORES DE PLASMA:

Actuadores de plasma tienen un alto significado en controlar el flujo. Se utilizan especialmente en aerodinámica o en otras palabras se utilizan para controlar el flujo en las condiciones atmosféricas.

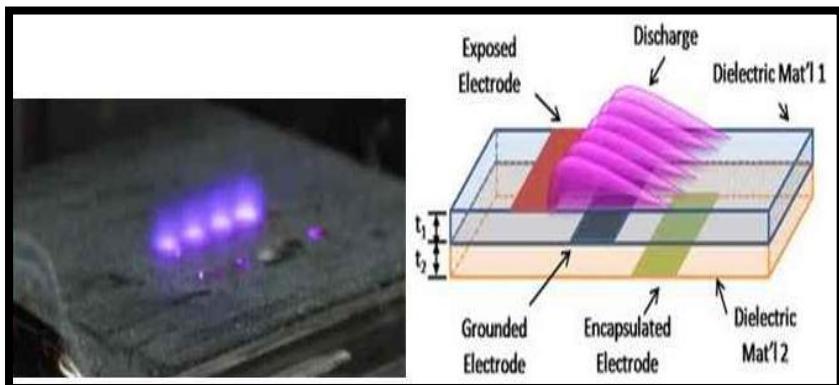


Figura 58. Actuadores de Plasma (Web)

3.19. ACTUADORES DE CINTURÓN RÍGIDO:

El otro nombre para actuadores de cinturón rígido es push pull actuadores, también son conocidos por el nombre de actuadores de correa de cremallera. Y a partir del nombre podemos ver que este tipo de actuador se utiliza en aplicaciones de empuje, tracción y elevación. Actuadores rígidos se utilizan para desplazar una carga dinámica de hasta 230 libras y puede ser movido a 3 pies aproximadamente.

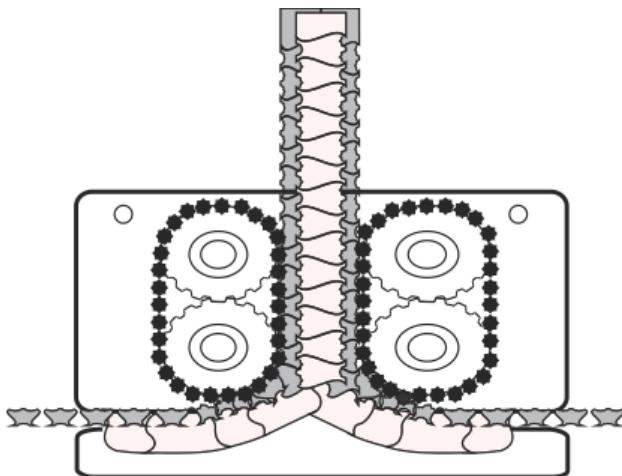


Figura 59. Actuador de Cinturón Rígido ([Web mitecnologico.com](http://Web.mitecnologico.com))

3.20. SCRATCH DRIVE ACCUATORS:

Uno puede obtener movimiento dimensional de actuadores de disco de memoria virtual. Básicamente la energía eléctrica se da como insumo debido a que se produce un movimiento

tridimensional. También se lo denomina como micro dispositivo electromecánico. En este se aplica la tensión entre el actuador y el sustrato debido a que el cuerpo del actuador se tira hacia abajo que resulta en el movimiento hacia adelante del cepillo y cuando la tensión de alimentación se detiene y luego el actuador regresa a su lugar original.

3.21. ACTUADORES DE VÁLVULA:

Mediante el uso de los actuadores de la válvula las válvulas usadas en las industrias se pueden transformar de manual a automático. Plantas de la válvula actuadores son utilizados en muchas aplicaciones como en el tratamiento de agua, centrales entre otros, así que podemos decir que tiene un alto significado en el mundo de las industrias. Así que el trabajo de los actuadores son los mismos a partir de los actuadores normales ofrece un trazado abierto cuando la válvula se abre y desconecta el camino cuando la válvula está cerrada la diferencia es sólo que los actuadores son automáticos.

Los actuadores para válvulas pueden clasificarse según diferentes características:

Por el tipo de movimiento a la salida del actuador:

- *Multigiro:* El actuador va girando múltiples veces el eje roscado de la válvula como a un tornillo, por lo que éste se desplaza linealmente.
- *Giro Parcial:* El actuador hace girar el eje de la válvula generalmente 90°, por eso también en conocido por Actuadores de Cuarto de giro.
- *Lineal.*
- *Leva.*

Por la fuente de energía del actuador:

- *Manual*
- *Eléctrico*: pueden estar alimentado por corriente continua o alterna.
- *Neumático*: aire o gas presurizado provoca el movimiento de sus partes mecánicas. Son extensamente utilizados por su bajo coste. En caso de fallo, este es más fácil de diagnosticar o reparar en la instalación, a diferencia que los actuadores eléctricos.
- *Oleo-Hidráulico*

Funcionalidad:

- *Abrir / Cerrar.*
- *Posicionar a un grado de obertura.*
- *Modular en función de unas condiciones que pueden ir cambiando.*
- *Cierre de emergencia.*

Tipo de actuación:

La actuación de abrir y cerrar en un actuador eléctrico o manual es siempre reversible. En los motores eléctricos la conmutación del sentido de la corriente determina el sentido de giro del actuador, y en los actuadores manuales basta revertir el sentido de la fuerza que se aplica. En los actuadores neumáticos o hidráulicos la reversibilidad del sentido del movimiento se define según actuadores de:

-Simple efecto: La actuación hacia un sentido se realiza mediante la presión del fluido, y la vuelta mediante otro dispositivo, generalmente un muelle. En este caso, la fuerza de la presión además de provocar el movimiento en un sentido, vence la fuerza del muelle, y el retorno lo realiza la

fuerza de este muelle una vez que la presión deja de aplicarse.

En aplicaciones donde la fuerza de actuación es demasiado grande como para usar muelles, puede recurrirse a un contrapeso, que por efecto de la gravedad actúa sobre el actuador.

-Doble efecto: La actuación se consigue para cualquier sentido, aplicando debidamente la presión en el lado correspondiente.

Otras características:

- *A prueba explosión.*
- *Nivel de seguridad integral (SIL).*
- *Protección de cierre: IP y NEMA.*

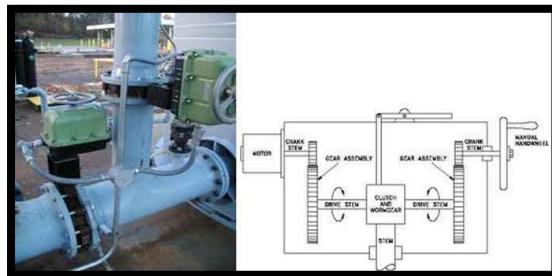


Figura 60. Actuador de Válvula (Web mitecnologico.com)

3.22. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN ACTUADOR:

El conjunto de datos que se deben de tomar en cuenta al seleccionar un actuador eléctrico deben de ser:

- *Voltaje*
 - *Maniobra en operación (torque)*
 - *Tiempo de maniobra*
 - *Ángulo de maniobra*
 - *Temperatura*
 - *Conectores*
 - *Peso*
-

3.23. PROCESO DE SELECCIÓN:

Los criterios de selección de actuadores requeridos dependen del ciclo de trabajo de la válvula y la fuente de la energía. Tamaño importa mucho en actuadores basados en el esfuerzo de torsión y el factor de seguridad. Temperatura y otros factores también intervienen en el proceso de selección de su tamaño.

Los criterios de selección de actuadores consisten en:

- **CUARTO DE VUELTA:**

Vuelta trimestre incluye actuador neumático, actuador eléctrico y actuadores hidráulicos.

*Actuadores neumáticos:

-Están presentes en vuelta del resorte y actuar en doble angel de 900 y 1800. Este actuador es muy seguro y simple y también rentable y su factor de seguridad es upto100%.

*Actuadores eléctricos:

-Pueden trabajar en ambos trifásico y monofásico (AC & DC). Comúnmente se utilizan para el servicio de encendido y apagado. Funciona en ausencia de aire y servicio hidráulico.

*Actuadores hidráulicos:

-Trabajan individualmente donde las fuentes de suministro de neumáticos y eléctricos no están presentes. Es eficaz debido al menor tamaño. Puede ser trabajado muy eficientemente donde el par máximo es obligatorio utilizar válvulas de gran escala.

• MULTI-TURN:

Actuadores multivueltas clasifican por capacidad de par, tamaño del tallo, voltaje, frecuencia, velocidad y muchos factores más. Estos factores son necesarios para el funcionamiento de la válvula.

*La correcta selección de un actuador para una línea de proceso es fundamental, ya que si no se selecciona adecuadamente esto repercutirá en el proceso de producción, por lo que es necesario saber qué es lo que se quiere automatizar, por ejemplo:

- Válvula de bola
- Válvula mariposa
- Compuerta macho

*Los actuadores eléctricos reversibles son la más moderna representación de las futuras generaciones e innovaciones para las válvulas.

*La alineación eléctrica puede ser alterna o continua e indistinta, cuenta con un mando manual y con LED que informa del status que está teniendo el actuador y cuentan con accesorios adicionales como tarjetas de Memoria.

Posteriormente se debe determinar si el proceso se quiere automatizar de las siguientes tres maneras:

1. Neumáticamente**2. Eléctricamente****3. Hidráulicamente**

Por lo tanto, al determinar tipo de válvula y del actuador, se pretende que la válvula abra en los tiempos requeridos y no se seleccione un actuador muy pequeño o muy grande.



Figura 61. Actuador Lineal de Multi-Run (Web mitecnologico.com)

Capítulo V

4. TÓPICOS DE CONTROL ASISTIDOS POR COMPUTADORA

Hoy en día, ante la complejidad creciente de los procesos industriales y el aumento en la producción de estos, resulta necesario desde el punto de vista financiero lograr una producción óptima; que sea capaz de reducir sus costos y de proporcionar una calidad buena en sus productos. Lo anterior solo puede lograrse con un adecuado control industrial. A lo largo del curso se ha observado que existen dos tipos de control, el analógico y el digital, si bien es cierto que el primero es el más usado en países del tercer mundo como el nuestro; el segundo es hasta hoy, el más ventajoso a emplear en los procesos industriales.

Debido a lo cómodo que resulta tratar exclusivamente con números puros y ser ideal para la resolución de problemas numéricos. Así mismo la alta velocidad conseguida en las señales de mando a los diversos instrumentos de control, permite mantener el set point casi constante y monitoreado en todo momento. Sin embargo este tipo de control frente al analógico, tiene la desventaja de que al muestrear el proceso pierde parte de la información. Lo anterior puede ser corregido con complejos algoritmos matemáticos (al comparar este y el analógico en cuestión de costos, el control

digital pierde gravemente) que le asignan versatilidad e interacción amigable en la modificación de parámetros y variables que operan en el proceso. Aunado a lo anterior, con el control digital asistido por computador se puede: Lograr mayor rendimiento de los procesos y por lo tanto una mejor producción con menores costes gracias a la utilización eficiente del material y del equipo.

