



SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS “UMSA ”

FACULTAD DE TECNOLOGIA

EXPOSITOR: ING. JORDAN J. QUIROGA F.

SEPTIEMBRE 2021

LA PAZ – BOLIVIA

SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESOS



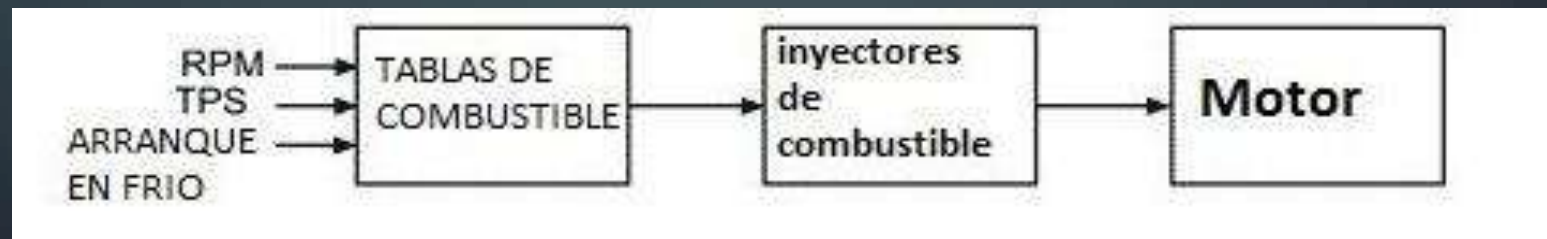
PARA QUE SIRVEN?

- Uno de los recursos más utilizados en el sector industrial es el **sistema de control**. Toda producción liderada por ingeniería requiere de este proceso para lograr objetivos determinados. La función de este sistema es la de gestionar o regular la forma en que se comporta otro sistema para así evitar fallas.
- El **sistema de control de procesos** está formado por un conjunto de dispositivos de diverso orden. Pueden ser de tipo eléctrico, neumático, hidráulico, mecánico, entre otros. El tipo o los tipos de dispositivos están determinados, en buena medida, por el objetivo a alcanzar.

- Un **sistema de control** no se establece como tal solo por contar con estos dispositivos, sino que debe seguir la lógica de al menos 3 elementos base:
 - Una variable a la que se busca controlar
 - Un actuador
 - Un punto de referencia o set-point

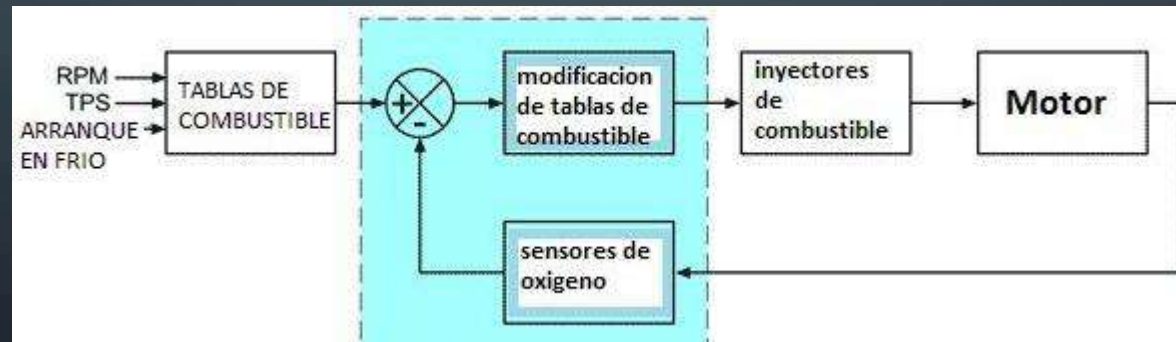
Sistema de control de lazo abierto

- En este tipo no existe información o retroalimentación sobre la variable a controlar. Es decir, la salida no depende en absoluto de la entrada. Se utiliza entonces en procesos y dispositivos en donde la variable es predecible y admite un margen de error amplio.



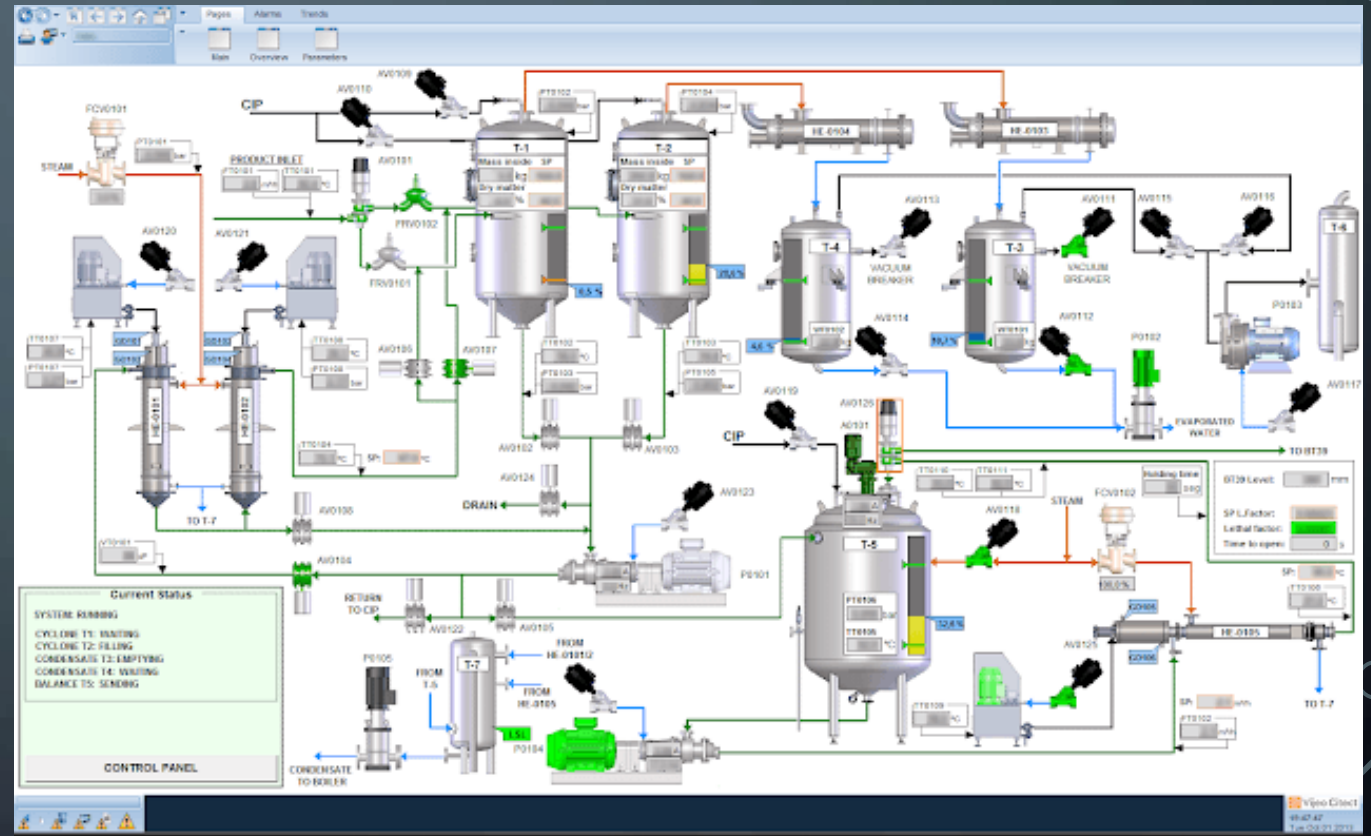
Sistemas de control de lazo cerrado

- Contrario al caso anterior, en este tipo de sistema de control sí hay información sobre la variable, incluso retroalimentación sobre los estados que va tomando. La información sobre la variable se obtiene mediante el uso de sensores que son colocados de forma estratégica. Los sensores hacen posible que el proceso sea completamente autónomo.



SCADA

*“SUPERVISORY CONTROL
AND DATA ACQUISITION”*



SISTEMAS SCADA

- SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos).

Un SCADA es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es GENERALMENTE cerrado por el operador. Los Sistemas de Control Distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador. En la tabla No. 1 se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los sistemas de Control Distribuido (DCS) (ESTAS Características no son limitantes para uno u otro tipo de sistemas, son típicas).

ALGUNAS DIFERENCIAS TÍPICAS ENTRE SISTEMAS SCADA Y DCS.

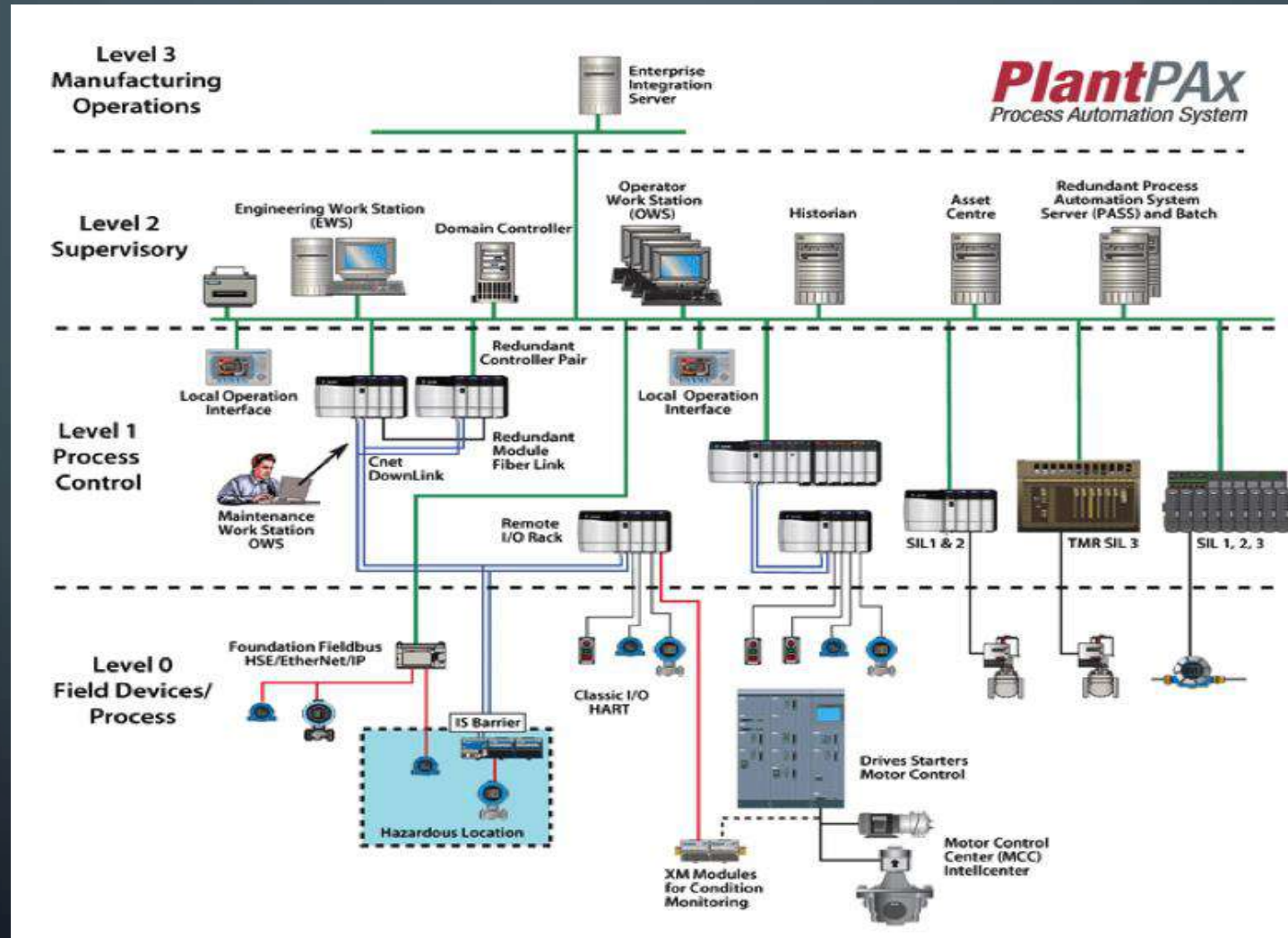
ASPECTO	SCADAs	DCS
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuídas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.	Controladores de lazo, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA

- El flujo de la información en los sistemas SCADA es como se describe a continuación: El FENÓMENO FÍSICO lo constituye la variable que deseamos medir. Dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: presión, temperatura, flujo, potencia, intensidad de corriente, voltaje, ph, densidad, etc. Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea inteligible para el sistema SCADA, es decir, en una variable eléctrica. Para ello, se utilizan los SENSORES o TRANSDUCTORES.

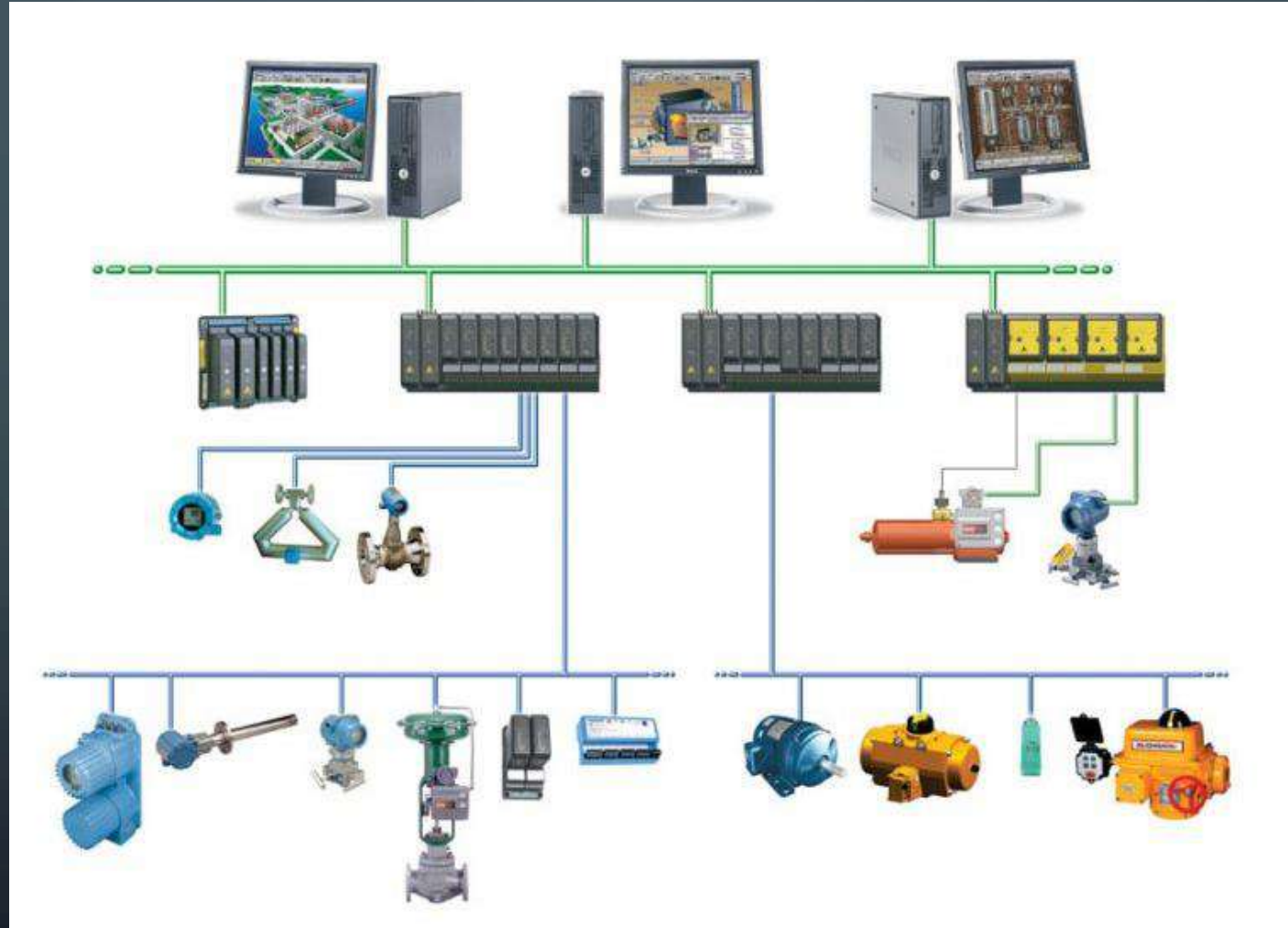
- **Componentes de un sistema SCADA**

- **HMI.-** Es la interfaz que conecta al hombre con la maquina
- **Sistemas de supervisión MTU.-** Ordenador u computadora, tiene la función acción y recepción de datos.
- **PLC.-** Autómata programable dispositivos de campo configurables obtienen señales y variables para procesar.
- **Red o sistema de comunicación.-** Se encarga de establecer la conectividad del MTU y el PLC, ethernet wifi,etc.
- **Sensores.-** Dispositivos que actúan como detección de magnitudes físicas o químicas.
- **Actuadores.-** Es un dispositivo mecánico que se utiliza para actuar o ejercer un movimiento físico.

ARQUITECTURA SCADA



ARQUITECTURA DCS



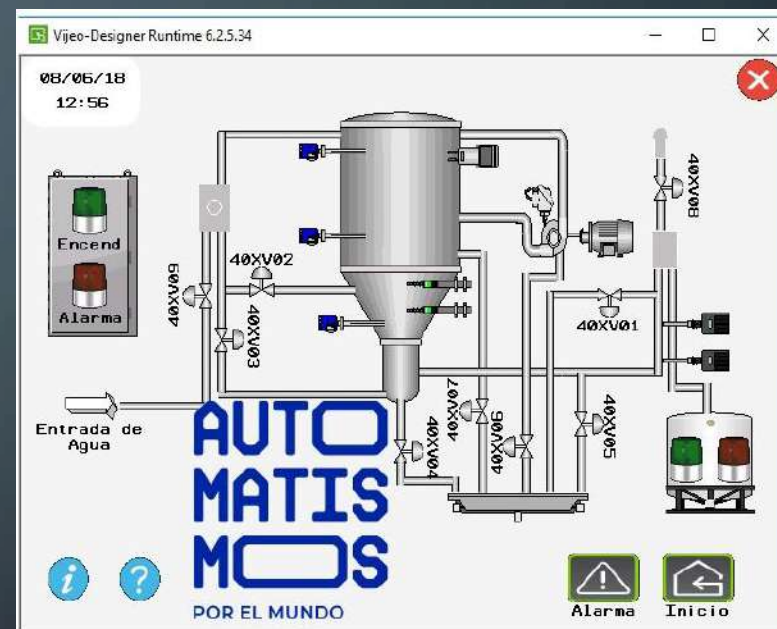
HMI MAN – MACHINE INTERFACE



QUE ES UN HMI

El Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es el interfaz entre el proceso y los operario; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario. Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. El HMI traduce variables de procesos complejos en información útil y procesable.

La función de los HMI consiste en mostrar información operativa en tiempo real y casi en tiempo real. Proporcionan gráficos de procesos visuales que aportan significado y contexto al estado del motor y de la válvula, niveles de depósitos y otros parámetros del proceso. Suministran información operativa al proceso, y permiten el controlar y la optimización al regular los objetivos de producción y de proceso.



PARA QUE SIRVE UN HMI

- La interfaz hombre-máquina se comunica con los **controladores lógicos programables (PLC)** y los sensores de entrada/salida para obtener y mostrar información para que los usuarios la vean. Del mismo modo, pueden utilizarse para una sola función, como el monitoreo y el seguimiento, o para realizar operaciones más sofisticadas, como el apagado de máquinas o el aumento de la velocidad de producción, dependiendo de cómo se implementen.

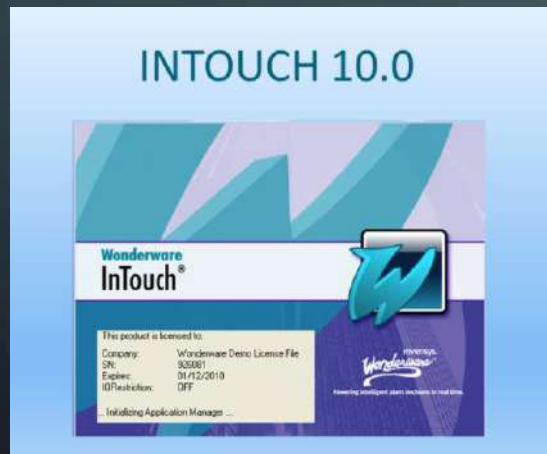


SOFTWARE PARA HMI MAS CONOCIDOS

Dentro de los software o plataformas mas conocidas para diseño de HMI tenemos las siguientes:

- Simatic WINCC Flexible SIEMENS
- TIA PORTAL SIEMENS
- WONDERWARE Intouch
- FACTORY TALK Allen bradley

PAQUETES DE SOFTWARE HMI



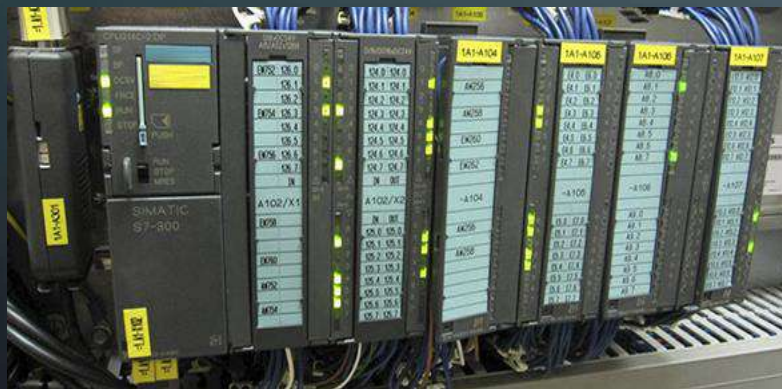
PLC
“CONTROLADO
R LOGICO
PROGRAMABLE
”



QUE ES UN PLC

- Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es:

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”.



QUE COMPONE UN PLC

- Una PLC cuenta con una estructura en la que se encuentran diversos tipos de módulos, como puede observarse en la siguiente figura, correspondiente a una PLC de la empresa Siemens:

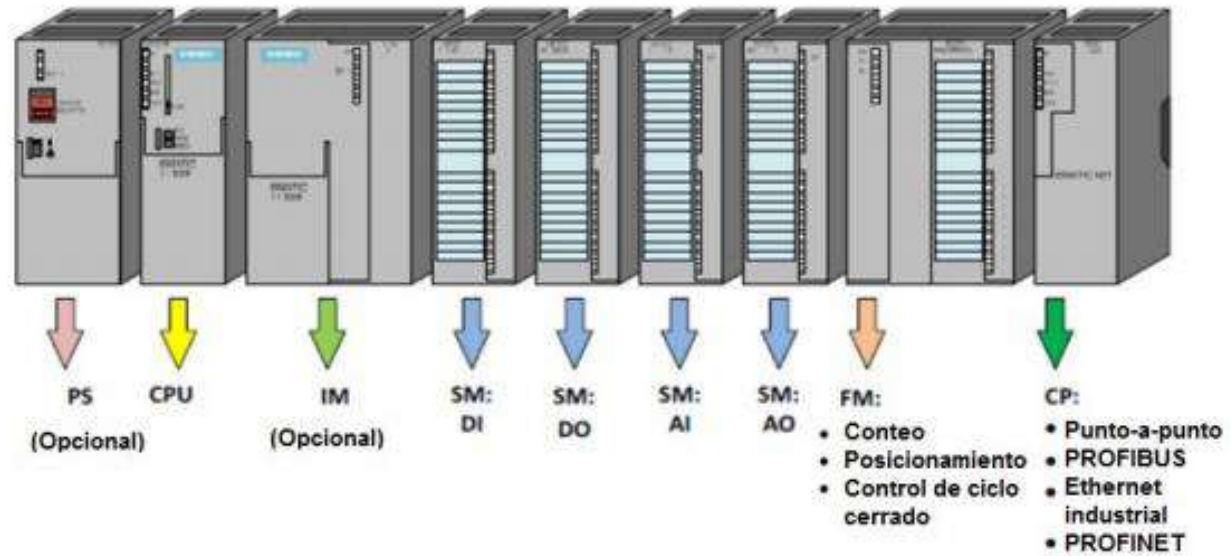


Figura 1: Organización modular del PLC Siemens S7-300

- **PS.- POWER SUPPLY**
- **CPU.- UNIDAD DE PROCESO CENTRAL Y MEMORIA**
- **IM.- MODULO DE INTERFAZ, CONECTA UNO O MAS MODULOS CON UN UNICO PLC**
- **DI.- MODULO DE SEÑAL DE ENTRADA DIGITAL bits 0 y 1**
- **DO.- MODULO DE SEÑAL DE SALIDA DIGITAL bits 0 y 1**
- **AI.- MODULO DE ENTRADA ANALOGICA 4-20ma**
- **AO.- MODULO DE SALIDA ANALOGICA 4-20ma**
- **FM.- MODULO DE CONTEO RAPIDO DE CICLOS CRITICOS INDEPENDIENTES AL CPU**
- **CP.- MODULO DE COMUNICACION**

TIPOS DE LENGUAJE DE PROGRAMACION

- Existe diversidad dentro de los lenguajes de programación debido a que los usuarios tienen diferente formación en diferentes ramas de la ingeniería, por ejemplo los ingenieros o técnicos eléctricos y electrónicos están acostumbrados a utilizar símbolos en los diagramas eléctricos, mientras que los ingenieros en sistemas siempre utilizan lenguajes escritos, por lo cual unos prefieren programar un lenguaje más visual y otros prefieren un lenguaje escrito.

DIAGRAMA ESCALERA O LADDER

Este lenguaje fue uno de los pioneros ya que fue uno de los primeros en ser utilizados, ya que se asemeja mucho a los diagramas con relevadores. Se le llama de escalera por que es muy similar a la estructura de una escalera, ya que contiene dos rieles verticales, y varios rieles horizontales (en este caso serian los escalones)

Características principales:

- Los 2 rieles verticales son de alimentación (en el caso de VCD uno es voltaje y otro tierra y en VCA son L1 y L2)
- Las instrucciones se colocan del lado izquierdo
- Las salidas siempre se colocan del lado derecho.
- Se pueden colocar varias instrucciones o varias salida en paralelo.
- El procesador del plc interpreta los datos de arriba hacia a abajo y de izquierda a derecha.

EJEMPLO.- BASADO EN RSLOGIX5000

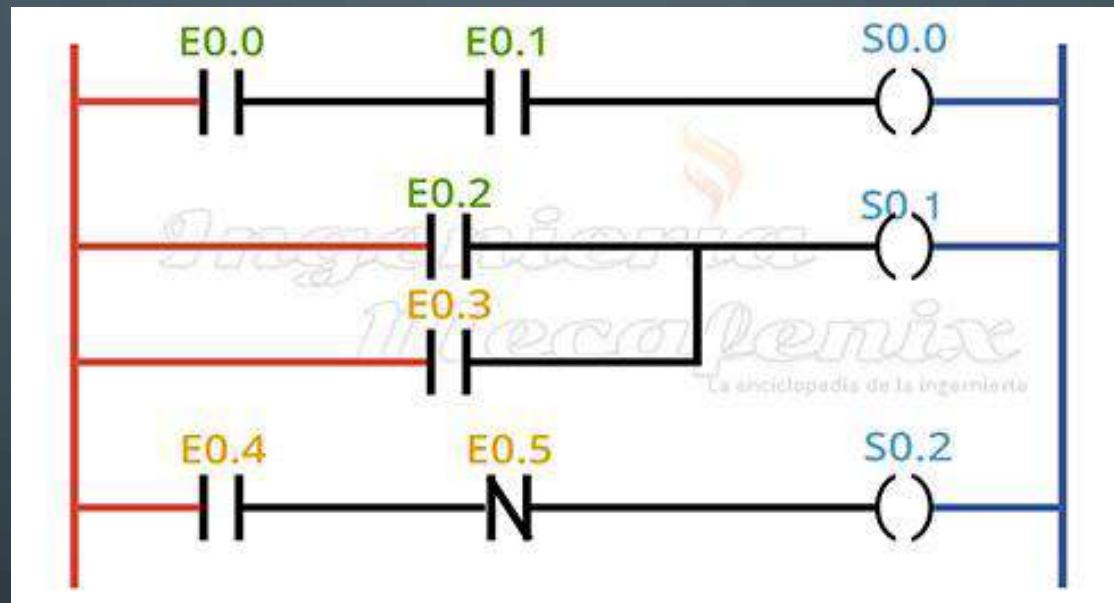


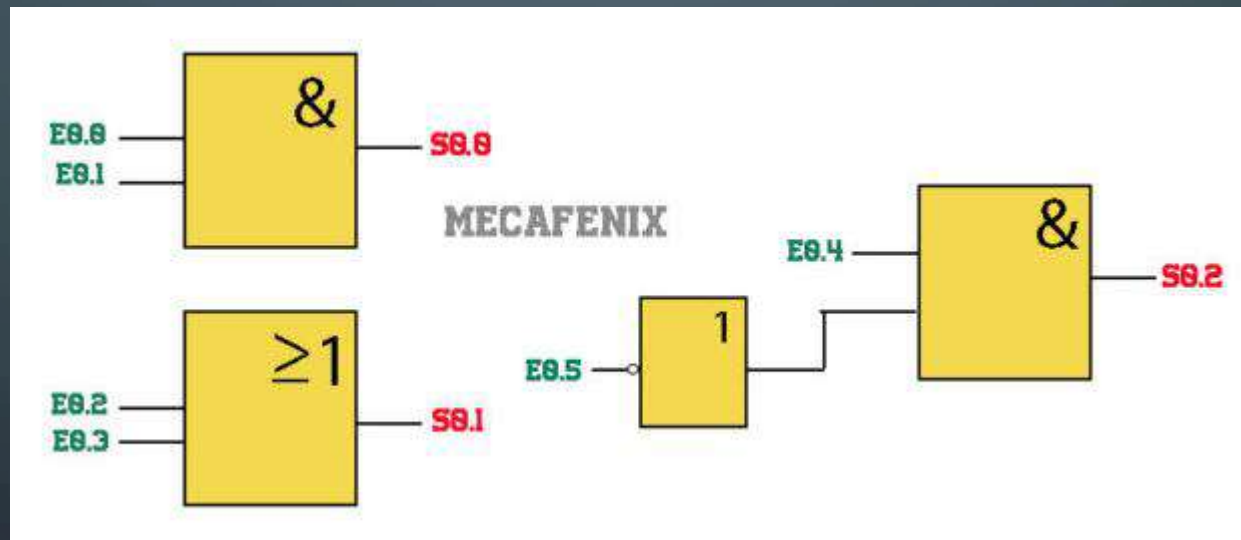
DIAGRAMA DE BLOQUES

En este tipo de programación se utilizan bloques de símbolo lógicos. Las salidas no se requieren incorporar a una bobina de salida, por que la salida esta asignada en las salidas de los bloques lógicos. Estos diagramas en su mayoría son preferidos por personas acostumbrados a trabajar con circuitos de compuertas lógicas, ya que la simbología utilizada es equivalente.

Características principales:

- Las salidas de los bloques no se conectarán entre si.
- La evaluación de una red se termina antes de iniciar la siguiente

EJEMPLO.- BASADO EN SIEMENS LOGO V8



LENGUAJE DE BAJO NIVEL

Este tipo de lenguaje es el más antiguo y es la base para todos los lenguajes de programación que existen, este lenguaje es el precursor del diagrama escalera ya que este se utilizaba cuando las computadoras aun no tenían capacidad gráfica. Todos los lenguajes son traducidos a lista de instrucciones.

Características principales:

- Todos los lenguajes pueden ser traducidos a lista de instrucciones, pero no al revés.
- La programación es más compacta.
- Este lenguaje es el mas completo de todos

EJEMPLO.- BASADO EN SIEMENS S7 MANAGER

U E0.0
U E0.1
= S0.0

U E0.1
O E.02
= S0.1

MECAFENIX

U E0.3
UN E0.4
= S0.2

LENGUAJE DE TEXTO ESTRUCTURADO

El texto estructurado se compone de una serie de instrucciones que se pueden ejecutar, como sucede con los lenguajes superiores, de forma condicionada. Este lenguaje es muy similar al lenguaje C y sobre todo a PASCAL

Características principales:

- Trata indistintamente las mayúsculas y las minúsculas
- Soporta instrucciones aritméticas complejas.
- Soporta ciclos de iteración (repeat – until, while – do)

EJEMPLO.- BASADO EN C++

```
IF ((E8.8 == TRUE) && (E8.1 == TRUE))  
{  
S8.8 = TRUE;  
}  
ELSE S8.8 = FALSE;
```

```
IF ((E8.2 == TRUE) || (E8.3 == TRUE))  
{  
S0.1 = TRUE;  
}  
ELSE S8.1 = FALSE;
```

```
IF ((E8.4 == TRUE) && (E8.5 == FALSE))  
{  
S8.2 = TRUE;  
}  
ELSE S8.2 = FALSE;
```

COMUNICACIÓN HART Y FIELDBUS



HART

- “*Transductor remoto direccionable de alta velocidad*” es un protocolo de comunicación diseñado para aplicaciones de medición y control de procesos industriales.
- También llamado protocolo HIBRIDO por que combina comunicación analógica y digital, puede comunicar una sola variable usando señal analógica 4-20ma, mientras comunica también información agregada sobre una señal digital.

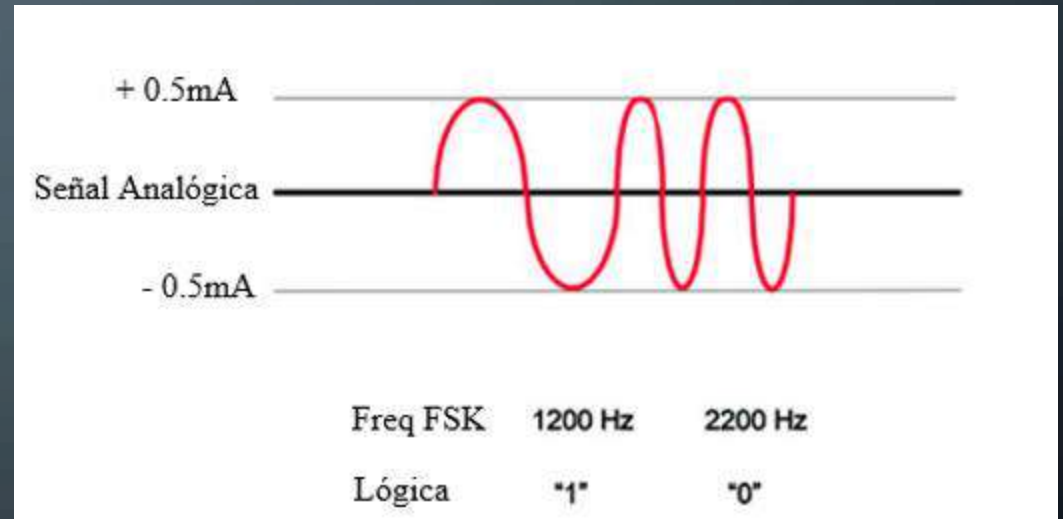
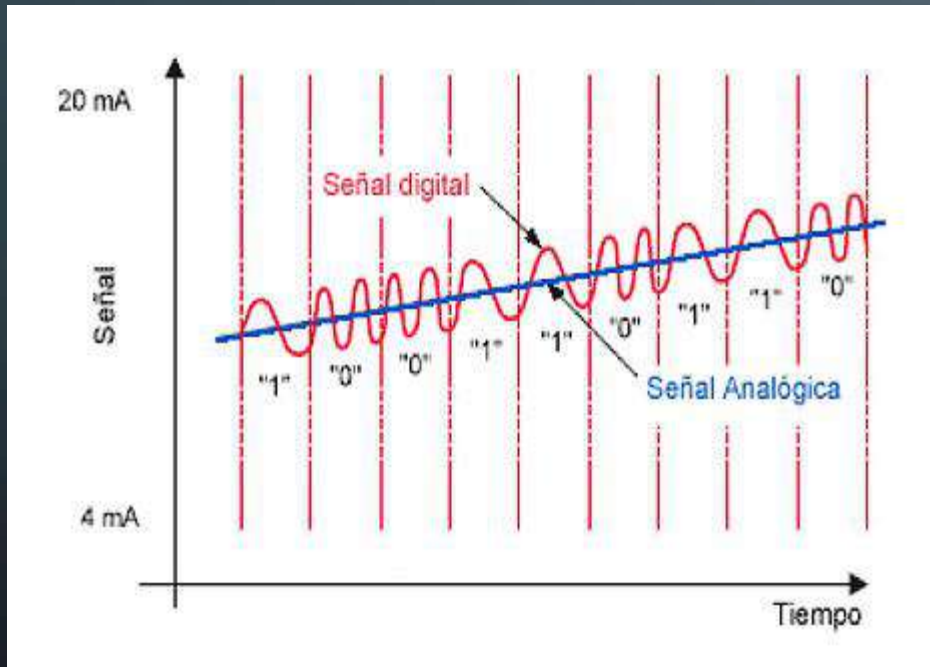
COMUNICACIÓN ANALÓGICA

- Hart usa el estándar industrial 4-20 mA, es decir, los dispositivos Hart pueden realizar funciones básicas con cualquier sistema host que tiene la capacidad de entrada / salida de 4-20 mA, la limitación es que un solo parámetro puede ser comunicado sobre una entrada o salida de 4-20 mA, típicamente está es una variable de proceso proveniente de un transmisor, o una salida para un elemento final de control, en este modo la información viaja en un solo sentido, desde el dispositivo al host (entradas) o viceversa.

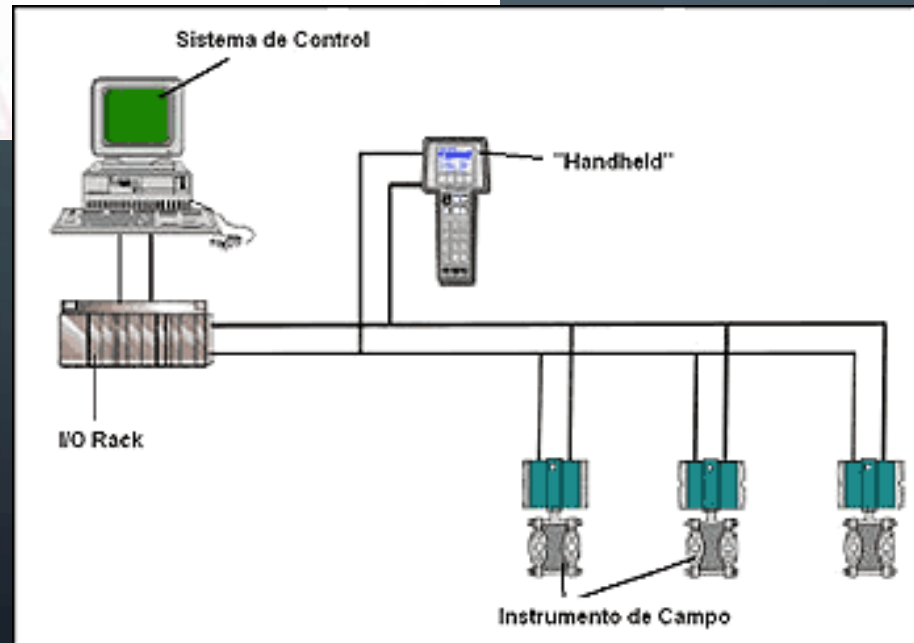
COMUNICACIÓN DIGITAL

- Este tipo de comunicación transporta información adicional que no es comunicada por la señal analógica, la parte digital de Hart es a veces usada para la configuración de dispositivos, mantenimiento y diagnóstico pero no en tiempo real, el principal atributo de la comunicación digital Hart es que la señal digital, el cual usa el estándar BELL 202 (modulación FSK).

MUESTREO DE COMUNICACIÓN



PARA QUE NOS SIRVE LA COMUNICACIÓN HART



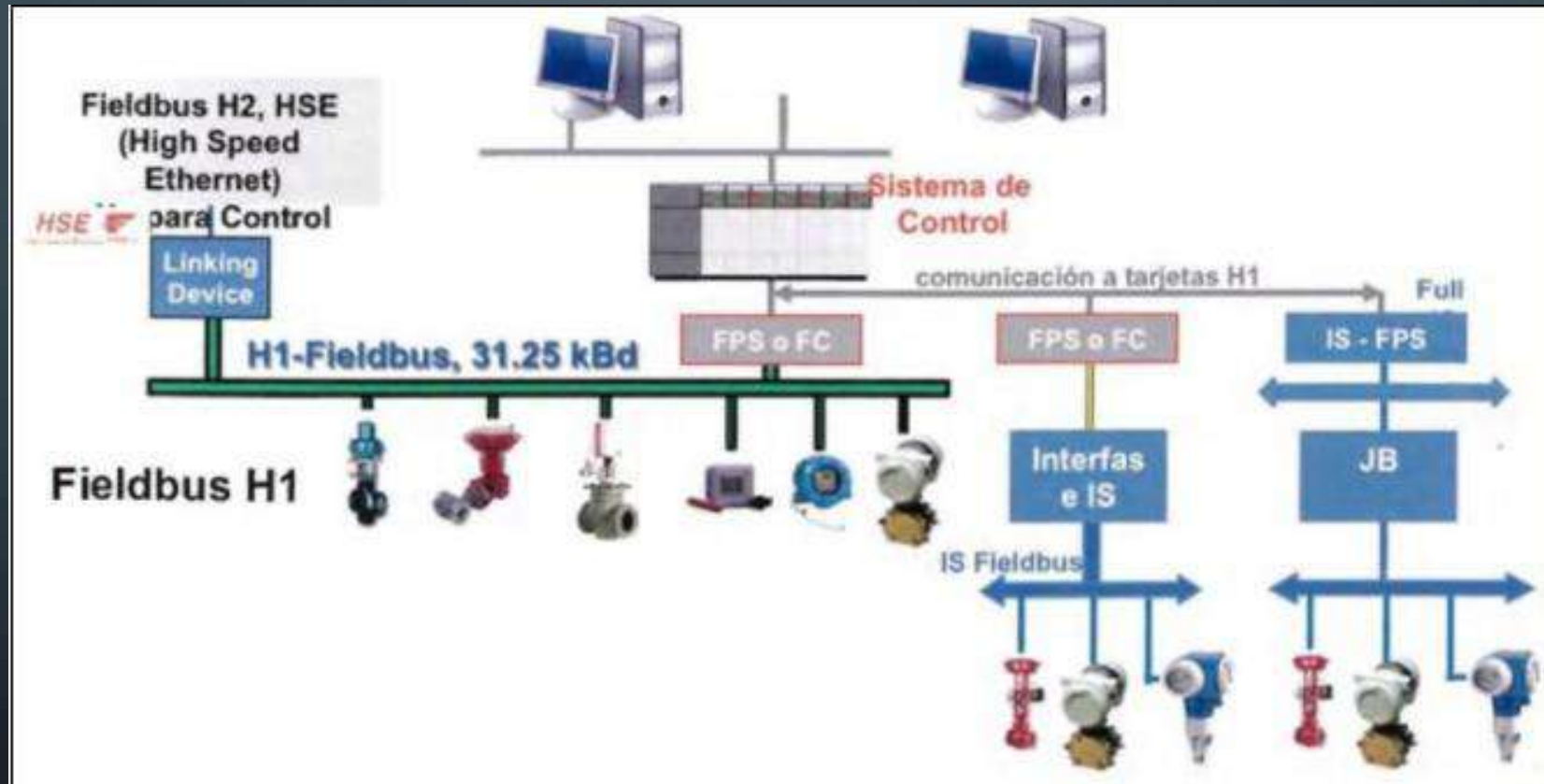
FIELDBUSS

- Fieldbus (Bus de Campo) es el nombre de una familia de protocolos industriales de redes informáticas utilizados para redes de control industrial en tiempo real, estandarizado como norma IEC 61158. Es una manera de conectar los instrumentos en una planta de fabricación. Fieldbus puede trabajar en estructuras de red que normalmente permite la conexión de topologías de red en cadena, estrella, anillo, ramas, árboles.

COMO FUNCIONA FIELDBUS

- Hay dos partes importantes de la arquitectura del sistema Fieldbus: la interconexión y aplicación. La interconexión se refiere a la transmisión de datos desde un dispositivo a otro, puede ser un dispositivo de campo, operador de consola o un configurador. Esta es la parte del protocolo de comunicación de bus de campo.
- La aplicación es la función de automatización que el sistema realiza. Mediante la estandarización de parte de la aplicación, Fieldbus ha ido más lejos que cualquier otro estándar de comunicación, garantizando la interoperabilidad entre los productos.

EJEMPLO DE CAMPO FIELDBUSS



INSTRUMENTACIÓN DE MEDICIÓN



QUE ES LA INSTRUMENTACIÓN DE MEDICIÓN

- Es el conjunto de ciencias y tecnologías mediante las cuales se miden cantidades físicas o químicas con el objeto de tener información para su archivo, evaluación o actuación sobre 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 tensiómetros, entre otros.

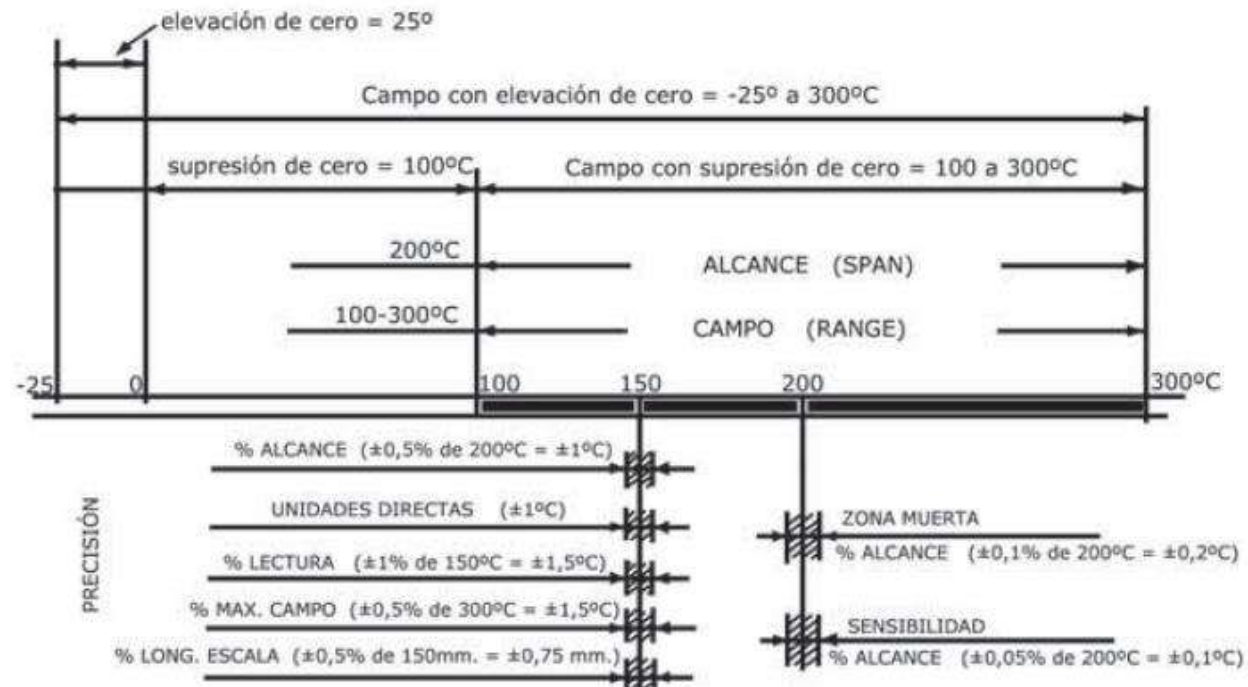
Transmisor.- en el campo de la instrumentación y control es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio que esta conectado al sensor mediante conductores eléctricos

- **Rango.-** se define como el intervalo comprendido entre el valor mínimo y el valor máximo que el instrumento puede medir, transmitir o indicar.
- **Linealidad.-** es la característica que define que tanto se acerca a 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.
- **Error.-** es la diferencia entre la salida real y la salida ideal. El error se puede expresar como un porcentaje de la lectura

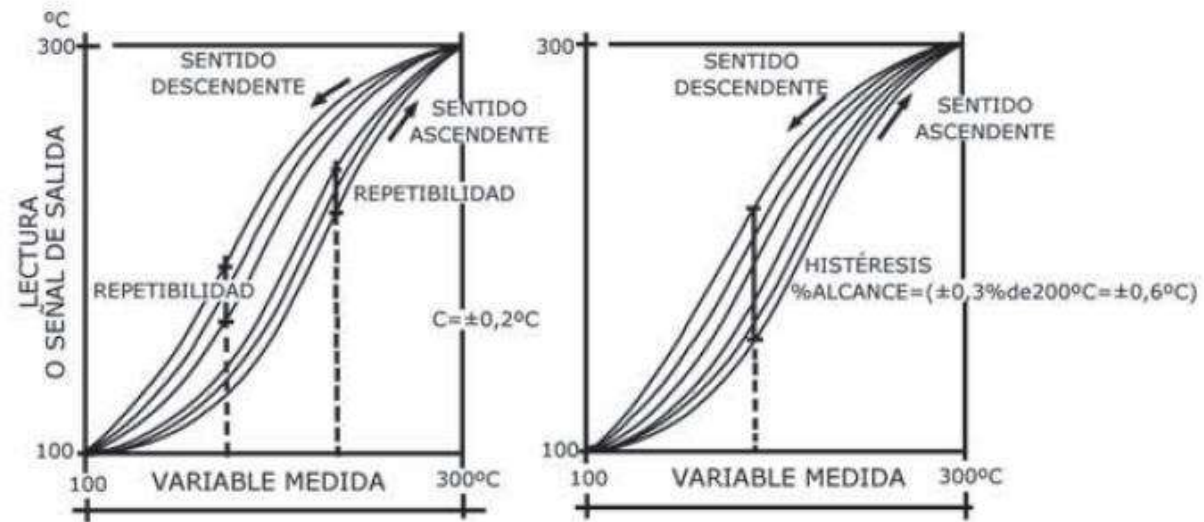
- **Sensor.**- es un dispositivo que, al partir de la energía del medio en el que se mide, proporciona una señal de salida transducible que es función de la magnitud que se pretende medir.
- **Exactitud.**-es la capacidad de un instrumento de medición de dar indicaciones que se aproximen al valor verdadero de la magnitud medida.
- **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 de corregir el error.
- **Transductores.**- reciben una señal de entrada en función de una o mas cantidades físicas y la convierten modificada a una señal de salida.

- **Zona muerta (DEAD ZONE O DEAD BAND).**- La zona muerta es el campo de valores de la variable operacional que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento; es decir, ante cambios de la magnitud de la variable operacional el instrumento no produce respuestas. Viene dado en tanto % del alcance de la medida.
- **Histéresis.**- La histéresis es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el instrumento para el mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la medición de la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente.

COMPORTAMIENTO DE VARIABLE



a - Campo, alcance, precisión, zona muerta, sensibilidad



b - Repetibilidad

c - Histéresis

NORMAS APLICADAS

- Las normas son indispensables para la referencia de un instrumento o de una función de sistema de control que e requiere para los propósitos de simbolización e identificación, algunas referencias son: diagramas de sistemas de instrumentación, diagramas lógicos, diagramas de flujo de procesos e identificación de instrumentos y funciones de control.

NORMAS ANSI-ISA

- El estándar ANSI/ISA-S5.1 nace el año de 1949, inicialmente fue una práctica recomendada y posteriormente se publica como estándar en 1984.
- El estándar tuvo desde su origen el propósito de uniformizar la identificación de instrumentos dentro de la automatización industrial; dicho estándar no ha permanecido estático, ya que constantemente está sujeto a nuevas revisiones que permiten actualizarlo y enriquecerlo. En el estándar ANSI/ISA-S5.1 se indican los procedimientos requeridos para la identificación, funciones y representación gráfica de la instrumentación de los sistemas de control.

NORMA BOLIVIANA NB/ISO 3511-3:2009

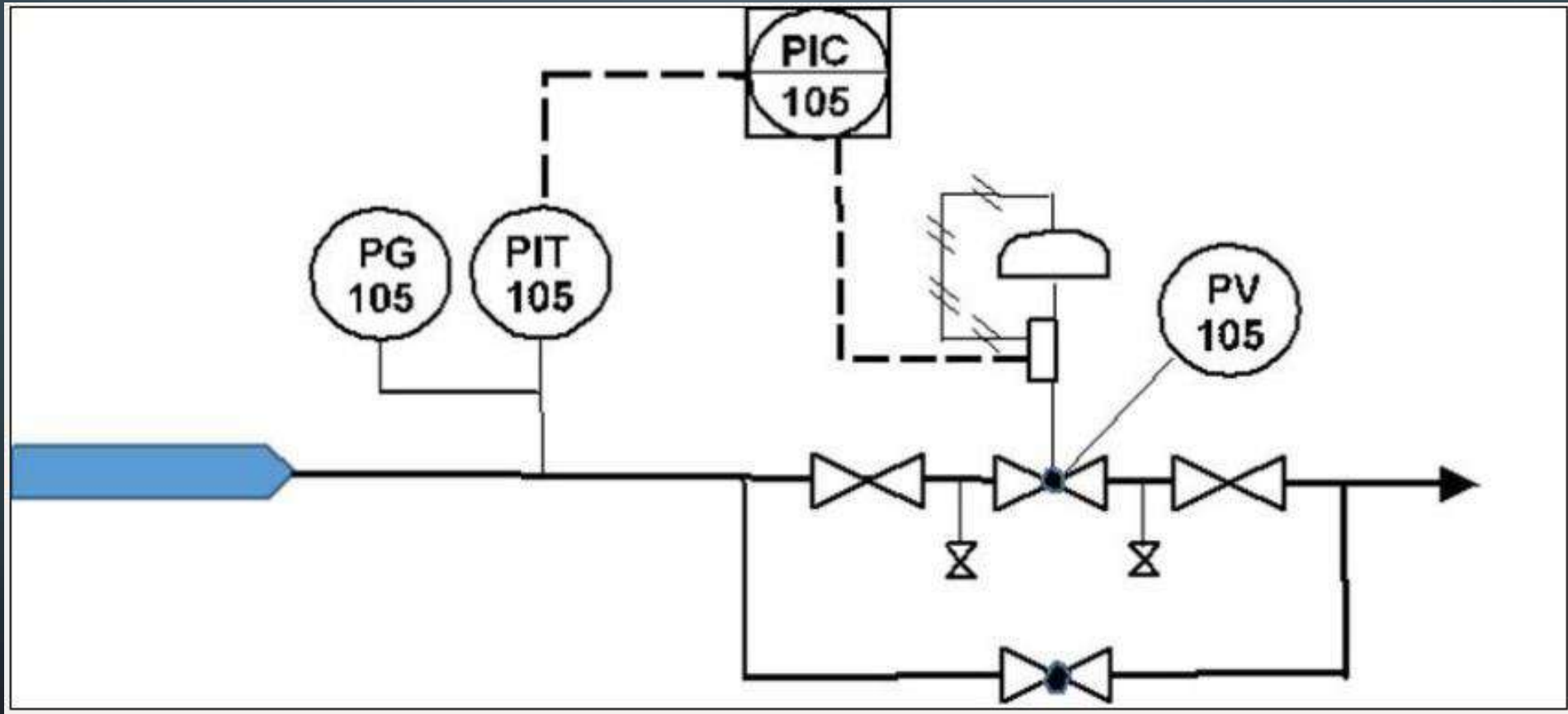
- ***Funciones e instrumentación para la medida y la regulación de los procesos industriales - Representación simbólica - Parte 3: Símbolos detallados para los diagramas de interconexión de instrumentos (Correspondiente a la norma ISO 3511-3:1984)***
- Alcance: especifica los símbolos de instrumentación que deben utilizarse para los diagramas de interconexión.

IDENTIFICACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN

- En el estándar ANSI/ISA-S5.1 se ilustran un número ilimitado de ejemplos para el diseño e identificación de los sistemas e instrumentos, así como su representación gráfica mediante símbolos.
- La identificación de un instrumento es una combinación de literales y números en donde a cada instrumento o función se le designa un código alfanumérico o número de identificación, de tal manera que de izquierda a derecha se tienen las literales y enseguida la numeración designada,

EJEMPLO

- El estándar especifica que para la identificación numérica de los instrumentos pertenecientes a un lazo de control es conveniente que la instrumentación asociada a ese lazo (abierto o cerrado) tenga esa misma numeración, es decir si en el lazo existe una válvula de control de presión con identificación PV-105, la instrumentación asociada deberá tener la numeración 105, por ejemplo el transmisor, el controlador y el indicador de presión local (manómetro) o un receptor eléctrico PI, indicado cerca de la válvula de control, quedando como PIT-105, PIC-105, PI-105 y PG-105,



INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA



INTRODUCCIÓN

- La medida de la temperatura es una de las más comunes y de las más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Casi todos los fenómenos físicos están afectados por ella. La temperatura se utiliza, frecuentemente, para inferir el valor de otras variables del proceso.

TIPOS DE INSTRUMENTOS

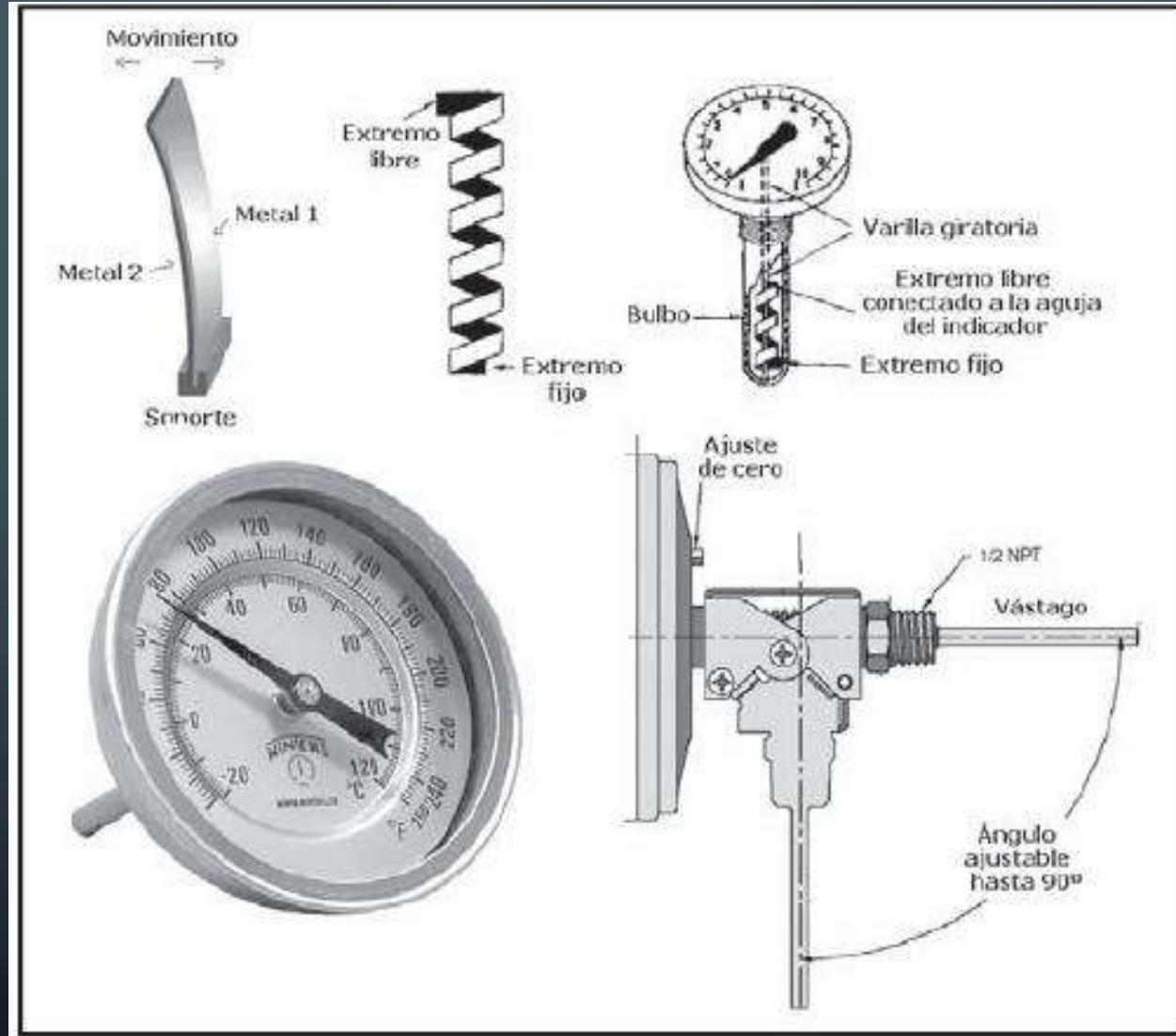
De este modo, se emplean los siguientes instrumentos: termómetros de vidrio

- Termómetros bimetálicos
- Elementos primarios de bulbo y capilar, gas o vapor
- Termómetros de resistencia
- Termopares
- Pirómetros de radiación
- Termómetros ultrasónicos
- Termómetros de cristal de cuarzo.