- Mayor calidad en los productos fabricados a costos muy reducidos.
 - Mayor seguridad, ya que la acción de corrección y activación de alarmas es casi inmediata. Proporciona una gran cantidad de información a la dirección de control, en forma simultánea y en tiempo real.
-

4.1. ADQUISICIÓN DE DATOS

El propósito de adquisición de datos es medir un fenómeno eléctrico y físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. La adquisición de datos basada en PC utiliza una combinación de hardware modular, software de aplicación y una PC para realizar medidas. Mientras cada sistema de adquisición de datos se define por sus requerimientos de aplicación, cada sistema comparte una meta en común de adquirir, analizar y presentar información. Los sistemas de adquisición de datos incorporan señales, sensores, actuadores, acondicionamiento de señales, dispositivos de adquisición de datos y software de aplicación.

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora o PAC. Se requiere una etapa de condicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles

con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

A lo largo del curso se ha observado que existen dos tipos de control, el analógico y el digital, si bien es cierto que el primero es el más usado en países del tercer mundo como el nuestro; el segundo es hasta hoy, el más ventajoso a emplear en los procesos industriales. Debido a lo cómodo que resulta tratar exclusivamente con números puros y ser ideal para la resolución de problemas numéricos. Asimismo la alta velocidad conseguida en las señales de mando a los diversos instrumentos de control, permite mantener el set point casi constante y monitoreado en todo momento.

Sin embargo este tipo de control frente al analógico, tiene la desventaja de que al muestrear el proceso pierde parte de la información. Lo anterior puede ser corregido con complejos algoritmos matemáticos (al comparar este y el analógico en cuestión de costos, el control digital pierde gravemente) que le asignan versatilidad e interacción amigable en la modificación de parámetros y variables que operan en el proceso.

El control digital asistido por computador puede:

- *Lograr mayor rendimiento de los procesos y por lo tanto una mejor producción con menores costes gracias a la utilización eficiente del material y del equipo.*
- *Mayor calidad en los productos fabricados a costos muy reducidos.*
- *Mayor seguridad, ya que la acción de corrección y activación de alarmas es casi inmediata.*

¿Cómo se adquieren los datos?

La adquisición de datos se inicia con el fenómeno físico o la propiedad física de un objeto (objeto de la investigación) que se desea medir. Esta propiedad física o fenómeno podría ser el cambio de temperatura o la temperatura de una

habitación, la intensidad o intensidad del cambio de una fuente de luz, la presión dentro de una cámara, la fuerza aplicada a un objeto, o muchas otras cosas. Un eficaz sistema de adquisición de datos puede medir todas estas diferentes propiedades o fenómenos.

Un sensor es un dispositivo que convierte una propiedad física o fenómeno en una señal eléctrica correspondiente medible, tal como tensión, corriente, el cambio en los valores de resistencia o condensador, entre otros. La capacidad de un sistema de adquisición de datos para medir los distintos fenómenos depende de los transductores para convertir las señales de los fenómenos físicos mensurables en la adquisición de datos por hardware. Transductores son sinónimo de sensores en sistemas de DAQ. Hay transductores específicos para diferentes aplicaciones, como la medición de la temperatura, la presión, o flujo de fluidos. DAQ también despliega diversas técnicas de acondicionamiento de Señales para modificar adecuadamente diferentes señales eléctricas en tensión, que luego pueden ser digitalizados usando CED.

Las señales pueden ser digitales (también llamada señales de la lógica) o analógicas en función del transductor utilizado.

El acondicionamiento de señales suele ser necesario si la señal desde el transductor no es adecuado para la DAQ hardware que se utiliza. La señal puede ser amplificada o desamplificada, o puede requerir de filtrado, o un cierre patronal, en el amplificador se incluye para realizar demodulación. Varios otros ejemplos de acondicionamiento de señales podría ser el puente de conclusión, la prestación actual de tensión o excitación al sensor, el aislamiento, linealización, entre otros. Este pretratamiento de la señal normalmente lo realiza un pequeño módulo acoplado al transductor.

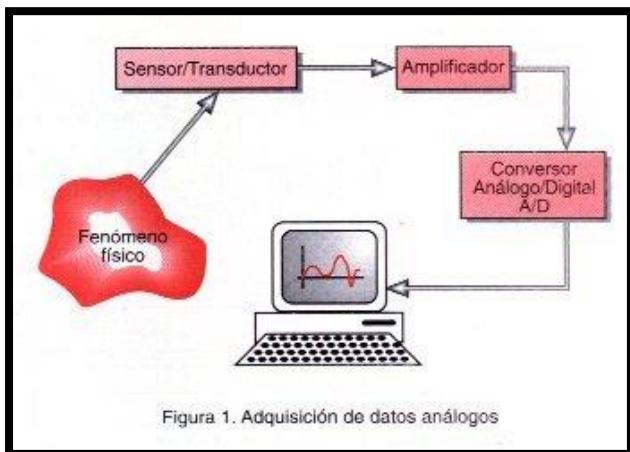


Figura 62. Adquisición de datos - Tripod

Tiempo de conversión: Es el tiempo que tarda en realizar una medida el convertidor en concreto, y dependerá de la tecnología de medida empleada. Evidentemente nos da una cota máxima de la frecuencia de la señal a medir.

Este tiempo se mide como el transcurrido desde que el convertidor recibe una señal de inicio de "conversión" (normalmente llamada SOC, Start of Conversion) hasta que en la salida aparece un dato válido. Para que tengamos constancia de un dato válido tenemos dos caminos:

- Esperar el tiempo de conversión máximo que aparece en la hoja de características.
- Esperar a que el convertidor nos envíe una señal de fin de conversión.

Si no respetamos el tiempo de conversión, en la salida tendremos un valor, que dependiendo de la constitución del convertidor será:

- Un valor aleatorio, como consecuencia de la conversión en curso
- El resultado de la última conversión

La etapa de acondicionamiento de la señal

Con más detalle, en una etapa de acondicionamiento podemos encontrar estas etapas, aunque no todas están siempre presentes:

- Amplificación
- Excitación
- Filtrado
- Multiplexado
- Aislamiento
- Linealización

Amplificación: Es el tipo más común de acondicionamiento. Para conseguir la mayor precisión posible la señal de entrada debe ser amplificada de modo que su máximo nivel coincida con la máxima tensión que el convertidor pueda leer.

Aislamiento: Otra aplicación habitual en el acondicionamiento de la señal es el aislamiento eléctrico entre el transductor y el ordenador, para proteger al mismo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo. Un motivo adicional para usar aislamiento es el garantizar que las lecturas del convertidor no son afectadas por diferencias en el potencial de masa o por tensiones en modo común.

Cuando el sistema de adquisición y la señal a medir están ambas referidas a masa pueden aparecer problemas si hay una diferencia de potencial entre ambas masas, apareciendo un "bucle de masa", que puede devolver resultados erróneos.

Multiplexado: El multiplexado es la conmutación de las entradas del convertidor, de modo que con un sólo convertidor podemos medir los datos de diferentes canales de entrada. Puesto que el mismo convertidor está midiendo diferentes canales, su frecuencia máxima de conversión será la original dividida por el número de canales muestreados. Se aconseja que los multiplexores se utilicen antes del conversor y después del condicionamiento del señal, ya que de esta manera no molestará a los aislantes que podamos tener.

Filtrado: El fin del filtro es eliminar las señales no deseadas de la señal que estamos observando. Por ejemplo, en las señales quasi-continuas, (como la temperatura) se usa un filtro de ruido de unos 4 Hz, que eliminará interferencias, incluidos los 50/60 Hz de la red eléctrica.

Las señales alternas, tales como la vibración, necesitan un tipo distinto de filtro, conocido como filtro antialiasing, que es un filtro pasabajo pero con un corte muy brusco, que elimina totalmente las señales de mayor frecuencia que la máxima a medir, ya que si no se eliminan aparecerían superpuestas a la señal medida, con el consiguiente error.

Excitación: La etapa de acondicionamiento de señal a veces genera excitación para algunos transductores, como por ejemplos las galgas "extesométricas", "termistores" o "RTD", que necesitan de la misma, bien por su constitución interna, (como el termistor, que es una resistencia variable con la temperatura) o bien por la configuración en que se conectan (como el caso de las galgas, que se suelen montar en un puente de Wheatstone).

Linealización: Muchos transductores, como los termopares, presentan una respuesta no lineal ante cambios lineales en los parámetros que están siendo medidos. Aunque la linealización puede realizarse mediante métodos numéricos en el sistema de adquisición de datos, suele ser una buena idea el hacer esta corrección mediante circuitería externa.

A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control, y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control. En este diagrama podemos ver los bloques que componen nuestro sistema de adquisición de datos:

Como vemos, los bloques principales son estos:

- Transductor
- El acondicionamiento de señal
- El convertidor analógico-digital
- La etapa de salida (interfaz con la lógica)

El transductor es un elemento que convierte la magnitud física que vamos a medir en una señal de salida (normalmente tensión o corriente) que puede ser procesada por nuestro sistema. Salvo que la señal de entrada sea eléctrica, podemos decir que el transductor es un elemento que convierte energía de un tipo en otro. Por tanto, el transductor debe tomar poca energía del sistema bajo observación, para no alterar la medida.

El acondicionamiento de señal es la etapa encargada de filtrar y adaptar la señal proveniente del transductor a la entrada del convertidor analógico / digital. Esta adaptación suele ser doble y se encarga de:

- Adaptar el rango de salida del transductor al rango de entrada del convertidor. (Normalmente en tensión).
- Acoplar la impedancia de salida de uno con la impedancia de entrada del otro.

La adaptación entre los rangos de salida del convertidor y el de entrada del convertidor tiene como objetivo el aprovechar el margen dinámico del convertidor, de modo que la máxima señal de entrada debe coincidir con la máxima que el convertidor (pero no con la máxima tensión admisible, ya que para ésta entran en funcionamiento las redes de protección que el convertidor lleva integrada).

Por otro lado, la adaptación de impedancias es imprescindible ya que los transductores presentan una salida de alta impedancia, que normalmente no puede excitar la entrada de un convertidor, cuya impedancia típica suele estar entre 1 y 10 k.

El convertidor analógico/digital es un sistema que presenta en su salida una señal digital a partir de una señal analógica de entrada, (normalmente de tensión) realizando las funciones de cuantificación y codificación.