TERMÓMETRO BIMETÁLICO

- Los *termómetros bimetálicos* se fundamentan en el distinto coeficiente de dilatación de dos metales diferentes, tales como latón, monel o acero y una aleación de ferroníquel o Invar (35,5% de níquel) laminados conjuntamente. Las laminas bimetálicas pueden ser rectas o curvas, formando espirales o helices.

MONTAJE INTERNO



MODELO TERMÓMETRO BIMETÁLICO WIKA 0-160 °C



- El uso de termómetros bimetálicos es admisible para servicio continuo de 0 °C a 400 °C. Para indicación local se usan, preferiblemente, los termómetros bimetálicos de esfera orientable. De este modo, el operario puede leer la temperatura a distancia desde niveles distintos, al de la instalación.
- La exactitud del instrumento es de $\pm 1\%$ y su campo de medida es de -200 °C a +500 °C.

TERMÓMETROS DE BULBO Y CAPILAR

- Los *termómetros tipo bulbo y capilar* consisten, esencialmente, en un bulbo conectado por un capilar a una espiral. Cuando la temperatura del bulbo cambia, el gas o el líquido en el bulbo se expanden y la espiral *ende a desenrollarse*, moviendo la aguja sobre la escala para indicar la elevación de la temperatura en el bulbo.

CLASES DE TIPO DE TERMÓMETROS

- **Clase I.** Termómetros actuados por líquido
- **Clase II.** Termómetros actuados por vapor
- **Clase III.** Termómetros actuados por gas
- **Clase IV.** Termómetros actuados por mercurio

CLASE I TERMÓMETROS ACTUADOS POR LIQUIDO

Tienen el sistema de medición lleno de líquido y, como su dilatación es proporcional a la temperatura, la escala de medición resulta uniforme.

- Se utiliza como liquido un hidrocarburo inerte, el xileno (C_8H_{10}) y otros líquidos.
- El campo de medición de temperaturas varía entre $-75\text{ }^{\circ}C$ y $300\text{ }^{\circ}C$, dependiendo del tipo de líquido que se emplee.

CLASE II TERMÓMETROS ACTUADOS POR VAPOR

- Se basan en el principio de presión de vapor. Contienen un líquido volátil cuya interface se encuentra en el bulbo. Al subir la temperatura aumenta la presión de vapor del líquido.
- los líquidos que se utilizan son cloruro de metilo, anhídrido sulfuroso, butano, propano, hexano, éter metílico, cloruro de etilo, éter etílico, alcohol etílico y cloro benceno.
- La velocidad de respuesta es de 1 a 10 segundos. El campo de medición de temperaturas varía entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, dependiendo del tipo de líquido que se emplee.

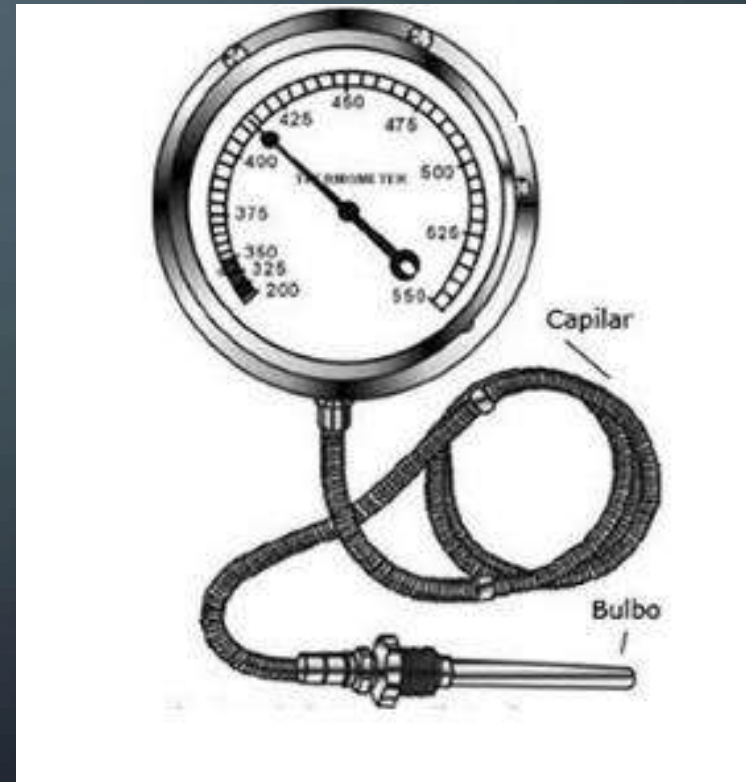
CLASE III TERMÓMETROS ACTUADOS POR GAS

- Están completamente llenos de gas. Al subir la temperatura, la presión de gas aumenta prácticamente de forma proporcional y, por lo tanto, estos termómetros tienen escalas lineales.
- La constante de tiempo de los termómetros de gas es de 1 a 4 segundos. Se utiliza como gas el nitrógeno, que es inerte y barato. A bajas temperaturas se emplea el helio. El campo de medición de temperaturas varía entre $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

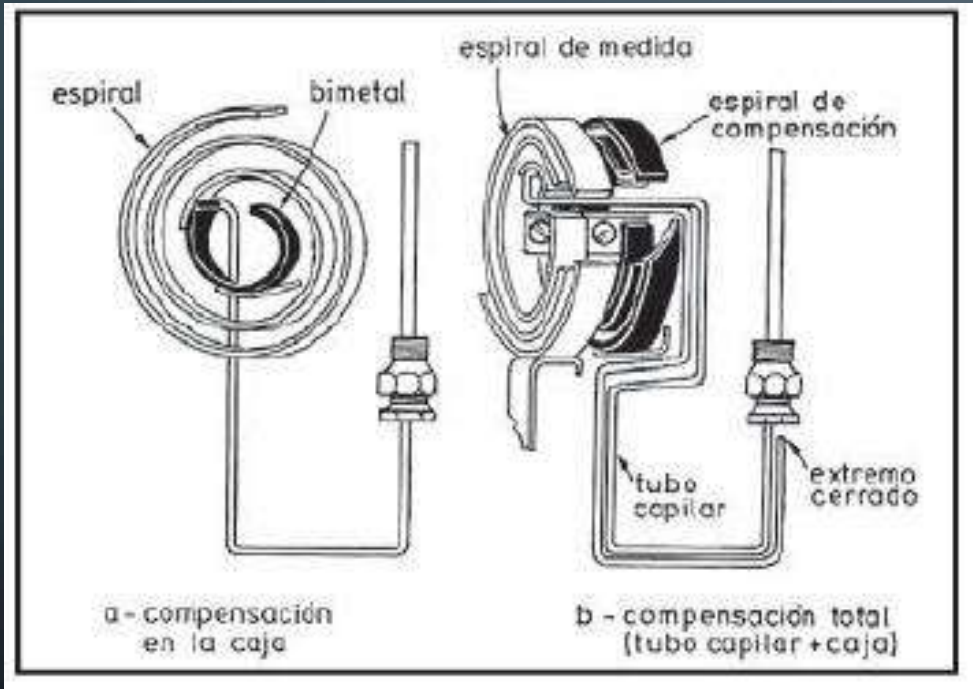
CLASE IV TERMÓMETROS ACTUADOS POR MERCURIO

- son similares a los termómetros actuados por líquido (clase I) y se caracterizan por su rápida respuesta, exactitud y potencia de actuación.
- El campo de medición de temperaturas varía entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

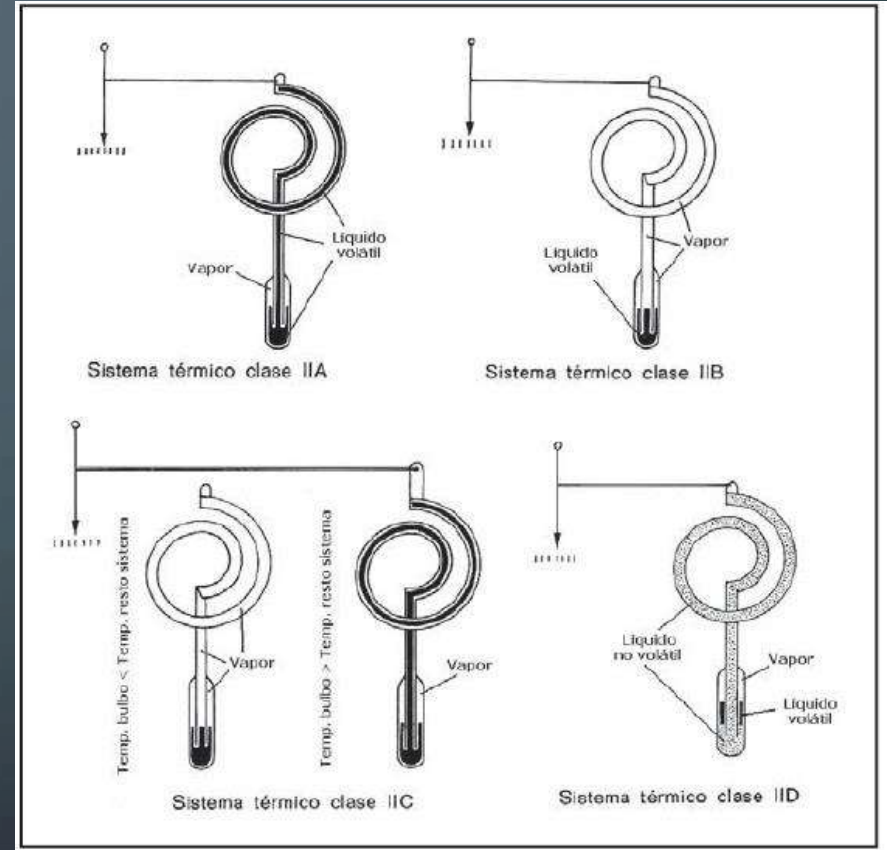
TERMÓMETRO BULBO Y CAPILAR



MONTAJE INTERNO



Actuado por liquido



Actuado por GAS

TERMÓMETROS DE RESISTENCIA

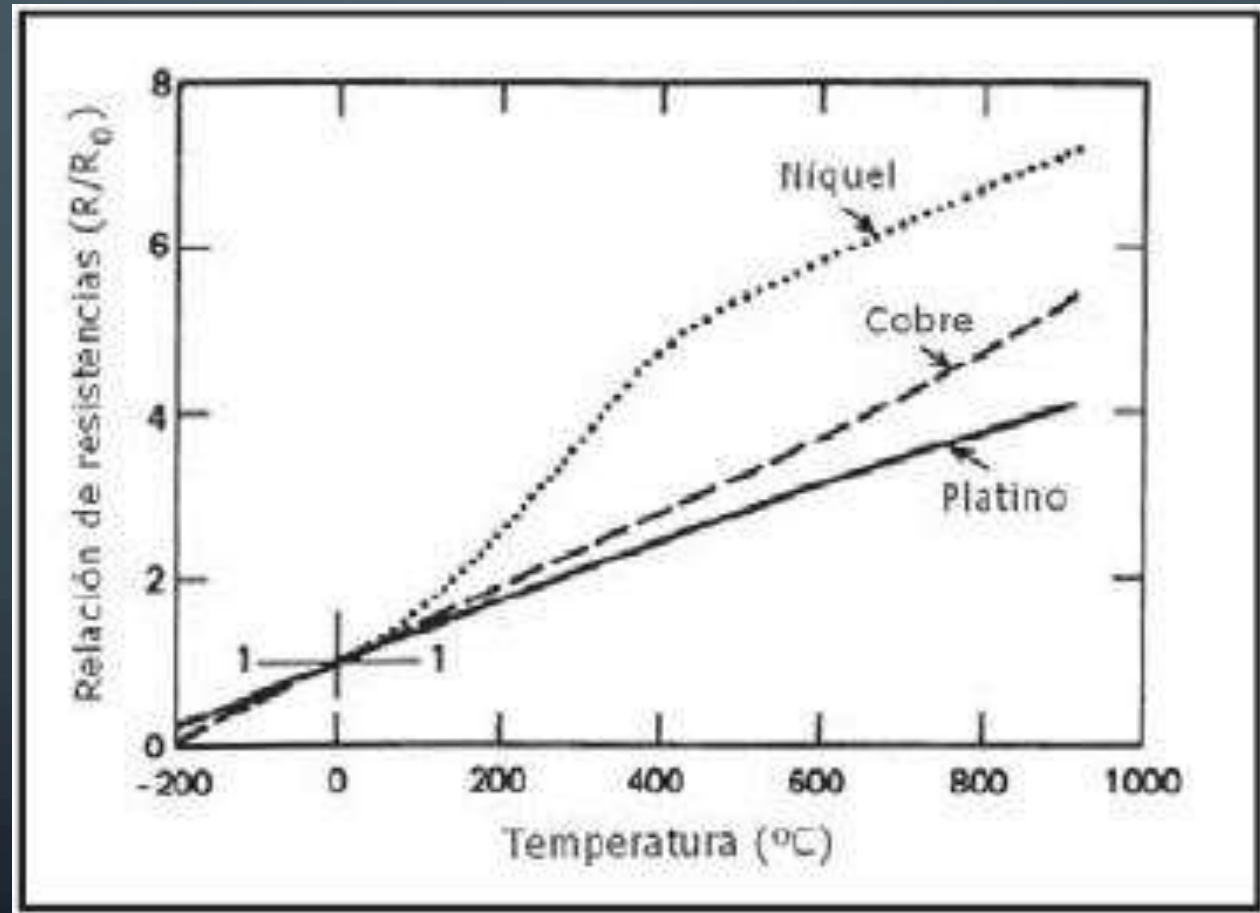
- La medida de temperatura utilizando sondas de resistencia depende de la variación de resistencia en función de la temperatura, que es propia del elemento de detección. El elemento consiste, usualmente, en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.

MATERIAL CONDUCTOR

- El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "*coeficiente de temperatura de resistencia*" que expresa, a una temperatura especificada, la variación de la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura.
- Los materiales que forman el conductor de la resistencia deben poseer las siguientes características:

- Alto coeficiente de temperatura de la resistencia, ya que de este modo el instrumento de medida será muy sensible.
- Alta resistividad, ya que cuanto mayor sea la resistencia a una temperatura dada tanto mayor será la variación por grado (mayor sensibilidad). Relación lineal resistencia-temperatura.
- Rigidez y ductilidad, lo que permite realizar los procesos de fabricación de estirado y arrollamiento del conductor en las bobinas de la sonda, a fin de obtener tamaños pequeños (rapidez de respuesta).
- Estabilidad de las características durante la vida útil del material.

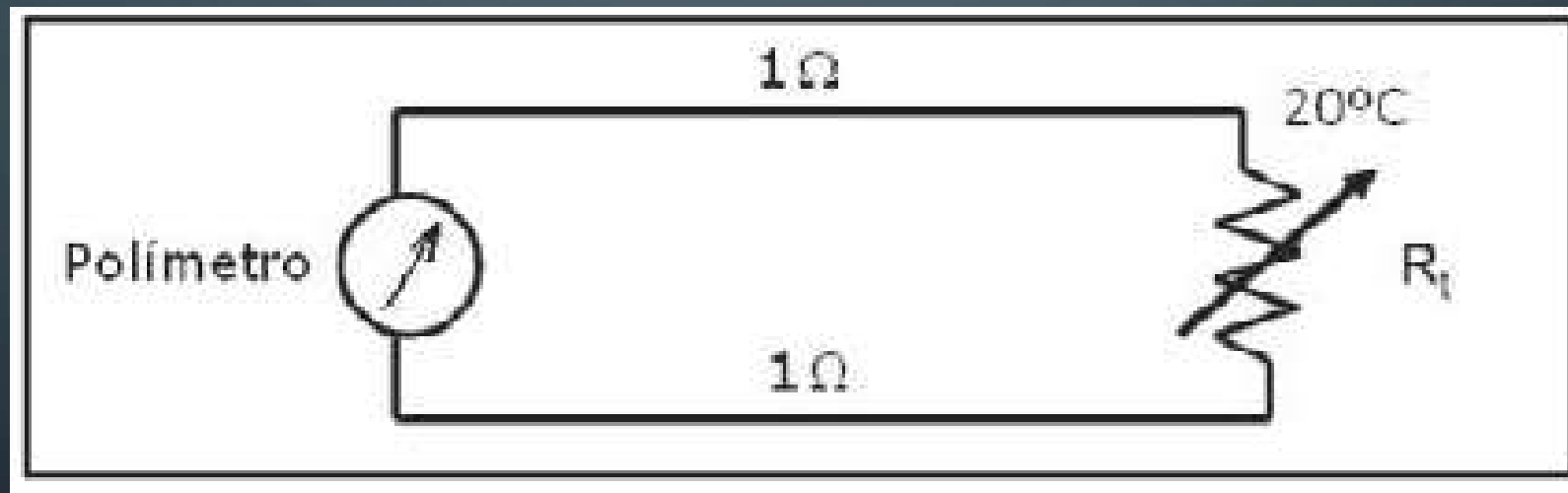
CURVAS DE RESISTENCIA RELATIVA METAL/TEMPERATURA



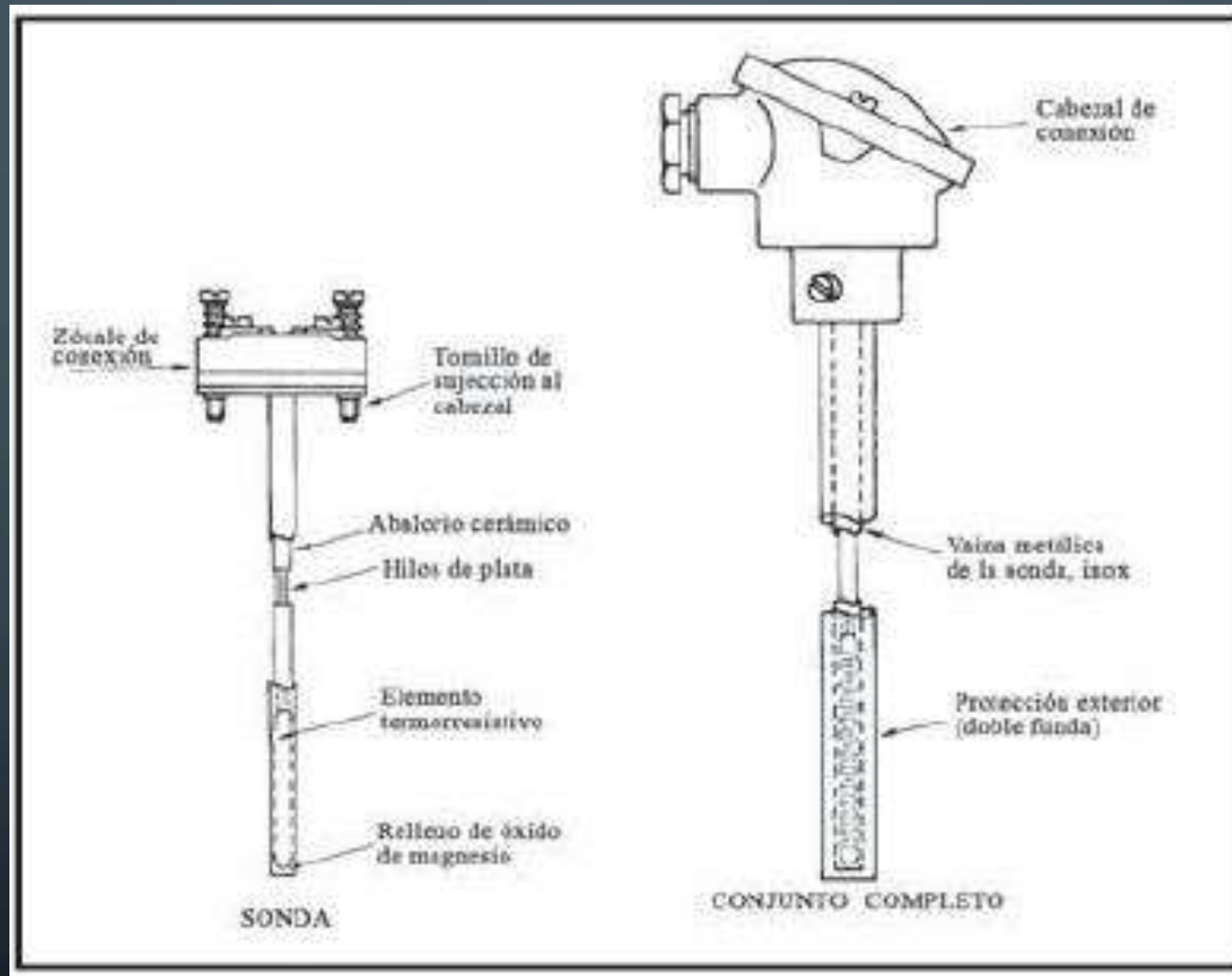
Características de sondas de resistencia

Elemento	Intervalo útil de temperaturas, °C	Resistencia básica	Sensibilidad ($\Omega/^\circ\text{C}$ de 0° a 100 °C)	Coefficiente, $\Omega/\Omega \times ^\circ\text{C}$	Ventajas	Desventajas
Platino	-260 a 850 °C (-436 a 1562 °F)	100 Ω a 0 °C 1000 Ω a 0 °C	0,39 3,90	0,0375 a 0,003927	Mayor intervalo Mejor estabilidad Buena linealidad	Coste
Cobre	-100 a 260 °C (-148 a 500 °F)	10 Ω a 25 °C	0,04	0,00427	Buena linealidad	Baja resistividad
Níquel	-100 a 260 °C (-148 a 500 °F)	100 Ω a 0 °C 120 Ω a 0 °C	0,62 0,81	0,00618 a 0,00672	Bajo coste Alta sensibilidad	Falta de linealidad, variaciones coeficiente de resistencia
Níquel-Hierro	-100 a 204 °C (-148 a 400 °F)	604 Ω a 0 °C 1000 Ω a 70 °F 1000 Ω a 70 °F	3,13 4,79 9,58	0,00518 a 0,00527	Bajo coste Muy alta sensibilidad	Relación reducida R_{100}/R_0

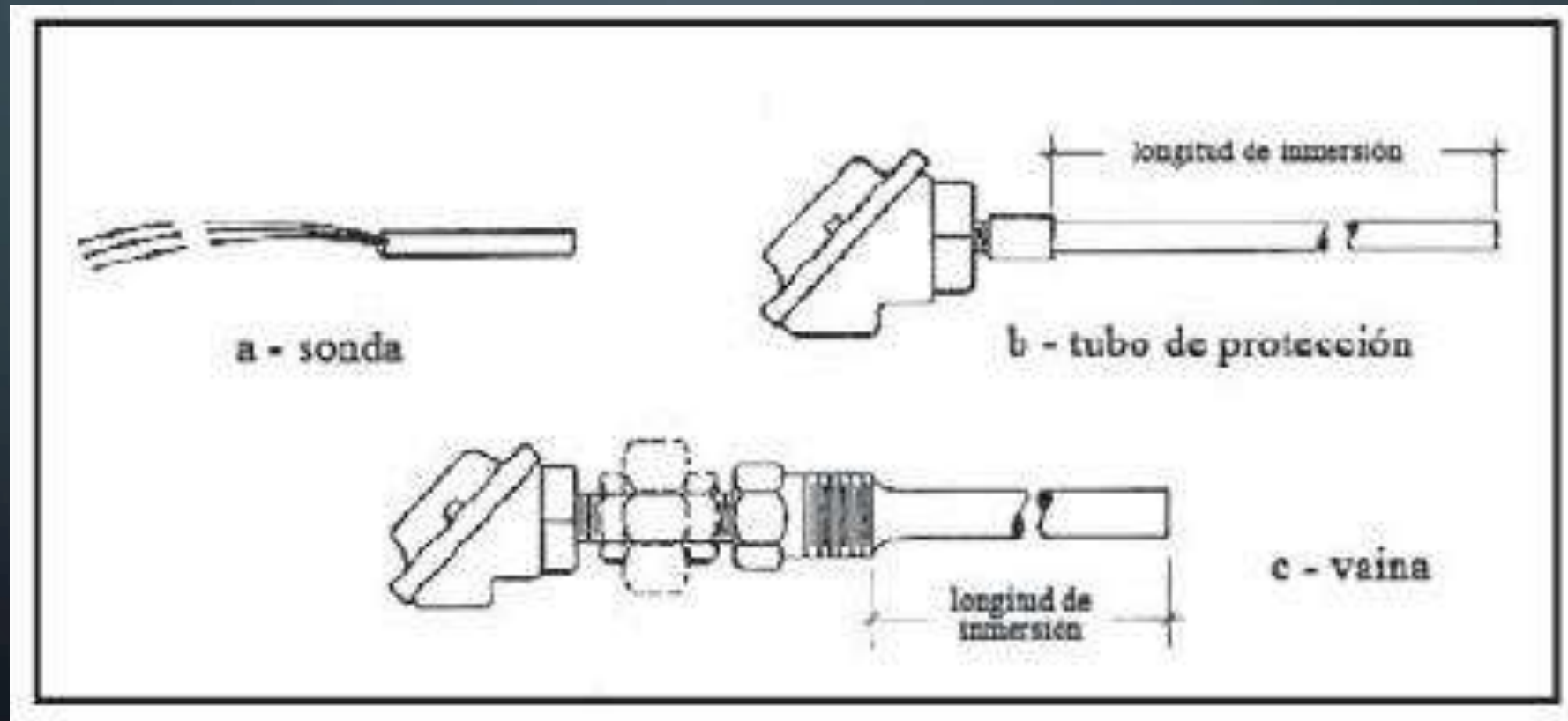
TERMO RESISTENCIA Y MEDICIÓN



PARTES DE UNA TERMO RESISTENCIA



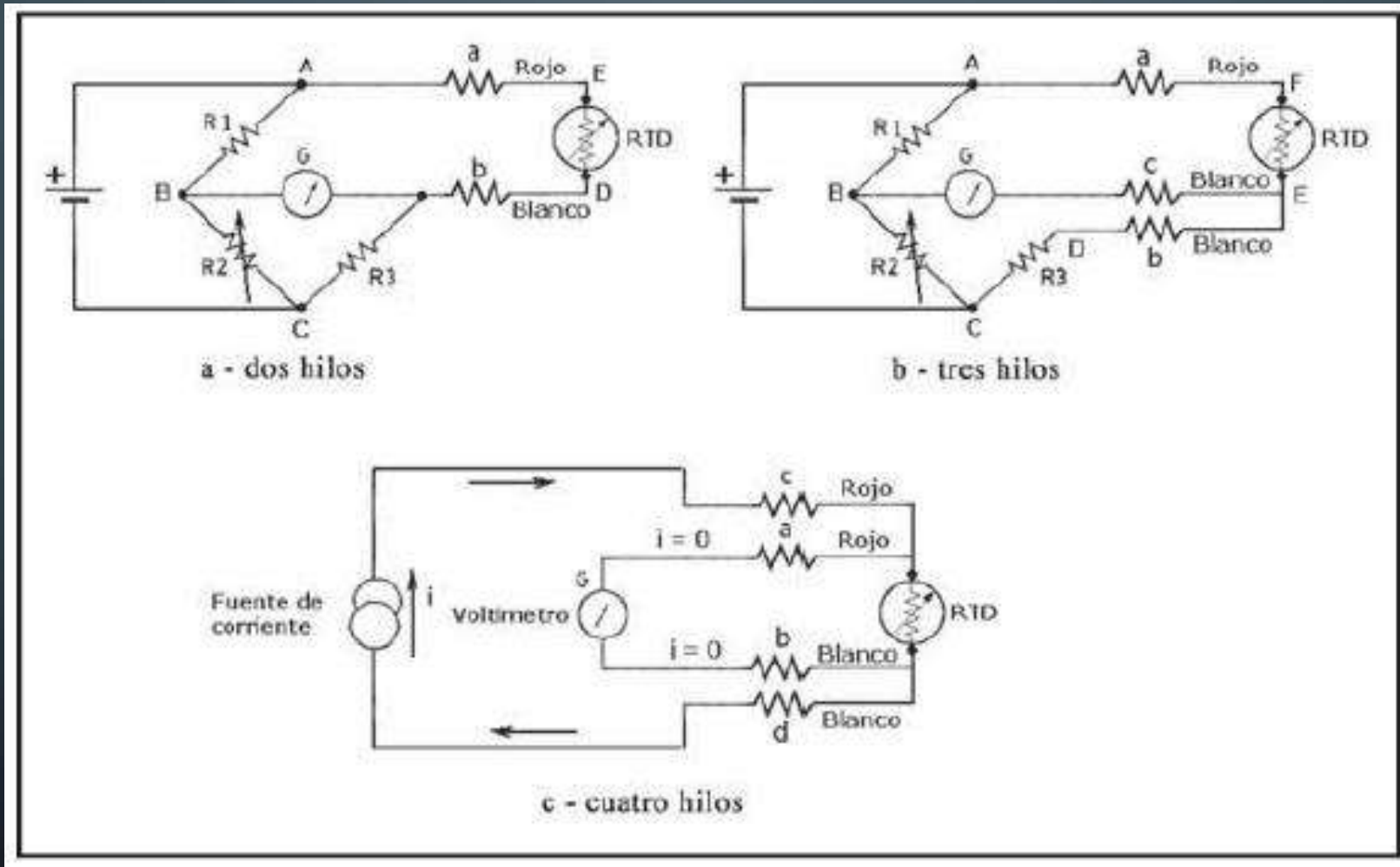
TIPO DE SONDAS Y CONEXIONES



PUENTE WHEATSTONE

- Un puente de Wheatstone consiste en un rectángulo formado por resistencias (o capacidades) cuyos extremos opuestos están conectados, uno a una fuente de tensión constante y el otro a un galvanómetro. Cuando por variación de una resistencia (la que está en contacto con el proceso), el galvanómetro detecta corriente nula, se dice que el puente está equilibrado.
- El puente de Wheatstone está dispuesto en montajes denominados de dos hilos, de tres hilos o de cuatro hilos, según sean los hilos de conexión de la sonda de resistencia al puente.

TIPO DE CIRCUITOS WHEATSTONE



DOS HILOS

- El *montaje de dos hilos* se emplea, pues, con resistencias moderadas del hilo de conexión y cuando la lectura no necesita ser demasiado exacta.

TRES HILOS

- En el *montaje de tres hilos* la sonda está conectada mediante tres hilos al puente. De este modo, la medida no es afectada por la longitud de los conductores ni por la temperatura, ya que ésta influye a la vez en dos brazos adyacentes del puente, siendo la única condición que la resistencia de los hilos a y b sea exactamente la misma.

CUATRO HILOS

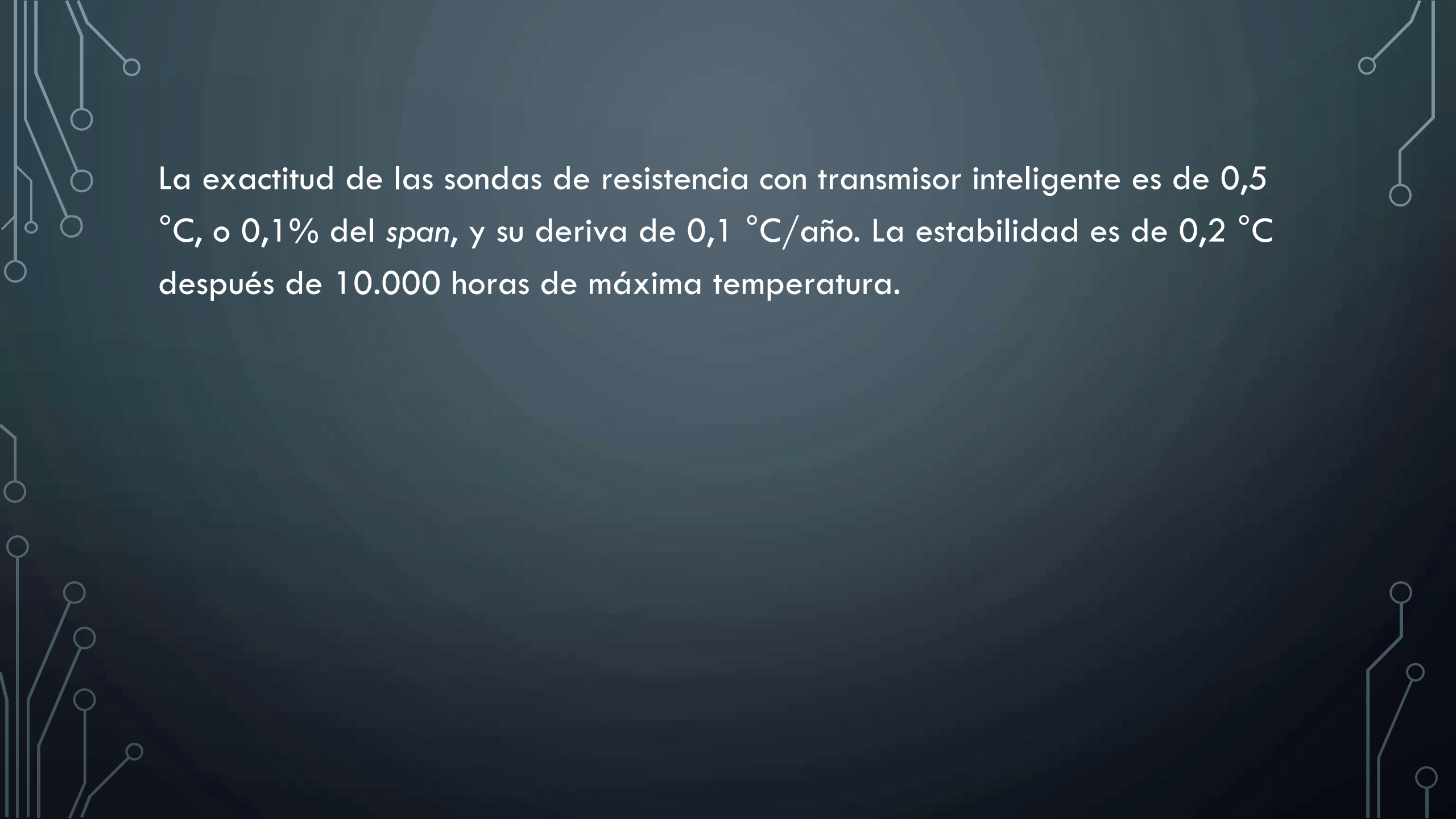
- En el *montaje de cuatro hilos* el puente se alimenta con una fuente de corriente constante, de modo que, independientemente de la resistencia de los hilos de conexión, la misma corriente circula por el detector. Las resistencias del puente son elevadas, con lo cual la corriente que circula por los brazos del puente es despreciable y se obtiene la máxima exactitud. El voltímetro indica la resistencia de la sonda y, por lo tanto, la temperatura del proceso.

MATERIALES DE AISLAMIENTO

Material de aislamiento	Intervalo útil de temperaturas	Observaciones
PVC	-10 °C a 105 °C	Buen aislamiento para entornos ligeros. Muy flexible y a prueba de agua.
PTFE	-75 °C a 250/300 °C	Resistente a aceites, ácidos y otros. Buena resistencia mecánica y flexibilidad.
Fibra de vidrio (barnizada)	-60 °C a 350/400 °C	No es impermeable a los fluidos. No ofrece una buena protección mecánica.
Fibra de vidrio (barnizada) de alta temperatura	-60 °C a 700 °C	Soporta temperaturas hasta 700 °C, pero no es impermeable a los fluidos. Bastante flexible pero no ofrece buena protección contra agentes físicos.
Fibra de cerámica	0 °C a 1000 °C	Soporta altas temperaturas hasta 1.000 °C. No protege contra fluidos o agentes físicos.
Fibra de vidrio con acero inoxidable protegido	-60 °C a 350/400 °C	Buena resistencia a los agentes físicos y a la alta temperatura (hasta 400 °C). No protege contra la entrada de fluidos.

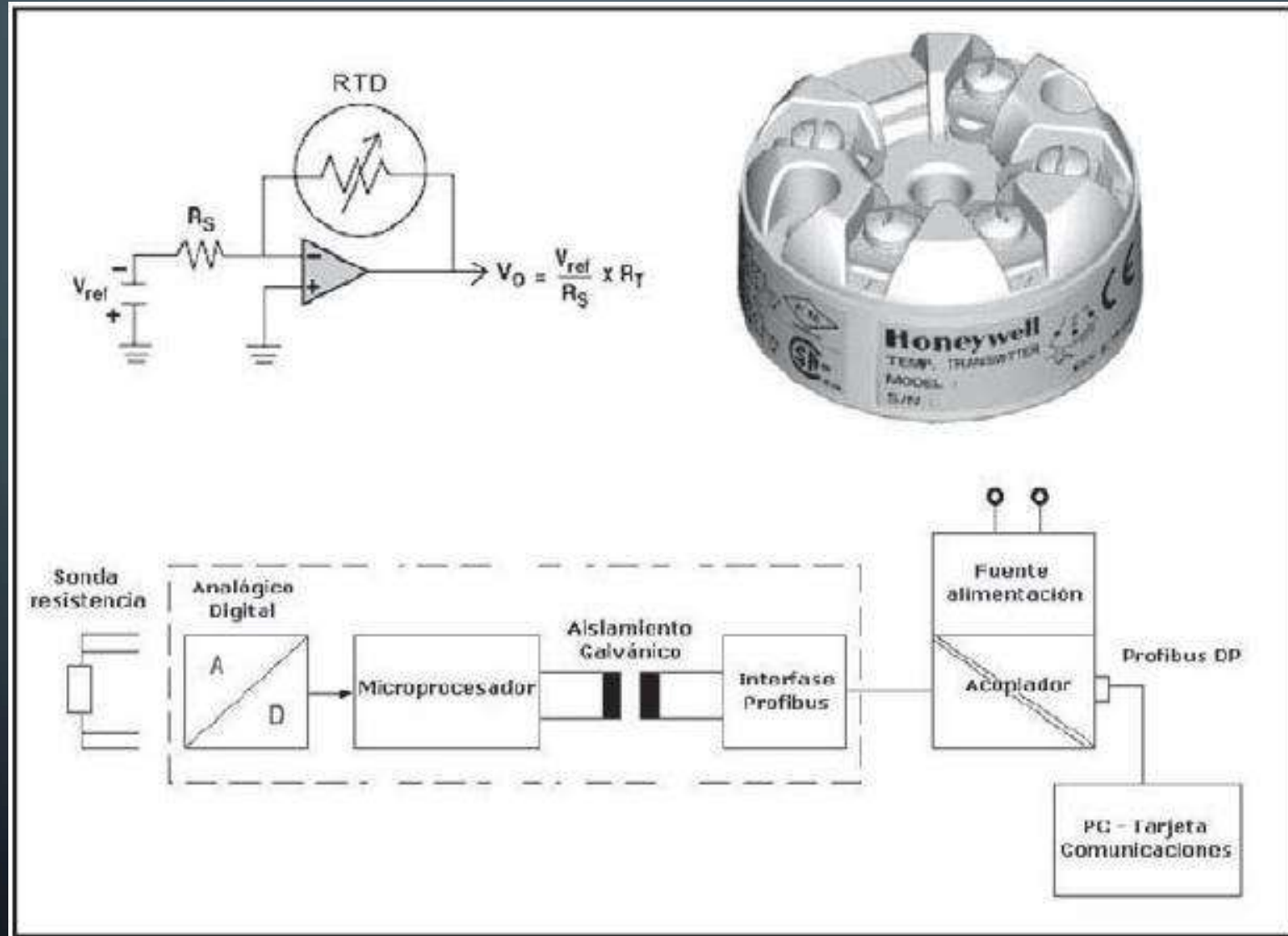
CONVERTIDOR O TRANSDUCTOR

- La adición de un convertidor o transductor permite obtener una tensión proporcional a la resistencia, que puede amplificarse. Añadiendo transmisión de datos vía bus se obtiene un **“TRASMISOR INTELIGENTE”** con la posibilidad del cambio automático del sensor o del campo de medida, la obtención por hardware o por software de diferentes características, etc.

The background is a dark blue gradient. In the four corners, there are white, stylized circuit board traces and nodes, resembling a PCB layout. These decorative elements are positioned in the top-left, top-right, bottom-left, and bottom-right corners, framing the central text.

La exactitud de las sondas de resistencia con transmisor inteligente es de 0,5 °C, o 0,1% del *span*, y su deriva de 0,1 °C/año. La estabilidad es de 0,2 °C después de 10.000 horas de máxima temperatura.

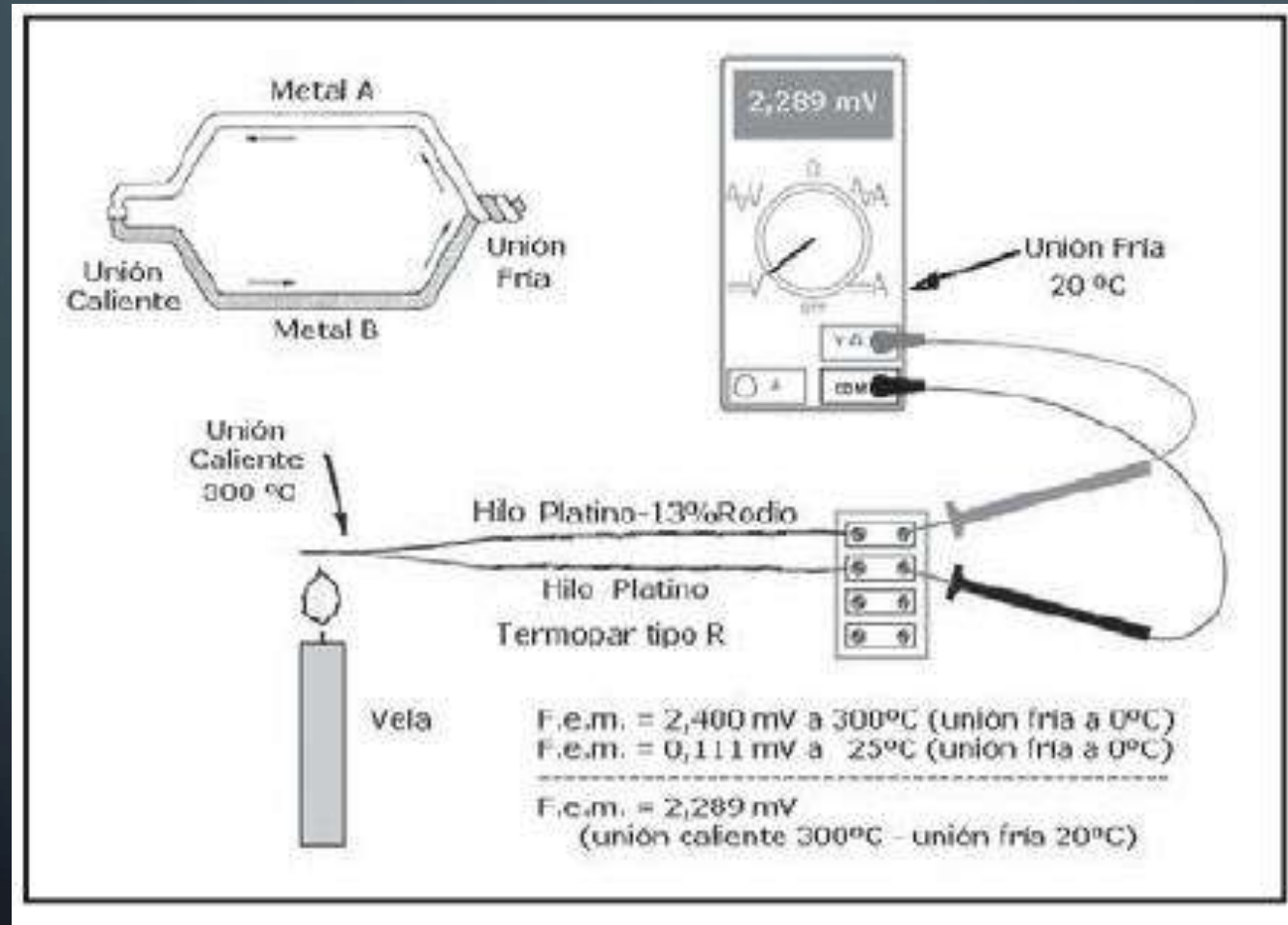
CONVERTIDOR DE TEMPERATURA O TRANSMISOR INTELIGENTE



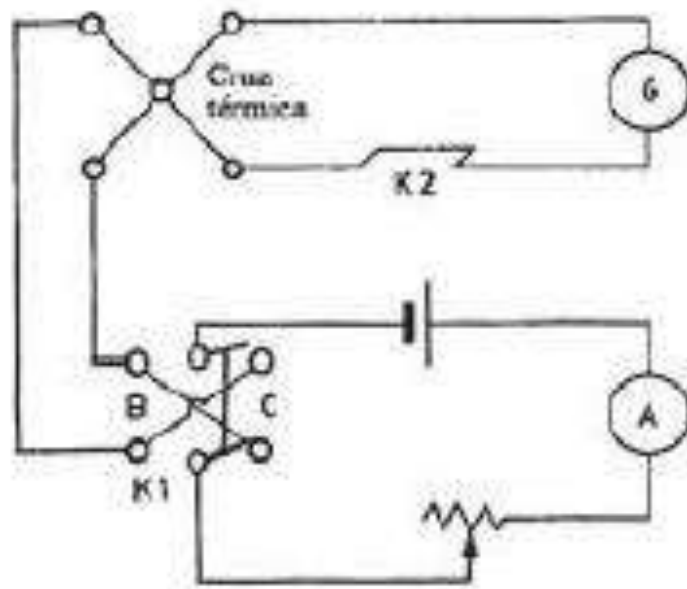
TERMOPAR

- El *termopar* se basa en el efecto, descubierto por Seebeck en 1821, de la circulación de una corriente en un circuito cerrado formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura
- Esta circulación de corriente obedece a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier (año 1834) que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de los metales distintos cuando una corriente circula a través de la unión y el efecto Thomson (año 1854), que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas.

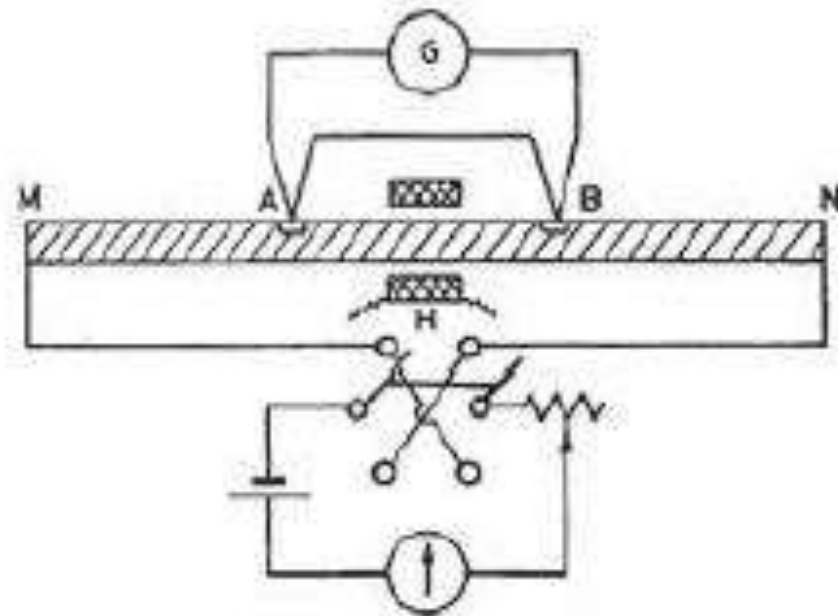
FUNCIONAMIENTO DE TERMOPAR



EFFECTO PELTIER Y THOMSON



a - Efecto Peltier



b - Efecto Thomson

- La combinación de los dos aspectos, el de Peltier y el de Thomson, es la causa de la circulación de corriente al cerrar el circuito en el termopar. Esta corriente puede calentar el termopar y afectar la exactitud en la medida de la temperatura, por lo que, durante la medición, debe hacerse mínimo su valor.

LEYES DE TERMOPARES

- Estudios realizados sobre el comportamiento de termopares han permitido establecer tres leyes fundamentales:

LEY DEL CIRCUITO HOMOGÉNEO

- En un conductor metálico homogéneo no puede sostenerse la circulación de una corriente eléctrica por la aplicación exclusiva de calor.

LEY DE LOS METALES INTERMEDIOS

- Si en un circuito de varios conductores la temperatura es uniforme desde un punto de soldadura A a otro punto B , la suma algebraica de todas las fuerzas electromotrices es totalmente independiente de los conductores metálicos intermedios y es la misma que si se pusieran en contacto directo A y B .

LEY DE LAS TEMPERATURAS SUCESIVAS

- La f.e.m. generada por un termopar con sus uniones a las temperaturas $T1$ y $T3$ es la suma algebraica de la f.e.m. del termopar con sus uniones a $T1$ y $T2$, y de la f.e.m. del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas $T2$ y $T3$.

- Por estas leyes, se hace evidente que en el circuito se desarrolla una pequeña tensión continua, proporcional a la temperatura de la unión de medida, siempre que haya una diferencia de temperaturas con la unión de referencia.

TIPOS DE TERMOPARES

- Los termopares mas comunes son:

TERMOPAR TIPO E

- de Níquel-Cromo (cromel)/Cobre-Níquel (constantan). Puede usarse en vacío o en atmósfera inerte o medianamente oxidante o reductora. Este termopar posee la f.e.m. más alta por variación de temperatura. Es adecuado para temperaturas entre $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+900\text{ }^{\circ}\text{C}$. Alta sensibilidad ($68\text{ V}/^{\circ}\text{C}$).

TERMOPAR TIPO T

- de Cobre/Cobre-Níquel (constantán). Tiene una elevada resistencia a la corrosión por humedad atmosférica o condensación y puede utilizarse en atmósferas oxidantes o reductoras. Se prefiere, generalmente, para las medidas de temperatura entre $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+260\text{ }^{\circ}\text{C}$.

TERMOPAR TIPO J

- de Hierro/Cobre-Níquel (constantan). Es adecuado en atmósferas inertes y para temperaturas entre $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$. La oxidación del hilo de hierro aumenta rápidamente por encima de $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo necesario un mayor diámetro del hilo hasta una temperatura límite de $750\text{ }^{\circ}\text{C}$. También es necesario tomar precauciones a temperaturas inferiores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ debido a la
- condensación del agua sobre el hierro.

TERMOPAR TIPO K

- de Níquel-Cromo (cromel) /Níquel-Aluminio (alumel). Se recomienda en atmósferas oxidantes y a temperaturas de trabajo entre $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $1.250\text{ }^{\circ}\text{C}$. No debe ser utilizado en atmósferas reductoras ni sulfurosas, a menos que esté protegido con un tubo de protección. Se utiliza para temperaturas entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $1.100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

TERMOPAR TIPO R

- (Platino-13% Rodio/Platino). Se emplea en atmósferas oxidantes y temperaturas de trabajo de hasta 1.500 °C. Es más estable y produce una f.e.m. mayor que el tipo S. Poca sensibilidad (10 V/°C).

TERMOPAR TIPO S

- (Platino-10% Rodio/Platino), de características similares al tipo R. Poca sensibilidad ($10 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$).

TERMOPAR TIPO B

- (Platino-30% Rodio/Platino-6% Rodio), adecuado para altas temperaturas hasta los 1.800°C . Poca sensibilidad ($10 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$).

TERMOPAR TIPO N

- (84,6% Níquel-14% Cromo-1,4% Silicio)/(95,6% Níquel-0,4% Silicio).
Protegido con aislamiento de óxido de berilio y camisa de molibdeno y de tantalio, se emplea en atmósferas inertes o en vacío a las temperaturas de trabajo de 0 °C a 2316 °C. Se utiliza, cada vez con mayor frecuencia, para sustituir al tipo K, presentando una mejor estabilidad y una mejor resistencia a la oxidación a altas temperaturas.

TERMOPAR TIPO D

- (Tungsteno-3% Renio/Tungsteno-25% Renio) (ASTME 988), con temperaturas de trabajo entre 0 °C y 2495 °C.

TERMOPAR TIPO C

- (Tungsteno-5% Renio/Tungsteno-26% Renio) (ASTME 988), con temperaturas de trabajo entre 0 °C y 2320 °C.

TERMOPAR TIPO G

- (Tungsteno/Tungsteno-26% Renio), con temperaturas de trabajo entre 0 °C y 2320 °C.

TERMOPAR TIPO L

- (Hierro/Cobre-Níquel) (DIN 43710), similar al tipo J, con temperaturas de trabajo entre -200 °C y +900 °C.

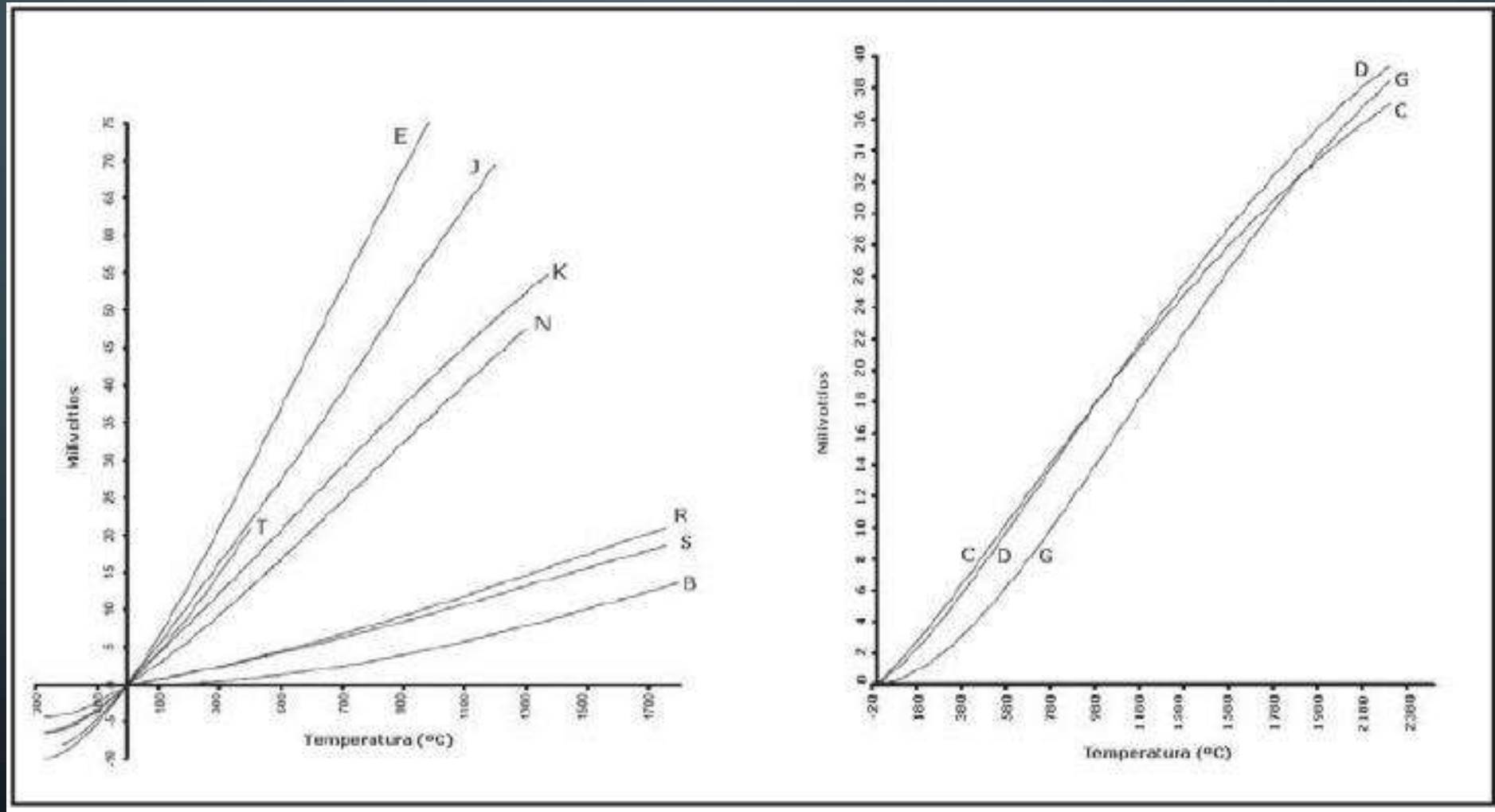
TERMOPAR TIPO U

- (Cobre/Cobre-Níquel) (DIN 43710), similar al tipo T, con temperaturas de trabajo entre $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

TOLERANCIA Y TEMPERATURA DE TRABAJO

TERMOPAR	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	Temperaturas de trabajo
Tipo E Ni Cr/Cu Ni	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.004 \times t)$ -40°C a 800°C	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0075 \times t)$ -40°C a 900°C	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0015 \times t)$ -200°C a 40°C	-200 a 915 °C
Tipo T Cu/Cu Ni	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.004 \times t)$ -40°C a 350°C	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0075 \times t)$ -40°C a 350°C	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0015 \times t)$ -200°C a 40°C	-200 a +400 °C
Tipo J Fe/Cu Ni	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.004 \times t)$ -40°C a 750°C	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0075 \times t)$ -40°C a 750°C	-----	-200 a +1200 °C
Tipo K Ni Cr/Ni Al	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.004 \times t)$ -40°C a 1000°C	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0075 \times t)$ -40°C a 1200°C	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0015 \times t)$ -200°C a 40°C	-200 a +1372 °C
Tipo R Pt13%Rh/Pt	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ ó $(1+0.003(t-1100))$ 0°C a 1600°C	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0025 \times t)$ 0°C a 1600°C	-----	-50 a +1768 °C
Tipo S Pt10%Rh/Pt	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ ó $(1+0.003(t-1100))$ 0°C a 1600°C	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0025 \times t)$ 0°C a 1600°C	-----	-50 a +1768 °C
Tipo B Pt30%Rh/Pt6%Rh	-----	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0025 \times t)$ 600°C a 1700°C	$\pm 4^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.005 \times t)$ 600°C a 1700°C	0 a 1820 °C
Tipo N Ni Cr Si/Ni Si Mg	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.004 \times t)$ 40°C a 1000°C	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0075 \times t)$ -40°C a 1200°C	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ó $\pm(0.0015 \times t)$ -200°C a 40°C	-270 a 1300 °C