La cuantificación implica la división del rango continuo de entrada en una serie de pasos, de modo que para infinitos valores de la entrada la salida sólo puede presentar una serie

determinada de valores. Por tanto la cuantificación implica una pérdida de información que no podemos olvidar.

La codificación es el paso por el cual la señal digital se ofrece según un determinado código binario, de modo que las etapas posteriores al convertidor puedan leer estos datos adecuadamente. Este paso hay que tenerlo siempre en cuenta, ya que puede hacer que obtengamos datos erróneos, sobre todo cuando el sistema admite señales positivas y negativas con respecto a masa, momento en el cual la salida binaria del convertidor nos da tanto la magnitud como el signo de la tensión que ha sido medida.

La etapa de salida es el conjunto de elementos que permiten conectar el s.a.d con el resto del equipo, y puede ser desde una serie de buffers digitales incluidos en el circuito convertidor, hasta una interfaz RS-232, RS-485 o Ethernet para conectar a un ordenador o estación de trabajo, en el caso de sistemas de adquisición de datos comerciales.

Ventajas

Flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar las tareas en tiempo real o en análisis posteriores (a fin de analizar los posibles errores), gran capacidad de almacenamiento, rápido acceso a la información y toma de decisión, se adquieren gran cantidad de datos para poder analizar, posibilidad de emular una gran cantidad de dispositivos de medición y activar varios instrumentos al mismo tiempo, facilidad de automatización, entre otros.

Se utiliza en la industria, la investigación científica, el control de máquinas y de producción, la detección de fallas y el control de calidad entre otras aplicaciones.

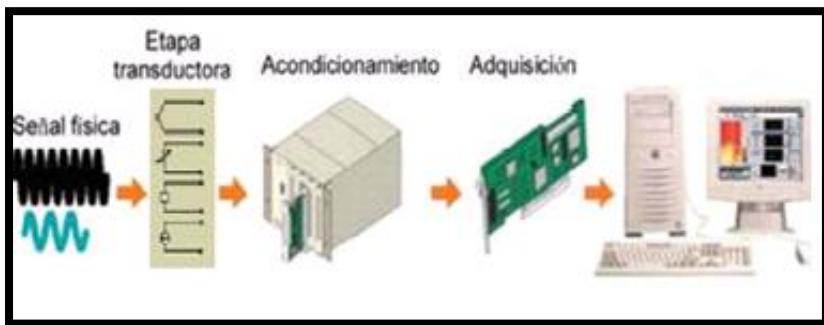


Figura 63. Elementos para la adquisición de datos – Tripod (Web)

4.2. CONTROL SUPERVISORIO REMOTO (SCADA)

La expresión “SCADA” está compuesta por las iniciales de la denominación inglesa “Supervisory Control And Data Adquisition”, que en nuestro idioma se traduce como “Control Supervisorio y Adquisición de Datos”. Sin embargo, dado que los primeros sistemas de supervisión se originaron en los Estados Unidos, se ha generalizado el uso de las siglas SCADA para aludir a dichos sistemas.

Se trata de un sistema capaz de obtener y procesar información de procesos industriales dispersos y de actuar en forma remota sobre los mismos. Esto significa que permite supervisar simultáneamente procesos e instalaciones industriales distribuidas en grandes áreas, tales como las redes de distribución eléctrica, oleoductos, gasoductos, entre otros.

Un SCADA no debe confundirse con un Sistema de Control Distribuido (DCS, Distributed Control System), aunque actualmente los principios y tecnologías que utilizan son muy similares. Su principal diferencia consiste en que los sistemas de control distribuido, normalmente se usan para controlar

procesos industriales más complejos y restringidos al perímetro de una planta; por ejemplo, los sistemas de control de una refinería, los de una planta de GLP, entre otros.

El SCADA describe un número de unidades terminales remotas (RTU's, Remote Terminal Units) instaladas en las cercanías del proceso, las cuales se comunican con una estación maestra (MTU, Master Terminal Station) ubicada en una sala de control central.

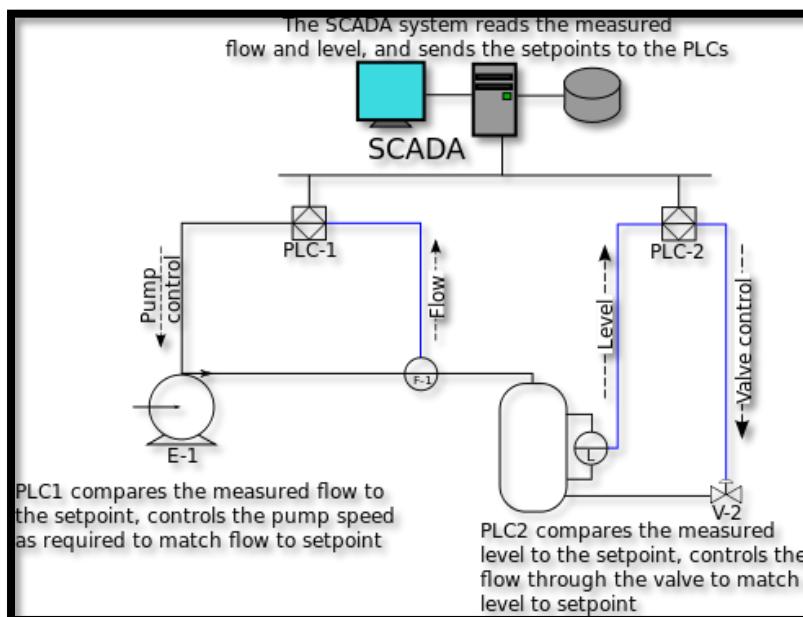


Figura 64. Control supervisorio remoto - (Scada) (web)

Auditoria de sistemas

Una RTU es un sistema que cuenta con un microprocesador e interfaces de entrada y salida tanto analógicas como digitales que permiten tomar la información del proceso provista por los dispositivos de instrumentación y control en una localidad remota y, utilizando técnicas de transmisión de datos, enviarla al sistema centralizado maestro. La MTU, bajo un software de control, permite la adquisición de la data a través de todas las RTUs ubicadas remotamente y brinda la

capacidad de ejecutar comandos de control remoto cuando es requerido por el operador. La data adquirida por la MTU se presenta a través de una interfaz gráfica en forma comprensible y utilizable, y más aún esta información puede ser impresa en un reporte.

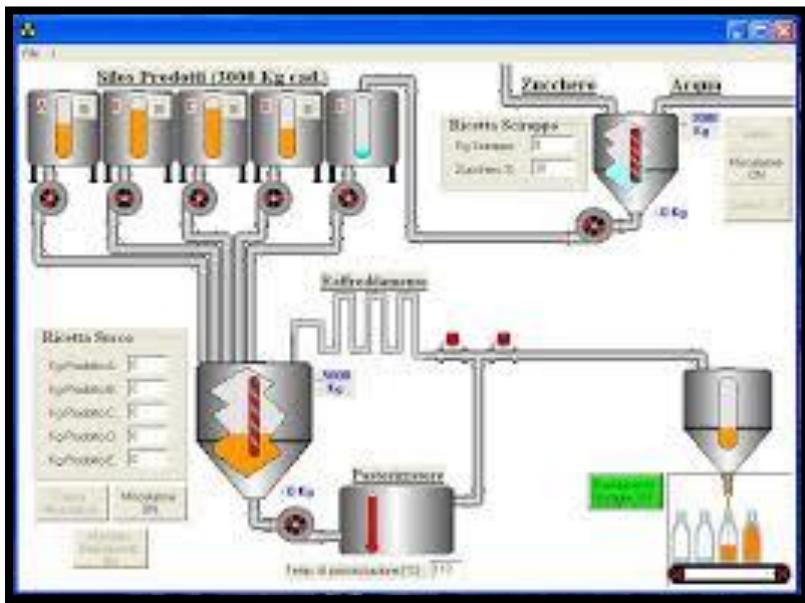


Figura 65. Control supervisorio remoto - Estudio sobre integración de redes de instrumentación digitales en sistemas de control. (Web)

4.3. CONTROL DIGITAL DIRECTO (DDC)

En el control digital que apareció hacia los años 1960, el computador llevaba a cabo todos los cálculos que realizaban individualmente los controladores P, P+I, P+I+D generando directamente las señales que van a las válvulas. Este tipo de

control se denomina (control digital directo), el computador esta enlazado con el proceso.

El DDC permite una transferencia automático-manual sin perturbaciones y admite una fácil modificación de las acciones y de las configuraciones de los sistemas de control lo cual es muy importante en la puesta en marcha de la planta. El DDC tiene la ventaja sobre los controladores convencionales de estar provisto de un calibrado automático que corresponde a las acondiciones de operación instantánea. Es decir, el computador ajusta la calibración de sus algoritmos de acuerdo con una función predeterminada de la variable medida o de una combinación de variables en lugar de requerir periódicamente la calibración individual de cada instrumento por un instrumentista o especialista tal como acurre en los instrumentos convencionales.

Sistema de control que realiza un aparato digital que establece directamente las señales que van a los elementos finales de control.

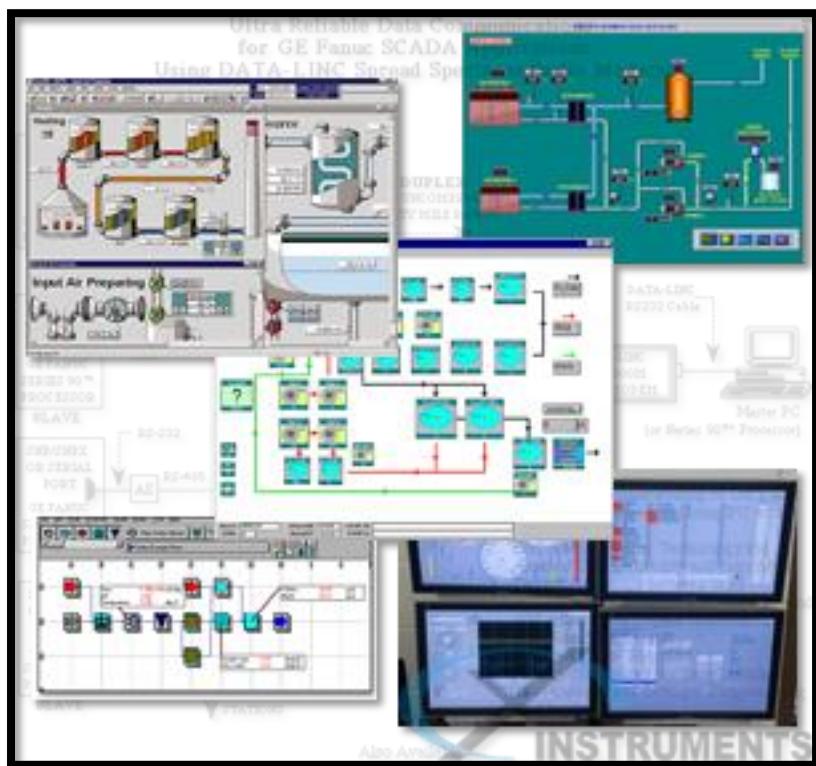


Figura 66. Control Digital Directo (DDC) - X Instruments LLC

Este esquema es un ejemplo de la aplicación del sistema SCADA en áreas industriales. Estas áreas pueden ser:

Monitorizar procesos químicos, físicos o de transporte en sistemas de suministro de agua, para controlar la generación y distribución de energía eléctrica, de gas o en oleoductos y otros procesos de distribución.