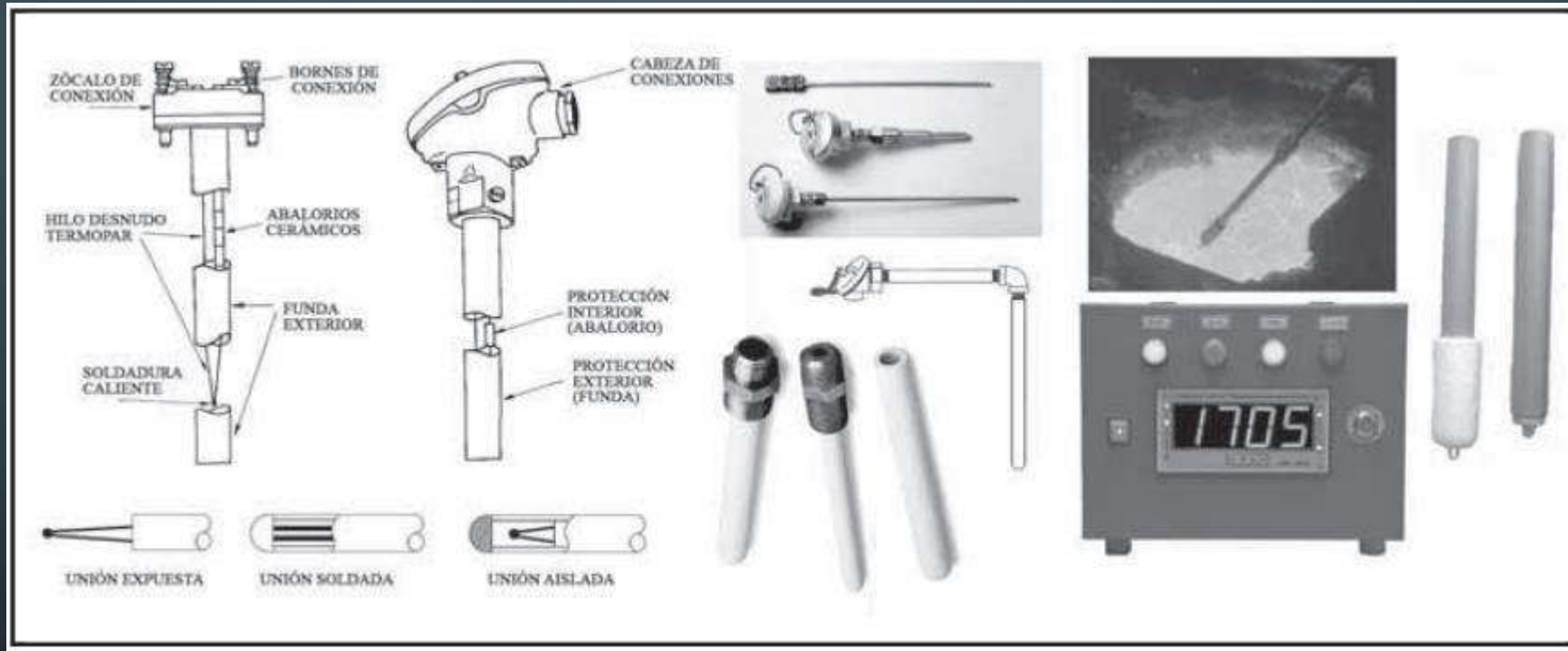
CURVA DE TIPO DE TERMOPARES



MODELO FÍSICO DE UN TERMOPAR



TUBOS DE PROTECCIÓN Y VAINAS

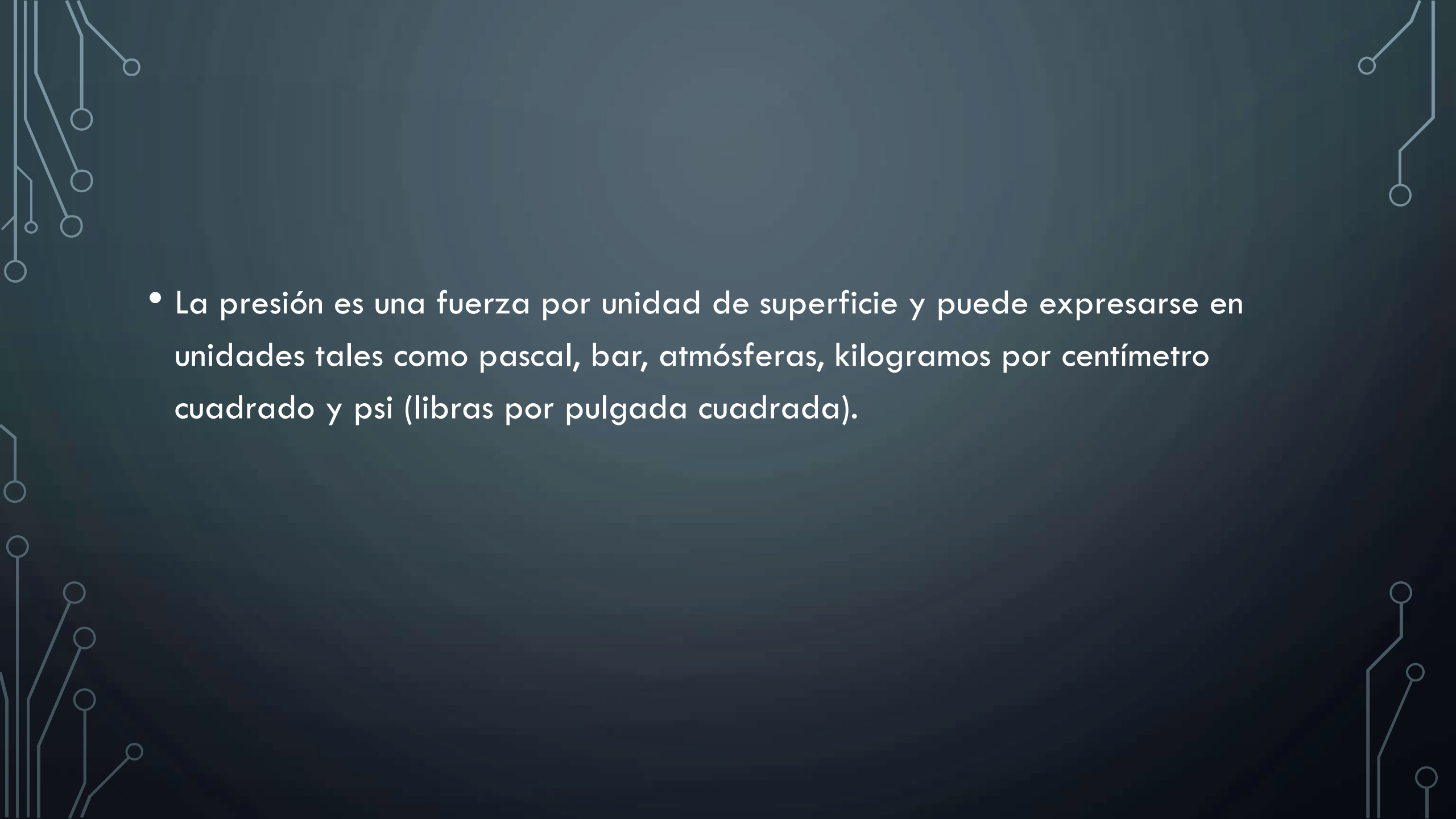


- Los cables de extensión son conductores con propiedades eléctricas similares a las del termopar a las temperaturas límites que pueden encontrarse en el proceso (0-200 °C) y son más económicos.

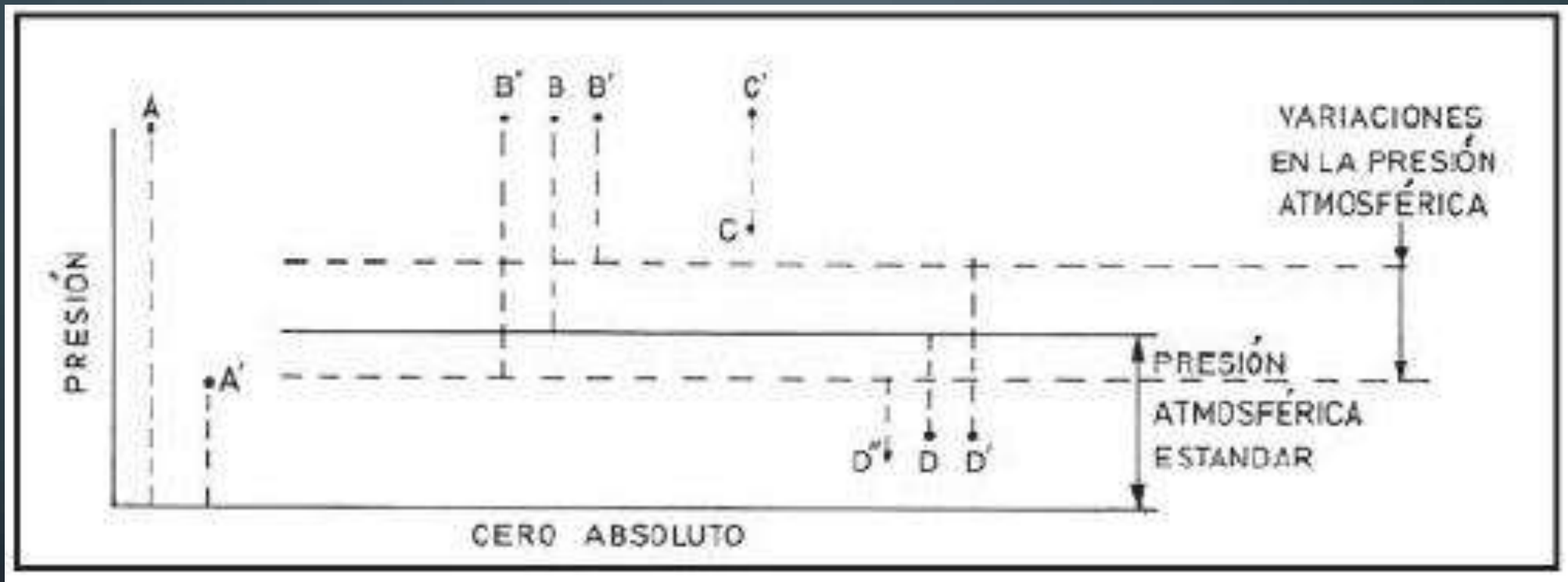
- El termopar es susceptible al ruido eléctrico industrial debido a que durante su funcionamiento puede generar tensiones de 2 a 50 mV y se encuentra en un entorno donde las grandes máquinas eléctricas (motores, etc.) pueden crear cientos de milivoltios en el cable de conexión y las interferencias electromagnéticas de los teléfonos móviles pueden causar señales erráticas, incluso aunque el termopar se ponga a tierra o se aíse.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN



- 
- La presión es una fuerza por unidad de superficie y puede expresarse en unidades tales como pascal, bar, atmósferas, kilogramos por centímetro cuadrado y psi (libras por pulgada cuadrada).

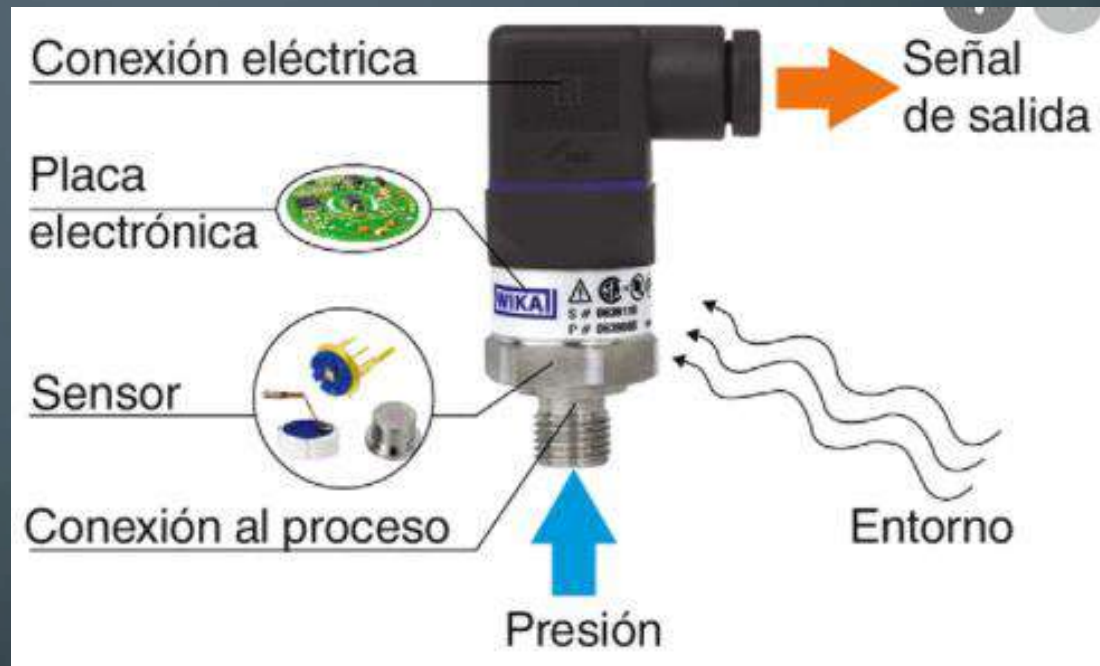
- **Presión absoluta** que se mide con relación al cero absoluto de presión (puntos A y A').
- **Presión atmosférica** es la presión ejercida por la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro. A nivel del mar, esta presión es próxima a 760 mm (29,9 pulgadas) de mercurio absolutos.
- **Presión relativa** que es la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica del lugar donde se realiza la medición.
- **Presión diferencial** es la diferencia entre dos presiones, puntos C y C'.
- **Vacío** es la diferencia de presiones entre la presión atmosférica existente y la presión absoluta, es decir, es la presión medida por debajo de la atmosférica (puntos D, D' y D"). Viene expresado en mm columna de mercurio, mm columna de agua o pulgadas de columna de agua. Las variaciones de la presión atmosférica influyen considerablemente en las lecturas del vacío.



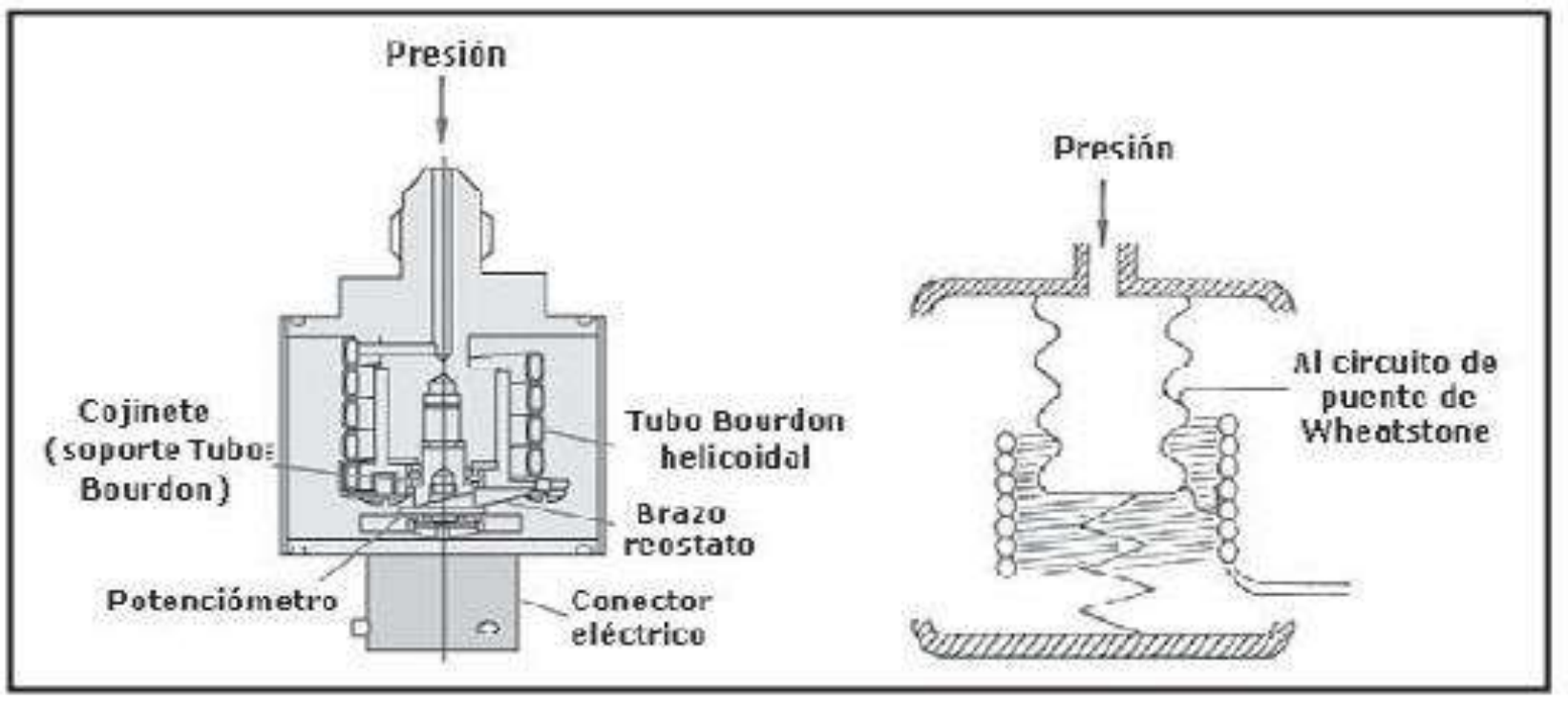
TRANSMISORES DE PRESIÓN

- Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico combinado con un transductor eléctrico, que genera la correspondiente señal eléctrica.
- Los elementos electromecánicos se clasifican según el principio de funcionamiento en los siguientes tipos: resistivos, magnéticos, capacitivos, extenso métricos y piezoeléctricos.

RESISTIVOS



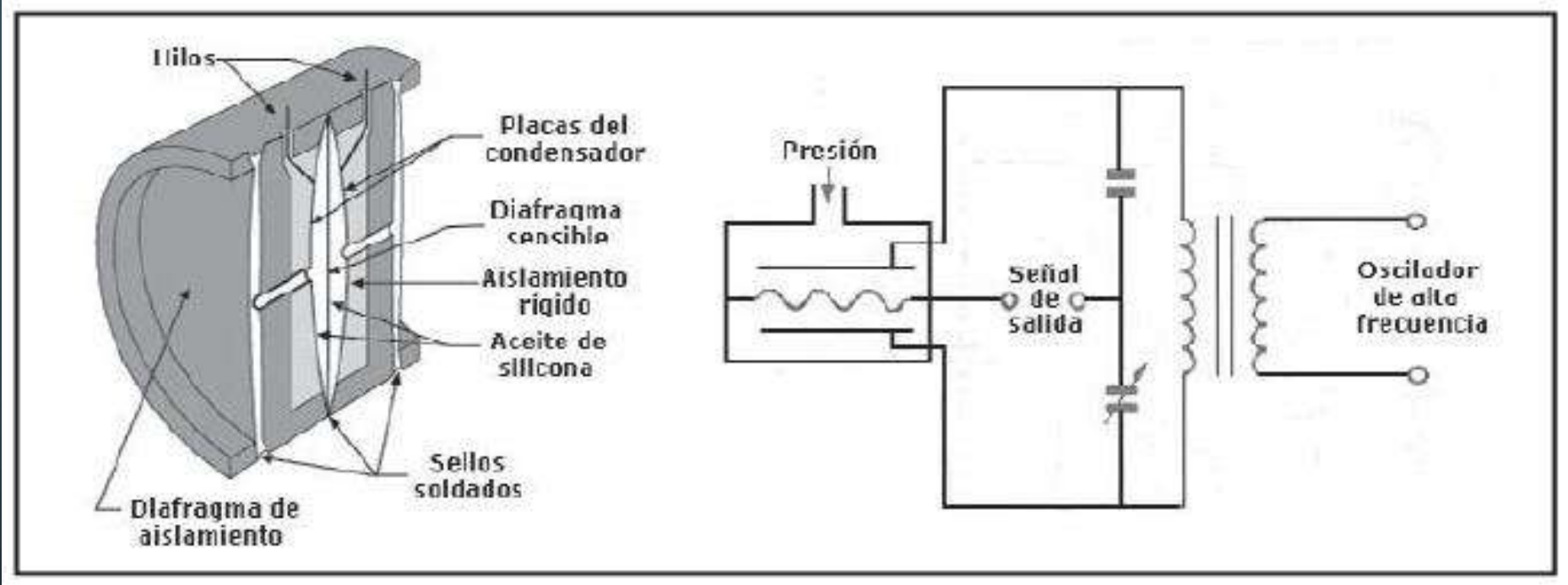
- Están constituidos de un elemento elástico (tipo Bourdon o cápsula) que varía la resistencia óhmica de un potenciómetro en función de la presión. El potenciómetro puede adoptar la forma de un sólo hilo continuo, o bien estar arrollado a una bobina siguiendo un valor lineal o no de resistencia.



SENSORES CAPACITIVOS



- Se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. La placa móvil ene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas.
- De este modo, se tienen dos condensadores uno de capacidad fija o de referencia y el otro de capacidad variable, que pueden compararse en circuitos oscilantes o bien en circuitos de puente de Wheatstone alimentados con corriente alterna.

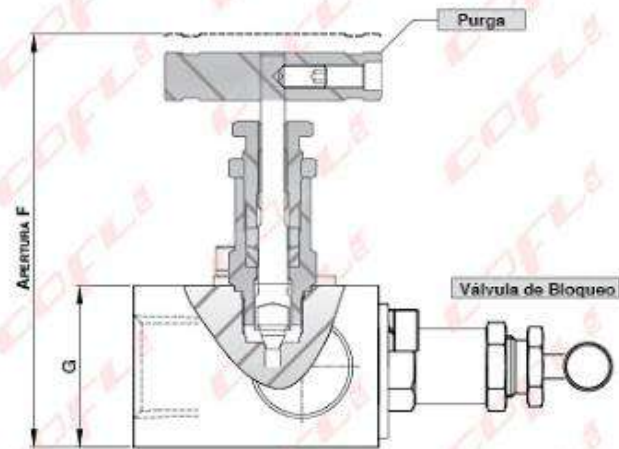
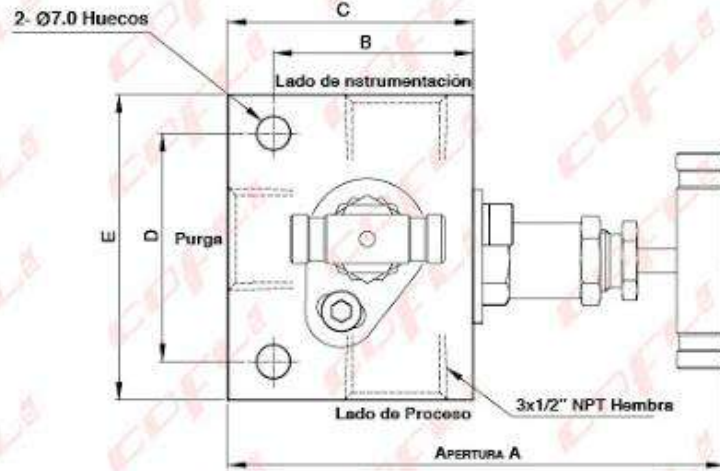


MANIFOLD

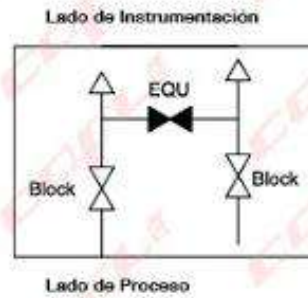
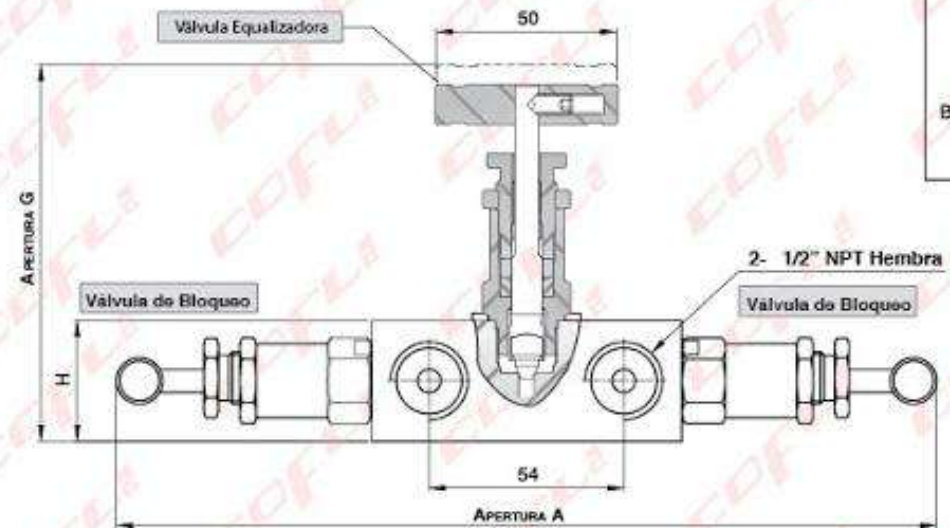
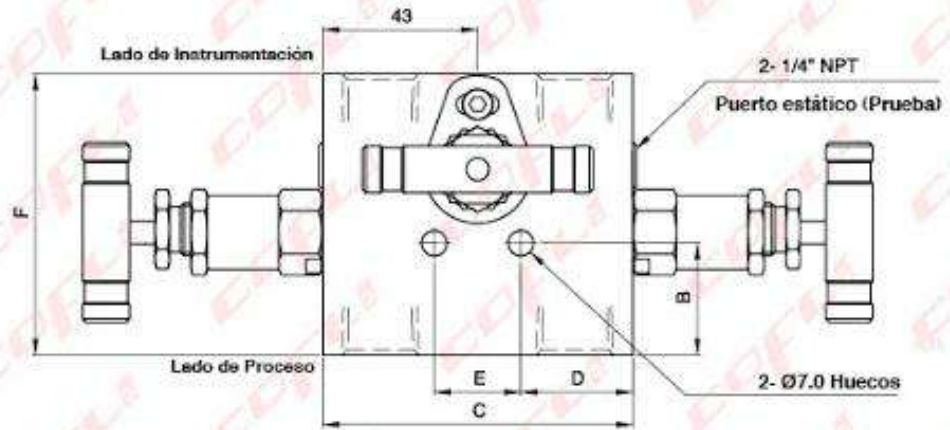


- Los manifolds son elementos que se utilizan tanto para aislamiento de instrumentos (2 válvulas) como en aplicaciones de presión diferencial (3 o 5 válvulas). En el aislamiento de instrumentos son especialmente útiles pues incorporan la válvula de corte y la de purga en un solo bloque, lo cual previene fugas en las uniones. En cuanto a los manifolds que son utilizados en sistemas de presión diferencial, la ventaja de incorporar en un solo bloque hasta 5 válvulas los hace imprescindibles. Nuestros manifolds pueden trabajar hasta 420 bar (6000 PSI) y hasta 400°C (752°F) con los adecuados materiales de empaquetadura.

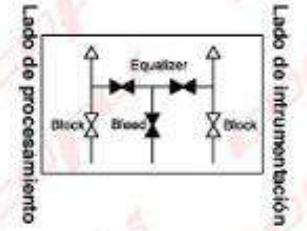
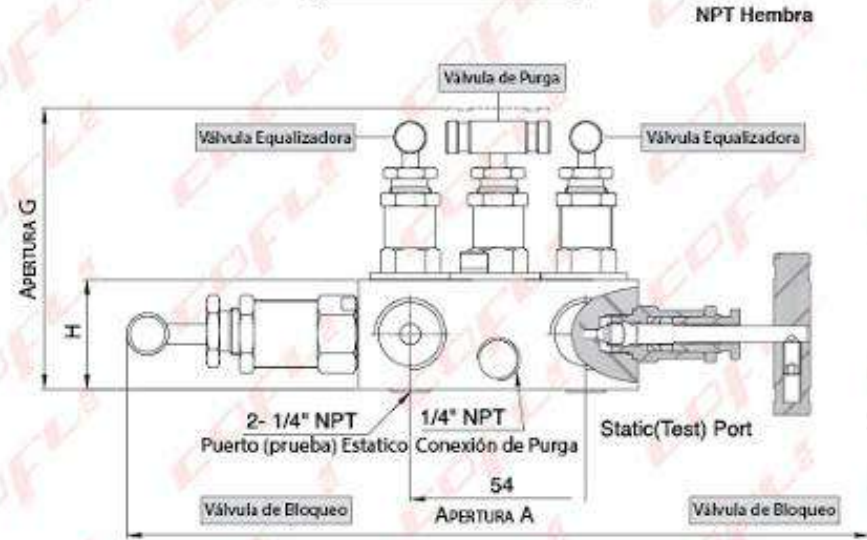
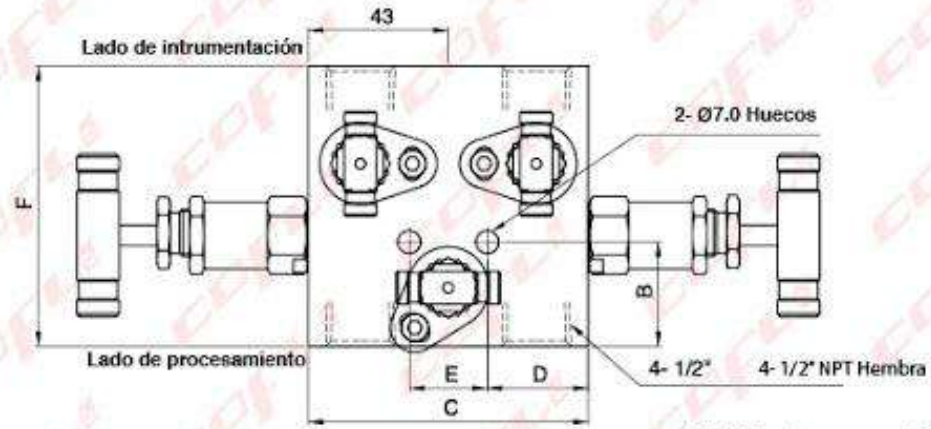
Manifold de 2 vias



Manifold de 3 vias



Manifold de 5 vías



FUNCIONAMIENTO

- Antes de accionar ningún elemento, conviene prestar atención al diagrama de distribución que viene grabado en el cuerpo del manifold.
- El ajuste del caudal se logra girando las manecillas, si se gira en dirección de las agujas del reloj, se disminuye el caudal, y si se gira en sentido contrario, se aumenta el caudal.
- Para cerrar la válvulas, usar solamente la fuerza de la mano. No utilizar nunca llaves o tubos.

- Cuando el manifold se somete a alta temperatura, deberá accionarse previniendo posibles quemaduras en las manos.
- Los manifolds de 2 válvulas disponen de una válvula de corte o bloqueo, también llamada 'principal' y una segunda válvula de purga o venteo.
- Los manifolds de 3 válvulas disponen de 2 válvulas de corte o bloqueo, una a cada lado, y una tercera en el centro que se denomina equalizadora o de 'by-pass'. Esta tercera válvula en el centro permite igualar la presión de las dos líneas. Este tipo de manifolds además pueden equipar pequeños purgadores a la salida o a la entrada de las 2 líneas principales.

- Los manifolds de 5 válvulas disponen de 2 válvulas de corte o bloqueo, una a cada lado, y 3 válvulas en el cuerpo principal de las cuales una o dos pueden ser equalizadoras o de 'by-pass' y las restantes, pueden ser válvulas de purga o venteo, según los esquemas de distribución.
- No es recomendable dejar el manifold inmovilizado durante mucho tiempo. Si es posible, convendría que fuera accionado a intervalos regulares para asegurar un correcto y continuo funcionamiento.



INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL

- En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.
- La utilización de instrumentos electrónicos con microprocesador en la medida de otras variables, tales como la presión y la temperatura, permite añadir "inteligencia" en la medida del nivel, y obtener exactitudes en la lectura altas, del orden del $\pm 0,2\%$, en el inventario de materias primas o finales o en transformación en los tanques del proceso.

TRANSMISOR DE NIVEL INTELIGENTE

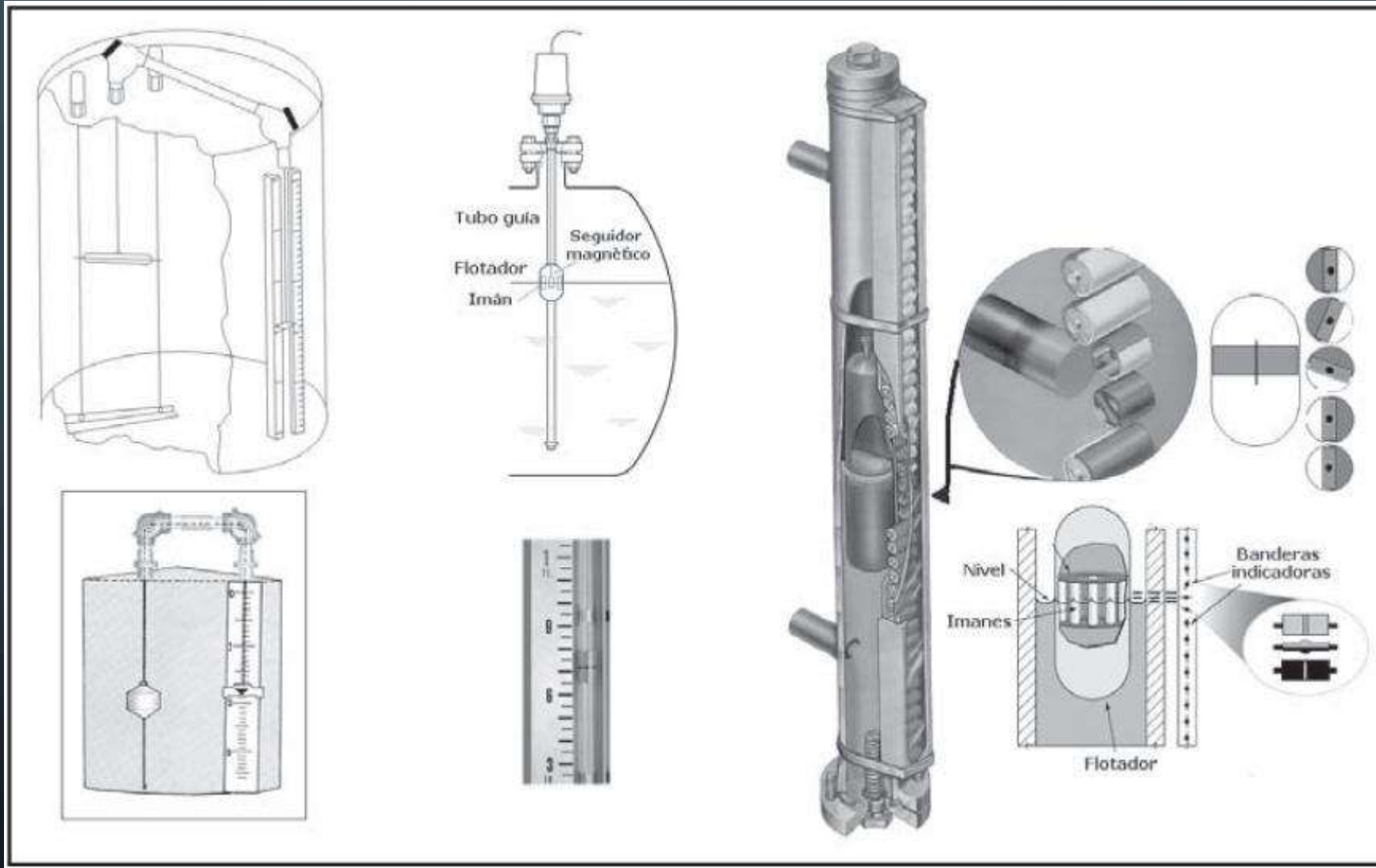
- El transmisor de nivel "inteligente" hace posible la interpretación del nivel real (puede eliminar o compensar la influencia de la espuma en flotación del tanque, en la lectura), la eliminación de las falsas alarmas (tanques con olas en la superficie debido al agitador de paletas en movimiento), y la fácil calibración del aparato en cualquier punto de la línea de transmisión.

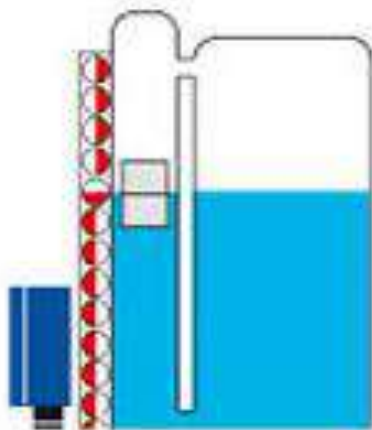
- Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos, que son mediciones claramente diferenciadas.

MEDIDORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS

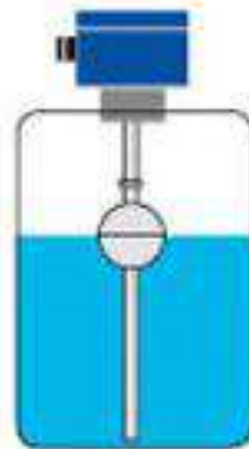
- Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, bien aprovechando características eléctricas del líquido o bien utilizando otros fenómenos.
- Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: **sonda, cinta y plomada, nivel de cristal, nivel de flotador, magnético, palpador servo operado y magnetoestrictivo.**

MEDIDORES DE CONTACTO DIRECTO

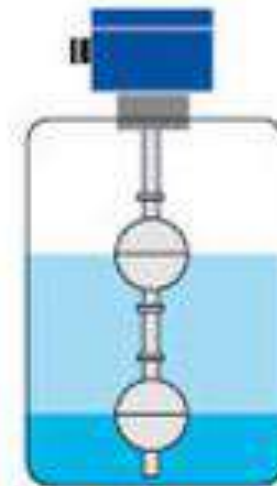




**Indicador de Nivel
tipo Bypass**



Transmisor de Nivel



Flotador magnético

- **El empuje producido por el propio líquido lo aprovecha el medidor de desplazamiento.**

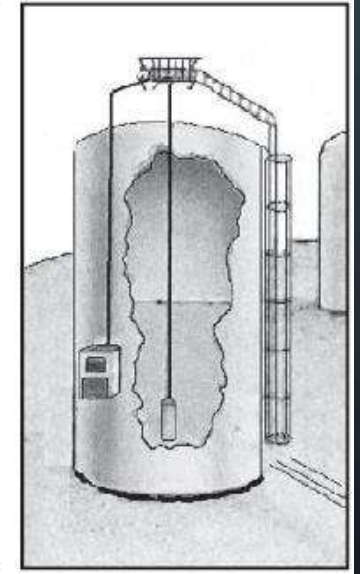
MEDIDORES DE NIVEL APROVECHANDO LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA

- Medidor manométrico
- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma.

MEDIDORES QUE UTILIZAN LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL LÍQUIDO

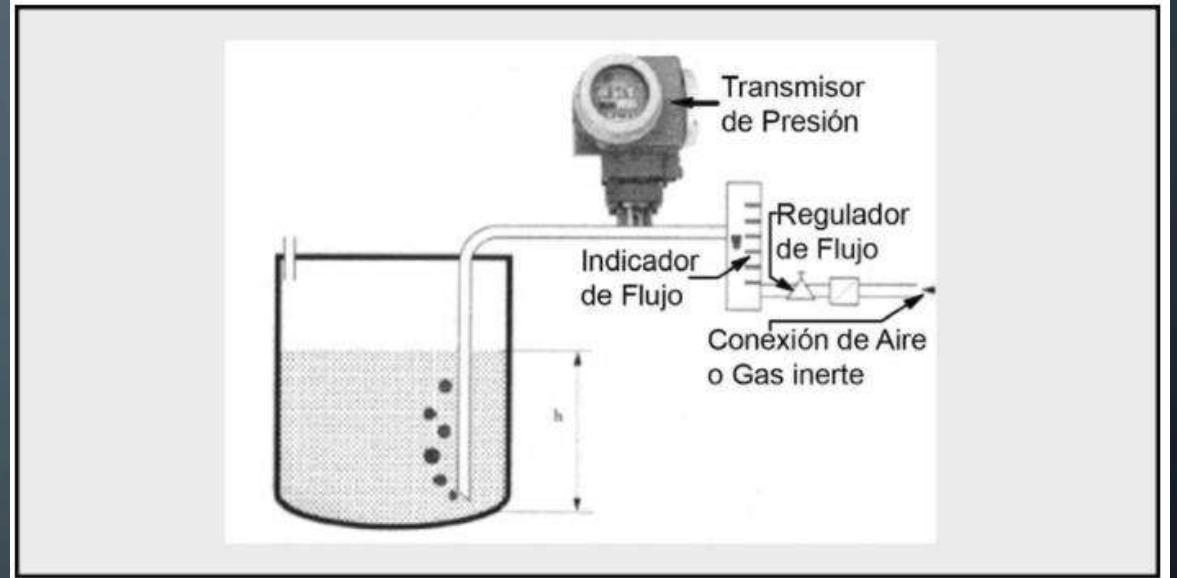
- Medidor resistivo/conductivo.
- Medidor capacitivo.
- Medidor ultrasónico.
- Medidor de radar o micro-ondas.
- Medidor de radiación.
- Medidor de láser.

MEDIDOR MANOMÉTRICO



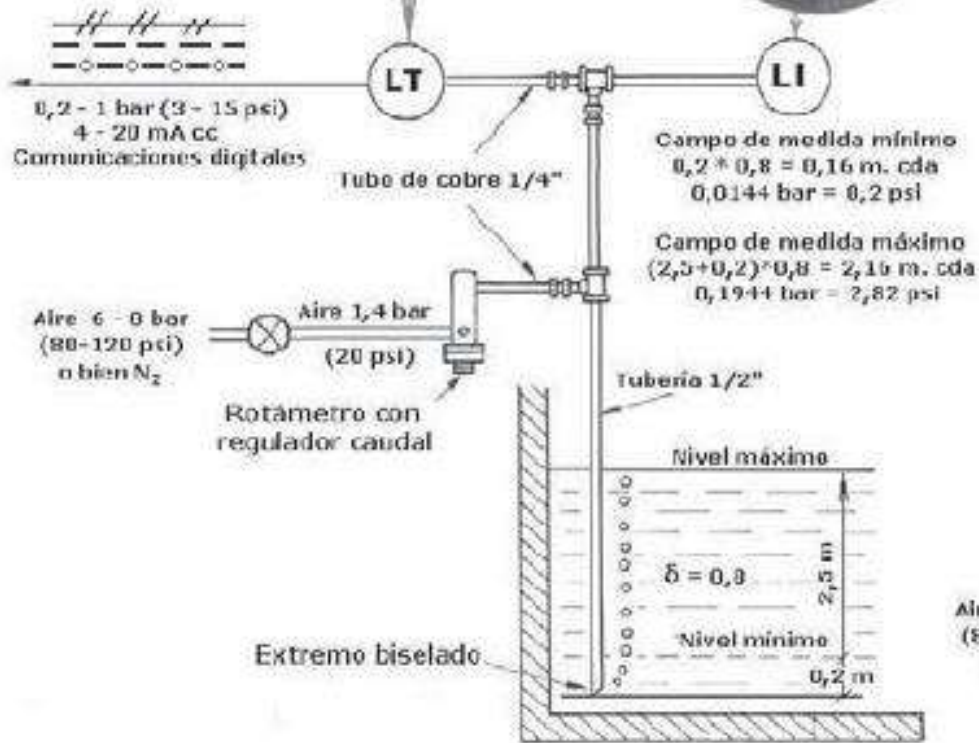
- El *medidor manométrico* consiste en un sensor de presión piezo resistivo suspendido de la parte superior del tanque e inmerso en el líquido.
- El sensor contiene un puente de Wheastone y, bajo la presión del líquido, el sensor se flexa y la tensión que crea es captada por las galgas extensiométricos, dando lugar a un desequilibrio del puente y a una señal de salida proporcional a la presión aplicada, es decir, al nivel.
- El sensor está contenido en una caja protectora con un diafragma flexible y relleno de aceite de silicona lo que le da una gran robustez.
- Puede estar acoplado a un transmisor electrónico o digital de 4-20 mA c.c. y comunicaciones HART, Fielbus, etc. Su exactitud es de, $\pm 0,25\%$.

MEDIDOR TIPO BURBUJEO

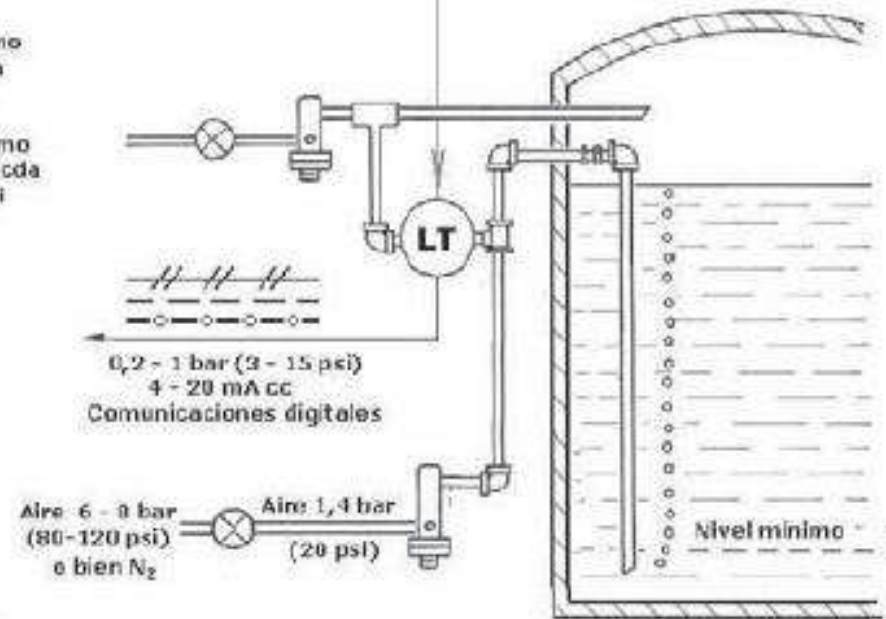


- El medidor de tipo *burbujeo* emplea un tubo sumergido en el líquido a cuyo través se hace burbujear aire mediante un rotámetro con un regulador de caudal incorporado
- La presión del aire en la tubería equivale a la presión hidrostática ejercida por la columna de líquido, es decir, al nivel. El regulador de caudal permite mantener un caudal de aire constante (unos 150 l/h) a través del líquido, independientemente del nivel.

- La tubería empleada suele ser de 1/2" con el extremo biselado para una fácil formación de las burbujas de aire. Una tubería de menor diámetro tipo capilar reduciría el tiempo de respuesta pero, en el caso de tanques pequeños y cambios de nivel rápidos, produciría un error en la medida provocado por la pérdida de carga del tubo.



Tanque abierto

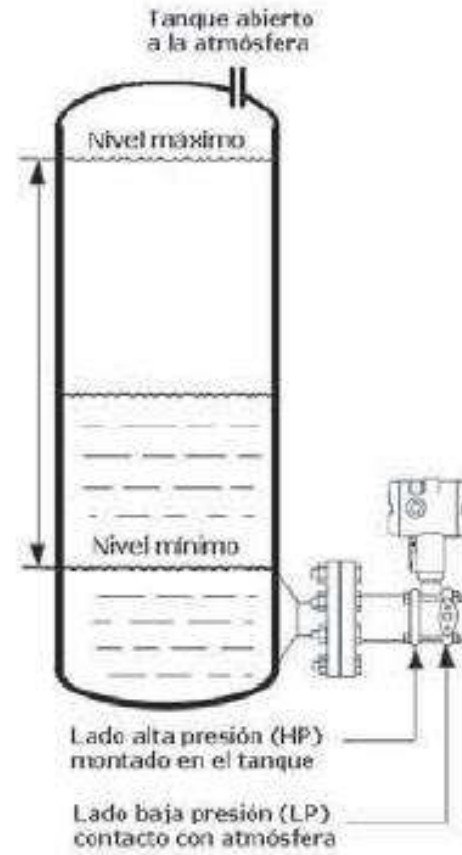
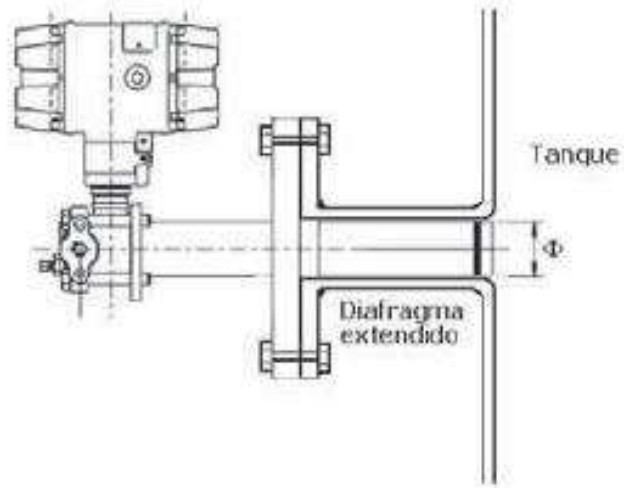
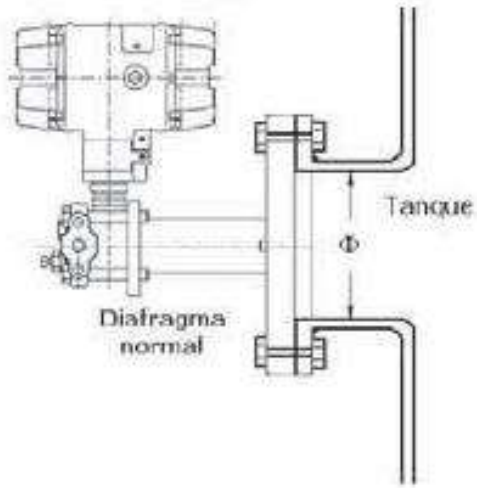


Tanque cerrado

MEDIDOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL



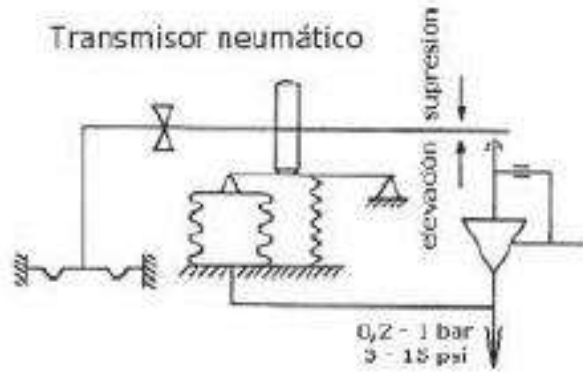
- El *medidor de presión diferencial* consiste en un diafragma en contacto con el líquido que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque. En un tanque abierto, esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico.
- En el tipo más utilizado, el diafragma está fijado en una brida que se monta rasante al tanque para permitir, sin dificultades, la medida de nivel de fluidos, tales como pasta de papel y líquidos con sólidos en suspensión, pudiendo incluso ser de montaje saliente para que el diafragma engrase completamente con las paredes interiores del tanque, tal como ocurre en el caso de líquidos extremadamente viscosos en los que no puede admitirse ningún recodo.



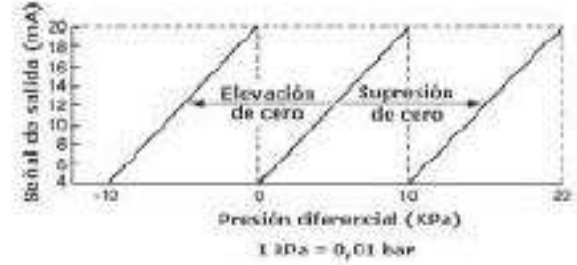
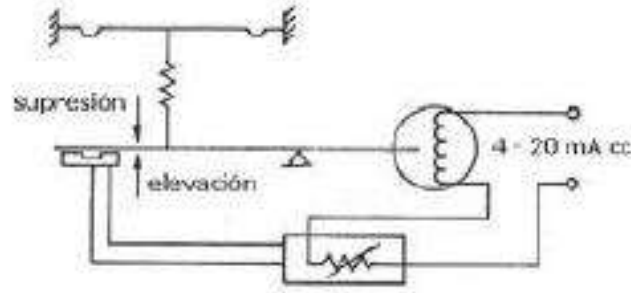
- Hay que señalar que el nivel cero del líquido se selecciona en un eje a la altura del diafragma. Si el instrumento se calibra en el tanque, el 0% del aparato debe comprobarse con el nivel más bajo en el borde inferior del diafragma (entre el borde inferior y el superior del diafragma la señal de salida no está en proporción directa al nivel).

- En el caso de que el tanque esté 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 exacta 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 superior, utilizando transmisores de presión diferencial de diafragma tal como los representados.

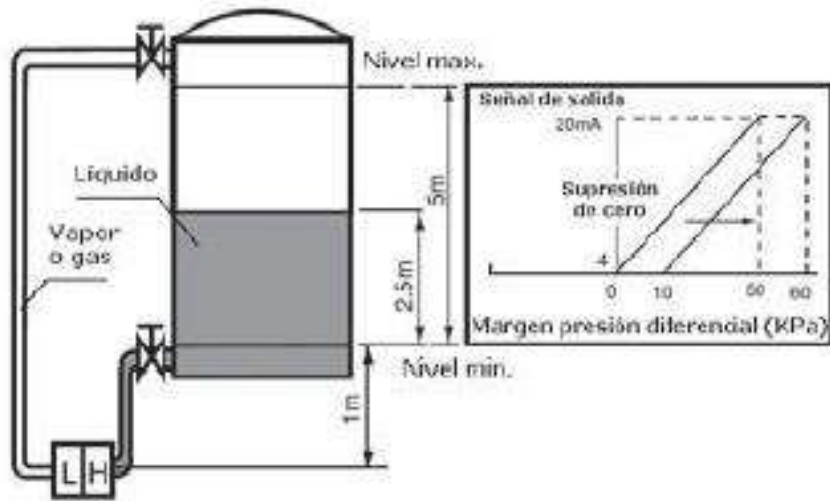
Transmisor neumático



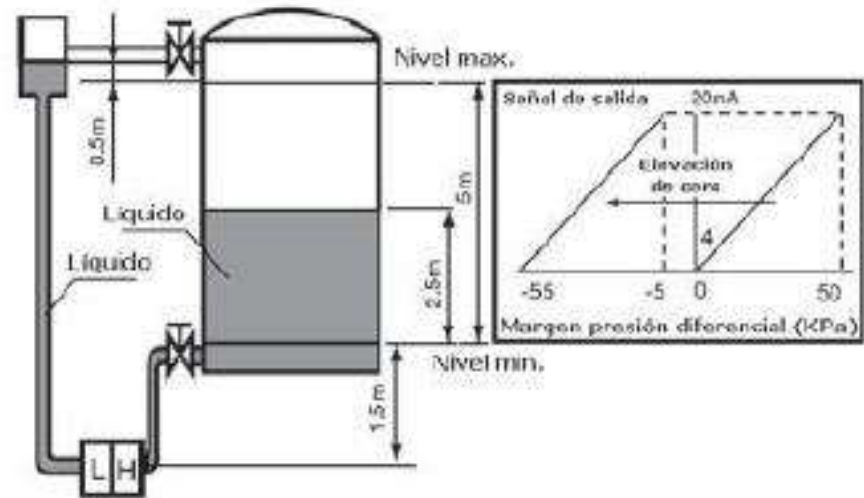
Transmisor electrónico



Supresión del cero



Elevación del cero



SUPRESIÓN DE LA SEÑAL DEL NIVEL

- Cuando el transmisor de nivel está montado por debajo de la tubería que lo conecta al tanque, la toma de alta presión tiene una presión positiva cuando el nivel está al mínimo, de modo que señalaría nivel (1 m en la figura 5.9) en estas condiciones. Para que la señal del transmisor sea 4 mA c.c. (0,2 bar o 3 psi), es necesario suprimir la altura de líquido indicada. Para ello, en los transmisores neumáticos y electrónicos convencionales se utiliza el tornillo de supresión, que lo que hace es trasladar a la derecha (10 KPa o 0,1 bar suponiendo que el fluido sea agua) el cero del instrumento.

ELEVACIÓN DE LA SEÑAL DEL NIVEL

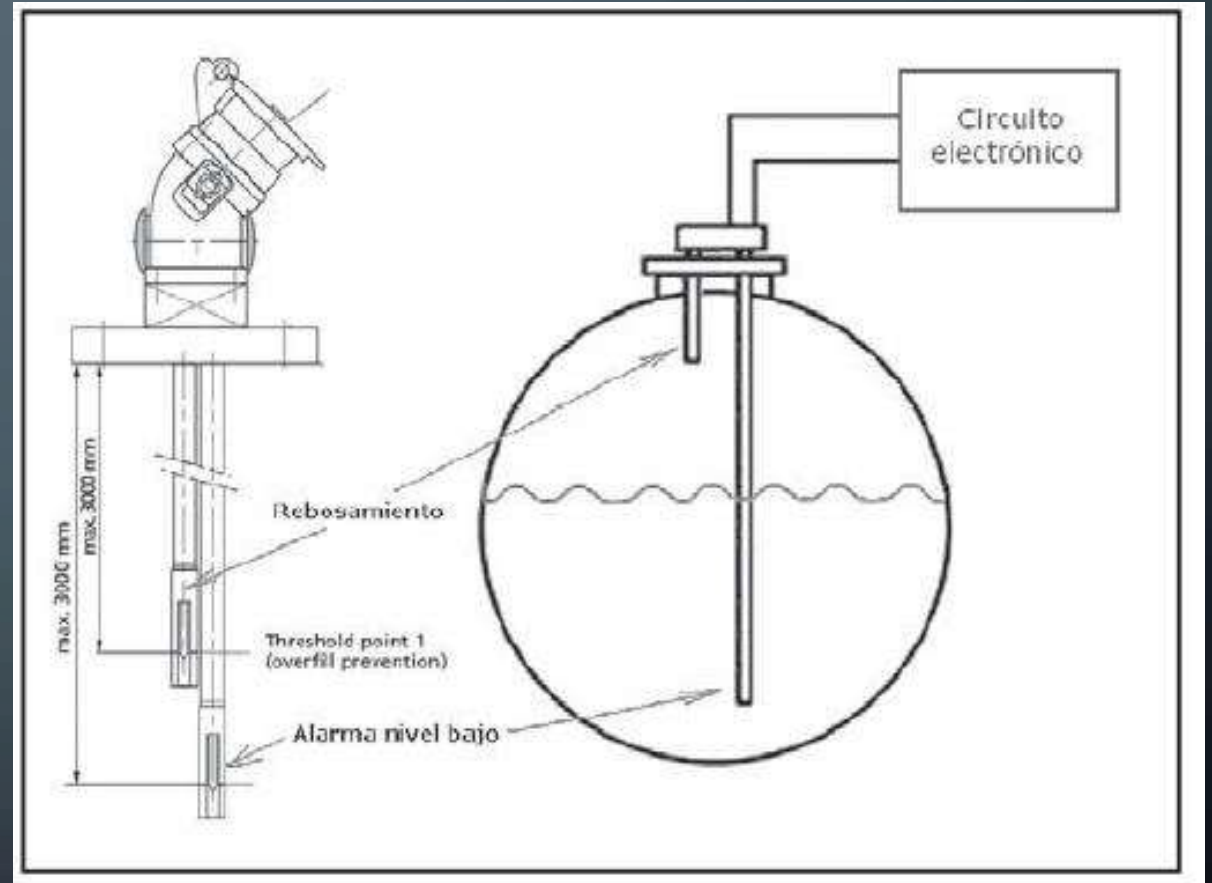
- En tanques cerrados y a presión con fluidos que pueden vaporizar a temperatura ambiente y a la presión de operación, existe el riesgo de condensación del líquido en la línea de compensación o tubería húmeda (*wet leg*) que comunica con la toma de baja presión del instrumento. Una solución es instalar un pote de condensado en la parte inferior de esta tubería con una válvula de asilamiento y purgar periódicamente el condensado, si bien, tiene el gran inconveniente del mantenimiento excesivo.