Gestión de la producción (facilita la programación de la fabricación).

Mantenimiento (proporciona magnitudes de interés tales para evaluar y determinar modos de fallo, MTBF, índices de Fiabilidad, entre otros).

Control de Calidad (proporciona de manera automatizada los datos necesarios para calcular índices de estabilidad de la

producción CP y CPk, tolerancias, índice de piezas NOK/OK, entre otros.

Administración (actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor ERP (Enterprise Resource Planning o sistema de planificación de recursos empresariales), e integrarse como un módulo más).

Tratamiento histórico de información (mediante su incorporación en bases de datos).

Sistema.

Supervisión: acto de observar el trabajo o tareas de otro (individuo o máquina) que puede no conocer el tema en profundidad, supervisar no significa el control sobre el otro, sino el guiarlo en un contexto de trabajo, profesional o personal, es decir con fines correctivos y/o de modificación.

Automática: ciencia tecnológica que busca la incorporación de elementos de ejecución autónoma que emulan el comportamiento humano o incluso superior.

Principales familias: autómatas, robots, controles de movimiento, adquisición de datos, visión artificial, entre otros.

PLC: Programmable Logic Controller, Controlador Lógico Programable.

PAC: Programmable Automation Controller, Controlador de Automatización Programable.

Un sistema SCADA incluye un hardware de señal de entrada y salida, controladores, interfaz hombre-máquina (HMI), redes, comunicaciones, base de datos y software.

El término SCADA usualmente se refiere a un sistema central que monitoriza y controla un sitio completo o una parte de un sitio que nos interesa controlar (el control puede ser sobre máquinas en general, depósitos, bombas, entre otros) o finalmente un sistema que se extiende sobre una gran distancia (kilómetros / millas). La mayor parte del control del sitio es en realidad realizada automáticamente por

una Unidad Terminal Remota (UTR), por un Controlador Lógico Programable (PLC) y más actualmente por un Controlador de Automatización Programable (PAC). Las funciones de control del servidor están casi siempre restringidas a reajustes básicos del sitio o capacidades de nivel de supervisión. Por ejemplo un PLC puede controlar el flujo de agua fría a través de un proceso, pero un sistema SCADA puede permitirle a un operador cambiar el punto de consigna (set point) de control para el flujo, y permitirá grabar y mostrar cualquier condición de alarma como la pérdida de un flujo o una alta temperatura. La realimentación del lazo de control es cerrada a través del RTU o el PLC; el sistema SCADA monitoriza el desempeño general de dicho lazo. El sistema SCADA también puede mostrar gráficas con históricos, tablas con alarmas y eventos, permisos y accesos de los usuarios...

Necesidades de la supervisión de procesos:

Limitaciones de la visualización de los sistemas de adquisición y control.

Control software. Cierre de lazo del control.

Recoger, almacenar y visualizar la información.

4.4. INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

¿Qué es la Instrumentación Virtual?

La instrumentación virtual es un área de la ingeniería en la que se busca obtener dispositivos para registrar diferentes variables físicas, empleando técnicas de implementación híbrida Hardware - Software.

Aplicando estos principios se logran instrumentos de medida muy flexibles, que facilitan el análisis y la presentación de

resultados y que permiten reconfigurar sus parámetros de funcionamiento, haciéndolos "a la medida" para diferentes aplicaciones.

La forma más común de instrumentación virtual consiste en un computador con una tarjeta de adquisición de datos análogos y digitales.

En este caso el censor como tal se simplifica, haciendo recaer en el computador la mayor parte del funcionamiento del instrumento, como la adecuación de la señal, procesamiento y presentación.

La instrumentación virtual involucra por consiguiente adecuación y procesamiento de las señales censadas, técnicas de control, y programación de computadores y microcontroladores.

Niveles de la Instrumentación Virtual



Figura 67. Niveles de Instrumentación virtual (Web)

A continuación se hace una comparación entre los instrumentos tradicionales y virtuales:

| Instrumento Tradicional | Instrumento Virtual |
|---|---|
| Definido por el fabricante. | Definido por el usuario. |
| Funcionalidad específica, con conectividad limitada. | Funcionalidad ilimitada, orientado a aplicaciones, conectividad amplia. |
| Hardware es la clave. | Software es la clave. |
| Alto costo/función. | Bajo costo/función, variedad de funciones, reusable. |
| Arquitectura "cerrada". | Arquitectura "abierta". |
| Lenta incorporación de nuevas tecnología. | Rápida incorporación de nuevas tecnologías, gracias a la plataforma PC. |
| Bajas economías de escala, alto costo de mantenimiento. | Altas economías de escala, bajos costos de mantenimiento. |

Un instrumento virtual puede realizar las tres funciones básicas de un instrumento convencional:

Adquisición

Análisis

Presentación de datos

Arquitectura de un Sistema de Instrumentación Virtual

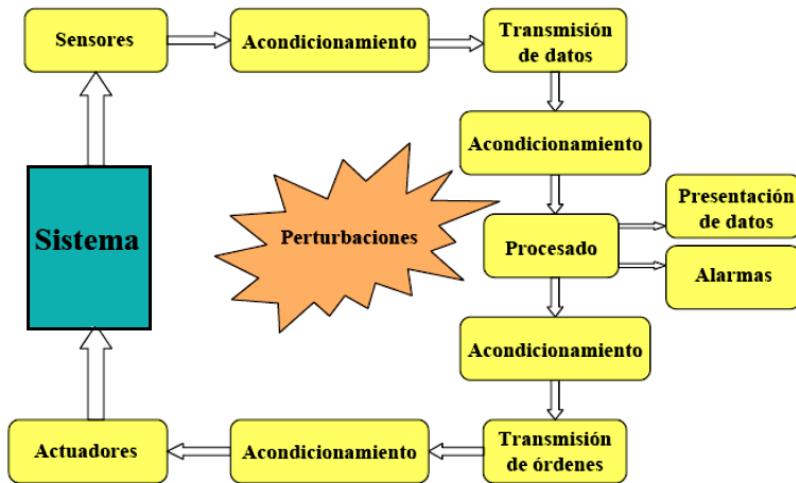


Figura 68. Introducción a la Instrumentación Virtual – UAEH (Web)

Un instrumento virtual puede realizar las tres funciones básicas de un instrumento convencional:

- *Adquisición*
- *Análisis*
- *Presentación de datos*

Sin embargo, el instrumento virtual me permite personalizar el instrumento, y agregarle mucha más funcionalidad sin incurrir en costos adicionales.

El instrumento virtual aprovecha la flexibilidad y poder del PC, y mediante el software que lo acompaña, el nivel de adaptabilidad y personalización del instrumento virtual es casi ilimitado.

4.5. SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (SCD):

La medición y el control en la industria son muy importantes, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado entre costes y producto final (relación calidad/precio).



Figura 69. Sistemas de Control Distribuido en la Industria – HONEYWELL (Web)

El control automático de procesos industriales es hoy en día una actividad multidisciplinar, en la que hay que tener en cuenta aspectos técnicos (electrónica, informática de sistemas, entre otros), científicos (investigación de nuevos criterios y materiales, entre otros) y económicos (mejora de los márgenes comerciales sin perder calidad y competitividad).

Los sistemas de control sofisticados del tipo de los instalados mediante complejos elementos de instrumentación, no se han creado de la noche a la mañana, aunque el auge que viven actualmente así lo pueda parecer.

Son el resultado de más de cien años de trabajo de fabricantes y usuarios, quienes no han dejado de buscar las mejores soluciones al control industrial automatizado.

Estos esfuerzos aportaron algunos tipos de control, de acuerdo a la tecnología disponible en cada época. Las soluciones que se mostraron efectivas, han sobrevivido y, por tanto, evolucionado, proporcionando de este modo a los usuarios de hoy un abanico de posibilidades donde elegir las necesidades que se plantean al control automatizado de procesos y todo lo que significa su implantación.

Estructura Control Distribuido

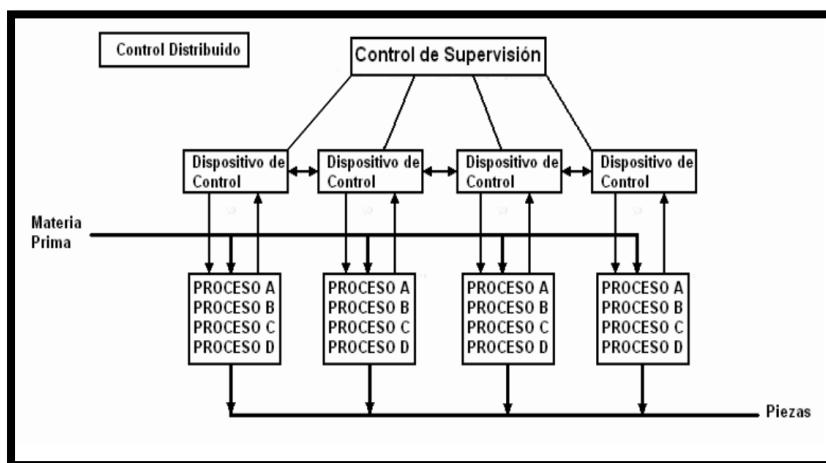


Figura 70. Diseño de un Control Distribuido para una Planta – ETSE (IngenieriaElectronica.Org)

En todo caso, independientemente del tipo de control utilizado, los objetivos del control de procesos pueden resumirse en:

Operar el proceso en forma segura y estable.

Diseñar sistemas de control que el operador pueda vigilar, comprender y, cuando sea necesario, manipular en forma selectiva.

Evitar desviaciones importantes respecto a las especificaciones de productos durante las perturbaciones.

Permitir que el operador cambie un valor deseado o punto de consigna (valor de referencia) sin perturbar indebidamente otras variables controladas.

Evitar cambios considerables y rápidos en variables manipuladas que podrían incumplir restricciones de operación, o perturbar unidades integradas o situadas en escalafones inferiores.