- Sin embargo, las soluciones anteriores corresponden a los tiempos pasados del control analógico. En los transmisores digitales con comunicaciones HART, Foundation Fielbus, etc., el ajuste del cero desde el punto de vista de la supresión o elevación forma parte de los ajustes normales del transmisor, de modo que los conceptos de supresión y elevación ya no son relevantes en los instrumentos modernos actuales.

INSTRUMENTOS BASADOS EN CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL LÍQUIDO

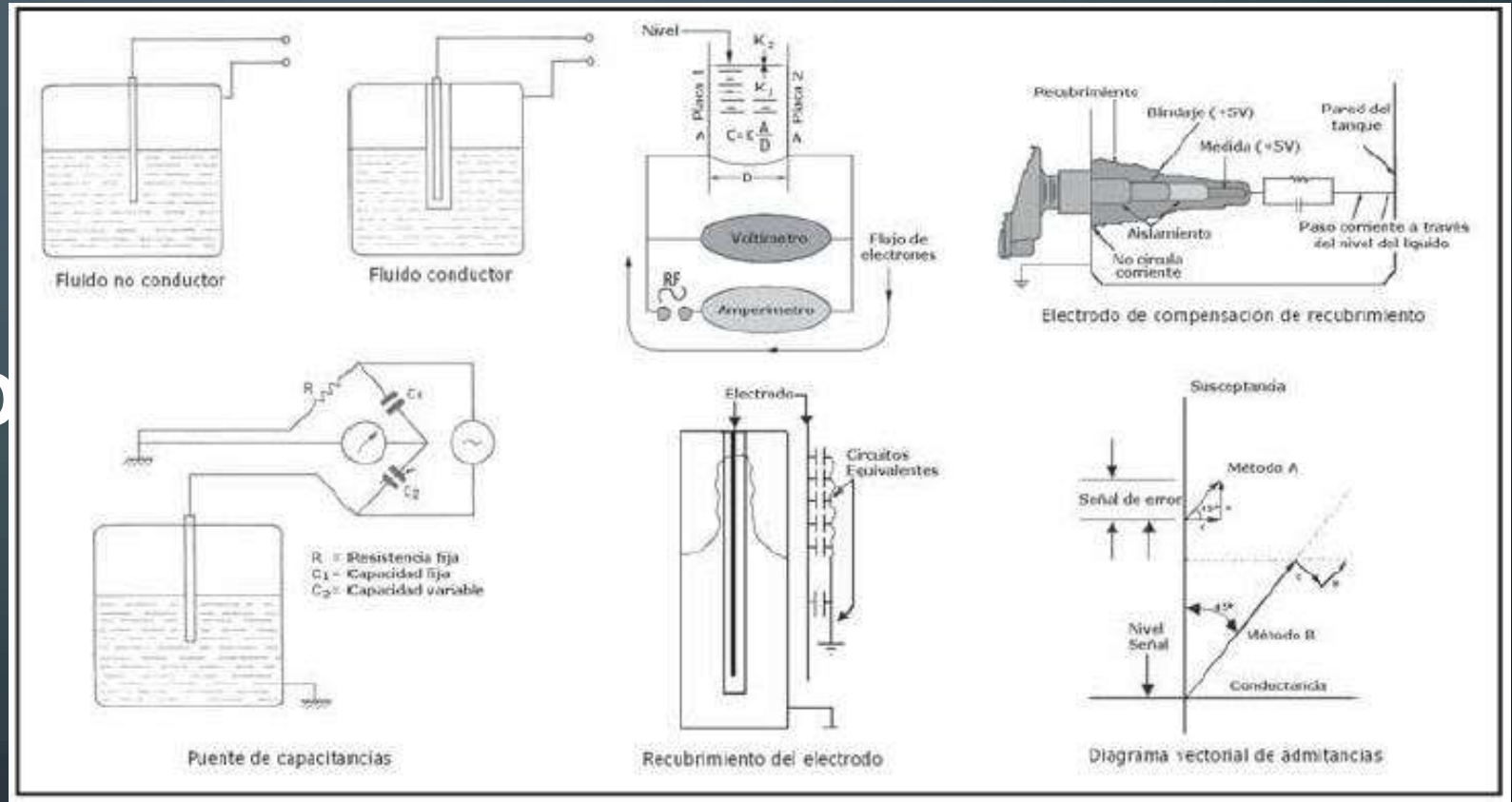
- Son instrumentos basados especialmente en la conducción eléctrica del líquido para cerrar circuito entre 2 o más electrodos posicionados en distintas distancias, también se existen instrumentos que el líquido lo usan como espejo para reflejar una señal de frecuencia emitida.

EL MEDIDOR DE NIVEL CONDUCTIVO O RESISTIVO



- consiste en uno o varios electrodos y un circuito electrónico que excita un relé eléctrico o electrónico al ser los electrodos mojados por el líquido. Este debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico, y de este modo el aparato puede discriminar la separación entre el líquido y su vapor, tal como ocurre, por ejemplo, en el nivel de agua de una caldera de vapor.

EL MEDIDOR DE CAPACIDAD

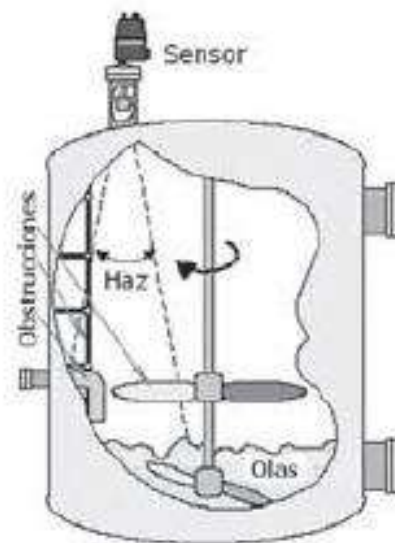
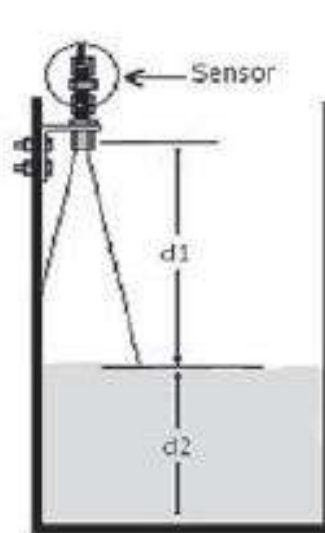


- Conocido también por sensor de nivel de radiofrecuencia (RF) o de admitancia, mide la capacidad del condensador formado por un electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. Trabaja en la gama baja de radiofrecuencia de pocos MHz, midiendo la admitancia de un circuito de corriente alterna, la que varía según el nivel de líquido en el tanque.

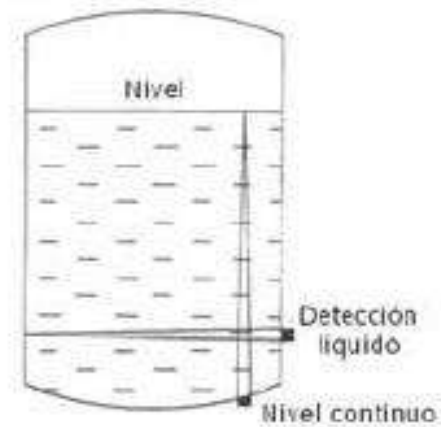
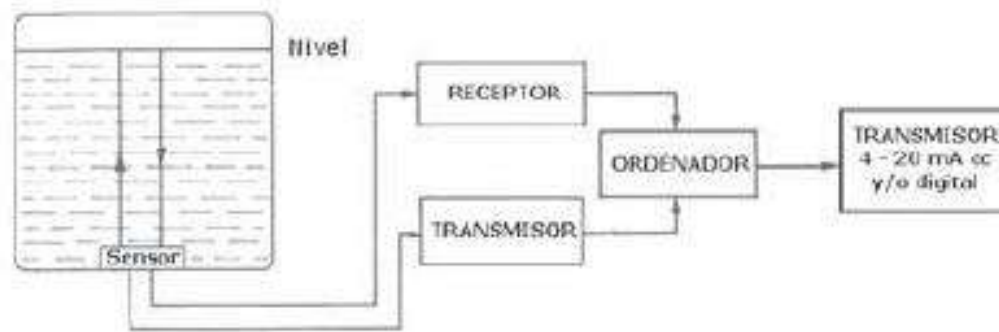
MEDIDOR DE NIVEL ULTRASÓNICO



- se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque.



Comprobación existencia de líquido



MEDIDOR DE NIVEL RADAR O MICROONDAS

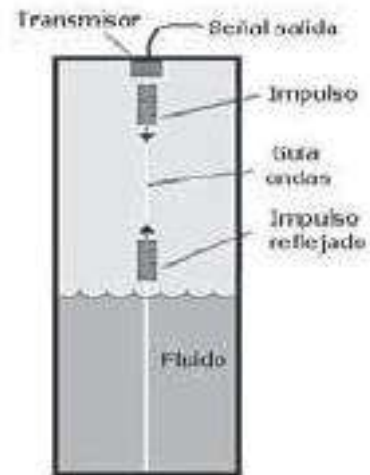


- se basa en la emisión continua de una onda electromagnética, típicamente dentro del intervalo de los rayos X (10 GHz). El sensor está situado en la parte superior del tanque y envía las microondas hacia la superficie del líquido. Una parte de la energía enviada es reflejada en la superficie del líquido y la capta el sensor. El tiempo empleado por las microondas es función del nivel en el tanque.

- Para realizar una medición exacta del nivel se necesita configurar la forma geométrica que tiene el recipiente dentro del instrumento de medición y realizar la configuración de sus medidas de construcción, esto nos permitirá tener una medición exacta del nivel del recipiente.



Onda continua modulada en frecuencia (FMCW)



Radar de onda guiada (GWR)

INSTRUMENTOS DE FLUJO Y CAUDAL



- En la mayor parte de las operaciones realizadas en los procesos industriales y en las efectuadas en laboratorio y en plantas piloto es muy importante la medición de caudales de líquidos y gases.
- Existen dos tipos de medidores, los volumétricos que determinan el caudal en volumen del fluido y los de masa que determinan el caudal masa. Se reservan los medidores volumétricos para la medida general de caudal y se destinan los medidores de caudal másico a aquellas aplicaciones en las que la exactitud de la medida es importante, por ejemplo en las determinaciones finales del caudal del producto para su facturación.
- Caudal es el flujo por una unidad de tiempo, aunque caudal no es lo mismo que flujo.
- Flujo es la cantidad de fluido que pasa por un conducto pero sin tomar la unidad de tiempo.

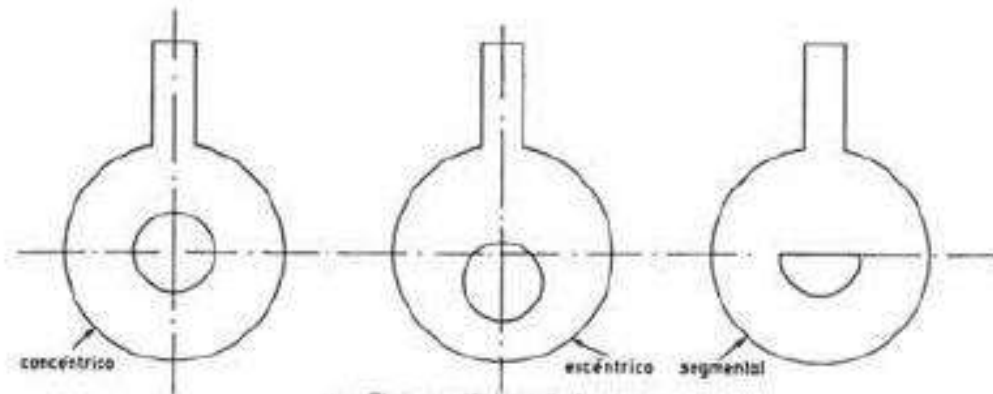
Sistema	Elemento	Transmisor	
Medidores volumétricos	Presión diferencial	Placa-orificio Tobera Tubo Venturi Tubo Pitot Tubo Annubar	conectados a tubo U o a elemento de fuelle o de diafragma Equilibrio de fuerzas Silicio difundido
	Área variable	Rotámetro	Equilibrio de movimientos Potenciométrico Puente de impedancias
	Velocidad	Vertedero con flotador en canales abiertos Turbina Sondas ultrasónicas	Potenciométrico Piezoeléctrico
	Fuerza	Placa de impacto	Equilibrio de fuerzas Galgas extensométricas
Tensión inducida	Medidor magnético	Convertidor potenciométrico	
Medidores volumétricos	Desplazamiento positivo	Disco giratorio Pistón oscilante Pistón alternativo Medidor rotativo Medidor paredes deformables	Círculo Birrotor Oval Generador tacométrico o transductor de impulsos
	Torbellino	Medidor de frecuencia de termistancia, o condensador o ultrasonidos	Transductor de resistencia
	Oscilante	Válvula oscilante	Transductor de impulsos
Medidores de caudal masa	Compensación de presión y temperatura en mediciones volumétricos		
	Térmico	Diferencia temperaturas en dos sondas de resistencia	Puente de Wheatstone
	Momento	Medidor axial Medidor axial de doble turbina	Convertidor de par
	Fuerza de Coriolis	Tubo de vibración	

PLACA ORIFICIO

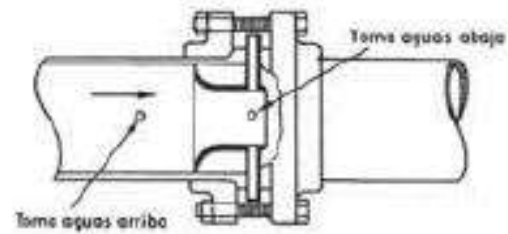


- La **placa de orificio** es un dispositivo que permite medir el caudal de un fluido que pasa por una tubería. Consta de un disco con un orificio en el centro de este que se coloca perpendicular a la tubería.
- El **funcionamiento de una placa de orificio** se basa en el efecto **Venturi**. Este consiste en un fenómeno que hace disminuir la presión de un fluido que atraviesa una tubería, y este aumenta su velocidad debido a una disminución del diámetro de la tubería.
- Por lo tanto para **medir el caudal del fluido**, se colocan dos tomas una antes de la placa y otra después, que captan la presión diferencial que se genera debido al aumento de la velocidad. Luego a través del principio de Bernoulli se llega a que la diferencia de presión es proporcional al cuadrado del caudal.

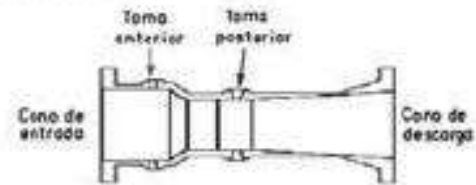
- **Placas de orificio concéntricas:** En estas placas el orificio del disco se encuentra en el centro del mismo. De aplicación universal para fluidos limpios.
- **Placas de orificio concéntricas cónicas:** En este caso el orificio al igual que las placas concéntricas se encuentra en el centro del disco, pero en este el diámetro del orificio se va reduciendo a medida que el fluido va atravesando el disco. Es utilizado para fluidos que tienen un alto número de Reynolds, es decir fluidos que tienden a comportarse de forma turbulenta.
- **Placas de orificio excéntricas:** Son aquellas en las que el orificio no se encuentra en el centro del disco sino que levemente hacia abajo. Se utiliza para tuberías de diámetro pequeño.
- **Placas de orificio concéntricas segmentadas:** Aquí la diferencia con las otras placas concéntricas es que el orificio no es un círculo sino que está segmentado, formando un semicírculo. Es utilizado para medición de fluidos que contienen partículas.



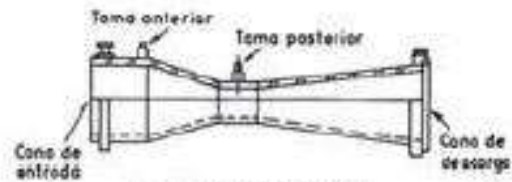
a - Placa orificio o diafragma



b - Tabera



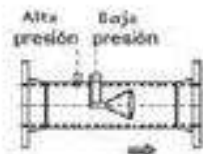
c - Tubo Venturi estándar



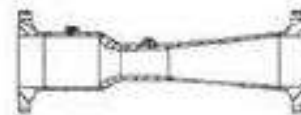
d - Tubo Venturi corto



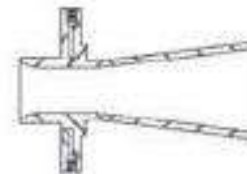
e - Tubo con cuña



f - Cono en V



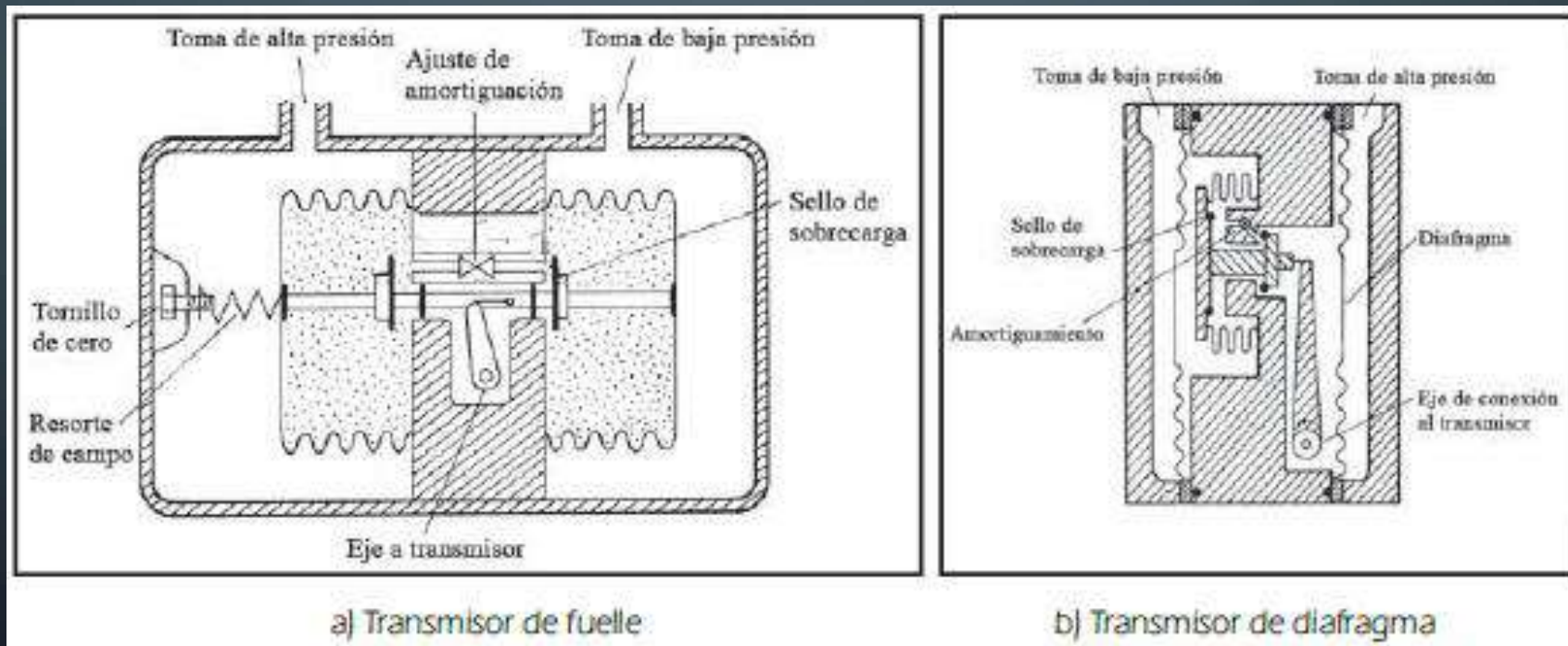
g - Tubo de caudal con bridas



h - Tubo de caudal de inserción

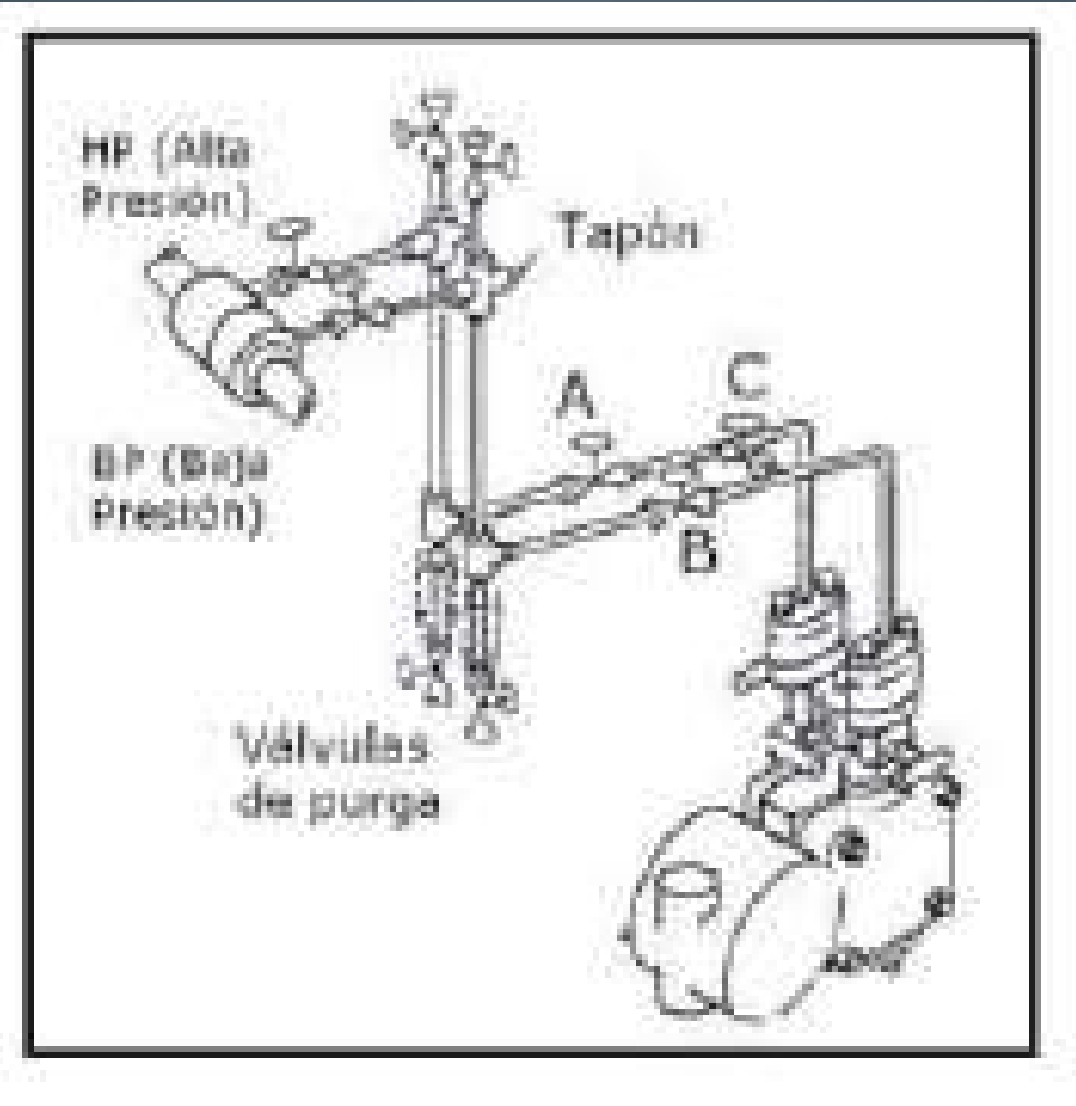


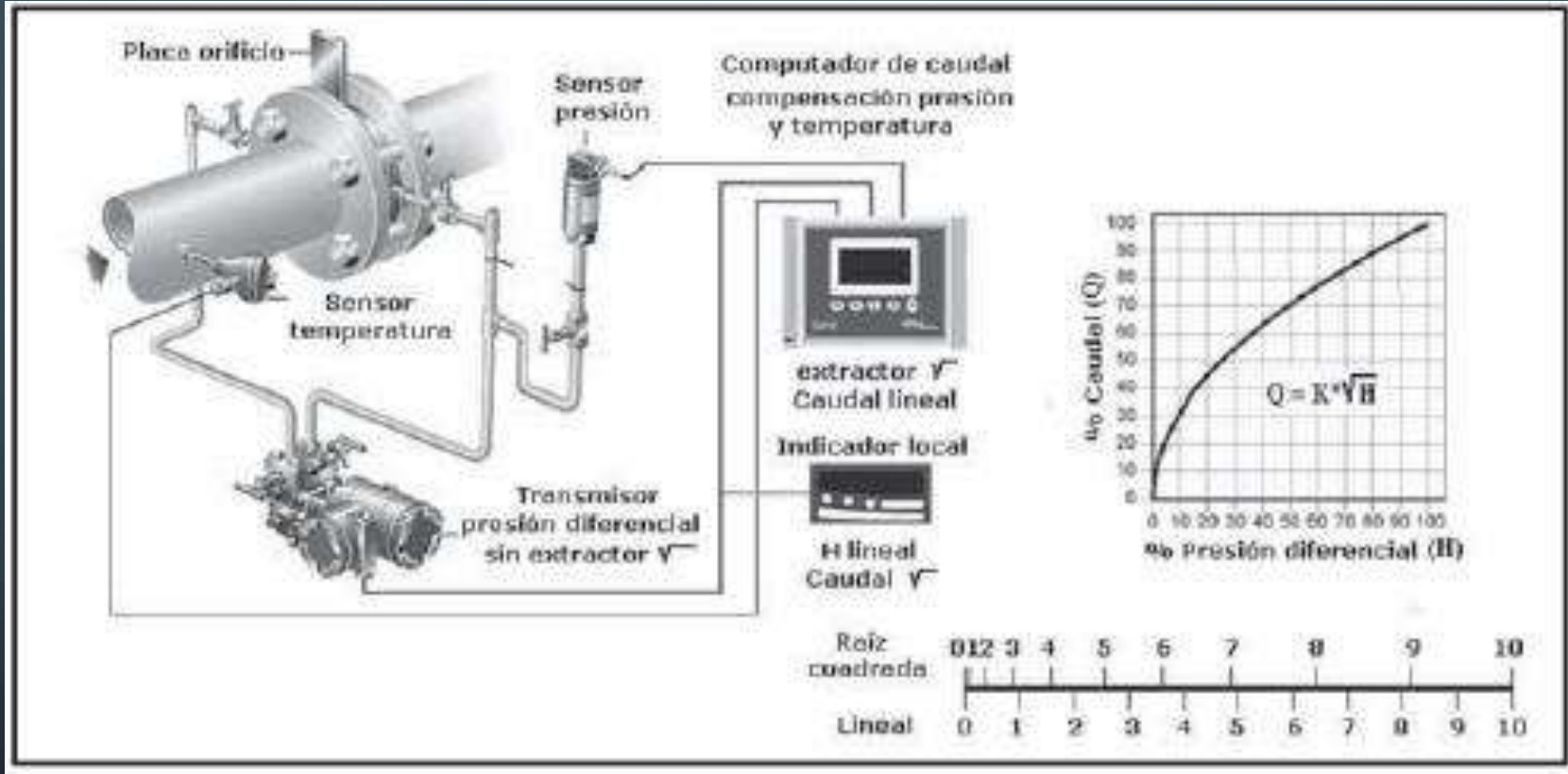
TRANSMISORES DE FUELLE Y DIAFRAGMA



- ***Trans mis or diferencial de fuelle.-*** La presión diferencial creada por la placa, la tobera o el tubo Venturi, puede medirse con un tubo en U de mercurio, o bien transmitirse con los instrumentos llamados convertidores diferenciales.
- contiene dos cámaras para la alta y baja presión. La alta presión comprime el fuelle correspondiente arrastrando la palanca de unión, el cable y un eje exterior cuyo movimiento actúa sobre el transductor neumático o electrónico. Un resorte de margen permite disponer de varias gamas de presión diferencial.