Operar el proceso en forma congruente con los objetivos de calidad de cada producto. Así, las desviaciones en la calidad podrían ser menos permisivas (mucho más costosas) en un producto que en otro.

Controlar las cualidades del producto en valores que maximicen su utilidad cuando se consideren índices y valores de productos y además, minimicen el consumo de energía.

Sistemas de Control Distribuido:

Los SCD's fueron creados para sustituir a los controladores mono lazo y a los ordenadores de proceso que tenían un solo procesador central.

La disponibilidad de los primeros microprocesadores facilitó lanzar el primer Sistema de Control Distribuido en 1974 el sistema TDC 2000 (Total Distributed Control), tuvo tanto éxito que en poco tiempo se convirtió en el sistema más extendido en la industria de proceso.

La arquitectura de un SCD está formada por múltiples procesadores, cada uno de los cuales controla una unidad de proceso de una planta, de forma que en caso de fallo solo esa parte la que queda sin control.

Estructura y Componentes de un Control Distribuido Básico

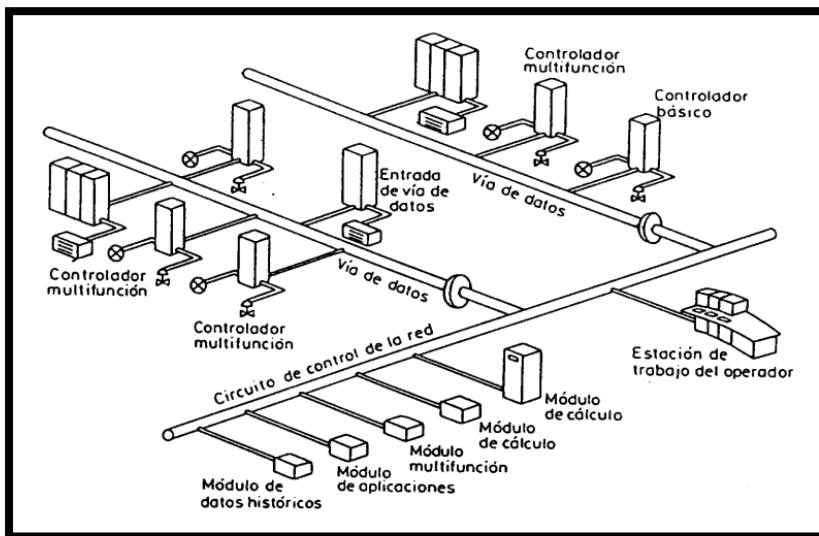


Figura 71. Diseño de un Control Distribuido para una Planta – ETSE (Web)

Los sistemas de control distribuido disponen de una configuración redundante opcional, diseñados inicialmente para el control analógico de procesos, evolucionaron rápidamente hacia sistemas híbridos que manejaban asimismo señales de entrada/ salida digital.

En esencia, la diferencia entre el control distribuido y el control clásico puede compararse a la existente entre una máquina cuya configuración se hace mediante el cambio de cables y otra donde cualquier modificación se hace por software.

En este aspecto el ordenador personal es un elemento fundamental, tanto a nivel de planta como en escalafones superiores y permite la visualización de las señales de múltiples transmisores, el diagnóstico de cada lazo de control, el acceso a los datos básicos de calibración y a los datos de configuración de los transmisores.

Desarrollo en la Industria



Figura 72. Sistemas de Control Distribuido en la Industria – HONEYWELL (Web)

Capítulo V

5. INSTRUMENTOS INDUSTRIALES

Si analizamos nuestras actividades cotidianas, desde el momento que suena la alarma de un despertador y nos preparamos para desarrollar nuestras actividades diarias, así como encender un foco o escuchar el encendido o apagado del motor de la bomba, entre otros, nos auxiliaremos de instrumentos que nos ayudan a desarrollar ciertas actividades oportunamente con eficiencia, rapidez, entre otros. De igual manera mecánicos, electricistas, médicos, ingenieros y arquitectos, se auxilian de instrumentos para llevar a cabo sus actividades diarias, con el objetivo de lograr un avance con la mayor eficiencia, calidad y volumen de producción.

Es lógico pensar que, para las industrias, sin importar el tamaño de estas, es imprescindible el uso de instrumentos industriales, para facilitar la manufactura de sus productos. Como consecuencia de la globalización de los mercados internacionales, se ha orillado a los países del tercer mundo a competir en el mercado con productos de calidad, precio y tiempos de entrega oportunos. Para lograr lo anterior es importante que los industriales de nuestro país, implementen la instrumentación y la automatización de sus procesos con el avance tecnológico requerido para mantenerse en el mercado nacional e internacional si es posible.

5.1. CONTROLADORES

Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determina la desviación y produce una señal de control que reducirá la desviación a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control.

Clasificación de los controladores industriales.

Los controladores industriales se clasifican, de acuerdo con sus acciones de control, como:

- *De dos posiciones o de encendido y apagado (on/of)*
- *Proporcionales*
- *Proporcionales-integrales*
- *Proporcionales-integrales-derivativos*

Sistema de control

Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema.

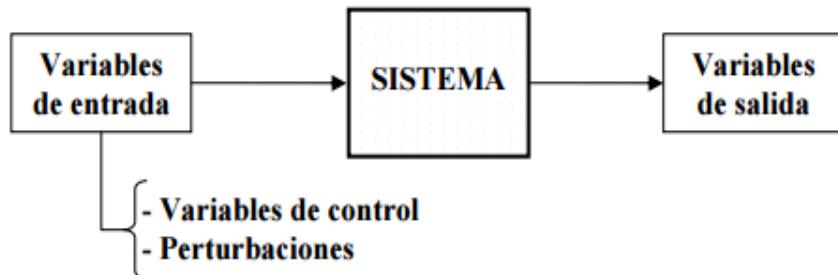


Figura 73. Esquema general de un sistema

La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

1. *Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.*
2. *Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.*
3. *Ser fácilmente ejecutable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.*

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

Sensores. - Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.

Controlador. - Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.

Actuador. - Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

Estrategia de control

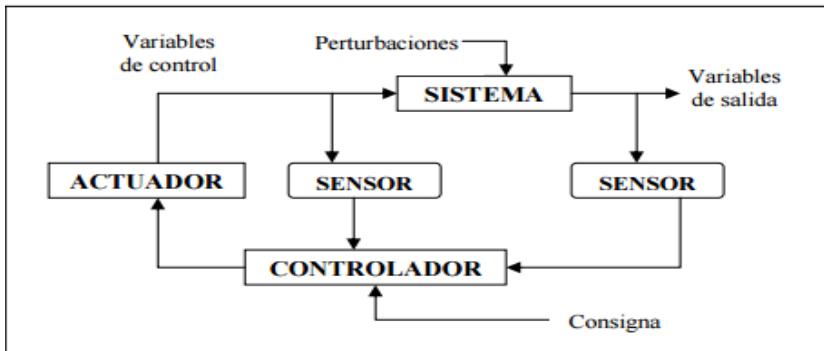


Figura 74. Elementos básicos de un s.c. (Web)

La estrategia de control hace referencia a la naturaleza y la dirección de los lazos existentes entre las variables medidas y/o controladas y las variables de control.

Se distinguen dos tipos de estrategias en función de la naturaleza de la información utilizada para calcular la acción de control del sistema de:

1. *Lazo cerrado*
2. *Lazo abierto*

5.2. APLICACIONES DE SISTEMAS DE LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO

5.2.1. Sistemas de control de lazo cerrado

Los sistemas de control en lazo cerrado son aquellos en los que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control).

Definición: Control retroalimentado

Operación que en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia. Esta reducción se logra manipulando alguna variable de entrada del sistema, siendo la magnitud de dicha variable de entrada función de la diferencia entre la variable de referencia y la salida del sistema.

Clasificación

Manuales: Controlador operador humano.

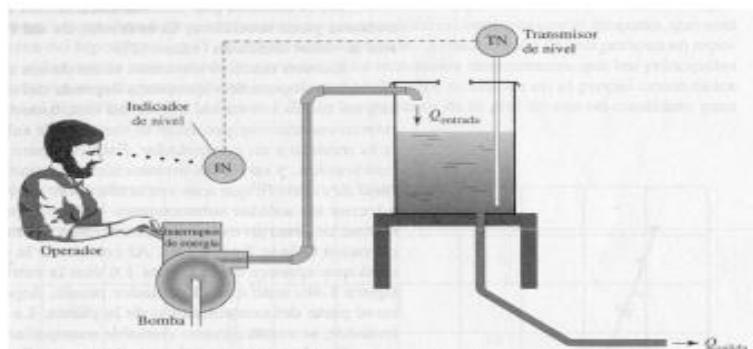


Figura 75. Control manual de lazo cerrado del nivel del tanque (Web)

Automático: Controlador dispositivo.

Neumático, hidráulico, eléctrico, electrónico o digital (microprocesador).

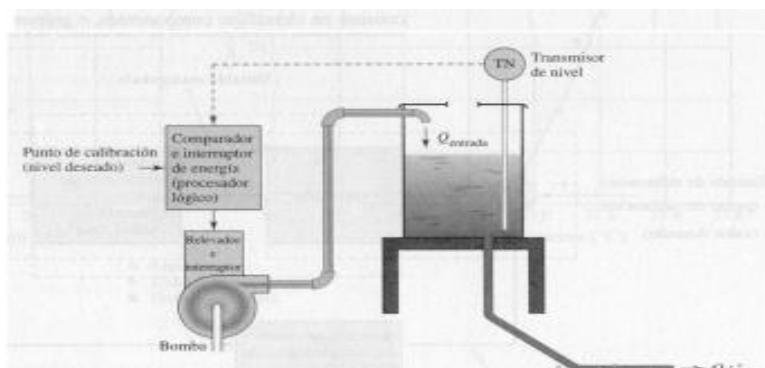


Figura 76. Control automático de lazo cerrado del nivel del tanque

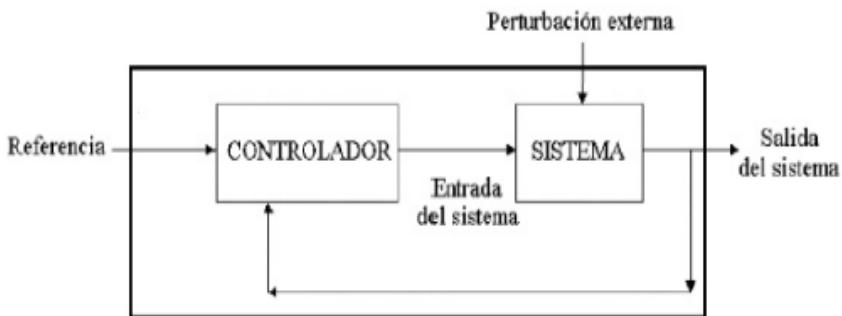


Figura 77. Ejemplo de un s.c. en lazo cerrado (Web)

Iluminación en un invernadero

A medida que la luz aumenta o disminuye se abrirá o se cerrará el techo manteniendo constante el nivel de luz.

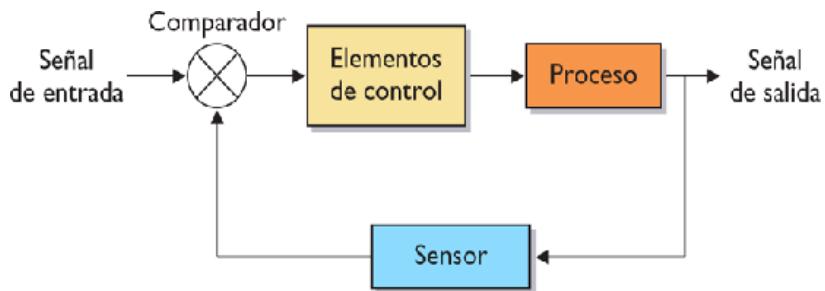


Figura 78. Esquema de un sistema de iluminación de un invernadero (Tomado de guinea-edeso.blogspot.com)

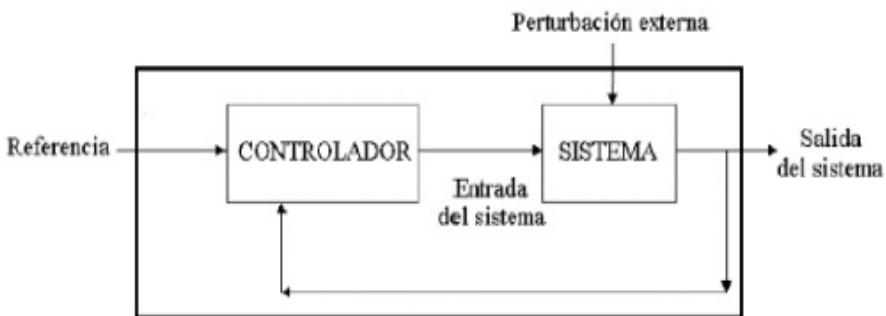


Figura 79. Ejemplo de un s.c. en lazo abierto (Web)

5.2.2. Sistema de control de lazo abierto

Son aquellos en los que la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control).

Características

- *No se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia).*
- *Para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada.*
- *La exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador.*
- *En presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.*
- *El control en lazo abierto suele aparecer en dispositivos con control secuencial, en el que no hay una regulación de variables, sino que se realizan una serie de operaciones de una manera determinada. Esta secuencia de operaciones puede venir impuesta por eventos (event-driven) o por tiempo (time driven). Se programa utilizando PLC (controladores de lógica programable).*

Ejemplo de un s.c. de lazo abierto

Amplificador.

Un ejemplo puede ser el amplificador de sonido de un equipo de música. Cuando nosotros variamos el potenciómetro de volumen, varia la cantidad de potencia que entrega el

altavoz, pero el sistema no sabe si se ha producido la variación que deseamos o no.

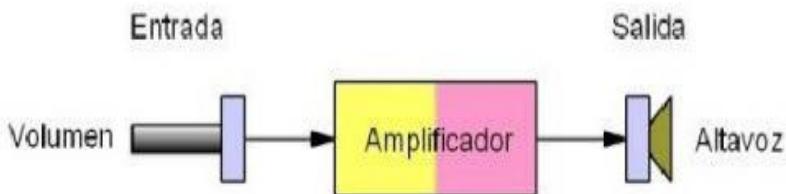


Figura 80. s.c. de un amplificador(Web)

5.3. MODOS DE CONTROL EN INSTRUMENTACIÓN.

Los actuadores o elementos finales de control, pueden hacer correcciones en varias formas:

- *En caso de ser una válvula, puede abrir o cerrar instantáneamente.*
- *-puede abrir o cerrar la válvula lentamente, a una velocidad constante, mientras se mantenga la desviación.*
- *puede abrir la válvula en mayor grado cuando la desviación es más rápida.*
- *puede abrir la válvula un número de vueltas constante, por cada unidad de desviación.*

Estas correcciones, son hechas por el controlador, en los sistemas industriales se emplean básicamente uno o una combinación de los siguientes sistemas de control:

- *De dos posiciones, encendido o apagado (ON-OFF).*
- *Proporcional.*
- *Proporcional -Integral.*

- Proporcional -Derivativo.
- Proporcional -Integral -Derivativo.

5.3.1. ON-OFF

Acción de control de dos posiciones o de encendido y apagado (on/off).

En un sistema de control de dos posiciones, el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas que, en muchos casos, son simplemente encendido y apagado. El control de dos posiciones o de encendido y apagado es relativamente simple y barato, razón por la cual su uso es extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

Es común que los controladores de dos posiciones sean dispositivos eléctricos, en cuyo caso se usa extensamente una válvula eléctrica operada por solenoides. Los controladores neumáticos proporcionales con ganancias muy altas funcionan como controladores de dos posiciones y, en ocasiones, se denominan controladores neumáticos de dos posiciones se muestra un sistema de control del líquido que es controlado por una acción de control de dos posiciones.

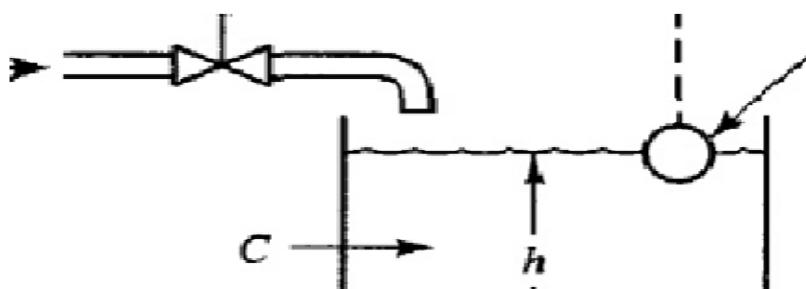


Figura 81. Modo on-off (Web)

5.3.2. Proporcional

Acción de control proporcional para un controlador con acción de control proporcional, la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$u(t) = k_p e(t)$ o bien, en cantidades transformadas por el método de Laplace $U(s) = k_p E(s)$ donde k_p se considera la ganancia proporcional cualquiera que sea el mecanismo real y la forma de la potencia de operación, el controlador proporcional es, en esencia, un amplificador con una ganancia ajustable. El controlador proporcional es el tipo más simple de controlador, con excepción del controlador de dos estados (del cual se hace mención en la primera parte del texto) la ecuación con que se describe su funcionamiento es la siguiente:

$$M(T) = M + K_C \cdot C(R) \cdot R(T) - C(R) \quad \text{O} \quad M(T) = M + K_C \cdot E(R)$$

DONDE:

M(T) = Salida del controlador, psig o ma

R(T) = Punto de control, psig o ma

C(R) = Variable que se controla, psig o ma; ésta es la señal que llega del transmisor.

E(R) = Señal de error, psi o ma; ésta es la diferencia entre el punto de control y la variable que se controla.

KC = Ganancia del controlador, psi/psi ó ma/ma

M = Valor base, psig o ma.

El significado de este valor es la salida del controlador cuando el error es cero; generalmente se tija durante la

calibración del controlador, en el medio de la escala, 9 psig o 12 ma.

Es interesante notar que es para un controlador de acción inversa; si la variable que se controla, $c(t)$, se incrementa en un valor superior al punto de control, $r(t)$, el error se vuelve negativo y, como se ve en la ecuación, la salida del controlador, $m(t)$, decrece. La manera común con que se designa matemáticamente un controlador de acción directa es haciendo negativa la ganancia del controlador, k_c ; sin embargo, se debe recordar que en los controladores industriales no hay ganancias negativas, sino únicamente positivas, lo cual se resuelve con el selector inverso/directo. El k_c negativo se utiliza cuando se hace el análisis matemático de un sistema de control en el que se requiere un controlador de acción directa. Se ve que la salida del controlador es proporcional al error entre el punto de control y la variable que se controla; la proporcionalidad la da la ganancia del controlador, k ; con esta ganancia o sensibilidad del controlador se determina cuánto se modifica la salida del controlador con un cierto cambio de error esto se ilustra gráficamente.

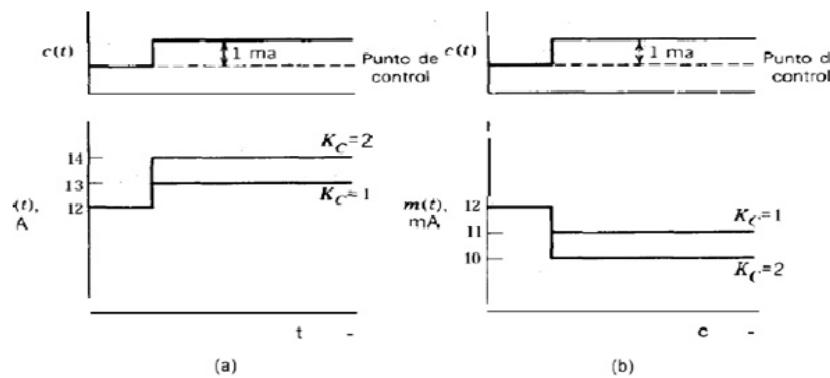
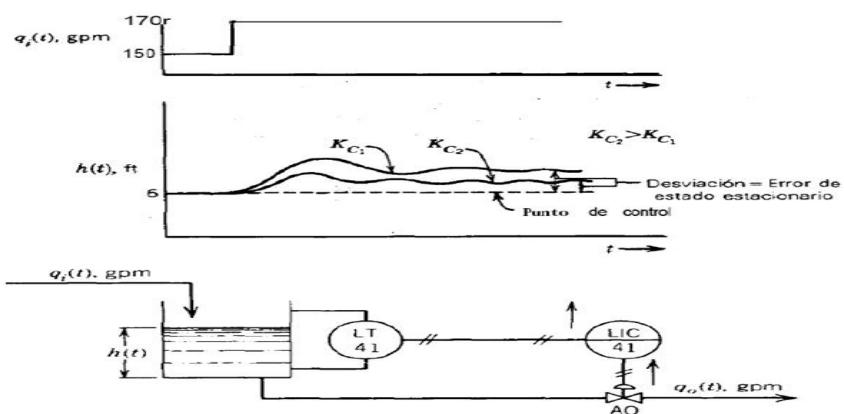


Figura 82. Modo proporcional (Web)

Efecto de la ganancia del controlador sobre la salida del controlador. (A) controlador de acción directa. (B)

controlador de acción inversa. Los controladores que son únicamente proporcionales tienen la ventaja de que solo cuentan con un parámetro de ajuste; k_c , sin embargo, adolecen de una gran desventaja, operan con una desviación, o "error de estado estacionario" en la variable que se controla. A fin de apreciar dicha desviación gráficamente, considérese el circuito de control de nivel que se muestra en la Figura 82; supóngase que las condiciones de operación de diseño son $q_i = q_o = 150 \text{ gpm}$ y $h = 6 \text{ pies}$; supóngase también que, para que pasen 150 gpm por la válvula de salida la presión de aire sobre ésta debe ser de 9 psig. Si el flujo de entrada se incrementa, q_i , la respuesta del sistema con un controlador proporcional es como se ve.

El controlador lleva de nuevo a la variable a un valor estacionario pero este valor no es el punto de control requerido; la diferencia entre el punto de control y el valor de estado estacionario de la variable que se controla es la desviación. Se muestran dos curvas de respuesta que corresponden a dos diferentes valores del parámetro de ajuste k_c , se aprecia que cuanto mayor es el valor de k_c , tanto menor es la desviación, pero la respuesta del proceso se hace más oscilatoria; sin embargo, para la mayoría de los procesos existe un valor máximo de k_c , más allá del cual el proceso se hace inestable. En la figura 83 se observan las variaciones de K_c y K_{c1} con respecto al punto de control



tomando el error de estado originado desviación en la señal.

Figura 83. Teoría de control proporcional o acción proporcional (Web)

5.3.3. Proporcional + Integral.

La mayoría de los procesos no se pueden controlar con una desviación, es decir, se deben controlar en el punto de control, y en estos casos se debe añadir inteligencia al controlador proporcional, para eliminar la desviación. Esta nueva inteligencia o nuevo modo de control es la acción integral o de reajuste y, en consecuencia, el controlador se convierte en un controlador proporcional-integral (pi) (ver figura 84). La siguiente es su ecuación descriptiva:

$$MT = M + KC * CR * RT - CR + KC * TI * RT - CR * DT$$

$$MT = M + KC * ET + KC * TI * ET * DT$$

Donde:

Ti = Tiempo de integración o reajuste minutos/repetición. Por lo tanto, el controlador pi tiene dos parámetros, kc, y Ti, que se deben ajustar para obtener un control satisfactorio. Para entender el significado físico del tiempo de reajuste, τ_i , considérese el ejemplo hipotético que se muestra, donde 7, es el tiempo que toma al controlador repetir la acción proporcional y, en consecuencia, las unidades son minutos/repetición. Tanto menor es el valor de τ_i , cuanto más pronunciada es la curva de respuesta, lo cual significa que la respuesta del controlador se hace más rápida.

Respuesta del controlador proporcional integral (pi) (acción directa) a un cambio escalón en el error. Otra manera de

explicar esto es mediante la observación de la ecuación, tanto menor es el valor de T_i , cuanto mayor es el término delante de la integral, $K_{ci}y$, y, en consecuencia, se le da mayor peso a la acción integral o de reajuste. De la ecuación también se nota que, mientras está presente el término de error, el controlador se mantiene cambiando su respuesta y , por lo tanto, integrando el error, para eliminarlo; recuérdese que integración también quiere decir sumatoria. La función de transferencia del controlador es: $U(s) = K_p + \frac{K_{ci}}{s}$.

En donde K_p es la ganancia proporcional y T_i se denomina tiempo integral. Tanto K_p como T_i son ajustables. El tiempo integral ajusta la acción de control integral, mientras que un cambio en el valor de K_p afecta las partes integral y proporcional de la acción de control. El inverso del tiempo integral T_i se denomina velocidad de reajuste. La velocidad de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. La velocidad de reajuste se mide en términos de las repeticiones por minuto. Si la señal de error $e(t)$ es una función escalón unitario, la salida del controlador $u(t)$ se convierte en lo que se muestra.

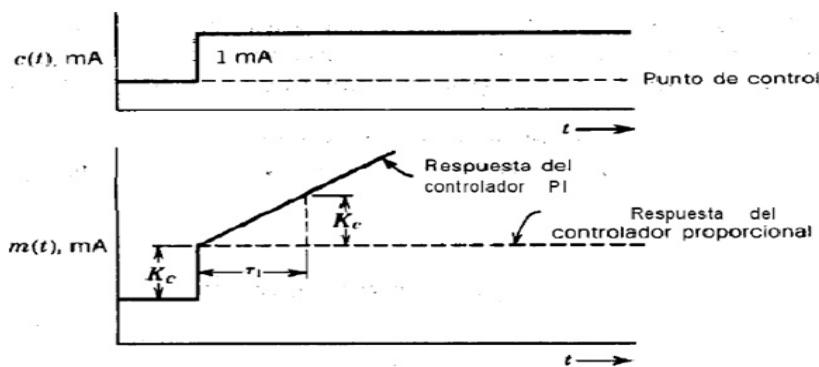


Figura 84. Modo proporcional + integral (Web)

5.3.4. Proporcional + Integral + Derivativo.

Algunas veces se añade otro modo de control al controlador pid, este nuevo modo de control es la acción derivativa, que también se conoce como rapidez de derivación o pre-actuación; tiene como propósito anticipar hacia dónde va el proceso, mediante la observación de la rapidez para el cambio del error, su derivada. La ecuación descriptiva es la siguiente:

$$MT=M+KC*ET+KC*TI*ET*DT+KC*TD*DT$$

DONDE:

TD= rapidez de variación en minutos, por lo tanto, el controlador pid se tiene tres parámetros, c o pb, ti o tir y td que se deben ajustar para obtener un control satisfactorio. Nótese que solo existe un parámetro para ajuste de derivación, Td, el cual tiene las mismas unidades, minutos, para todos los fabricantes. Como se acaba de mencionar, con la acción derivativa se da al controlador la capacidad de anticipar hacia dónde se dirige el proceso, es decir, "ver hacia adelante", mediante el cálculo de la derivada del error. La cantidad de "anticipación" se decide mediante el valor del parámetro de ajuste, Td los controladores pid se utilizan en procesos donde las constantes de tiempo son largas. Ejemplos típicos de ello son los circuitos de temperatura y los de concentración. Los procesos en que las constantes de tiempo son cortas (capacitancia pequeña) son rápidos y susceptibles al ruido del proceso, son característicos de este tipo de proceso los circuitos de control de flujo y los circuitos para controlar la presión en corrientes de líquidos. Considérese el registro de flujo que se ilustra en la aplicación del modo derivativo solo da como resultado la amplificación del ruido, porque la derivada del ruido, que cambia rápidamente, es un valor grande. Los procesos donde la constante de tiempo es larga (capacitancia grande) son generalmente amortiguados y, en consecuencia, menos susceptibles al ruido; sin embargo, se debe estar alerta, ya que se puede tener un proceso con constante de tiempo

larga, por ejemplo, un circuito de temperatura, en el que el transmisor sea ruidoso, en cuyo caso se' debe reparar el transmisor antes de utilizar el controlador pid.

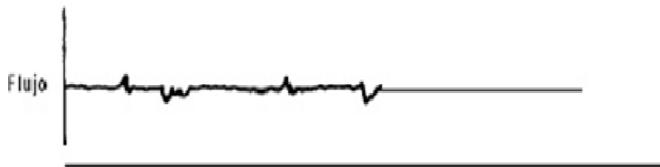


Figura 85. Registro de un circuito de flujo

5.4. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN CONTROLADOR.

Cuando vamos a implementar un lazo de control se nos plantea una serie de preguntas: ¿Qué tipo de controlador debemos elegir para una situación dada? ¿Cómo seleccionar los valores de los parámetros del controlador? O bien, ¿con qué criterio de performance hacemos la selección y el ajuste de parámetros del controlador? Por ejemplo, podemos seleccionar alguno de los siguientes criterios:

- *Que el bucle cerrado sea estable.*
- *Que los efectos de las perturbaciones se minimicen.*
- *Que se obtengan respuestas rápidas y suaves frente a cambios en el set point.*
- *Que se elimine el offset.*

- Que el sistema sea robusto, esto es, poco sensible a cambios en las condiciones de proceso o debido a errores.

En principio puede considerarse cualquier propiedad para seleccionar la respuesta del sistema, por ejemplo:

- *Overshoot - Tiempo de decaimiento ("rise time"; hasta alcanzar el valor deseado por primera vez).*
- *Tiempo de asentamiento ("settling time", hasta quedar en $\pm 5\%$ del valor deseado, p. ej.).*
- *Relación de decaimiento ("decay ratio", la relación entre la altura del 2º y el 1er. Pico)*
- *Frecuencia de oscilación*

5.5. SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES

La sintonización de controladores PID se basa en las reglas de sintonización de ZIEGLER-Nichols. Un controlador PID aporta, aporta dos ceros, un polo en el origen y una ganancia.

La sintonización fina por el lugar de las raíces se logra modificando los ceros y las ganancias del controlador PID para obtener una respuesta óptima.

La adición de un polo a la función de transferencia en lazo abierto tiene el efecto de jalar el lugar geométrico de las raíces a la derecha lo que contribuye a disminuir la estabilidad del sistema.

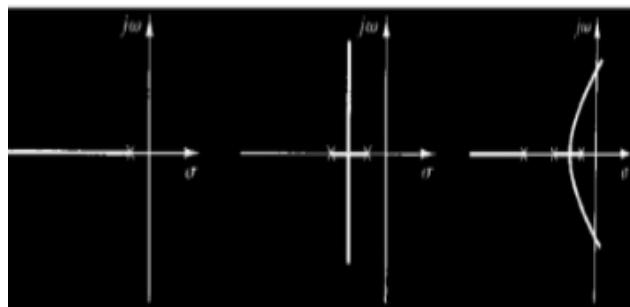


Figura 86. Adición de un polo. (Enunciados por Ziegler -Nichols)

La adición de un cero a la función de transferencia en lazo abierto tiene el efecto de jalar el lugar geométrico de las raíces hacia la izquierda con lo cual el sistema tiende a ser más estable.

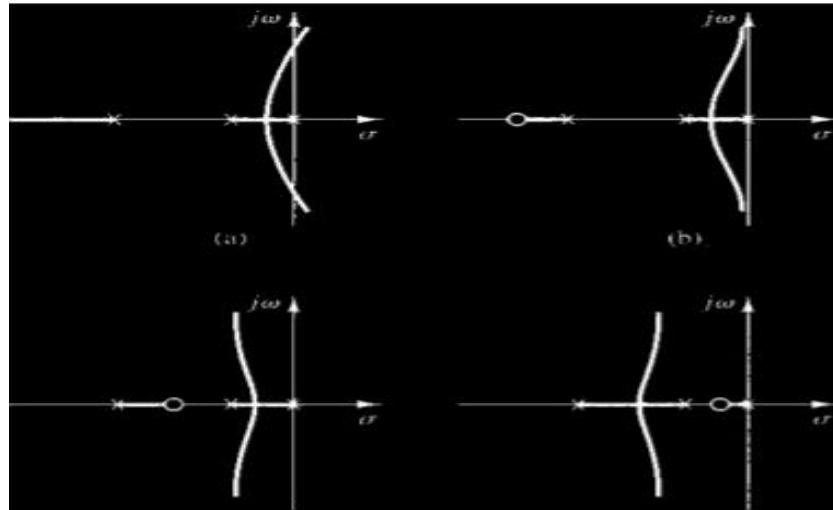


Figura 87. Adición de un cero

Ziegler y Nichols propusieron una serie de reglas para afinar controladores PID con una base a una respuesta experimental

La aplicación de este método consiste en seguir el siguiente algoritmo:

- *Eliminar los efectos de la parte integral y derivativa*
- *Utilizar solo la ganancia proporcional para llevar al sistema a oscilaciones sostenidas. El valor de ganancia proporcional en la que el sistema oscila se denomina ganancia crítica.*
- *Calcular el periodo crítico que corresponde a la ganancia critica.*
- *Aproximar los parámetros del controlador PID, sobre la base de ganancia y periodo críticos de acuerdo a:*

| Tipo de controlador | K_p | τ_i | τ_d |
|---------------------|--------------|---------------------|---------------|
| P | $0.5K_{cr}$ | ∞ | 0 |
| PI | $0.45K_{cr}$ | $\frac{1}{2}P_{cr}$ | 0 |
| PID | $0.6K_{cr}$ | $0.5P_{cr}$ | $0.125P_{cr}$ |

Figura 88. Relación de parámetros

5.6. APLICACIÓN DE CONTROLADORES

Aplicaciones más frecuentes:

- *Calderas de vapor.*
- *Secaderos y evaporadores.*
- *Hornos túnel.*
- *Calderas de destilación.*
- *Intercambiadores de calor.*

Calderas de vapor

A la caldera de se le exige mantener una presión de trabajo constante para la gran diversidad de caudales de consumo de la factoría por lo cual debe ser capaz de:

- *Aportar energía calorífica suficiente para una combustión*
- *Garantizar una llaman segura en la combustión*
- *El funcionamiento de la caldera debe ser óptimo para lograr rentabilidad y economía*
- *Control de combustión*
- *Control de nivel*
- *Seguridad de llama*
- *Secaderos y Evaporadores*
- *Los secaderos tienen por objeto obtener el producto sólido con un mínimo de humedad*
- *Los evaporadores concentran el producto en forma líquida al evaporar agua*

Horno túnel

Los procesos de cocción de algunos productos se basan en el mantenimiento de una curva de cocción que establece un

programa preciso de temperatura distribuida de acuerdo con las tres zonas típicas del horno:

- *Precalentamiento*
- *Cocción*
- *Enfriamiento*

La temperatura se regula básicamente en la zona de cocción donde se encuentran los quemadores y los valores deseados en la zona de precalentamiento se alcanzan mediante la circulación de aire procedente de la zona de enfriamiento.

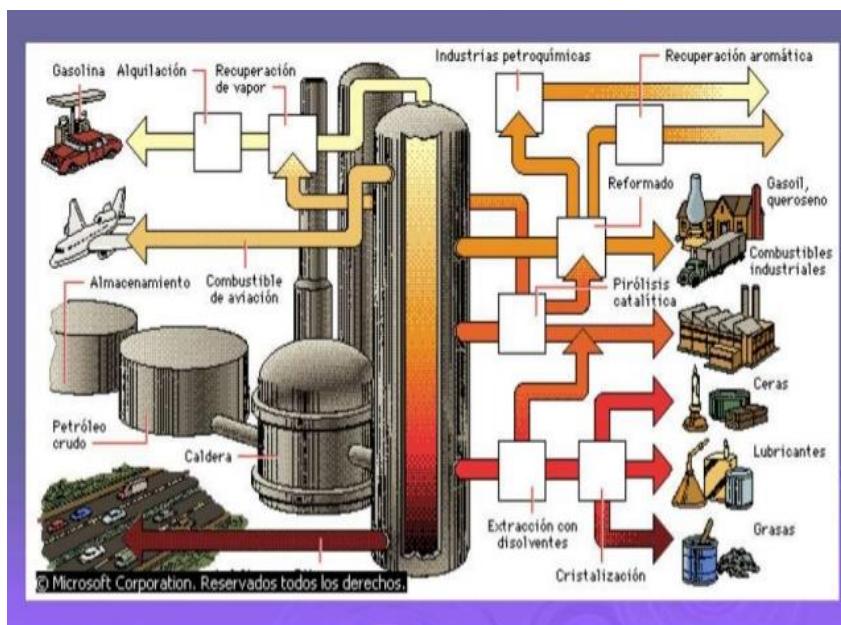


Figura 89. Destilación de petróleo (Web).

Intercambiadores de calor

La mayoría de procesos industriales emplean intercambiadores de calor.

Existen varios sistemas para el control de los intercambiadores de calor debido a que son muchos los factores que deben considerarse:

- *Presión de vapor o de fluido de alimentación*
- *Fluctuaciones en el caudal del producto*
- *Variaciones de temperatura del producto*

BIBLIOGRAFÍA

Academiaedu. Tomado de ACADEMIAEDU:

[https://www.academia.edu/28852673/SENSORES_DE_TEMPERATURA_Industriales.](https://www.academia.edu/28852673/SENSORES_DE_TEMPERATURA_Industriales)

Acedo Sanchez, José (2006). Instrumentación y control básico de procesos. Ediciones Díaz de Santos, 24 páginas.

Acedo Sanchez, José (2013). Instrumentación y control avanzado de procesos. Ediciones Díaz de Santos, 626 páginas

Betancourt, J.O. (2013). INTERRUPTORES Y SENSORES .

Bondos, C. (2000). TECNOLOGIA DEL CONTROL.

C. Artero, M. N. (2013). PH SENSOR. GUMISA.

Corona, L. G. (2007). En *Sensores y Actuadores* (pág. 317). España: Patria.

Creus Solé, Antonio (2005). Instrumentación Industrial. Editorial Marcombo, 7º Edición, 776 paginas.

Eduardo, G. (s.f.). *Introducción a la Instrumentación Virtual*. Córdoba : UAEH.

- Enríquez, Gilberto (2000). EL ABC DE LA INSTRUMENTACIÓN EN EL CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES. Editorial Limusa.
- García Gutierrez, Luis. (2014) Instrumentación básica de medida y control. Editorial Aenor.
- García Gutierrez, Luis. (1999) Válvulas de control. Edición Ilustrada, Madrid. 303 páginas.
- Garcia, J. (2017). *academia*. Tomado de academia: https://www.academia.edu/7885227/Sistemas_de_control_-_lazo_abierto_-_lazo_cerrado
- García Gutiérrez Luis. (1997). La medida del caudal. Volumen 20 de [Publicaciones Técnicas] Asociación Española de Normalización y Certificación. Editorial AENOR, 269 páginas.
- Hernández, Gilbert A., (2016), Instrumentación, <Http://Instrumentacionindustrialmaxima.Blogspot.Com/>
- Julio, R. (2008). *Sistemas de Control Distribuido en la Industria*. Honeywell.
- MacGraw-Hill. (1993). En W. H. Crouse, *Mecanica del Automovil* (pág. 450). Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Mendoza Mendoza, Miguel A., (2014), Instrumentación: Normas Y simbologías, <Https://Topicoselectronica.Files.Wordpres s.Com/2014/02/Instrumentacion-Normas-Y-Simbologia.Pdf>
- Montalvo, A. (s.f.). *SENSORES DE NIVEL*. Tomado de SLIDEShare: http://es.slideshare.net/AlanMontalvo/sensores-de-nivel-11210794?qid=71213371-7cd1-4bb6-9eaf-97f947f69f0a&v=&b=&from_search=1
- Ogata Katsuhiko (1998) Ingeniería de Control Moderna -- 3era Edición. Prentice-Hall Hispanoamericana. 1015 páginas.

Ollero de Castro, Pedro (2012). Instrumentación y control de plantas químicas. Editorial Síntesis, S. A., 550 páginas.

Ollero de Castro, Pedro, Fernández Camacho, Eduardo. (1997). Control e instrumentación de procesos químicos. Volumen 1 de Ciencias Químicas: Ingeniería química. Editorial Síntesis, 454 páginas.

Oscar, L. (2011). *Diseño de un Control Distribuido para una Planta*. ETSE.

Sandoval, Eddy, (2014), Normas Isa Y Sama,
<Https://Prezi.Com/Igkqqup20ok/Normas-Isa-Y-Sama/>

Sensores, P. C.-L. (2014). *MANUAL DE USO DE SENSOR DE PHA CON DISCO GLOBILAB*. Senovat, (s.f.).
SENOVANT. Tomado de SENOVANT:
<http://senovant.com/productos/caudal-nivel-fluidos/sensores-Nivel-de-liquidos/sensores-de-nivel-de-liquidos.html>

Smith, Carlos, Corripio, Armando (1991). Control automático de procesos: Teoría y práctica

Sole, A. C. (2005). En *Instrumentacion Industrial* (pág. 732). España: MARCOMBO S.A.

Velasquez, G., & Gonzales, J. (s.f.). wix. Tomado de
<http://saint-hyoga.wixsite.com/controleselectricos/quienes-somos2>

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

Los autores

Marlletlis Del Valle Gutiérrez Hinestroza

T.S.U. Hidrocarburos. Mención: Petróleo. Ingeniera en Petróleo. Magíster Scientiarum en Geología Petrolera. Doctora en Ciencias de la Educación. Profesora Titular del Instituto Universitario de Tecnología de Cabimas, Estado Zulia, Venezuela. Desempeñó igualmente labores como Docente Asociada en la Universidad del Zulia (LUZ). Profesora del Plantel de Postgrado de Ingeniería de la misma Universidad. Actualmente se desempeña como docente en la Carrera de Ingeniería de Petróleo en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.

Sadi Armando Iturralde Kure

Ingeniero de Petróleo. Maestría en Ingeniería de Petróleo. Especialista en Geología Petrolera. Profesor Titular jubilado del Instituto Universitario de Tecnología de Cabimas, Estado Zulia, Venezuela.
Experiencia docente en el dictado de los cursos de: Física de yacimientos I, II. Evaluación de formaciones, Instrumentación, Mecánica de los fluidos, Seminario. Matemática, Física, Geología , Interpretación de perfiles.
Actualmente se desempeña como docente en la Carrera de Ingeniería de Petróleo en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.