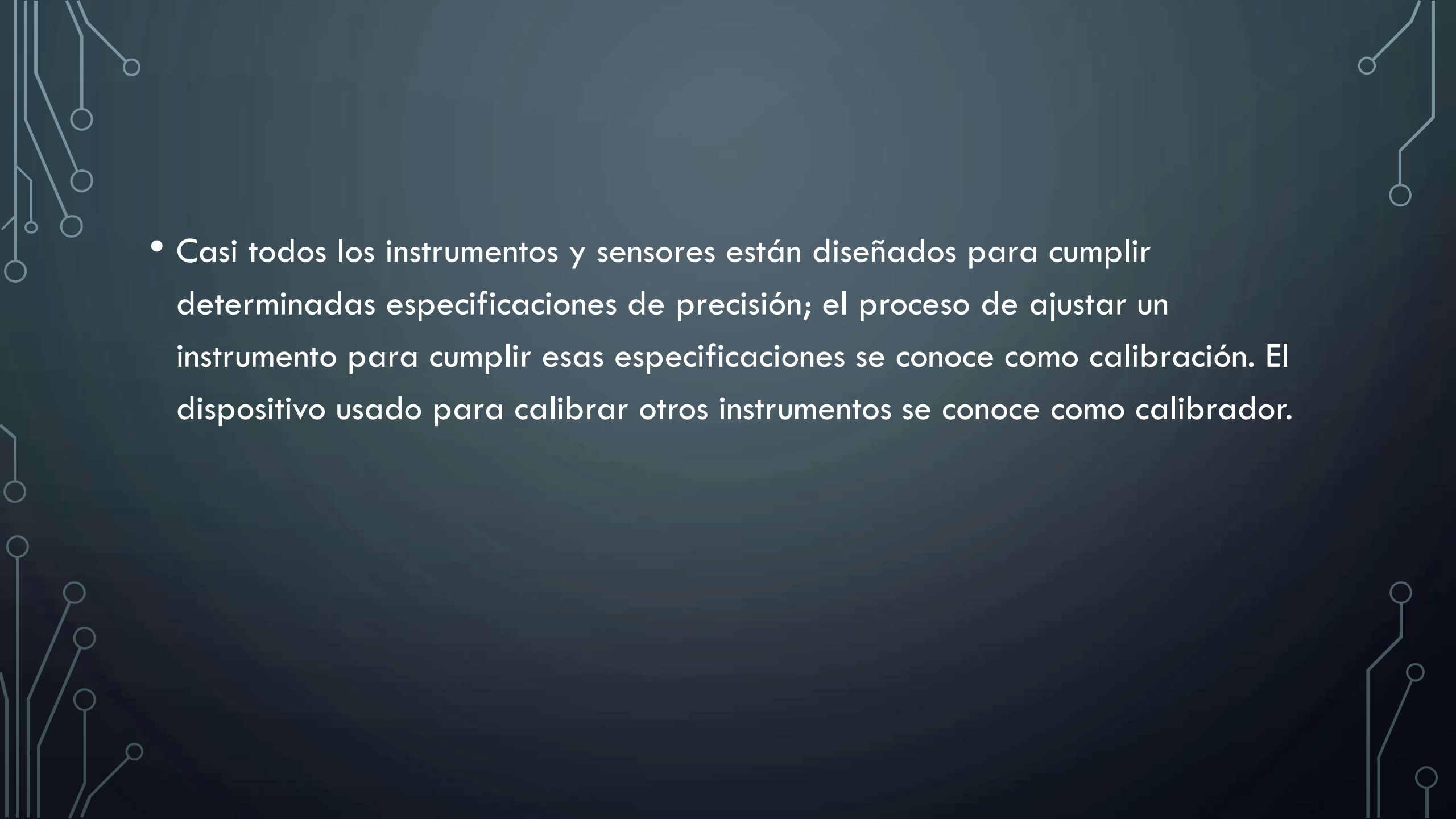
- El *transmisor de presión diferencial de diafragma* se diferencia del de fuelle en que la separación entre las dos cámaras se efectúa mediante diafragmas en lugar de fuelles, con lo cual el desplazamiento volumétrico es casi nulo.
- El cuerpo de estos transmisores suele ser de acero al carbono, acero inoxidable o aluminio; el fuelle o diafragma de acero inoxidable 316 (disponible también en monel, hastelloy C, teflón en inoxidable o Kel-F en monel) y el líquido de llenado silicona.





PRUEBAS DE LABORATORIO Y CALIBRACIÓN



- 
- Casi todos los instrumentos y sensores están diseñados para cumplir determinadas especificaciones de precisión; el proceso de ajustar un instrumento para cumplir esas especificaciones se conoce como calibración. El dispositivo usado para calibrar otros instrumentos se conoce como calibrador.

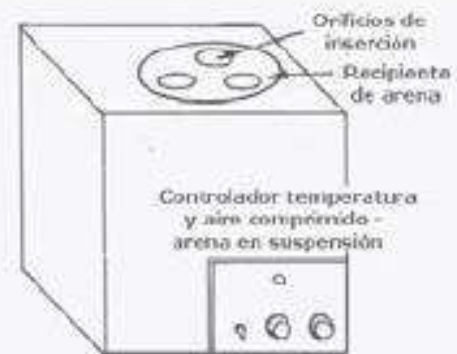
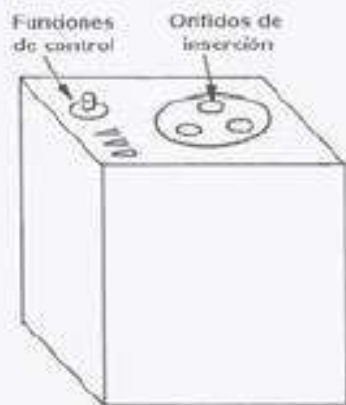
CALIBRACIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA



- Para la calibración de instrumentos de temperatura se emplean baños de temperatura (calibradores de bloque metálico, de baño de arena y de baño de líquido), hornos, comprobadores potencio métricos y de puente de Wheatstone y comprobadores universales.
- Los patrones primarios de temperatura utilizados en estos aparatos son las sondas de resistencia de platino Pt-25 y Pt-100 y los termopares.

- **El calibrador de bloque metálico** consiste en un bloque metálico calentado por resistencias con un controlador de temperatura de exactitud adecuado para aplicaciones de alta temperatura (- 25 °C a 1.200 °C). El control se realiza con aire comprimido, lo que permite reducir la temperatura desde 1.200 °C a la temperatura ambiente en unos 10-15 minutos. En el calibrador hay orificios de inserción para introducir un termopar patrón y la sonda de temperatura a comprobar.
- **El calibrador de baño de arena** consiste en un depósito de arena u otro sólido muy fino que contiene tubos de inserción para la sonda de resistencia o el termopar patrón y para las sondas de temperatura a comprobar.

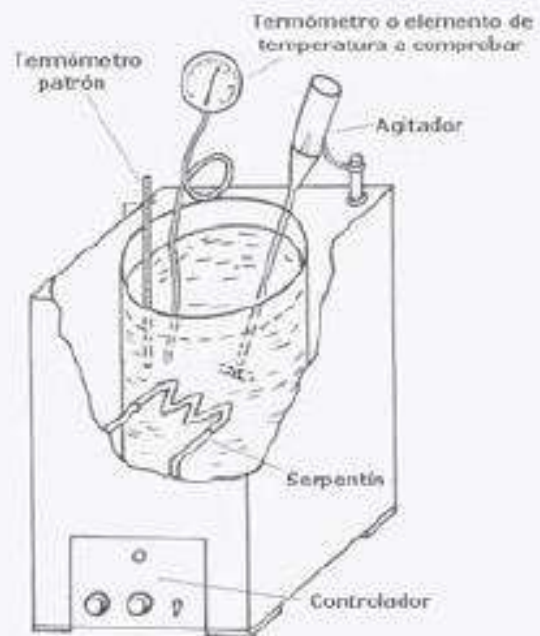
- **El calibrador de baño de líquido** consiste en un tanque de acero inoxidable lleno de líquido con un agitador incorporado, un termómetro patrón sumergido y un controlador de temperatura que actúa sobre un conjunto de resistencias calefactoras.
- Los líquidos mejoran la conducción y evitan la formación de gradientes de temperatura, así como puntos fríos o calientes.
- Se utilizan varios tipos de fluidos, dependiendo de la temperatura de trabajo, tricloroetileno (-80 °C a temperatura ambiente), etilenglicol y agua (-20 °C a temperatura ambiente), aceite fluido y aceite de silicona (temperatura ambiente a 260 °C) y sales sólidas a temperatura ambiente y que funden a la temperatura de trabajo (220 °C a 700 °C).



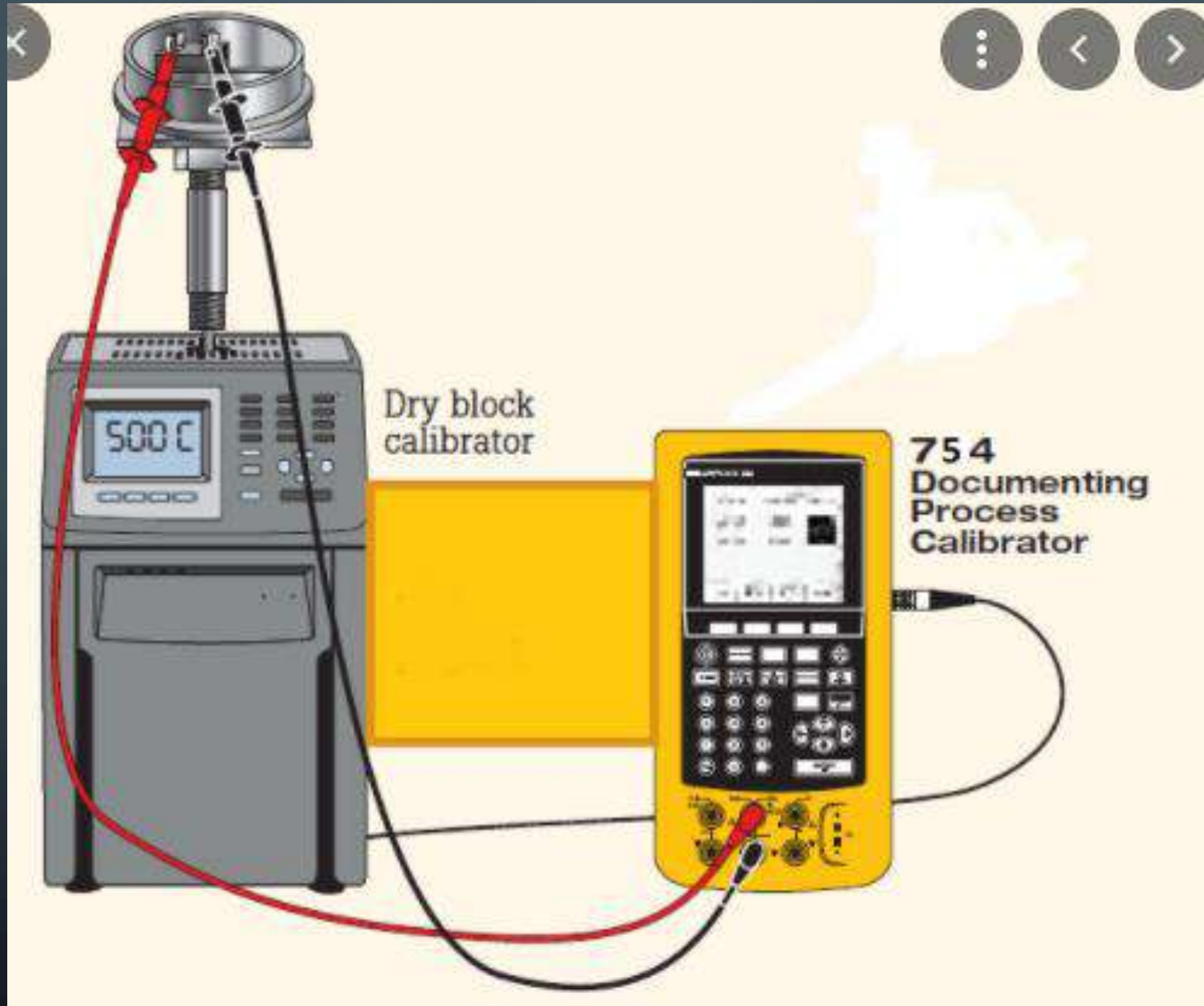
b) Calibrador de baño de arena



a) Calibrador de bloque metálico



c) Calibrador de baño de líquido



CALIBRADO R DE PRESIÓN



- Los calibradores de presión son instrumentos que permiten la calibración y verificación de manómetros y transmisores de presión. Es posible hacer medidas relativas y absolutas y combinar 2 sensores de presión para realizar medidas de presión diferencial.

BOMBAS MANUALES

- Mediante bombeo con la mano consiguen márgenes de presión de 0 – 20 bar (0 – 2000 kPa) (0 – 300 psi) para aire, 0 – 700 bar (0 – 70.000 kPa) (0 – 10.000 psi) para agua destilada o aceite hidráulico mineral y un vacío de 0 a – 0,95 bar (0 a -95 kPa) (0 a -13,7 psi) para aire.
- Disponen de un manorreductor para ajuste fino y de una conexión para un manómetro/ vacuometro patrón.

EQUIPOS FLUKE



Calibrador de procesos documentador Fluke 754 con soporte HART



Calibrador de manómetros de precisión Fluke 700G



Módulos de presión Fluke serie 750P



Bomba de prueba neumática Fluke 700PTP-1





MEDIDORES DE CAUDAL

- Los medidores de caudal no requieren, normalmente, ajustes antes de la puesta en marcha. Los ajustes y la calibración necesarios se han llevado a cabo ya en la fabrica. Una vez que el instrumento esta instalado y hecho las conexiones eléctricas, el medidor de caudal esta listo para servicio. Basta llenar completamente la tubería con liquido y conectar el instrumento a la alimentación eléctrica.

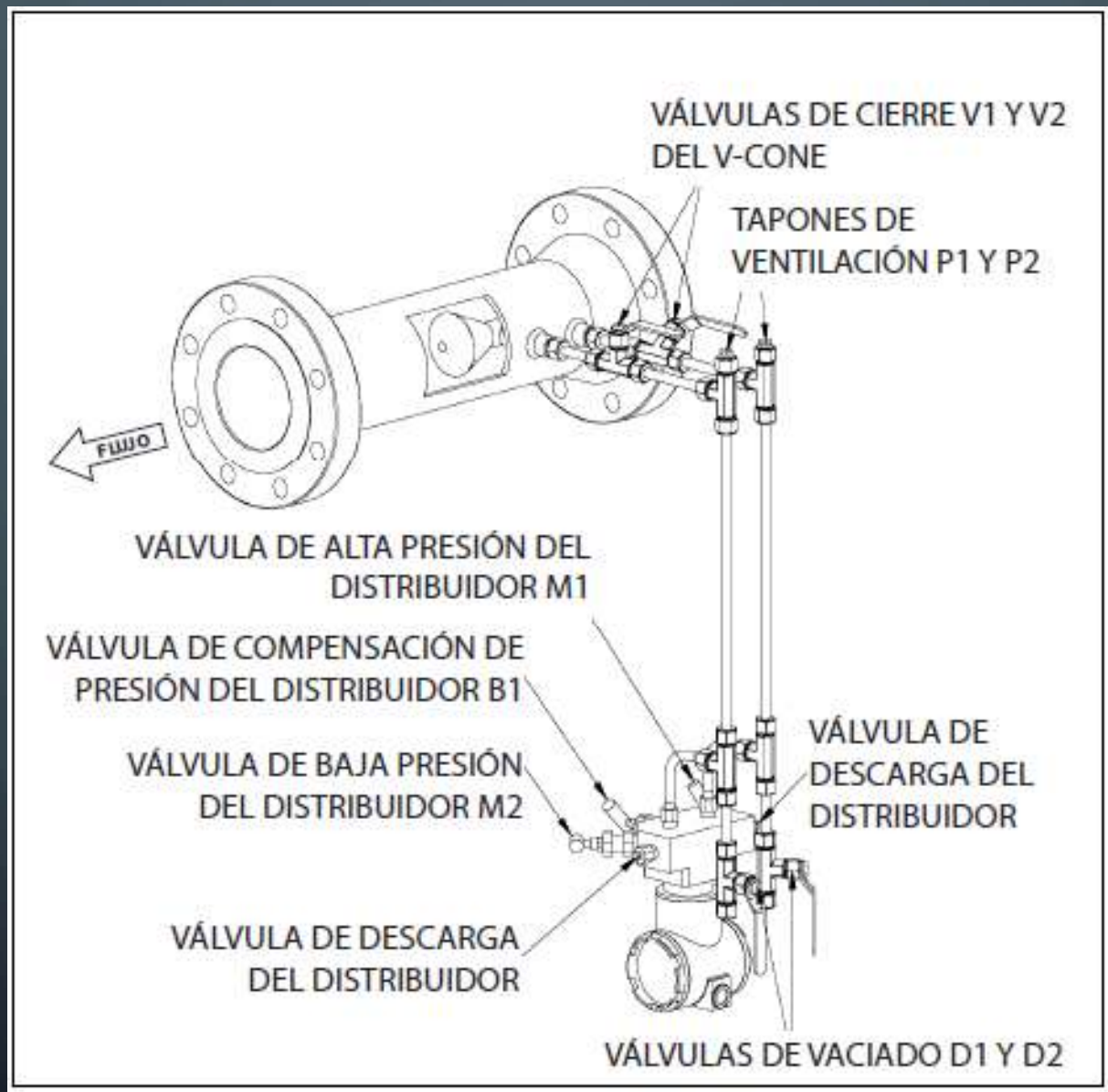
MONTAJE DE INSTRUMENTOS



- **Los planos de diseño**, son aquellos esquemas del instrumento la cual nos brinda información sobre las dimensiones y el lugar donde será montado el instrumento, se entiende también que aquella información brindada nos ayudara a tener un concepto general sobre las dimensiones de nuestro equipo y todas las facilidades físicas que nos brinda para su montaje del mismo.
- **Montaje**, con la información necesaria provista por los planos de diseño podemos proceder a un montaje seguro, ya que este nos indica cantidad de tuercas pernos altura del instrumento y forma de nuestro soporte para montaje.

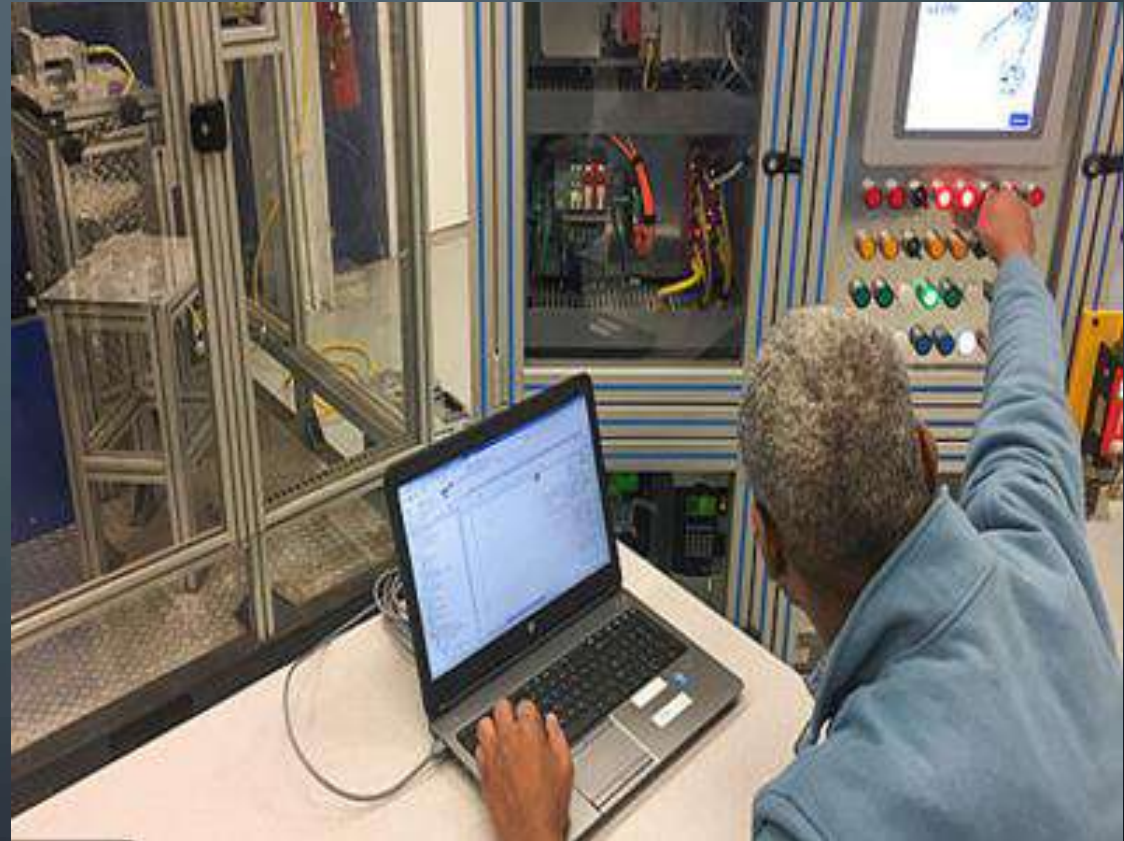
QUE SE TIENE QUE CONTEMPLAR

- Ubicación en P&ID
- TAG o etiqueta del instrumento
- Ubicación de cables de conexión en armario de control
- Tipo de señal
- Certificado de calibración aprobado para su montaje





COMISIONADO Y PRUEBAS SAT



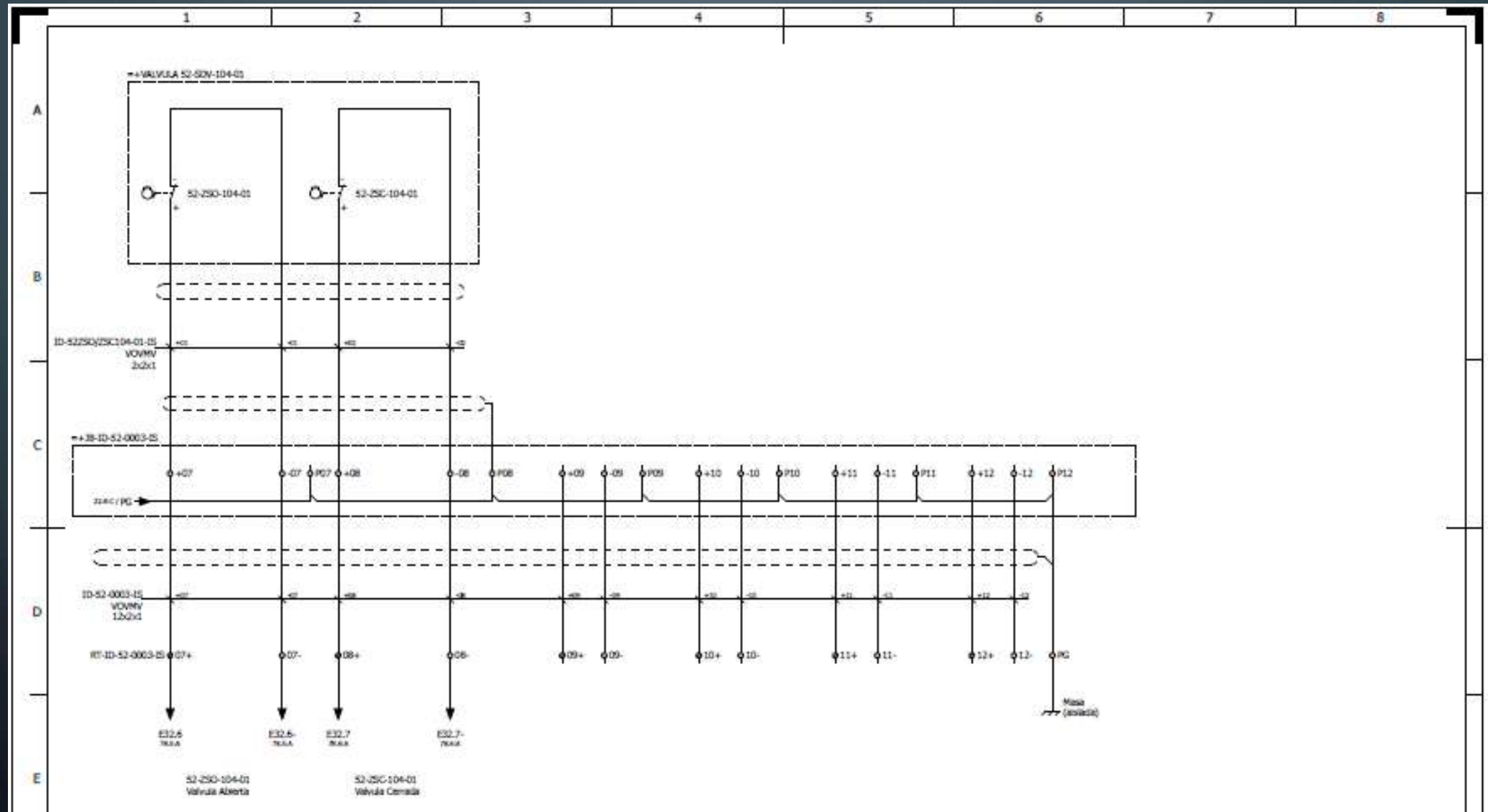
- Son las pruebas de aceptación en terreno, o "***Site Acceptance Test***" -de ahí sus siglas-, lo que se entiende como los exámenes que se realizan en la ubicación final, en las instalaciones del cliente. Es decir, son las primeras pruebas de funcionamiento de una determinada solución.
- Realizar pruebas FAT y SAT antes de que cualquier útil para la elevación y la manipulación de grandes cargas comience a operar, resulta imprescindible, sobre todo para las empresas industriales. Y es que, este tipo de exámenes previenen cualquier tipo de error, ofreciendo una mayor seguridad y una resolución óptima y eficaz de los procesos de trabajo.

PRUEBA PUNTO A PUNTO DE CONEXIONADO



- Las pruebas punto a punto son testeos de la conexión de los cables en la ubicación en el armario si es la correspondiente y si en el lugar de campo se encuentran en su instrumento o equipo correspondiente.
- Para caracterizar estas pruebas necesitamos contar con las siguientes herramientas e información.
- Numero de TAG del instrumento y código de cables en un diagrama de conexionado de la instrumentación de control
- Se realiza prueba punto a punto desconectando los cables y punteando ambos al otro extremo un técnico midiendo continuidad con un multímetro.

DIAGRAMA DE CONEXIONADO

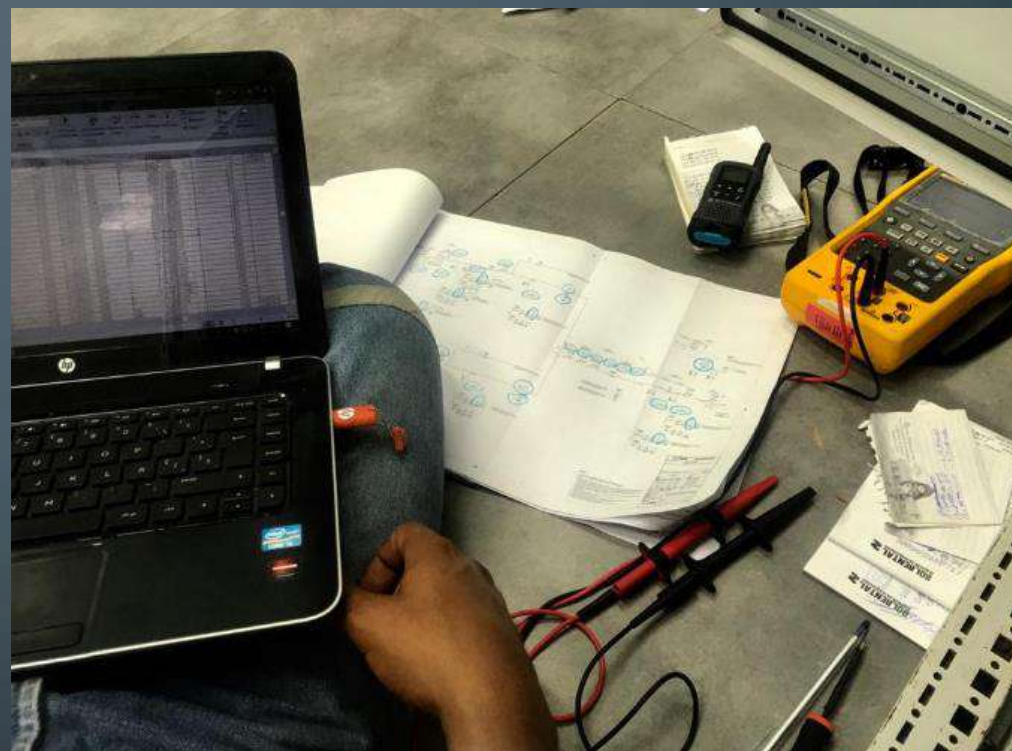


VERIFICACIÓN DE CONEXIONADO DE INSTRUMENTO



- Es de vital importancia realizar la inspección de conexión del equipo de cualquier tipo que sea, dentro de la conexión del equipo tenemos que analizar dos aspectos, ciertos equipos vienen conexiónados internamente de fabrica y otros vienen para ser conexiónados internamente, además de estos aspectos la conexión externa que llega al equipo, se necesita inspeccionar bajo dos criterios, según el plano de ingeniería y según la experiencia del técnico.
- Cada equipo de cualquier tipo que sea tiene su conexión de forma independiente y se ajusta a su modo de operación.

ENERGIZADO DE INSTRUMENTO



- En los procesos de puesta en marcha se realizan operación de equipos en campo con energizado del suministro, esto nos representa un alto índice de riesgo de accidente, por eso los pasos anteriores mencionados tienen que ser priorizados e implementados minuciosa y rigurosamente, el energizado de un equipo o de un sistema, tiene que presentarse por sectores y etapas para el mejor manejo de los posibles riesgos, además de tomar cierta distancia a la hora del energizado de los tableros y equipos de control

ENVIÓ DE LAZOS A PLC



- En esta etapa se mantiene un control de respuesta y emisión de variables desde un instrumento a la sala de control, para esta etapa es necesario tener equipos de calibración de campo y generador de lazos dependiendo el equipo que queramos comisionar o habilitar para el proceso de arranque de la planta, como hemos visto en capítulos anteriores los equipos se manejan bajo un calibrador de especificación definida.
- Para realizar estos procesos se debe y se maneja un protocolo de envío de lazo de señal, la cual cuenta con un envío de señal desde el instrumento a la sala emulando el proceso de 4 a 20ma, las señales de error y corto circuito, dependiendo como lo exija el protocolo.

The image features a dark blue background with white, stylized circuit board traces in the corners. These traces consist of straight lines and small circles, resembling electronic components or connections. The traces are located in the top-left, top-right, bottom-left, and bottom-right corners, framing the central text.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN