



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO

INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL



INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Directorio editorial institucional

Dr. Rodrigo Mena Mg. Rector
Mg. Sandra Cando Coordinadora Institucional
Mg. Oscar Toapanta Coordinador de I+D+i
Ing. Johanna Iza Líder de Publicaciones

Diseño y diagramación

Mg. Belén Chávez
Mg. Santiago Mayorga

Revisión técnica de pares académicos

Ing. César Pinto

IST PELILEO

Correo:

Ing. Darío Llanga, Mg

IST PELILEO

Correo:

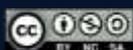
ISBN: 978-9942-686-30-5

Primera edición

Agosto 2024

<https://istp.edu.ec>

Usted es libre de compartir, copiar la presente guía en cualquier medio o formato, citando la fuente, bajo los siguientes términos: Debe dar crédito de manera adecuada, bajo normas APA vigentes, fecha, página/s. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma arbitraria sin hacer uso de fines de lucro o propósitos comerciales; debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar restricciones digitales que limiten legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)





AUTORES



Ing. Rafael Pérez, Mg.

DOCENTE



*Ing. Lucía Gallo,
Mg.*



*Ing. Edison Segovia,
Mg.*

Docente en el área de automatización industrial y control de procesos, con una maestría en Automatización y sistemas de control así como una ingeniería en instrumentación

Forma parte del Instituto Pelileo desde el año 2015 formando parte de varias áreas del conocimiento de la Electromecánica.

Actualmente como docente investigador del ISTP desarrollando proyectos de investigación en el ámbito de la automatización y sistemas de visión artificial

Docente en el área de Automatización y sistemas de control posee una Maestría en Sistemas de control y Automatización Industrial con una Ingeniería en Electrónica e Instrumentación

Trabaje en Institutos y Universidades de Educación superior siendo el último la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE dictando varias materias en Ingeniería y Tecnologías

Mi líneas de Investigación se enfocan a la Automatización Industrial y la Matemática Aplicada

Docente en la carrera de Electromecánica con maestría de automatización y sistemas de control con una ingeniería en Electromecánica forma parte del Instituto Superior Universitario Cotopaxi desde el año 2015 forma parte del área de automatización y control industrial.

Actualmente es docente investigador del ISUC desarrollando proyectos de investigación en el ámbito de la automatización y realidad aumentada



PRÓLOGO

La creciente automatización en la industria ha transformado profundamente los procesos productivos, impulsando niveles de precisión, eficiencia y control sin precedentes. En este contexto, la instrumentación industrial y los controladores lógicos programables (PLC) se han consolidado como pilares fundamentales para garantizar la operación continua, segura y rentable de las plantas industriales modernas. Estos dos campos, aunque técnicos, representan mucho más que herramientas de ingeniería; son la base sobre la que se edifica la competitividad y sostenibilidad de las industrias en el siglo XXI.

La instrumentación industrial permite la medición y el control preciso de variables como temperatura, presión, flujo y nivel, mientras que los PLC actúan como los cerebros detrás de las operaciones automatizadas, ejecutando secuencias complejas de control en tiempo real. La integración efectiva de ambas áreas no solo asegura el correcto funcionamiento de los sistemas industriales, sino que también abre la puerta a innovaciones que permiten a las

empresas optimizar recursos, minimizar errores y adaptarse a entornos de producción cada vez más exigentes.

Este libro está dirigido tanto a estudiantes como a profesionales que desean profundizar en los fundamentos y aplicaciones de la instrumentación industrial y los PLC. A través de sus capítulos, los lectores encontrarán una guía clara y práctica que abarca desde los conceptos básicos hasta los sistemas más avanzados, acompañada de ejemplos reales y soluciones a los desafíos más comunes en el campo de la automatización.

El objetivo principal es proporcionar un conocimiento integral, que no solo sea técnico, sino que también permita a los lectores comprender el impacto estratégico que estas tecnologías tienen en el mundo actual. Los avances en la automatización no son solo una tendencia, sino una necesidad para cualquier industria que desee mantenerse competitiva en un entorno global cada vez más exigente.



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO

TOMO 1:

Instrumentación

Ing. Rafael Pérez, Mg.



CONTENIDOS

01

UNIDAD UNO

GENERALIDADES DE LA INSTRUMENTACIÓN

- 1.1. Términos usados en instrumentación.
- 1.2. Diagramas P&ID
- 1.3. Transmisores

02

UNIDAD DOS

MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS

- 2.1. Sensores Resistivos
- 2.2. Sensores Inductivos, capacitivos y efecto hall
- 2.3. Medición de temperaturas
 - 2.3.1. Termómetros de vidrio
 - 2.3.2. Termómetro bimetálico
 - 2.3.3. Termopares
 - 2.3.4. Termistores
 - 2.3.5. RTD
 - 2.3.6. Pirómetros de radiación
- 2.4. Medición de Presión, Caudal y Nivel
 - 2.4.1. Medidas de presión
 - 2.4.2. Elementos mecánicos y electromecánicos
 - 2.4.3. Medidas de caudal
 - 2.4.4. Medidores volumétricos
 - 2.4.5. Medidores de nivel de líquidos
 - 2.4.6. Medidores de nivel de sólidos
 - 2.4.7. Otras variables

UNIDAD TRES

ACTUADORES Y CONTROLADORES

03

- 3.2. Válvulas de control
 - 3.2.1. Generalidades
 - 3.2.2. Tipos de válvulas
- 3.3. Otros elementos finales de control
 - 3.3.1. Rectificadores controlados de silicio
 - 3.3.2. Bombas dosificadoras
 - 3.3.3. Actuadores de velocidad variable
- 3.4. Elementos finales varios



01

GENERALIDADES *DE LA INSTRUMENTACIÓN*



1.1. Términos usados en instrumentación

Los instrumentos de control empleados en las industrias de proceso tales como química, petroquímica, alimenticia, metalúrgica, energética, textil, papel, etc., tienen su propia terminología;

los términos empleados definen las características propias de medida y de control y las estáticas y dinámicas de los diversos instrumentos utilizados:

- Indicadores, registradores, controladores, transmisores y válvulas de control.

La terminología empleada se ha unificado con el fin de que los fabricantes, los usuarios y los organismos o entidades que intervienen directa o indirectamente en el campo de la instrumentación industrial empleen el mismo lenguaje.

Campo de medida

El campo de medida se refiere al rango o conjunto de valores de una variable que el instrumento puede medir, recibir o transmitir, comprendidos entre un límite superior e inferior. Este rango se expresa mediante los dos valores extremos.

Por ejemplo, un manómetro con un rango de 0 a 10 bar, un transmisor de presión electrónico con un rango de 0 a 25 bar y una señal de salida de

4-20 mA c.c., o un instrumento de temperatura con un rango de 100 a 300 °C.

Otro término relacionado es la *dinámica de medida* o *rangeabilidad*, que se refiere a la relación entre el valor máximo y mínimo que el instrumento puede medir. Por ejemplo, una válvula de control lineal que regule el flujo desde el 2% hasta el 100% de su recorrido tendrá una *rangeabilidad* de $100/2 = 50$.

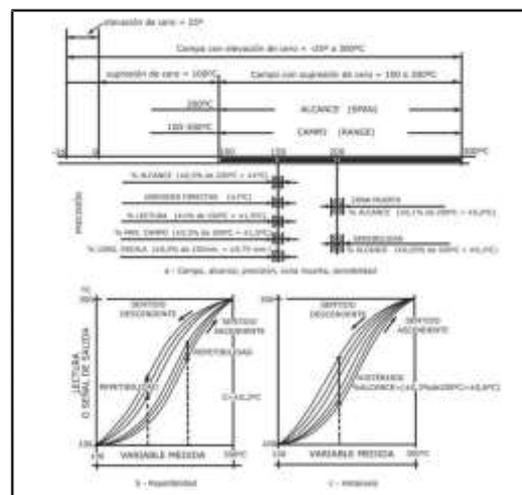


Figura 1.1 Definiciones de los instrumentos

Fuente: Creus, Instrumentación Industrial

Alcance

El alcance, conocido también como *span*, es la diferencia entre el valor máximo y mínimo del rango de



medida de un instrumento. En los ejemplos mencionados anteriormente, el alcance sería de 10 bar para el manómetro, 25 bar para el transmisor de presión, y 200 °C para el instrumento de temperatura.

Error

El error de la medida es la diferencia entre los valores medidos de una variable de proceso y los valores teóricos o ideales, causado por las imperfecciones de los equipos y la influencia de variables externas no deseadas en el proceso. Se expresa como:

Error = Valor medido en el instrumento - Valor ideal de la variable medida

El error absoluto se define como:

Error absoluto = Valor medido - Valor real

El error relativo, que indica la precisión de la medición, es:

Error relativo = Error absoluto / Valor real

Cuando el proceso se encuentra en estado estacionario, el error se denomina error estático. En condiciones dinámicas, el error varía debido a que los instrumentos, al igual que los sistemas físicos, absorben energía del proceso y requieren tiempo para transferirla, lo que genera retrasos en las lecturas.

Incertidumbre de la medida

Cuando se realiza una calibración, se compara el instrumento que se quiere calibrar con un equipo de referencia para determinar si el error (la diferencia entre el valor medido

por el instrumento y el valor real medido por el equipo de referencia) está dentro de los márgenes establecidos por el fabricante.

Dado que el equipo de referencia también presenta un cierto error, y en la operación de comparación pueden influir diversas fuentes de error, no es posible definir la medición con un solo valor. Esto genera lo que se conoce como incertidumbre de la medida o simplemente incertidumbre.

Las principales fuentes de incertidumbre incluyen:

- Condiciones ambientales.
- Diferencias en la lectura de instrumentos analógicos por parte de los operadores.
- Variaciones en las mediciones repetidas en condiciones aparentemente idénticas.
- Inexactitud en los valores de los equipos de referencia.
- Muestras no representativas del producto. Por ejemplo, al medir la temperatura con un termómetro de vidrio, la masa del bulbo puede alterar la temperatura de la muestra.

En resumen, la incertidumbre es la dispersión de valores que se pueden atribuir razonablemente al valor real de la magnitud medida. En su cálculo se consideran la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y las características de los equipos (como la deriva en



función de la tensión de alimentación o la temperatura).

Exactitud

La exactitud es la capacidad de un instrumento de medida para proporcionar lecturas cercanas al valor real de la magnitud que se está midiendo. En otras palabras, es el nivel de coincidencia entre el valor mostrado por el instrumento y un valor estándar o ideal, que se toma como el valor verdadero. El grado de conformidad se refiere a la desviación máxima entre la curva de calibración de un instrumento y una curva de referencia establecida, ajustada de manera que dicha desviación máxima sea la menor posible.

La exactitud (accuracy) define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio durante un período de tiempo determinado (normalmente 1 año). La exactitud se da en términos de inexactitud, es decir, un instrumento de temperatura de 0-100 °C con temperatura del proceso de 100 °C y que marca 99,98 °C se aproxima al valor real en 0,02 °C, o sea tiene una inexactitud de 0,02 °C. Hay varias formas para expresar la exactitud:

- b) Directamente, en unidades de la variable medida. Ejemplo: exactitud $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$.
- c) Tanto por ciento de la lectura efectuada. Ejemplo: exactitud de $\pm 1\%$ de $150\text{ }^\circ\text{C}$, es decir, $\pm 1,5\text{ }^\circ\text{C}$.
- d) Tanto por ciento del valor máximo del campo de medida. Ejemplo: exactitud $\pm 0,5\%$ de $300 = \pm 1,5\text{ }^\circ\text{C}$.

Tanto por ciento de la longitud de la escala. Ejemplo: si la longitud de la escala del instrumento de la figura 1.3 es de 150 mm, la exactitud de $\pm 0,5\%$ representará $\pm 0,75\text{ mm}$ en la escala.

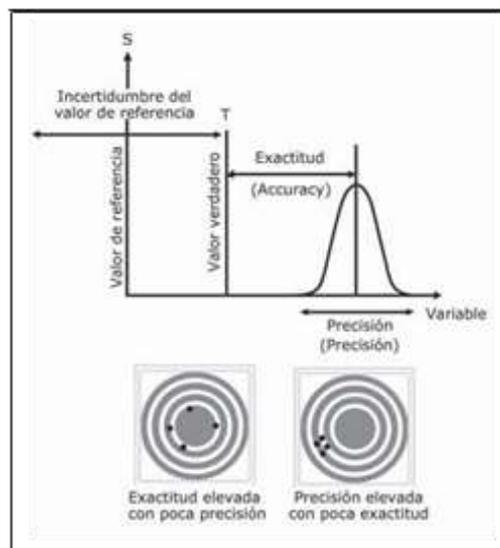


Figura 1.2 Definiciones de los instrumentos

Fuente: Creus, Instrumentación Industrial

Precisión

La precisión (precisión) es la cualidad de un instrumento por la que tiende a dar lecturas muy próximas unas a otras, es decir, es el grado de dispersión de las mismas. Un instrumento puede tener una



pobre exactitud, pero una gran precisión. Por ejemplo, un manómetro de intervalo de medida de 0 a 10 bar, puede tener un error de cero considerable marcando 2 bar sin presión en el proceso y diversas lecturas de 7,049, 7,05, 7,051, 7,052 efectuadas a lo largo del tiempo y en las mismas condiciones de servicio, para una presión del proceso de 5 bar. Tendrá un error práctico de 2 bar, pero los valores leídos estarán muy próximos entre sí con una muy pequeña dispersión máxima de $7,052 - 7,049 = 0,003$, es decir, el instrumento tendrá una gran precisión.

Por lo tanto, los instrumentos de medida estarán diseñados por los fabricantes para que sean precisos, y como periódicamente se descalibran, deben reajustarse para que sean exactos. A señalar que el término precisión es sinónimo de repetibilidad.

Zona muerta

La zona muerta (dead zone o dead band) es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce su respuesta. Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida. Por ejemplo: en el instrumento de la figura 1.3 es de

$\pm 0,1\%$, es decir, de $0,1 \times 200/100 = \pm 0,2^\circ\text{C}$.

Sensibilidad

La sensibilidad (sensitivity) es la razón entre el incremento de la señal de salida o de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el

estado de reposo. Por ejemplo, si en un transmisor electrónico de 0-10 bar, la presión pasa de 5 a 5,5 bar y la señal de salida de 11,9 a 12,3 mA c.c., la sensibilidad es el cociente:

$$\frac{(12,3 - 11,9)/(20 - 4)}{(5,5 - 5)/10} = \pm 0,5 \text{ mA c.c./bar}$$

Histéresis

La histéresis es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el instrumento o su salida de señal para el mismo valor de la variable, cuando esta recorre toda la escala en ambas direcciones, es decir, de forma ascendente y descendente. Esta diferencia se expresa como un porcentaje del rango de medida.

Por ejemplo, en un termómetro con un rango de 0-100%, si para un valor de 40°C la aguja marca $39,9^\circ\text{C}$ al aumentar la temperatura desde 0°C , y $40,1^\circ\text{C}$ al disminuir la temperatura desde 100°C , el valor de la histéresis sería:

$$\frac{40,1 - 39,9}{100 - 0} \times 100 = \pm 0,2\%$$

Repetibilidad

La repetibilidad (repeatability) es la capacidad de reproducción de las posiciones de la pluma o del índice o de la señal de salida del instrumento, al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo. La repetibilidad es sinónimo de precisión. A mayor repetibilidad, es decir, a un menor valor numérico (por ejemplo, si en un instrumento es $0,05\%$ y en otro es $0,005\%$, este



segundo tendrá más repetibilidad), los valores de la indicación o señal de salida estarán más concentrados, es decir, habrá menos dispersión y una mayor precisión.

La repetibilidad se expresa en tanto por ciento del alcance; un valor representativo es el de $\pm 0,1\%$. Nótese que el término repetibilidad no incluye la histéresis.

Para determinarla, el fabricante comprueba la diferencia entre el valor verdadero de la variable y la indicación o señal de salida del instrumento recorriendo todo el campo, y partiendo, para cada determinación, desde el valor mínimo del campo de medida. De este modo, en el caso de un manómetro puede haber anotado los siguientes datos relacionados.

Tabla 1.1 Valoración de la repetibilidad

Ítem	Variable	Indicación	Diferencia	Controlado (diferencia)	Ítem	Variable	Indicación	Diferencia	Controlado (diferencia)
1	8,5	8,500	-0,002	40,00	11	9	9,002	-0,001	10,00
2	7	7,000	-0,000	3,0000	12	8,5	8,500	-0,000	3,0000
3	8,5	8,500	-0,000	8,1000	13	8	8,000	-0,000	0,0000
4	8	8,000	-0,000	6,4000	14	8,5	8,501	-0,001	10,00
5	8,5	8,500	-0,000	3,0000	15	7	7,001	-0,001	0,0000
6	9	9,001	-0,001	4,9000	16	8,5	8,500	-0,000	3,0000
7	8,5	8,501	-0,001	0,0000	17	8	8,000	-0,000	0,1000
8	8	8,000	-0,000	3,5000	18	8,5	8,500	-0,000	0,0000
9	8,5	8,501	-0,001	4,9000	19	9	9,000	-0,000	0,0000
10	10	10,000	-0,000	2,5000					
Suma de cuadrados de las diferencias				0,000000	Suma de cuadrados de las diferencias				0,000000
Suma total de cuadrados de las diferencias					Suma total de cuadrados de las diferencias				0,11100000
Repetibilidad = Raíz cuadrada (suma total de cuadrados de las diferencias/9)					Repetibilidad = Raíz cuadrada (suma total de cuadrados de las diferencias/9)				0,00001774

Otros Términos

Otros términos comunes en las especificaciones de instrumentos son:

Campo de medida con elevación de cero: Se refiere a un campo de medida donde el valor cero de la variable es mayor que el valor mínimo del rango. Un ejemplo sería un rango de -10 °C a 30 °C .

Campo de medida con supresión de cero: Es el campo de medida donde el valor cero de la variable es menor que el valor mínimo del rango. Por ejemplo, un rango de 20 °C a 60 °C .

Elevación de cero: Es la cantidad por la que el valor cero de la variable excede el valor mínimo del campo. Puede expresarse en unidades de la variable o como porcentaje del alcance. Por ejemplo, en un rango de -10 °C a 30 °C , la elevación de cero sería 10 °C , lo que equivale a $(10/40) \times 100 = 25\%$.

Supresión de cero: Es la cantidad por la cual el valor mínimo del campo excede el valor cero de la variable. También puede expresarse en unidades o como porcentaje del alcance. En un rango de 20 °C a 60 °C , la supresión de cero sería 20 °C , equivalente a $(20/40) \times 100 = 50\%$.

Deriva: Es una variación en la señal de salida que ocurre a lo largo del tiempo mientras la variable medida y las condiciones ambientales permanecen constantes. Se consideran la deriva de cero (cambios en la señal de salida en el valor cero debido a causas internas) y la deriva térmica de cero (variaciones causadas por cambios en la temperatura). La deriva suele expresarse como un porcentaje de la señal de salida total a temperatura ambiente por unidad o intervalo de variación de temperatura. Por ejemplo, la deriva térmica de cero de un instrumento en un mes a temperatura ambiente fue de $0,2\%$ del alcance.



1.2. Diagramas P&ID

Los símbolos y diagramas son usados en el control de procesos para indicar:

- La aplicación en el proceso
- El tipo de señales empleadas
- La secuencia de componentes interconectadas y;
- De alguna manera, la instrumentación empleada.

La Sociedad de Instrumentistas de América (ISA por sus siglas en inglés Instruments Society of America) publica normas para símbolos, términos y diagramas que son generalmente reconocidos en la industria.

Por ejemplo, en los siguientes procesos industriales en el cual no es posible por simple observación determinar la operación y tipo de variables.

Fig. 1.3. Proceso industrial



En instrumentación y control, se emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de:

- Ayudar a atender el proceso.

- Proporcionar información acerca del mismo

Todos los diagramas de control de procesos están compuestos de símbolos, identificaciones y líneas, para la representación gráfica de ideas, conceptos y aparatos involucrados en el proceso; a su vez, describen las funciones a desempeñar y las interconexiones entre ellos.

Simbolismo

El simbolismo es un proceso abstracto en el cual las características salientes de los dispositivos o funciones son representados 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.

Las tuberías son representadas con líneas

- Entre los símbolos de un diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID)

tenemos:

1. Figuras geométricas
2. Simbolismo de Señales
3. Simbolismo de Funciones
4. Simbolismo de Instrumentos



Figuras geométricas

Las figuras geométricas son usadas para representar funciones de medición y control en el proceso, así como dispositivos y sistemas; para la cual se utilizan:

Círculos

El Círculo se usa para indicar:

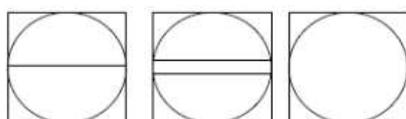
- a. Presencia de un instrumento: Como símbolo de un instrumento representa, el concepto de un dispositivo individual o función. Ejemplo: sensor, transmisor, controlador, etc.

En la figura, se muestra un dispositivo indicador de Presión (PI):



- b. Como elemento descriptor es usado para proporcionar información acerca de otro símbolo. En la figura, se muestra

Un cuadrado con un círculo interno, representa instrumentos que muestran información y realizan acciones de control.



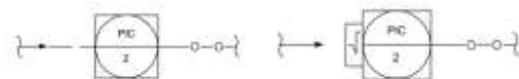
una válvula para el control de Flujo (FV).



Cuadrados grandes

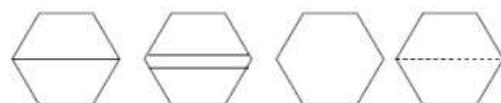
Se requiere poder distinguir instrumentos independientes y aquellos cuyos componentes se encuentran repartidos en diversos gabinetes no pudiendo reconocérseles como localizados en un sólo lugar.

La solución se encontró usando un cuadrado alrededor del símbolo del instrumento. Esto indica la función cumplida por varios elementos no localizados (distribuidos) en un sólo gabinete.

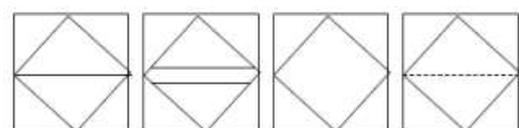


Como en el caso anterior, la inclusión o no, de una o dos líneas será también interpretado.

Un hexágono representa dispositivos con capacidades de cómputo. Ejemplo: Controladores



El siguiente símbolo indica PLC's





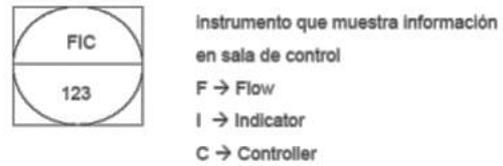
Identificación de Elementos

La identificación de los símbolos y elementos debe ser alfa numérica (ejemplo FI204).

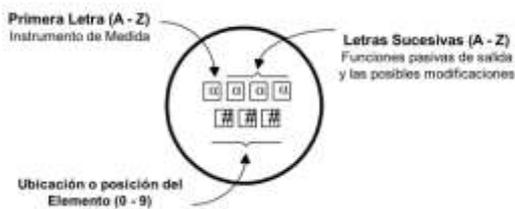
Los números representan la ubicación y establecen el lazo de identidad

La codificación alfabética identifica al instrumento y las acciones a realizar

A continuación, se visualiza un ejemplo:



El número representa una etiqueta, frecuentemente relacionada con un lazo de control en particular.



Cada instrumento se identifica mediante un sistema de letras, clasificadas en cuanto a la función se puede visualizar la tabla:

Tabla 1.2. Representación para letras

LETRA	PRIMERA LETRA		LETRA SUCESIVA		
	VARIABLE MEDIDA	MODIFICADO	FUNCIONES PASIVAS O LECTURAS DE SALIDA	FUNCIONES DE SALIDA	MODIFICADAS
A	Análisis (composición)		Alarma, alarma silenciosa y Emergencia		
B	Combustión				
C	Controlador, Controlador de Salida, Paso Espirales	Diferencial	Regulación (ON-OFF)	Control	
D	Volaje		Sensores		
F	Flujo	Fluido			
G			Dispositivo de salida		
H	Masa (aceleración)				Alarma de alta
I	Contacto Eléctrico		Indicación (indicador)		
K	Tiempo	Región del control de tiempo			
L	Nivel		Luz		Alarma de baja
M	Humedad				Alarma de alta
N		Llave a elección	Llave a elección		
O			On/Off, restablecimiento		
P	Presión		Punto de presión o control		
Q	Calidad	Región, Tabla de			
R	Reducción		Registro		
S	Vibración, Presencia	Seguimiento		Indicador	
T	Temperatura		Transmisor		
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
W	Presión (Osciló)		Peso		
V	Vibración o Análisis Mecánico			Válvula	
X	Llave a elección	En X	Llave a elección	Llave a elección	Llave a elección
Y	Branda, Líquido, Presencia, Presión	En Y		Alarma	Compuerta, Alarma, Maravilla
Z	Desempeño	En Z			

Fuente: Instrumentos de Control y Medida (P&ID)



1.3. Transmisores

Los transmisores son dispositivos que capturan una variable de proceso y la envían a un instrumento receptor, que puede ser un indicador, registrador, controlador o una combinación de estos. Su función es emitir una señal, código o mensaje a través de un medio. Para establecer una comunicación, se necesitan un transmisor, un medio y un receptor.

Sin embargo, los transmisores hacen más que eso: su función principal es convertir cualquier señal en una señal estándar adecuada para el instrumento receptor. Un transmisor puede recibir señales tanto de un sensor como de un transductor. Es importante destacar que todo transmisor es un transductor, pero no todo transductor es un transmisor.

Las señales estándar pueden ser neumáticas, con valores entre 3 y 15 psi; electrónicas, que varían entre 4 y 20 mA o 0 a 5 voltios DC; o digitales,

que entregan 0 o 5 voltios para representar 0 o 1, respectivamente.



Fig. 1.4. Instrumentos Industriales

Fuente: <https://www.slideshare.net/slideshow/instrumentacion-industrial-34311743/34311743#18>

Existen varios tipos de señales de transmisión:

- Neumáticas:
- Electrónicas:
- Digitales:
- Hidráulicas:
- Telemétricas

Transmisores Neumáticos

Un transmisor neumático es un dispositivo mecánico que convierte



un desplazamiento mecánico en variaciones proporcionales de presión.

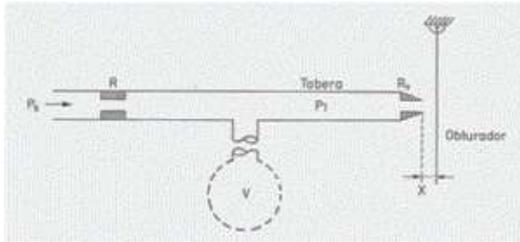


Fig. 1.5. Transmisor Neumático

Estos transmisores se basan en un sistema tobera-obturador, que convierte el movimiento del elemento de medición en una señal neumática.

Fig. 1.3.1. Sistema tobera-obturador

Fuente: (Creuss, Instrumentación Industrial)

Se fundamentan en el principio que cumple el sistema tobera obturador que cociste en un tubo con un suministro constante de presión no superior a los 25 Psi que pasa por una restricción que reduce el diámetro alrededor de 0.1 mm y que en su otro extremo se torna en forma de tobera con un diámetro de 0.25 - 0.5 mm que está expuesto a la atmósfera ocasionando un escape que es regulado por un obturador el cual cumple la misión de controlar el escape proporcional a la separación entre él y la tobera, la función de la tobera - obturador es que a medida que la lámina

obturadora disminuya o aumente la distancia hacia la tobera ocasionara un efecto inversamente proporcional sobre la presión interna que es intermedia entre la presión atmosférica y la de suministro igual a la señal de salida del transmisor que para la tobera totalmente cerrada equivale a 15 PSI y totalmente abierta a 3 PSI.

Transmisores Electrónicos

Los transmisores electrónicos suelen ser más precisos y rápidos que los mecánicos, en parte debido a la exactitud de los circuitos electrónicos y a los mínimos movimientos necesarios en los elementos elásticos para generar un cambio eléctrico.

Estos transmisores suelen funcionar con el principio de equilibrio de fuerzas, donde un desequilibrio provoca una variación en la posición relativa, lo que activa un transductor de desplazamiento, como un detector de inductancia o un transformador diferencial. Un circuito oscilador conectado a estos detectores alimenta una unidad magnética, complementando el circuito de retroalimentación al modificar la corriente de salida de manera proporcional a la variable



del proceso. Su precisión suele estar entre 0,5% y 1% en una salida estándar de 4-20 mA.

Los transmisores electrónicos generan la señal estándar de 4-20 mA C.C. a distancias de 200 m a 1 km, según sea el tipo de instrumento transmisor. Todavía pueden encontrarse transmisores que envían las señales 1-5 mA c.c., 10-50 mA c.c., 0,5 mA c.c., 1-5 mA c.c., 0-20 mA c.c., 1-5 V c.c., utilizadas anteriormente a la normalización a la señal indicada de 4-20 mA c.c.

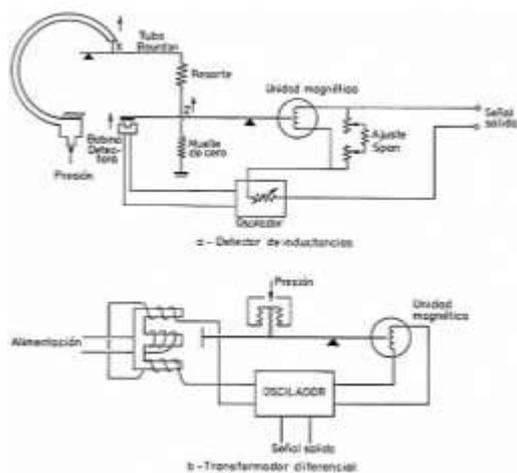


Fig. 1.6. Transmisor electrónico.

Fuente: https://www.educaplay.com/printa/blegame/4852604-transmisores_electronicos.html

Transmisores Digitales

Los transmisores digitales generan una señal en forma de pulsos digitales compuestos por bits. Cada bit, representado como 0 o 1, indica

la ausencia (0) o presencia (1) de una señal a través de un conductor. Una ventaja clave de estos transmisores es que su señal de salida puede ser recibida directamente por un procesador.

Estos instrumentos no solo transmiten la señal del proceso, sino que también realizan funciones adicionales gracias a un microprocesador integrado. Algunos modelos incluyen funciones como auto-calibración y autodiagnóstico de los componentes electrónicos, alcanzando una precisión de 0.075%. Además, monitorean la temperatura, estabilidad, y tienen un amplio rango de medida, lo que contribuye a bajos costos de mantenimiento. Sin embargo, presentan desventajas como su lentitud en procesos que requieren rapidez y la falta de dispositivos universales, lo que limita la compatibilidad entre diferentes marcas.

El término "inteligente" (smart) indica que el instrumento es capaz de realizar funciones adicionales a la de la simple transmisión de la señal



del proceso. Estas funciones adicionales pueden ser:

- Generación de señales digitales.
- Comunicabilidad.
- Uso de otros sensores tales como de presión y temperatura para compensar las variaciones del ruido y conseguir una mayor exactitud.
- Cambio fácil de rangos. La "inteligencia" se aplica también a otras variables, tal como la temperatura donde el transmisor puede trabajar con distintas sondas de resistencia y termopares y diversos campos de medida, gracias a la linealización de las escalas y a la compensación de la unión fría que aporta el microprocesador.

El transmisor con señal de salida enteramente digital de Honeywell, aparecido en el año 1986, proporcionó un aumento de la exactitud del lazo de control del orden del 0,75%, al eliminar los convertidores A/D (analógico-digital) del transmisor y el D/A (digital-analógico) del receptor (indicador, registrador o controlador). El término "smart" no puede aplicarse al transmisor que sólo posee comunicabilidad digital (mediante un convertidor A/D), pero carece de funciones adicionales tales como corrección automática de la presión y temperatura del tipo de proceso.



Práctica 1.1.

Tema: Diagramas P&ID's

Resultado de aprendizaje:

Entender los símbolos y figuras que representan los diagramas P&ID para la representación de procesos industriales, sus elementos, instrumentos, conexiones y relaciones unos con otros.

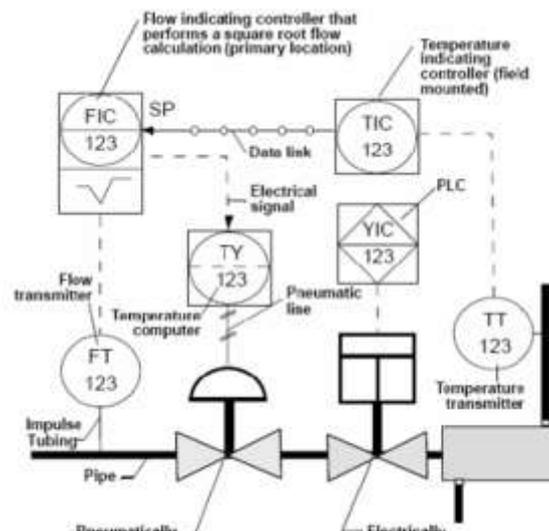
Objetivo:

Representar y determinar las funciones y elementos que componen un proceso industrial.

Equipos y materiales:

Normas ISA

Procesos ejemplo





02

MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS



2.1. Sensores Resistivos

En un sistema de control automático el sensor es el elemento que cierra el lazo de control y tiene como tarea captar, del proceso o máquina sobre la que se ejerce control, la información de cómo se está comportando o realizando el trabajo.

Sensores Resistivos

Entre los cuales se encuentran los potenciómetros, detectores de temperatura resistivos (RTD), termistores, magnetorresistencias, fotorresistencias (LDR), resistencias semiconductoras para detección de gases.

Extensímetros

La extensometría es una técnica experimental para la medición de esfuerzos y deformaciones basándose en el cambio de la resistencia eléctrica de un material al ser sometido a tensiones.

Galga Extensiométrica

Una galga extensiométrica consiste en una fina película metálica en forma de hilo plegado depositada sobre una lámina de plástico

aislante de algunas micras de espesor.

Las galgas extensométricas son sensores de deformaciones basados en la variación de la resistencia eléctrica con la deformación, en un hilo conductor calibrado, o en resistencias construidas a base de pistas de semiconductor.

Se emplean también, combinadas con muelles o piezas deformables para detectar de forma indirecta esfuerzos. En definitiva suelen usarse más que como sensores de deformación como sensores de medida indirecta de esfuerzos (fuerza o par)

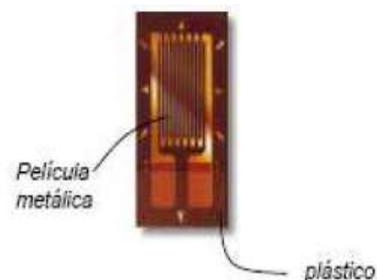


Fig 2.1. Galga extensiométrica



2.2. Sensores Inductivos, capacitivos y efecto hall

Sensores Inductivos

Los sensores de proximidad inductiva son equipamientos electrónicos capaces de detectar las aproximaciones de piezas, componentes, elementos de máquinas, etc. En sustitución de las tradicionales llaves de fin de carrera llaves de fin de carrera.

La detección ocurre sin que haya un contacto físico entre el accionador y el sensor, aumentando la vida útil del sensor por no poseer piezas móviles sujetas a desgastes mecánicos

Estructura de un sensor Inductivo

Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. Este tipo de sensor ignora objetos no metálicos.

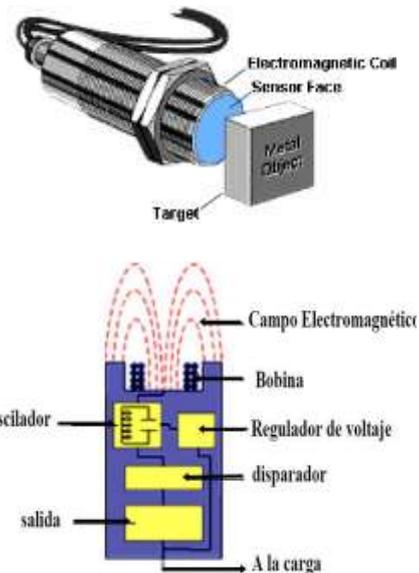


Fig. 2.2. Componentes de un sensor inductivo.

Sensor de Efecto Hall

En el mercado existe gran cantidad de sensores industriales para diversos usos, basados en el efecto que descubrió el científico Edwin Herbert Hall.

El nombre de Hall, físico norteamericano, ha pasado a la posteridad debido a una singularidad electromagnética que descubrió por casualidad en el curso de un montaje eléctrico: el "Efecto Hall".

Principio de Operación



Cuando por una placa metálica circula una corriente eléctrica y ésta se halla situada en un campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente, se desarrolla en la placa un campo eléctrico transversal, es decir, perpendicular al sentido de la corriente

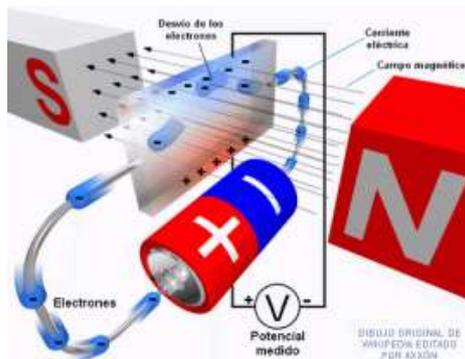


Fig. 2.3. Sensor de efecto Hall

Este campo, denominado Campo de Hall, es la resultante de fuerzas ejercidas por el campo magnético sobre las partículas de la corriente eléctrica, sean positivas o negativas.

Sensores capacitivos

Un sensor capacitivo es especialmente adecuado para efectuar controles de presencia y mediciones de distancia en espacios muy pequeños. Los valores pueden determinarse con una exactitud nanométrica. Por tanto, los sensores son aptos para un amplio abanico de aplicaciones. Se

usan, por ejemplo, en pantallas táctiles de teléfonos inteligentes, en microscopios de túneles de barrido o en instalaciones de montaje.

Los sensores capacitivos detectan objetos de destino metálicos y no metálicos. Se pueden obtener distancias operativas de 1 mm... 50 mm en función de las características de tamaño y material del objeto de destino, el tamaño del sensor y las condiciones de instalación.

El tipo de sensor también ofrece una «función transparente» para detectar medios acuosos o gránulos. En este caso, el sensor responde al contenido de un recipiente de pared fina y eléctricamente no conductivo fabricado con material como vidrio y plástico. Esta función se activa combinando las influencias capacitivas de la pared del contenedor y del medio de llenado. El uso del sensor capacitivo como ayuda de visualización permite la monitorización de flujo y nivel sin contacto de medios líquidos y materiales a granel.

Características técnicas especiales de los sensores capacitivos:

- Detección de materiales eléctricamente conductivos y



aislantes: metales ferrosos, metales no ferrosos, vidrio, madera, plásticos, aceite, agua y soluciones acuosas

- Distancia operativa ajustable en función del objeto y las características de instalación.
- «Función transparente» para su uso en recipientes de pared fina y no conductivos

Entre las aplicaciones típicas se incluyen:

- Monitorización de presencia de papel, madera, vidrio o materiales plásticos
- Control de nivel de medios líquidos y materiales a granel (agua, aguas residuales, pellets, comprimidos, gránulos, tóner)
- Monitorización de flujo en tubos y tuberías de plástico



Fig. 2.4. Diseño de sensores capacitivos

Fuente: <https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/44258.htm>.

Los sensores capacitivos funcionan sin contacto. Los sensores detectan objetos situados en su campo de medición mediante la interacción del objeto con el campo eléctrico alterno externo generado por el sensor.

El núcleo del sensor capacitivo es un electrodo que genera un campo eléctrico alterno que sale por la superficie de detección. El objeto sólido o una sustancia líquida del campo de medición influye en el potencial eléctrico del campo alterno o hace que aumente la capacitancia. Este cambio se notifica al oscilador. El nivel de la señal del oscilador cambia. Este cambio en el nivel de señal se mide, se compara con el umbral definido internamente y conmuta la etapa de salida para sensores binarios a través de un Schmitt-Trigger.



2.3. Medidas de temperatura

La temperatura es una magnitud física que indica el nivel de calor o frío de un cuerpo o del ambiente. En el sistema internacional de unidades, la temperatura se mide en kelvins (K). A continuación, se describen otras unidades comúnmente utilizadas para medir la temperatura.

Podemos clasificar las unidades de temperatura en dos grandes categorías: absolutas y relativas. La temperatura mide el nivel térmico o la cantidad de calor que posee un cuerpo. Todas las sustancias, en cualquier estado (sólido, líquido o gas), están formadas por moléculas en constante movimiento. La suma de la energía de todas las moléculas se llama energía térmica, y la temperatura es una medida de la energía promedio de esas moléculas.

En cuanto a las unidades de medida de la temperatura, existen tres

escalas principales: Fahrenheit (°F), Celsius (°C) y Kelvin (K).

****Celsius o grados centígrados**:** Es la unidad más utilizada globalmente, representada por el símbolo °C. Se define tomando el punto de congelación del agua a 0° y el punto de ebullición a 100°, ambos medidos a una atmósfera de presión. La escala se divide en 100 partes iguales, donde cada parte equivale a un grado. Esta escala fue propuesta en 1742 por Anders Celsius, físico y astrónomo sueco.

Kelvin: Se representa por la letra K y no lleva ningún símbolo («°») de grado. Fue creada en 1948 por William Thomson, sobre la base de grados Celsius, estableciendo así el punto cero en el cero absoluto (-273,15 °C) y conservando la misma dimensión para los grados.

Los Kelvin se utilizan principalmente en química y en física para medir el movimiento atómico de toda la materia y junto con los Celsius para medir elementos muy fríos como el



nitrógeno líquido, o muy calientes como una estrella.

Grados Fahrenheit: Esta escala se basa en las divisiones entre los puntos de congelación y evaporación de soluciones de cloruro amónico. Gabriel Fahrenheit, en 1724, propuso establecer el 0 y el 100 en las temperaturas correspondientes a la congelación y evaporación de esta solución en agua.

Utilizó un termómetro de mercurio, sumergiéndolo en una mezcla de hielo triturado y cloruro amónico a partes iguales, la cual representaba la temperatura más baja que podía lograrse en un laboratorio en ese tiempo. Luego, con una mezcla de hielo triturado y agua pura, determinó el punto de 30 °F, que más tarde ajustó a 32 °F, correspondiente al punto de fusión del hielo. Exponiendo el termómetro al vapor de agua hirviendo, obtuvo el punto de 212 °F, que corresponde al punto de ebullición del agua. La diferencia entre estos dos puntos es de 180 °F, y al dividir esta diferencia en 180 partes iguales, se estableció el valor de cada grado Fahrenheit.

Termómetro de vidrio

Inicialmente se fabricaron aprovechando el fenómeno de la dilatación, por lo que se prefería el uso de materiales con elevado coeficiente de dilatación, de modo que, al aumentar la temperatura, su estiramiento era fácilmente visible. La sustancia que se utilizaba más frecuentemente en este tipo de termómetros ha sido el mercurio, encerrado en un tubo de vidrio que incorporaba una escala graduada, pero también alcoholes coloreados en termómetros grandes.

Termómetro Bimetálico

Una termómetro de lámina bimetálica o termómetro bimetálico es un dispositivo para determinar la temperatura que aprovecha el desigual coeficiente de dilatación de 2 láminas metálicas de diferentes metales unidas rígidamente (lámina bimetálica). Los cambios de temperatura producirán en las láminas diferentes expansiones y esto hará que el conjunto se doble en arco.

En la práctica, las dos láminas anteriormente mencionadas se suelen bobinar en espiral o en forma helicoidal, dejando un extremo libre al que se suelda un índice o es



solidario con una aguja indicadora que muestra, realmente, la rotación angular de la misma sobre una escala graduada en grados centígrados o Fahrenheit. La ventaja de los termómetros bimetálicos sobre los líquidos es su mayor manejabilidad y su gran abanico de medidas. Son ampliamente utilizados en la industria textil y constituyen el fundamento del termógrafo, ampliamente utilizado en estaciones meteorológicas.

Usos y aplicaciones de los termómetros bimetálicos

El uso de los termómetros bimetálicos es muy extenso ya que están diseñados para resistir las condiciones de trabajo más rigurosas, estar en contacto con fluidos de proceso agresivos o ambientes adversos. Gracias a que son ideales para medir la temperatura directamente, por tanto, las industrias que más los emplean son:

- La alimentaria
- De conservación
- Farmacéutica
- Química
- Petroquímica

Termómetro de Bulbo y capilar

Con el termómetro de bulbo se mide la temperatura de un objeto o sustancia, el cual por lo general tiene mercurio o alcohol coloreado en su bulbo o reservorio que se sitúa en uno de sus extremos. Hay que resaltar que, al medir la temperatura del ambiente, el termómetro de mercurio suele ser más preciso por su color blanco brillante del metal, con el que se refleja la radiación y se ve afectada por esa condición.

El termómetro de bulbo se usa a su vez para medir la influencia de la humedad en la sensación térmica. Si se utiliza con un termómetro ordinario se obtiene un psicrómetro, el cual es útil para medir la humedad relativa, tensión de vapor y punto de rocío.

Este funcionamiento hace que, dependiendo del tipo de termómetro, sea mejor para medir un procedimiento u otro.

Dentro de estos tipos de termómetros encontramos el termómetro de bulbo y capilar, uno muy utilizado mas que nada en la meteorología.

Termistores



Un termistor es un tipo de resistencia (componente electrónico) cuyo valor varía en función de la temperatura de una forma más acusada que una resistencia común. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. Este componente se usa frecuentemente como sensor de temperatura o protector de circuitos contra excesos de corriente

El término proviene del inglés *thermistor*, el cual es un acrónimo de las palabras *Thermally Sensitive Resistor* (resistencia sensible a la temperatura).

Existen dos tipos fundamentales de termistores:

- Los que tienen un coeficiente de temperatura negativo (en inglés *Negative Temperature Coefficient* o NTC), los cuales decremantan su resistencia a medida que aumenta la temperatura.
- Los que tienen un coeficiente de temperatura positivo (en inglés *Positive Temperature Coefficient* o PTC), los cuales

incrementan su resistencia a medida que aumenta la temperatura

El funcionamiento se basa en la variación de la resistencia de un semiconductor debido a cambios en la temperatura ambiente, alterando la concentración de portadores. La variación de la resistencia con la temperatura no es lineal a comparación de un RTD.

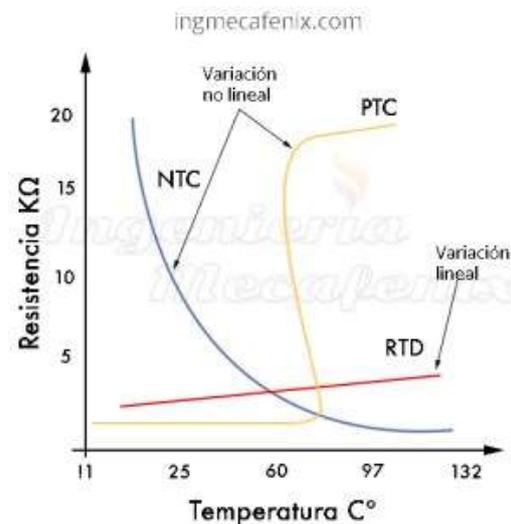


Fig. 2.5. Termistores

Fuente:

https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/termistor-sensor-temperatura/#google_vignette

Termopar

Un termopar llamado también Termocupla es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (del orden



de los milivoltios) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado «punto caliente» o «unión caliente» o de «medida» y el otro llamado «punto frío» o «unión fría» o de «referencia»

Un termopar es un sensor para medir la temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura. Las aleaciones de termopar están comúnmente disponibles como alambre.

Los termopares están disponibles en diferentes combinaciones de metales o calibraciones para adaptarse a diferentes aplicaciones. Los tres más comunes son las calibraciones tipo J, K y T, de los cuales el termopar tipo K es el más popular debido a su amplio rango de temperaturas y bajo costo.

El termopar tipo K tiene un conductor positivo de níquel-cromo y un conductor negativo de níquel-aluminio. Existen calibraciones tipo R, S, B, G, C y D para alta temperatura que ofrecen un rendimiento de hasta 2320 ° C. Estos están hechos

de metales preciosos (platino / rodio y tungsteno / renio) y por lo tanto son relativamente caros.

Cada calibración tiene un rango de temperatura y un entorno de trabajo diferente. Aunque la calibración del termopar dicta la gama de temperaturas, el alcance máximo también está limitado por el diámetro del cable del termopar. Es decir, puede ser que un termopar muy delgado no logre alcanzar el rango de temperatura deseado.

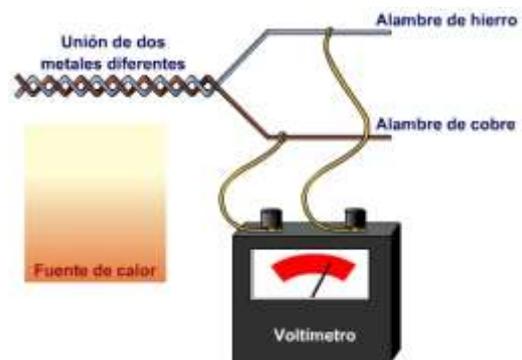


Fig. 2.6. Principio funcionamiento termopares

Fuente:
<https://ceramica.fandom.com/wiki/Termopar>

Pirómetros de Radiación

Un pirómetro es un instrumento utilizado para medir, por medios eléctricos, elevadas temperaturas por encima del alcance de los



termómetros de mercurio. Este término abarca a los pirómetros ópticos, de radiación, de resistencia y termoeléctricos.

Los pirómetros de radiación se fundan en la ley de Stefan - Boltzman y se destinan a medir elevadas temperaturas, por encima de 1600 °C mientras que los pirómetros ópticos se fundan en la ley de distribución de la radiación térmica de Wien y con ellos se han definido puntos por encima de 1063 °C en la Escala Internacional de Temperaturas.

Estructura de los Pirómetros de Radiación

Los pirómetros de radiación para uso industrial, fueron introducidos hacia 1902 y desde entonces se han construido de diversas formas. El medio de enfocar la radiación que le llega puede ser una lente o un espejo cóncavo; el instrumento suele ser de "foco fijo" o ajustable en el foco, y el elemento sensible puede ser un simple par termoeléctrico en aire o en bulbo de vacío o una pila termoeléctrica de unión múltiple en aire. La fuerza electromotriz se mide con un milivoltímetro o con un

potenciómetro, con carácter indicador, indicador y registrador o indicador, registrador y regulador.

El espejo cóncavo es a veces preferido como medio para enfocar por dos razones:

- La imagen de la fuente se enfoca igualmente bien en el receptor para todas las longitudes de onda, puesto que el espejo no produce aberración cromática, en tanto que la lente puede dar una imagen neta para una sola longitud de onda.
- Las lentes de vidrio o de sílice vítrea absorben completamente una parte considerable de la radiación de largas longitudes de onda. La radiación reflejada por el espejo difiere poco en longitud de onda media de la que en él incide.



2.4. Medición de Presión, Caudal y Nivel

2.4.1. Medidas de Presión

Es una magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

Presión es la fuerza normal por unidad de área, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie, y está dada por:

$$P = F/A$$

Donde P es la fuerza de presión, F es la fuerza normal, es decir perpendicular a la superficie y A es el área donde se aplica la fuerza.

Unidades y clases de Presión

Las unidades de presión son: En el Sistema Internacional de unidades (S.I.) la unidad de presión es el pascal que equivale a la fuerza normal de un newton cuando se aplica en un área de metro cuadrado. 1 pascal = 1N/m² y un múltiplo muy usual es el kilo pascal

(Kpa.) que equivale a 100 N/m² o 1000 pascales y su equivalente en el sistema inglés es de 0.145 lb/in.

	psi	Pi	Kg/cm ²	Bar	Atmosfera	Torr	Cm H ₂ O	Pulg H ₂ O	Pulg Hg
psi	1	0.006875	0.0001422	0.00689476	0.00750064	51.7149	2.03602	2.03602	2.03602
Pi	0.0001422	1	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422
Kg/cm ²	6.89476	6.89476	1	0.980665	0.980665	750.062	29.9221	29.9221	29.9221
Bar	0.0001422	0.0001422	0.0001422	1	0.980665	750.062	29.9221	29.9221	29.9221
Atmosfera	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	1	760	30	30	30
Torr	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	1	1.35951	0.0001422	0.0001422
Cm H ₂ O	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.735559	1	0.0001422	0.0001422
Pulg H ₂ O	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	2.03602	2.03602	1	0.0001422
Pulg Hg	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	0.0001422	29.9221	29.9221	29.9221	1

Tabla 2.1. Unidades de conversión de presión.

Referencias de presión

La presión siempre se mide respecto a una referencia o valor patrón, la cual puede ser el vacío absoluto u otra presión como en el caso más común en que se trata de la presión atmosférica. Según la referencia de presión utilizada se les dan nombres distintos a las medidas de presión.

- PRESIÓN ABSOLUTA.** -Es la presión referida al vacío absoluto.
- PRESIÓN MANOMÉTRICA.** -Es la presión referida a la presión atmosférica.
- PRESIÓN DE VACÍO.** -Es la presión referida a la presión atmosférica pero por debajo de ella.
- PRESIÓN DIFERENCIAL.** -Es la diferencia entre dos presiones cualesquiera.
- PRESIÓN ATMOSFÉRICA.** -Es la presión ejercida por el peso de la atmósfera sobre la tierra al nivel del mar esta es de aproximadamente 760 mm de Hg , 14.7 psi o 100 KPa.
- PRESIÓN BAROMÉTRICA.** -Es la medida de la presión atmosférica la cual varía levemente con las condiciones climáticas.



Elementos de medición de presión

Elementos Mecánicos

Los elementos primarios elásticos más empleados son el tubo de Bourdon, el elemento en espiral, el helicoidal, el diafragma y el fuelle.

Los materiales empleados normalmente son acero inoxidable, aleación de cobre o níquel o aleaciones especiales como hastelloy y monel.

El tubo de Bourdon es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, este tiende a enderezarse y el movimiento es transmisión de la aguja indicadora, por un sector dentado y un piñón

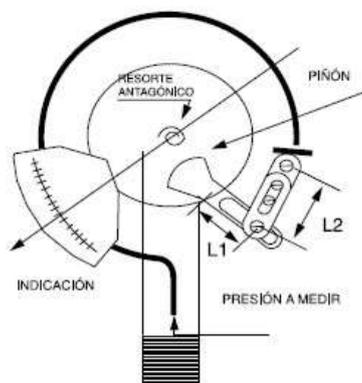


Fig. 2.7. Medidor de resorte

Elementos Electromecánicos

Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento

mecánico combinado con un transductor eléctrico, que genera la correspondiente señal eléctrica. El elemento mecánico consiste en un tubo Bourdon, espiral, hélice, diafragma, fuelle o una combinación de los mismos que a través de un sistema de palancas convierte la presión en una fuerza o en un desplazamiento mecánico.

Los elementos electromecánicos se clasifican según el principio de funcionamiento en los siguientes tipos: resistivos, magnéticos, capacitivos, extensométricos y piezoeléctricos.

Los elementos 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.

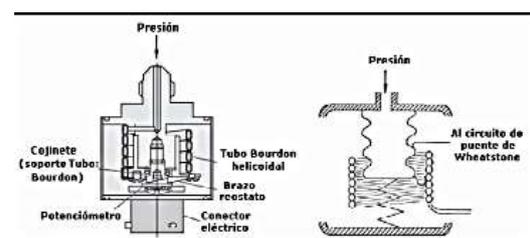


Fig. 2.8. Medidor electromecánico



Los elementos de reluctancia variable se basan en el desplazamiento mecánico, debido a la presión, de un núcleo magnético situado en el interior de una o dos bobinas. Estas bobinas están conectadas a un puente y la tensión de salida es proporcional a la presión del fluido. El sensor está conectado a un puente alimentado por una tensión alterna de frecuencias entre 1 KHz a 10 KHz. La variación de la reluctancia magnética produce una modulación de inductancia efectiva que es función de la presión del fluido.

Los elementos 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 tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas.

2.4.2. Medición de caudal

La selección eficaz de un medidor de caudal exige un conocimiento práctico de la tecnología del medidor, además de un profundo conocimiento del proceso y del fluido que se quiere medir. Cuando la medida del

caudal se utiliza con el propósito de facturar un consumo, deberá ser lo más precisa posible, teniendo en cuenta el valor económico del fluido que pasa a través del medidor, y la legislación obligatoria aplicable en cada caso.

En este estudio se examinan los conceptos básicos de la medida de caudal y las características de los instrumentos de medida. Entre los principales medidores que se estudian se citan, en primer lugar, los medidores de presión diferencial. Después se estudian los medidores con accionamiento mecánico, es decir, los medidores de desplazamiento positivo y los medidores de tipo turbina, para finalizar con los medidores de caudal de tipo electromagnético y los medidores de tipo ultrasónico. Aquí se clasifican y describen sucintamente los dispositivos más utilizados para la medida de caudales que circula por una conducción, que en realidad se basan en la medida de velocidades por las que el fluido circula por una conducción. En la mayoría de estos instrumentos, el caudal se calcula de forma indirecta mediante el cálculo directo de la diferencia



de presión que se produce en el mismo.

Tipos de Medidores de Caudal.

La medida de caudal en conducciones cerradas, consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por la conducción por unidad de tiempo.

Los instrumentos que llevan a cabo la medida de un caudal se denominan, habitualmente, caudalímetros o medidores de caudal, constituyendo una modalidad particular los contadores, los cuales integran dispositivos adecuados para medir y justificar el volumen que ha circulado por la conducción.

Principales medidores de presión diferencial:

Entre los principales tipos de medidores de presión diferencial se pueden destacar los siguientes:

- Placas de orificio,
- Toberas,
- Tubos Venturi,
- Tubos Pitot,
- Tubos Annubar,
- Codos,

- Medidores de área variable,
- Medidores de placa.

Se estima que, actualmente, al menos un 75% de los medidores industriales en uso son dispositivos de presión diferencial, siendo el más popular la placa de orificio.

Medidores Volumétricos

Los medidores volumétricos determinan el caudal en volumen de fluido, bien sea directamente (desplazamiento), bien indirectamente por deducción o inferencia (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida, torbellino). Es necesario señalar que la medida de caudal volumétrico en la industria se lleva a cabo principalmente con elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido. Entre estos elementos se encuentran la placa orificio o diafragma, la tobera, el tubo Venturi, el tubo Pitot y el tubo Annubar.

Medidores de Caudal Masa

La determinación del caudal masa puede efectuarse a partir de una medida volumétrica, compensándola para las variaciones de densidad del fluido, o



bien, determinar directamente la caudal masa aprovechando características medibles de la masa del fluido.

En el caso que se dispone una medida volumétrica, se compensa directamente la densidad o bien las variables de presión o temperatura. En las ocasiones en que interesa aprovechar características medibles de la masa, existen tres sistemas básicos: los instrumentos térmicos, los de momento angular, y los de Coriolis.

2.4.3. Medidas de nivel

La medición del nivel de líquidos en la industria se hace a través de diferentes métodos e instrumentos medidores, que están en dependencia de las necesidades o condiciones de operación.

Métodos de medición indirecta:

- Método por medidores actuados por desplazadores.
- Método de medidores actuados por presión hidrostática.
- Método de diafragma-caja

Métodos de medición directa:

- Método de medición de sonda
- Método por aforación.
- Método indicador de cristal.

Medidores de nivel de líquidos

En las actividades industriales, los insumos y cargas de trabajo son limitados, por lo que es necesario reabastecer constantemente materiales para mantener las operaciones. La pregunta clave es cuándo realizar estas recargas. Es esencial contar con mecanismos que permitan monitorear con precisión el estado de los elementos necesarios para el funcionamiento industrial, más allá de la planificación económica y los cronogramas, que predicen cuándo se necesitarán dichos insumos. Situaciones imprevistas pueden desviar estos planes. Por lo tanto, los procesos industriales requieren dispositivos que controlen los niveles de insumos disponibles y su consumo, y estos son los medidores de niveles.

Los medidores de líquidos pueden funcionar midiendo directamente la altura del líquido sobre una referencia, la presión hidrostática, el desplazamiento de un flotador, o



aprovechando las propiedades eléctricas del líquido.

Los medidores de medida directa se dividen en: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal, e instrumentos de flotador. Estos usan un mecanismo mecánico de transmisión de movimiento en contacto con el líquido mediante un brazo de extensión y, por lo general, operan a presión atmosférica. Son simples y de bajo costo, por lo que son frecuentemente elegidos en la industria, siempre que el líquido y el proceso lo permitan.

Los medidores que utilizan la presión hidrostática incluyen:

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

Estos dispositivos son más complejos y funcionan bajo el principio de que la presión en la base de un tanque es proporcional a la altura y densidad del líquido.

El medidor de desplazamiento a barra de torsión utiliza el empuje del líquido, con un flotador parcialmente sumergido conectado a un tubo de torsión fijado al tanque.

Los medidores basados en las propiedades eléctricas del líquido se clasifican en:

- Medidor resistivo
- Medidor conductivo
- Medidor capacitivo
- Medidor ultrasónico
- Medidor de radiación
- Medidor láser

Cada medidor tiene sus propios rangos de precisión y de operación, así como ventajas y desventajas, los cuales se resumen en la siguiente tabla:



Instrumento	Carga de medida	Precisión Percentual	Presión máxima barométrica	Temp. Máx. Fluidos °C	Desventajas	Ventajas
Boya	líquida	± 0.5%	Atm	80	Manual, sin celdas, tanques abiertos	Barato, preciso
crystal	-	-	150	200	Sin transmisión	Regula precios
Botador	0-10 m	± 1-2%	400	250	Possible agarramiento	Sencillo, útil (Naturaleza del líquido)
manométrico	Añ. tanque	± 1%	Atm	80	Tanques abiertos, bombas, bombas	Barato
membrana	0-25m	± 1%	-	80	Tanques abiertos	Barato
bobinas	Añ. tanque	± 1%	400	200	Manómetros, contaminación de líquido	Barato, versátil
Presión diferencial	0-3m	± 0.15%	150	200	Possible agarramiento	Interfaz líquido
desplazamiento	0-25m	± 0.2%	100	170	Exposición a corrosión	Fácil limpieza, robusto, interfaces
conductivo	ilimitado	-	30	200	Líquido conductor	versátil
capacitivo	0-6m	± 1%	80-250	200-400	Recubrimiento adecuado	Resistencia corrosión
ultrasonido	0-30m	± 1%	400	200	Sensible a densidad	Todo tipo tanques y líquidos
radar	0-30m	± 2.5%			Sensible a la atm. de líquidos	⇒ y líquidos con espuma
radiación	0-2.5m	± 0.5-2%	-	150	Fuente radiactiva	⇒ y sin contacto líquido
líser	0-3m	± 0.5-2%	-	1500	líser	⇒ y sin contacto líquido

Tabla 2.2. Medidores de nivel.

Fuente: <https://www.coursehero.com/>.

Medidores de nivel de sólidos

En los procesos continuos, la industria ha demandado el desarrollo de instrumentos capaces de medir el nivel de sólidos, ya sea en puntos fijos o de manera continua, especialmente en tanques o silos que almacenan materias primas o productos finales.

Los detectores de nivel en puntos fijos proporcionan mediciones en uno o varios puntos específicos. Entre los sistemas más utilizados se encuentran los detectores de diafragma, conos suspendidos, medidores conductivos, paletas rotativas y ultrasonidos.

Por otro lado, los medidores de nivel continuo ofrecen una medición constante del nivel desde el punto más bajo hasta el más alto. Entre los instrumentos más comunes en esta categoría están el de peso móvil, báscula, capacitivo, de presión diferencial, ultrasonidos y radiación.

Al igual que ocurre con los medidores de nivel de líquidos, es posible realizar una tabla comparativa que muestre los rangos de operación y las características de los distintos medidores de nivel para sólidos.

Detectores de Nivel Continuos

El Sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.



Integral para el control de procesos en muchas industrias, los Sensor de nivel se dividen en dos tipos principales. Los Sensor de nivel de punto se utilizan para marcar una altura de un líquido en un determinado nivel preestablecido. Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo. Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden realizar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos miden el nivel del fluido dentro de un rango especificado, en lugar de en un único punto, produciendo una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente. Para crear un sistema de gestión de nivel, la señal de salida está vinculada a un bucle de control de proceso y a un indicador visual.

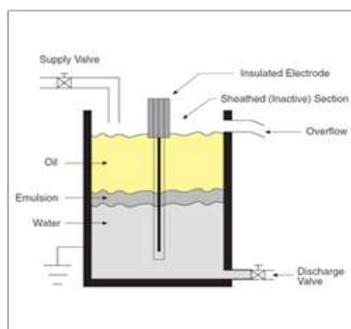


Fig. 2.9. Medidor de nivel continuo

2.2.4. Otras variables físicas

Peso

El peso de un cuerpo es la fuerza con que es atraído por la Tierra. La relación entre la masa del cuerpo, es decir, la cantidad de materia que contiene, y su peso viene dado por la expresión:

$$P = m \times g$$

En la que:

P = peso

m = masa

g = aceleración debida a la gravedad

Como la masa de un cuerpo es constante y la aceleración de la gravedad varía con el lugar (es de 9,78 en el ecuador y 9,83 en los polos) y también con la altura, es obvio que el peso del cuerpo variará según el lugar de la Tierra y la altura a los que esté sobre el nivel del mar.

Esto es evidente efectuando la medida con una balanza o resorte. Sin embargo, en una balanza clásica de cruz, la medida se efectúa por comparación con masas conocidas y, como éstas están sometidas también a la misma fuerza de gravitación, la lectura será



independiente del lugar donde se realiza la medición. Asimismo, como los demás tipos de básculas se ajustan usualmente con pesos patrón, las medidas realizadas serán también independientes de las variaciones de g respecto a la altura y al lugar de la Tierra donde estén instaladas.

Velocidad

En la industria, la medición de la velocidad se realiza de dos maneras: mediante tacómetros mecánicos y tacómetros eléctricos. Los tacómetros mecánicos miden el número de vueltas del eje de la

máquina utilizando exclusivamente métodos mecánicos, pudiendo incluir o no la medición del tiempo para calcular las revoluciones por minuto (r.p.m.). En cambio, los tacómetros eléctricos detectan la velocidad utilizando sistemas eléctricos.

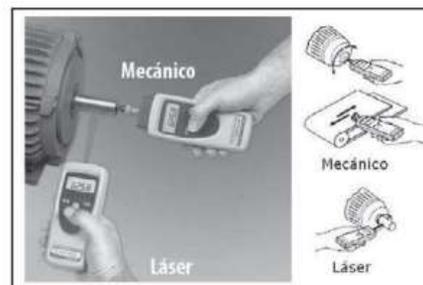


Fig. 2.10. Tacómetro mecánico

Práctica 2.1.

Tema: Medición de temperatura con RTD

Resultado de aprendizaje:

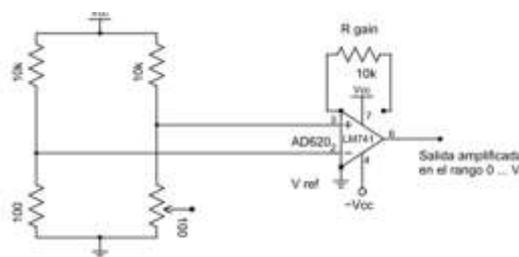
Implementar circuitos de acondicionamiento de señales, para determinar la temperatura mediante el uso de una RTD

Objetivo:

Representar e implementar un circuito de medición de temperatura usando una RTD.

Equipos y materiales:

RTD, Amplificador operacional



03



ACTUADORES Y CONTROLADORES



3.1. Válvulas de control

Las válvulas de control hidráulico se emplean para regular y gestionar diversos parámetros operativos en sistemas como acueductos, redes de agua y otros fluidos. Estas válvulas, generalmente, funcionan de manera autónoma, aunque también pueden ser controladas a distancia, utilizando la energía del propio sistema para abrir, cerrar o modular su operación. A continuación, se describen las principales partes internas de estas válvulas, sus características operativas, y las funciones más relevantes según los parámetros que controlan, como presión, caudal y nivel.

Principales funciones de las válvulas de control

Válvula reductora de presión

Disminuye la presión en la salida a un valor constante, sin importar las variaciones de presión en la entrada o de flujo en la línea. La regulación se logra ajustando la compresión del resorte del piloto.

Válvula sostenedora de presión

Mantiene la presión en la entrada por encima de un valor determinado, independientemente

de los cambios de presión o caudal en la salida. La regulación se efectúa ajustando el resorte del piloto.

Válvula reductora y sostenedora de presión

Combina ambas funciones anteriores, priorizando el mantenimiento de la presión en la entrada. La regulación de presión se realiza ajustando los resortes de los pilotos reductor y sostenedor.

Válvula reguladora de caudal

Mantiene un caudal constante, impidiendo que supere el valor preestablecido, sin importar las variaciones de presión o demanda en la línea. La regulación del caudal se realiza mediante el ajuste del resorte del piloto, asistido por una placa de orificio.

Válvula de control de nivel en cisternas

Puede ser modulante, manteniendo un nivel constante, o de tipo On-Off, abriendo cuando el nivel es bajo y cerrando al alcanzar el nivel máximo. Si la diferencia de altura entre la válvula y el líquido es baja,



se utilizan flotadores; si la diferencia es grande, se emplean pilotos.

Rectificadores Controlados de Silicio

Los rectificadores controlados de silicio SCR se emplea como dispositivo de control.

El rectificador controlado de silicio SCR, es un semiconductor que presenta dos estados estables: en uno conduce, y en otro está en corte (bloqueo directo, bloqueo inverso y conducción directa).

El objetivo del rectificador controlado de silicio SCR es retardar la entrada en conducción del mismo, ya que como se sabe, un rectificador controlado de silicio SCR se hace conductor no sólo cuando la tensión en sus bornes se hace positiva (tensión de ánodo mayor que tensión de cátodo), sino cuando siendo esta tensión positiva, se envía un impulso de cebado a puerta.

El parámetro principal de los rectificadores controlados es el ángulo de retardo, α .

Como lo sugiere su nombre, el SCR es un rectificador, por lo que pasa corriente sólo durante los semiciclos positivos de la fuente de ca. El

semiciclo positivo es el semiciclo en que el ánodo del SCR es mas positivo que el cátodo. Esto significa que el SCR no puede estar encendido más de la mitad del tiempo. Durante la otra mitad del ciclo, la polaridad de la fuente es negativa, y esta polaridad negativa hace que el SCR tenga polarización inversa, evitando el paso de cualquier corriente a la carga.

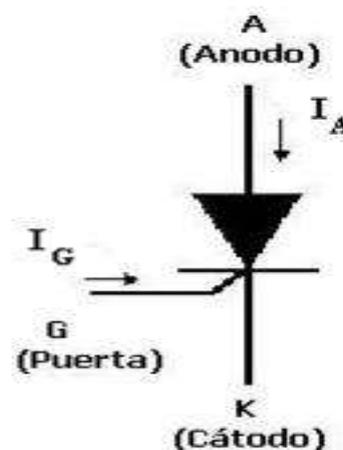


Fig. 3.1. SCR.

Funcionamiento básico del SCR

El siguiente gráfico muestra un circuito equivalente del SCR para comprender su funcionamiento.

Al aplicarse una corriente I_G al terminal G (base de Q2 y colector de Q1), se producen dos corrientes: $I_{C2} = I_{B1}$.

I_{B1} es la corriente base del transistor Q1 y causa que exista una corriente de colector de Q1 (I_{C1}) que a su vez



alimenta la base del transistor Q2 (I_{B2}), este a su vez causa más corriente en I_{C2} , que es lo mismo que I_{B1} en la base de Q1.

Este proceso regenerativo se repite hasta saturar Q1 y Q2 causando el encendido del SCR.

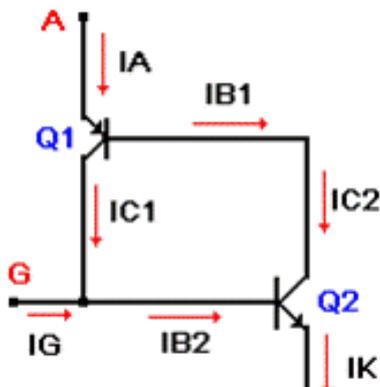


Fig. 3.2. Corrientes en el SCR

Bomba dosificadora

Una bomba dosificadora es un tipo de bomba cuyo objetivo es inyectar un químico líquido en cualquier tipo de fluido. Este químico se suele inyectar en pequeñas cantidades (bien por sus efectos en el proceso o por su coste), por lo que la bomba debe posibilitar un control preciso a la hora de la inyección.

Una bomba dosificadora siempre debe permitir el ajuste del caudal de una manera lineal y su diseño debe garantizar la reproductividad, la repetitividad y la presión del volumen desplazado.

Reproductividad: es la capacidad de dar el mismo resultado en las mediciones realizadas por diferentes operarios en distintos periodos de tiempo y siempre bajo las mismas condiciones.

Repetitividad: son las mediciones realizadas por un mismo operario en un breve periodo de tiempo y bajo las mismas condiciones.

Presión: es la capacidad de dar los mismos resultados en diferentes mediciones realizadas en las mismas condiciones.

Además, todas las bombas dosificadoras deben ser a prueba de fugas y completamente seguras, ya que muchos de los químicos suelen ser peligrosos.

Asimismo, los tipos de bombas dosificadoras se clasifican según su impulsor:

- Bombas accionadas por motor eléctrico
- Bombas electromagnéticas o de tipo solenoide
- Bombas accionadas por motor por pasos (step motor)

En paralelo, las bombas dosificadoras se pueden clasificar según su cabezal:



- Bombas dosificadoras de membrana
- Bombas dosificadoras de pistón

Variadores de velocidad

Un variador de velocidad es un dispositivo utilizado en sistemas de accionamiento electromecánicos para regular la velocidad y el par de un motor de corriente alterna (CA) modificando la frecuencia y el voltaje de entrada. Existen variadores eléctricos, hidráulicos, mecánicos y electrónicos, y permiten controlar con precisión y constancia la velocidad de los motores, evitando que la maquinaria funcione de manera ineficiente según sus propias características o el suministro de energía disponible.

Tipos de variadores de velocidad

Variadores mecánicos

Variador de paso ajustable

Utiliza bandas y poleas, donde al menos una polea puede cambiar de diámetro para ajustar la relación de transmisión de manera más eficiente.

Variador de tracción

Controla la velocidad mediante rodillos metálicos que transmiten potencia y ajustan la relación de transmisión moviendo las áreas de contacto entre ellos.

Variadores eléctricos-electrónicos

Variadores de frecuencia (CA)

Usan motores síncronos o de inducción. En los motores síncronos, la regulación se logra ajustando la frecuencia de alimentación.

Variadores para motores de corriente continua (CC)

Controlan la velocidad en motores de CC, incluyendo tipos como serie, de imanes permanentes, derivación y compuesto.

Variadores de corrientes de Eddy

Consisten en un motor de velocidad fija con un embrague de corrientes de Eddy, donde el control del campo magnético regula la velocidad y el par de salida.

Variadores de deslizamiento

Aunque menos comunes hoy en día, estos variadores se emplean con motores de inducción de rotor devanado.

Variadores hidráulicos

Variador hidrodinámico



También conocido como acoplador hidráulico, conecta un impulsor de entrada con un rotor de salida utilizando aceite hidráulico. El impulsor opera a velocidad constante mientras que el rotor ajusta la velocidad.

Variador hidrostático

Controla la velocidad mediante una válvula de control que ajusta el desplazamiento del motor o la bomba, basándose en el volumen del fluido utilizado.

Variador hidroviscoso

Utiliza discos de entrada y salida separados por una película de aceite, que transmite el par de manera proporcional a la presión ejercida por el cilindro hidráulico sobre los discos.



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO

TOMO 2:

Automatización Industrial

Ing. Rafael Pérez, Mg.



CONTENIDOS

01

CAPÍTULO UNO

PROCESO DE LA AUTOMATIZACIÓN

- 1.1. Niveles de automatización
- 1.2. Tipos y Clasificación de la automatización
- 1.3. Lógica Cableada vs Lógica programada
- 1.4. Ventajas de la lógica programada

02

CAPÍTULO DOS

AUTOMATAS PROGRAMABLES

- 2.1. Partes del PLC.
- 2.2. Arquitectura del PLC
- 2.3. Lenguajes de programación
- 2.4. Protocolos de comunicación
- 2.5. Operaciones lógicas
- 2.6. Operaciones de memoria
- 2.7. Operaciones de tiempo
- 2.8. Operaciones de cómputo
- 2.9. Operaciones de comparación
- 2.10. Operaciones aritméticas
- 2.11. Aplicaciones y Ejercicios

03

CAPÍTULO TRES

SISTEMAS SCADA

- 3.1. Arquitectura de un Sistema SCADA
- 3.2. Interface Hombre - Máquina (HMI)
- 3.3. Redes de Comunicación Industrial.
- 3.4. Funciones de un software HMI en sistemas SCADA
- 3.5. Aplicaciones prácticas

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS



01

PROCESO DE LA AUTOMATIZACIÓN



1.1. Niveles de la Automatización



Inicialmente, los trabajadores tenían la responsabilidad de planificar y ejecutar la producción asignada, realizando las tareas de acuerdo a su propio enfoque. No obstante, las ideas propuestas por Frederick W. Taylor [1] a finales del siglo XIX introdujeron mejoras y estandarización en los procesos de producción mediante el concepto de especialización de funciones. Esto supuso la división de los procesos en pequeñas unidades de trabajo, permitiendo a los empleados desarrollar habilidades específicas y ahorrar tiempo al realizar tareas limitadas y repetitivas a diario. La producción a gran escala requiere la ejecución de actividades repetitivas y el control de diversas variables, como la presión o la temperatura, dentro de rangos definidos. La integración de dispositivos electromecánicos y electrónicos en la industria hizo posible la automatización de tareas repetitivas, lo que incrementó la productividad y mejoró la precisión en el control de variables físicas. En resumen, la automatización y el control se convirtieron en funciones esenciales de los sistemas de control industrial.



Fig. 1. Pirámide de la automatización

Fuente:

https://blog.kawak.net/mejorando_sistemas_de_gestion_iso/cuales-son-los-niveles-de-automatizacion-en-una-organizacion

1. Nivel de campo, proceso o producción.

Los sensores, actuadores, temporizadores, contadores, así como, los elementos y dispositivos utilizados en la producción conforman un componente esencial en la ejecución de cualquier proceso que esté destinado a ser automatizado más adelante.

Por sus características, se encuentra en la sección operativa, en el área de trabajo o en el campo, y su supervisión está limitada a esta zona específica.



2. Nivel de Control

Hemos llegado a la era de los controladores automáticos, cuyo objetivo principal es gestionar procesos secuenciales mediante sistemas informáticos especializados, como los Controladores Lógicos Programables (PLC). Estos controladores reciben señales de entrada y salida, y están equipados con una unidad central de procesamiento (CPU) y memoria para procesar la información del software cargado.

Estos dispositivos se programan para realizar tareas en momentos específicos (instrucciones). Entre este nivel y el anterior, es necesario contar con una red de comunicación, conocida como protocolo de comunicación, siendo Ethernet el más utilizado. Esta red es crucial para asegurar que los dispositivos del primer nivel ejecuten las órdenes enviadas por los controladores.

3. Nivel de Supervisión

Además de ser conocido como nivel supervisorio o SCADA, este nivel desempeña la tarea de visualizar de forma gráfica los niveles anteriores mediante paneles o pantallas llamados HMI (Interfaz Hombre-Máquina). Su principal función consiste en crear una interfaz de usuario intuitiva que conecta la máquina, el proceso y el operario, lo que facilita la interacción y la supervisión del proceso en tiempo real o con datos históricos.

En esta etapa, es comúnmente utilizado un servidor de comunicaciones OPC (Ole for Process Control) para establecer la comunicación entre los diversos softwares de aplicación.

4. Nivel de Integración y gestión

Proporciona datos estratégicos en tiempo real directamente desde el proceso de producción, lo que facilita la planificación efectiva de la organización, simplifica la toma de decisiones, detecta fallos, agiliza los

procedimientos, reduce los tiempos y, en consecuencia, disminuye los costos de producción.

En la cima de esta estructura se encuentra otro sistema integral que lidera esta fase: los sistemas ERP (Planificación de Recursos Empresariales, por sus siglas en inglés). Estos sistemas empresariales o programas informáticos están diseñados para gestionar los recursos de la organización y mejorar su planificación.

En efecto, estos sistemas también ofrecen información estratégica en tiempo real en los ámbitos operativos y administrativos. Además, integran aspectos contables como compras, ventas, inventarios y nóminas, y al mismo tiempo, supervisan los procesos de producción.

5. Nivel de Planeación

A pesar de que este sistema se encuentre en la parte superior de la jerarquía, su versatilidad lo hace adecuado para empresas de diferentes tamaños, lo que da lugar a dos categorías de software:

ERP vertical: Este enfoque se especializa en proporcionar soluciones específicas para una industria particular.

ERP horizontal: Este tipo de software puede administrar eficazmente las operaciones de cualquier empresa, ya que su configuración es flexible y puede adaptarse a las necesidades individuales de cada organización.

Estos niveles representan una estructura en automatización que puede ser considerada en el diseño de una planta. Para esta estructura se puede considerar también los conceptos de lógica cableada y lógica programada para establecer sus diferencias y de esta manera se puede tener una idea clara de la automatización.



1.2. Tipos y Clasificación de las Automatizaciones

La automatización se clasifica en diferentes tipos según el grado de autonomía y control, así como la complejidad de las tareas que serán realizadas. Aquí se presentan algunos tipos y clasificaciones comunes de la automatización:

A. Automatización Fija o Dedicada:

Se utiliza para la producción de un único producto específico en grandes cantidades. Los equipos y procesos están diseñados y configurados exclusivamente para ese producto.

B. Automatización Programable:

Permite la reprogramación y adaptación de la maquinaria y los procesos para producir diferentes productos o realizar tareas variadas. Los Controladores Lógicos Programables (PLCs) son comúnmente utilizados en este tipo de automatización.

C. Automatización Flexible:

Combina la automatización programable con la capacidad de reconfiguración rápida para adaptarse a diferentes productos o procesos. Es especialmente útil en entornos de producción con lotes pequeños y variabilidad en la demanda.

D. Automatización Fija-Flexible:

Combina elementos de la automatización fija y flexible, permitiendo cierto grado de adaptabilidad en una línea de producción diseñada principalmente para un producto específico.

E. Automatización Industrial:

Se aplica en entornos industriales y abarca sistemas y procesos de fabricación. Incluye la

automatización de la maquinaria, las líneas de montaje y el control de procesos.

F. Automatización Comercial:

Se refiere a la automatización de los procesos en entornos comerciales y de servicios, como también la automatización de transacciones financieras, sistemas de punto de venta (POS), y gestión empresarial.

G. Automatización de Oficinas:

Apunta a la automatización de tareas administrativas y de oficina, como el procesamiento de datos, la gestión de documentos y la comunicación electrónica.

H. Automatización de Hogares:

Involucra la automatización de dispositivos y sistemas en el hogar, como la domótica. Esto incluye el control de iluminación, sistemas de seguridad, termostatos, y electrodomésticos.

I. Automatización de Procesos Continuos:

Se centra en la automatización de procesos que operan de manera continua, como la producción de petroquímicos, refinación de petróleo y generación de energía.

J. Automatización de Procesos Discretos:

Se aplica a procesos que producen productos discretos o individuales, como la fabricación de automóviles, electrónicos y productos de consumo.

K. Automatización de Almacenes y Logística:

Involucra la automatización de procesos de almacenamiento, manipulación y distribución de productos en almacenes y centros de logística.



L. Automatización Agrícola:

Se enfoca en la automatización de tareas agrícolas, como la siembra, cosecha y gestión de riego, utilizando tecnologías como vehículos autónomos y drones.

Estas clasificaciones ofrecen una visión general de los diferentes ámbitos y aplicaciones de la automatización en diversos sectores. Cabe destacar que la automatización sigue evolucionando con los avances tecnológicos, además de la inteligencia artificial y el Internet de las cosas

1.3. Lógica Cableada vs Lógica Programada

Lógica cableada

Conocida también como lógica de relés o lógica eléctrica, es un enfoque tradicional para el control y la automatización de sistemas, en el cual se utiliza hardware electromecánico, como relés y contactores, para implementar la lógica de control. Este método fue ampliamente utilizado antes de la introducción de la lógica programable y los Controladores Lógicos Programables (PLCs).

A continuación, se explican algunos conceptos clave asociados con la lógica cableada:

Relé:

Es un interruptor de tipo electromagnético que se activa o se desactiva mediante una corriente eléctrica. Los relés son fundamentales en la lógica cableada y se utilizan para controlar dispositivos eléctricos.

Contacto Normalmente Abierto (NO):

Un tipo de contacto de relé que está abierto cuando el relé está desactivado y se cierra cuando el relé se activa. En lógica cableada, se representa como un símbolo gráfico.

Contacto normalmente cerrado (NC)

Un tipo de contacto de relé que está cerrado cuando el relé está desactivado y se abre cuando el relé se activa. Al igual que el NO, se representa gráficamente en la lógica cableada.

Bobina del Relé:

Es la parte del relé que, al recibir una corriente, activa el interruptor del relé. Cuando la corriente se corta, el relé vuelve a su estado original.

Lógica de Escalera:

En la lógica cableada, los circuitos lógicos se representan en un diagrama conocido como lógica de escalera. Este diagrama utiliza líneas horizontales para representar la corriente y líneas verticales para representar los relés y contactos.

Interbloqueo y Seguridad:

La lógica cableada permite implementar sistemas de interbloqueo y seguridad mediante el uso de contactos NC y NO. Esto garantiza que ciertos eventos solo ocurran bajo condiciones específicas.

Diseño Físico del Cableado:

La lógica cableada implica la creación de circuitos eléctricos físicos mediante la conexión de dispositivos, como relés y contactores, mediante cables. El diseño físico del cableado es crucial.

Mantenimiento y Diagnóstico:

El mantenimiento y resolución de los problemas basados en lógica cableada a menudo requieren habilidades eléctricas y la



capacidad de diagnosticar problemas visualizando y siguiendo los cables.

Aunque la lógica cableada fue una forma común de control en el pasado, ha sido en gran medida reemplazada por los PLCs y la lógica programable en aplicaciones modernas debido a su mayor flexibilidad, capacidad de reprogramación y facilidad de mantenimiento. Sin embargo, la lógica cableada aún puede encontrarse en ciertos entornos industriales y en sistemas más antiguos.

- Un mando con lógica cableada es un sistema automático que utiliza contactores y relés, configurado únicamente después de definir la tarea que debe realizar.
- La tarea de mando se ilustra mediante un esquema eléctrico.
- La instalación se realizaba en un armario lleno de contactores, relés, temporizadores, etc., conectados con cables siguiendo un circuito de cableado fijo.
- El correcto funcionamiento de la lógica de control está sujeta enormemente al buen armado del circuito.
- Para probar el correcto funcionamiento del mando es necesario probar en funcionamiento la solución armada.

Lógica programable PLC

Los mandos y actuadores se conectan al controlador sin depender de la tarea planteada, a las entradas y salidas del controlador. Es lo único que necesita cablearse. Qué actuadores se activan con cuál mando depende únicamente de cómo se encuentre desarrollado el programa.

capacidad de controlar y manipular la lógica de un sistema a través de la programación de

dispositivos electrónicos. Este término se utiliza comúnmente en el contexto de los controladores programables (PLC), que son dispositivos utilizados en la automatización industrial para controlar maquinaria y procesos.

Aquí hay algunos conceptos clave relacionados con la lógica programable, especialmente en el contexto de los PLCs:

Lógica de Escalera (Ladder Logic): Es un lenguaje de programación gráfico utilizado comúnmente en la programación de PLCs. La Lógica de Escalera representa la lógica de control a través de una serie de contactos y bobinas dispuestos en forma de escalera, lo que facilita la representación visual de la secuencia de control.

Programación de PLC: Implica escribir el código que define el comportamiento del PLC en respuesta a diferentes condiciones y entradas. Esta programación se realiza a menudo utilizando lenguajes gráficos como la Lógica de Escalera, pero también puede involucrar otros lenguajes de programación específicos del PLC.

Entradas y Salidas (I/O): Los PLCs interactúan con el entorno a través de entradas (sensores, interruptores, etc.) y salidas (motores, válvulas, etc.). La lógica programable se utiliza para determinar cómo el PLC responde a las condiciones de entrada y controla las salidas correspondientes.

Temporizadores y Contadores: Estos son elementos comunes en la lógica programable de los PLCs. Los temporizadores permiten introducir retrasos programados, mientras que los contadores cuentan eventos específicos.

Instrucciones Lógicas y Aritméticas: Las operaciones lógicas, como AND, OR y NOT, así como las operaciones aritméticas, son parte integral de la lógica programable para realizar cálculos y tomar decisiones basadas en condiciones específicas.



Ciclo de Escaneo: En un PLC, el programa se ejecuta continuamente en un ciclo de escaneo. Durante este ciclo, el PLC escanea en primer lugar las entradas, posteriormente ejecuta el programa, y actualiza al final las salidas. La lógica programable determina cómo se realiza este ciclo.

Reprogramación: Una característica clave de la lógica programable es la capacidad de

reprogramar el PLC para adaptarse a cambios en los procesos de producción o para introducir nuevas funcionalidades sin requerir cambios físicos en el hardware.

La lógica programable proporciona una forma versátil y eficiente de controlar sistemas automatizados, permitiendo la adaptación y flexibilidad en entornos industriales y de automatización.



Fig. 2. Lógica cableada (Relés, contactores) vs Lógica programada (PLC).

La programación de los PLC puede llevarse a cabo en varios lenguajes, como ladder o KOP, bloques de función o FUP, listado de instrucciones o AWL, texto estructurado, entre otros.

Al programar en ladder o KOP, se utiliza un formato gráfico compuesto por varios segmentos. Estos segmentos pueden incluir contactos en estado normal abierto y/o cerrado, bobinas y cuadros de funciones especiales. Este lenguaje se basa en un esquema de contactos eléctricos, similar al

mostrado en la Fig. 3(b), lo que facilita su interpretación para aquellos familiarizados con la lectura de circuitos electromecánicos.

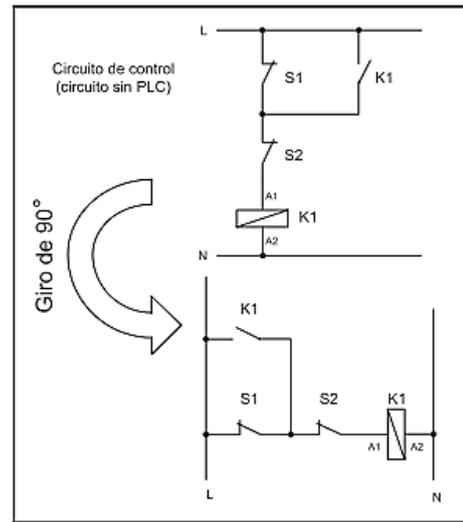


Este lenguaje está basado en un esquema de contactos eléctricos similar al mostrado en la

	Símbolo en esquema eléctrico	Instrucción de lenguaje ladder en el PLC	Descripción de la función
Contacto normalmente abierto (NA)			Si circula corriente por el contacto, el resultado de la instrucción es verdadero I
Contacto normalmente cerrado (NC)			Si no circula corriente por el contacto, el resultado de la instrucción es verdadero I
Bobina			La bobina se activa si se la alimenta con un valor verdadero
Contactos en serie (condición Y)			Combinación Y. Para que circule corriente deberán estar cerrados el primer Y el segundo interruptor
Contactos en paralelo (condición O)			Combinación O. Para que circule corriente deberán estar cerrados el primer O el segundo interruptor

Fig. 3(b), lo cual resulta de simple interpretación para quienes están habituados a la lectura de circuitos electromecánicos.

Fig. 3(a). Equivalencia entre símbolos eléctricos e instrucciones en el PLC.



(b). Método para convertir un esquema eléctrico a un programa en Ladder.

Fuente: (Daneri, 2008)

Para pasar de un esquema eléctrico a un programa en lenguaje Ladder o KOP, en primer lugar, se debe girar el esquema eléctrico 90° hacia la izquierda. De esta manera, la línea de fase L se ubica a la izquierda y el neutro N a la derecha, quedando en el centro los contactos del circuito (Fig. 3. (b)). De acuerdo con lo mencionado, la parte del esquema que representa la lógica control (lógica de maniobra) será sustituida por el PLC.

1.4. Ventajas de lógicas programables

Ofrecen una serie de ventajas significativas en comparación con otros métodos de control y automatización. Aquí tienes algunas de las ventajas más destacadas:

- A. **Flexibilidad y Adaptabilidad:** Los PLCs permiten una programación y reprogramación fácil y rápida, lo que brinda flexibilidad para adaptarse a cambios en los procesos de producción sin necesidad de realizar cambios físicos en el hardware.
- B. **Facilidad de Programación:** La programación de PLCs se realiza típicamente utilizando lenguajes de

programación gráfica o de tipo lógico, como la Lógica de Escalera (Ladder Logic) o los diagramas de bloques funcionales, lo que facilita la comprensión y la programación incluso para aquellos sin experiencia en programación de computadoras.

- C. **Mantenimiento Simplificado:** Los PLCs facilitan el diagnóstico y la solución de problemas gracias a herramientas integradas de monitoreo y depuración. Esto permite un mantenimiento más eficiente y la reducción del tiempo de inactividad en caso de fallos.



- D. Integración de Sistemas: Los PLCs pueden integrarse fácilmente con una amplia variedad de dispositivos y sistemas, lo que permite la creación de sistemas de control complejos y coordinados.
- E. Rapidez de Respuesta: Los PLCs pueden ejecutar instrucciones de control en milisegundos, lo que garantiza una respuesta rápida y precisa a eventos y condiciones cambiantes en el entorno de producción.
- F. Robustez y Fiabilidad: Los PLCs están diseñados para funcionar en entornos industriales adversos, lo que los hace robustos y resistentes a vibraciones, temperaturas extremas, humedad y otros factores ambientales.
- G. Seguridad Integrada: Los PLCs suelen estar equipados con funciones de seguridad integradas, como la supervisión de seguridad, el control de acceso y la detección de errores, lo que contribuye a garantizar un entorno de trabajo seguro.
- H. Eficiencia Energética: Los PLCs pueden optimizar el uso de energía al controlar y regular la operación de dispositivos y sistemas, lo que ayuda a reducir el consumo energético y los costos asociados.
- I. Documentación Clara y Estructurada: La programación de PLCs se basa en una representación gráfica clara y estructurada de la lógica de control, lo que facilita la comprensión, la depuración y la modificación del código.
- J. Escalabilidad: Los sistemas basados en PLCs son escalables, lo que significa que pueden adaptarse y expandirse para incluir nuevas funcionalidades o aumentar la capacidad de control sin necesidad de reemplazar todo el sistema.

Estas ventajas hacen que las lógicas programables, como los PLCs, sean una opción popular y efectiva para una amplia gama de aplicaciones industriales y de automatización.



Cuestionario

Capítulo I



CUESTIONARIO CAPITULO 1

¿Qué es la automatización industrial?

- A. Un proceso manual en la industria.
- B. El control y manejo de procesos mediante sistemas automáticos.
- C. La gestión de recursos humanos en una fábrica.

¿Qué posibilitó la automatización de tareas repetitivas en la industria?

- A. La incorporación de dispositivos electromecánicos y electrónicos.
- B. La especialización de funciones.
- C. La ejecución de actividades repetitivas.
- D. La subdivisión de los procesos en pequeñas unidades de trabajo.

¿Cuál de las siguientes es una ventaja típica de la automatización industrial?

- A. Aumento de la dependencia de los trabajadores.
- B. Reducción de la eficiencia operativa.
- C. Mejora en la precisión y velocidad de los procesos.

¿Qué es un PLC (Controlador Lógico Programable)?

- A. Una computadora personal utilizada en la producción.
- B. Un dispositivo utilizado para el control de procesos industriales.
- C. Un sistema de seguridad en la industria.

¿Qué función cumple un sensor en un sistema de automatización industrial?

- A. Controlar procesos.
- B. Monitorear y medir variables en el entorno.
- C. Almacenar datos históricos.

¿Cuál de las siguientes es una aplicación típica de un sistema SCADA?

- A. Controlar el termostato de una oficina.
- B. Supervisar y controlar una planta de tratamiento de aguas.
- C. Reparar maquinaria industrial.

¿Cuál es el propósito principal de un sistema HMI en un entorno industrial?

- A. Proporcionar entretenimiento a los trabajadores.
- B. Supervisar y controlar procesos de manera visual.
- C. Mejorar la seguridad en la planta.

¿Qué es el nivel de integración en el contexto de la automatización?

- A. La cantidad de dispositivos en red.



[B. La capacidad de interconectar diferentes sistemas y dispositivos.](#)

C. La velocidad de transmisión de datos en una red.

¿Cuál es el propósito principal de un PLC en sistemas de automatización industrial?

A. Ayudan en la reproducción de plantas y cultivos.

[B. Control de procesos y máquinas.](#)

C. Navegación en Internet.

¿Cuál es la función de los módulos de salida en un PLC?

A. Ser polinizadores.

B. Recopilar datos del entorno.

[B. Controlar dispositivos de salida como motores y válvulas.](#)

C. Almacenar información en la memoria.

¿Qué es la lógica cableada en el contexto de la automatización industrial?

A. Un tipo de programación de software.

[B. Un método de control basado en conexiones físicas de cables.](#)

C. Una forma de comunicación inalámbrica.

En la lógica cableada, ¿cómo se establecen las conexiones entre los componentes de control?

A. Mediante programación en un lenguaje específico.

[B. A través de cables eléctricos y conexiones físicas.](#)

C. Utilizando señales de radio.

¿Qué representa comúnmente un interruptor en un diagrama de lógica cableada?

A. Un componente lógico AND.

[B. Una conexión física que se puede abrir o cerrar.](#)

C. Un dispositivo de salida.

¿Cuál es la ventaja principal de la lógica cableada en comparación con la programación de software en algunos contextos industriales?

A. Mayor flexibilidad.

B. Mayor velocidad de procesamiento.

[C. Mayor facilidad de mantenimiento.](#)

En un sistema de lógica cableada, ¿cómo se representa un relé en un diagrama?

A. Con un símbolo de interruptor.

[B. Con un rectángulo con una línea diagonal.](#)

C. Con un círculo.

¿Qué es la lógica programable en el contexto de la automatización industrial?



[A. Un tipo de programación de software.](#)

B. Un método de control basado en conexiones físicas de cables.

C. Una forma de comunicación inalámbrica.

¿En qué consiste la programación de lógica de escalera (Ladder Logic) en Controladores Lógicos Programables (PLCs)?

A. Es un tipo de escalera mecánica.

[B. Es un lenguaje gráfico utilizado para programar PLCs.](#)

C. Es una técnica de comunicación entre PLCs.

En un programa de lógica programable, ¿qué representan los contactos normalmente cerrados (NC)?

A. Un interruptor cerrado.

B. Un interruptor abierto.

[C. Un dispositivo de salida.](#)

¿Cuál es uno de los beneficios clave de la automatización industrial?

A. Aumento de la dependencia de la mano de obra humana.

B. Reducción de la eficiencia en los procesos.

[C. Mejora de la eficiencia, productividad y calidad en la producción.](#)



02

AUTÓMATAS PROGRAMABLES



2.1. Partes del PLC

Un Controlador Lógico Programable (PLC) permite automatizar el control de un proceso o llevar a cabo una serie de acciones según un programa creado por el usuario. Esto se logra a través de la ejecución cíclica de una secuencia de instrucciones.

Estas instrucciones, basadas en la información recibida de los sensores, determinan cuándo activar o desactivar las salidas del PLC, las que se encuentran conectados a los actuadores.

Se explorarán en este capítulo los componentes que conforman el PLC y sus principales características. Además, se analizará un PLC interpreta la lógica programada por el usuario y las rutinas de verificación internas que ejecuta.

El diagrama en bloques de la Fig. 4. muestra la estructura interna del PLC.

Los componentes esenciales de un PLC incluyen la Unidad Central de Procesamiento (CPU) y las interfaces de entrada y salida. La CPU es el núcleo del PLC y consta del

procesador y la memoria. El procesador ejecuta el programa creado por el usuario, el cual se almacena en la memoria. Además, el procesador se comunica con el entorno a través de sus puertos de comunicación y realiza funciones de autodiagnóstico.

La interfaz de entrada adapta las señales de los dispositivos captadores, como botones, interruptores, finales de carrera, sensores de proximidad, presostatos, y sensores fotoeléctricos, a niveles que la CPU pueda interpretar como datos. Por otro lado, cuando la CPU, mediante su programa interno, decide activar un dispositivo de campo, la interfaz de salida gestiona la energía necesaria para controlar el actuador.

Para gestionar todo el sistema, el procesador requiere un programa específico, denominado firmware, que está grabado en la CPU por el fabricante. Este programa no es accesible al usuario y se almacena en una memoria no volátil, tipo flash, que forma parte del bloque de memoria de la CPU.

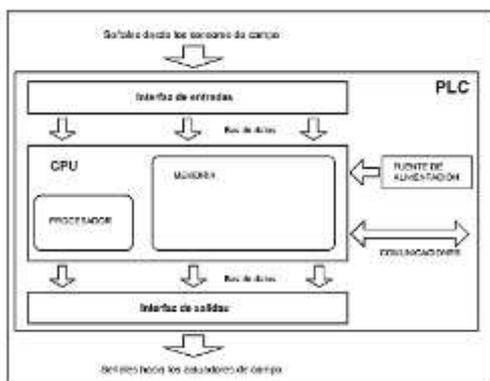




Fig. 4. Bloques internos que componen un PLC
<https://www.autracen.com/blog/viajes-1>

Clasificación

Para definir una clasificación acertada se puede considerar dos aspectos:

Construcción. Se pueden clasificar a los controladores como compactos o modulares.

Los controladores compactos contienen todas sus componentes, incluyendo las interfaces de entrada, salida, CPU y fuente de alimentación, en una misma carcasa. Esta configuración compacta se encuentra principalmente en los controladores con un número limitado de entradas y salidas, a menudo llamados micro PLC.

Las unidades de expansión, por otro lado, son simplemente entradas y salidas que se conectan al controlador compacto a través de una conexión al bus de datos. La principal ventaja de los controladores compactos es su bajo costo, aunque tienen limitaciones cuando se trata de expandir el sistema.

configuración personalizada del PLC según los requisitos de la aplicación, y brinda una capacidad de expansión mucho mayor que los controladores compactos.

Sin embargo, la construcción completamente modular conlleva un costo superior cuando se utilizan un número reducido de canales de entradas y salidas.



Fig. 6. PLC modular
<https://es.slideshare.net/johnomar/estructura-plc-6670334>.

Capacidad y cantidad de entradas y salidas (E/S).

Son factores críticos en la selección de un controlador. A pesar de que no existe una clasificación precisa basada únicamente en la capacidad, los fabricantes ofrecen diversas especificaciones que distinguen tecnológicamente unos modelos de otros. Estas características incluyen el tamaño de la memoria, el número de puertos de comunicación, los protocolos de comunicación compatibles, el conjunto de instrucciones disponibles y otros aspectos similares.

Además, algunas marcas establecen como criterio de selección la cantidad máxima de entradas y salidas que un controlador puede gestionar.

- Micro PLC: hasta 64 E/S
- PLC pequeño: 65 a 255 E/S

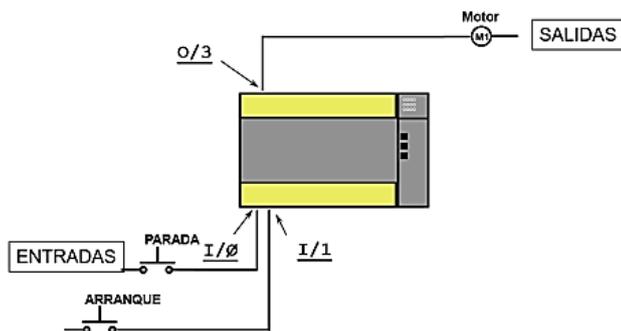


Fig. 5. PLC Compacto
<https://es.slideshare.net/johnomar/estructura-plc-6670334>

En cambio, los controladores modulares presentan una estructura en la que la fuente de alimentación, la CPU y las interfaces de entrada y salida son componentes individuales que se ensamblan en un bastidor base de montaje o rack. Esto permite la



- PLC mediano: 256 a 1023 E/S
- PLC grande: más de 1024 E/S

Arquitectura del PLC

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente:

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulo de entrada
- Módulo de salida
- Terminal de programación
- Periféricos.

Fuente de Alimentación

A partir de un Voltaje exterior genera voltajes necesarios para el funcionamiento de los circuitos de PLC. Posee una batería interna para mantener el programa y datos importantes.

CPU

La Unidad Central de Procesamiento (CPU) es el verdadero núcleo del sistema. Su función principal es recibir las instrucciones del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Luego, procesa estas instrucciones y envía las respuestas al módulo de salidas. En su memoria, reside el programa diseñado para controlar el proceso.

La CPU es el componente central del autómata programable, responsable de ejecutar el programa del usuario a través del programa del sistema, es decir, el programa del usuario se interpreta y se lleva a cabo mediante el programa del sistema.

Sus principales funciones son:

- Asegurarse de que el tiempo de ejecución del programa del usuario no supere un tiempo máximo establecido (tiempo de ciclo máximo), una función que comúnmente se llama Watchdog (perro guardián).
- Ejecutar el programa del usuario.

- Generar una imagen de las entradas, ya que el programa del usuario no debe acceder directamente a estas.
- Actualizar el estado de las salidas según la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa del usuario.
Realizar el chequeo del sistema.

Memoria del Autómata

Dentro de la CPU vamos a disponer de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- *Memoria del programa de usuario:* aquí introduciremos el programa que el autómata va a ejecutar cíclicamente.
- *Memoria de la tabla de datos:* se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- *Memoria del sistema:* aquí se encuentra el programa en código máquina que monitorea el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador /microcontrolador que posea el autómata.
- *Memoria de almacenamiento:* se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

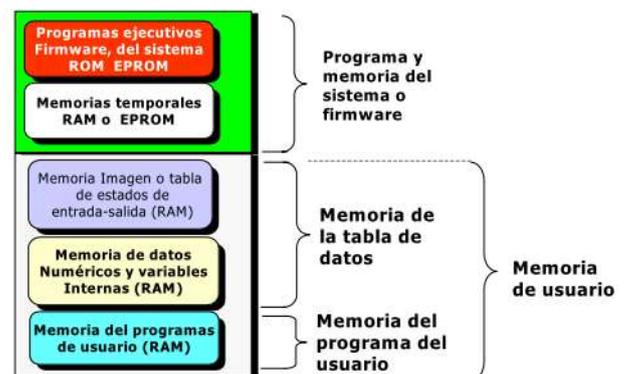




Fig. 7. Memorias de un PLC.

https://www.infopl.net/files/documentacion/automatas/infoPLC_net_CAPITUL2.PDF

Interfaces de E/S

Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos tenemos unos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas conectaremos los sensores.

Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU según el tipo de autómata que utilicemos. Normalmente se suelen

emplear opto acopladores en las entradas y relevadores/optoacopladores en las salidas, como bacterias y parásitos, aunque algunos patógenos han desarrollado formas de evadir esta protección.

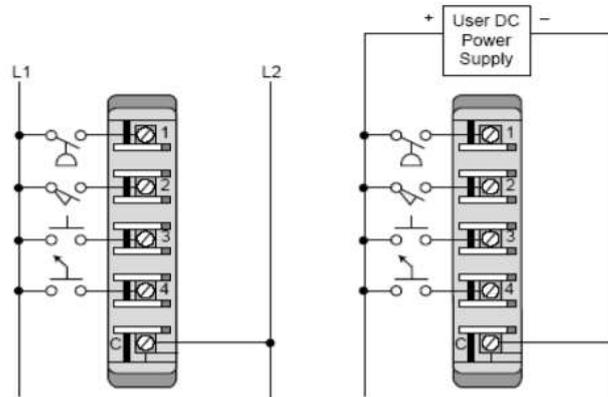


Fig. 8. Conexión de entradas en un PLC.

https://www.infopl.net/files/documentacion/automatas/infoPLC_net_CAPITUL2.PDF

2.2. Lenguajes de programación del PLC

Los lenguajes de programación de PLC's han sufrido una evolución paralela a la de los propios equipos a lo largo del tiempo.

Existen 3 lenguajes de Programación del PLC:

- 1) Diagrama de Contactos o Ladder (Escalera).
- 2) Diagrama de Funciones (Bloques).
- 3) Lista de Instrucciones (Textual).

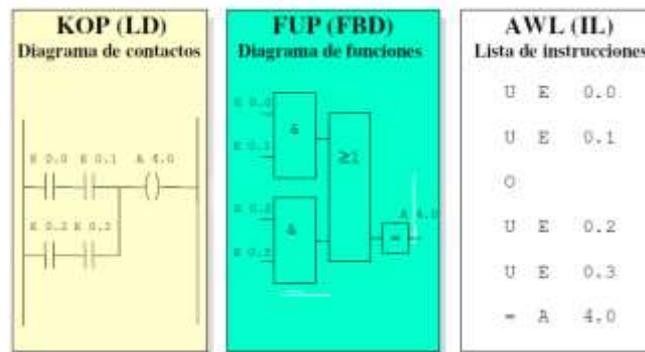


Fig. 9. Lenguajes de programación básicos.

<https://www.infopl.net/descargas/106-siemens/software-step7-tiaportal/1885-cr>

Diagrama de escalera (LADDER)

El término "Ladder" proviene del inglés y significa "escalera". Este nombre se relaciona con el hecho de que este lenguaje de programación utiliza símbolos gráficos



dispuestos en segmentos, de manera similar a los escalones de una escalera.

En cada segmento (o escalón), se programan diversas declaraciones lógicas. Por esta razón, el lenguaje Ladder también se conoce como "diagrama de contactos", ya que, en realidad, se programa mediante la combinación de contactos eléctricos que, cuando se unen, forman una instrucción lógica.

Cuando los PLC comenzaron a utilizarse en las décadas de 1960 y 1970, los técnicos de la época estaban familiarizados con la lógica de contactos. Esto generó la necesidad de que los fabricantes de PLC proporcionaran una herramienta comprensible para los técnicos, lo que llevó al desarrollo del lenguaje Ladder.

Con el tiempo, el lenguaje Ladder se volvió cada vez más popular y, en la actualidad, es el lenguaje de programación industrial más ampliamente utilizado. Prácticamente todos los entornos de programación y autómatas utilizados en la actualidad permiten la programación en este lenguaje.

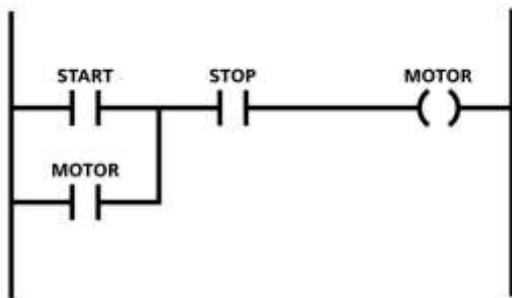


Fig. 10. Lenguaje Ladder.

<https://electrojoan.com/introduccion-a-la-logica-ladder/>

Lista de instrucciones (IL)

El lenguaje Instruction List (IL) es uno de los lenguajes de programación más poderosos utilizados en los PLC. Se asemeja a un lenguaje de bajo nivel, similar al lenguaje ensamblador empleado en la programación

de microcontroladores. Este lenguaje tuvo su origen en Alemania a través de Siemens y sus primeros autómatas.

En el lenguaje IL, cada línea del programa contiene una única instrucción y su ejecución es secuencial, comenzando por la primera instrucción de la lista. Es importante destacar que cualquier programa escrito en cualquiera de los otros lenguajes de programación puede ser eventualmente traducido al lenguaje IL.

	AND	%I0.0	Dp. presencia vehículo
	AND	%M3	Bit autorización reloj calendario
	AND	%I0.5	Fc. alto rodillo
	AND	%I0.4	Fc. detrás pórtico
5	S	%M0	Memo inicio ciclo
	LD	%M2	
	AND	%I0.5	
	OR	%I0.2	Bp. parada ciclo
	R	%M0	
0	LD	%M0	

Fig. 10. Lenguaje lista de instrucciones.

<https://www.automatas.org/software.htm>

Diagramas de bloques de función

El lenguaje conocido como Diagramas de Bloques de Función (Function Block Diagram - FBD) es un lenguaje gráfico que se desarrolló como una evolución de los diagramas utilizados por los ingenieros electrónicos para representar circuitos lógicos. En estos diagramas, las puertas lógicas se representan mediante símbolos estandarizados. De manera similar a cómo un circuito electrónico puede ser encapsulado en un chip que se puede utilizar en otros diagramas a través de un símbolo apropiado, el lenguaje FBD sigue el mismo principio.

Cada operación se representa en el lenguaje FBD mediante un símbolo normalizado. Un conjunto de operaciones que realizan una función específica puede agruparse para formar una subrutina o bloque, al que se le asocia un símbolo que se puede utilizar en otros segmentos del programa tantas veces



como sea necesario. La única condición es seguir ciertas pautas sintácticas y semánticas al construir estos diagramas.

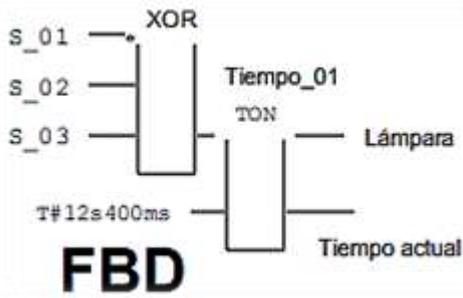


Fig. 11. Lenguaje FBD.

<https://www.automatas.org/software.htm>

Lenguaje SFC

El lenguaje de los Diagramas Funcionales Secuenciales (Sequential Function Chart - SFC) se origina como una evolución del lenguaje de modelado de sistemas secuenciales llamado GRAFCET, que es un estándar internacional según la norma IEC 848. Aunque GRAFCET en sí no es un lenguaje de programación, es posible derivar un programa a partir de los diagramas creados en este lenguaje. En contraste, SFC se considera un lenguaje de programación completo, con todas las implicaciones que esto conlleva. SFC proporciona a los ingenieros una herramienta poderosa para representar sistemas de automatización secuencial.

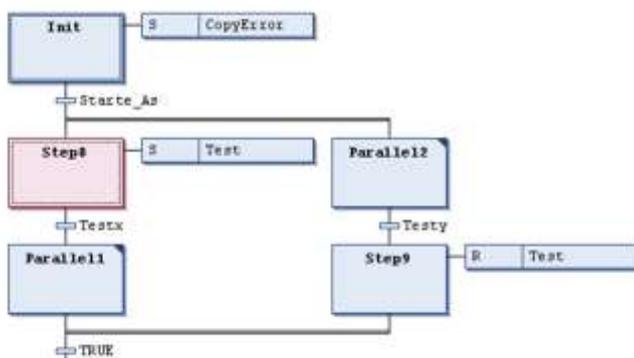


Fig. 12. Lenguaje SFC.

https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/es/SoMProg/SoMProg/SFC_Editor/SFC_Editor-3.htm

Lenguaje gráfico de contactos (KOP)

El diagrama en escalera, conocido también como KOP (Kontaktplan, por sus siglas en alemán), ladder o diagrama de escalera, es un lenguaje de programación gráfico ampliamente utilizado en los controladores lógicos programables (PLCs) debido a su base en los esquemas eléctricos de control tradicionales. Este enfoque facilita la adaptación a la programación en este lenguaje, ya que se basa en los conocimientos que cualquier técnico o ingeniero eléctrico posee.

El lenguaje Ladder es uno de varios lenguajes de programación estandarizados para PLCs según la norma IEC 61131-3. En Ladder, la energía fluye de izquierda a derecha en lugar de arriba a abajo, como se representa en los esquemas eléctricos convencionales. En un circuito típico, los contactos se sitúan en el lado izquierdo y una bobina en el lado derecho. La lógica de control que representa este circuito se puede ver como una inferencia lógica, con los contactos como antecedentes y la bobina como conclusión.

Para programar un PLC con Ladder, además de tener conocimientos sobre las reglas de los circuitos de conmutación, también conocida como "Lógica de Contactos", es necesario comprender cada uno de los elementos que componen este lenguaje. A continuación, se proporciona una descripción general de los elementos más comunes.

- Contacto normalmente abierto (E1): si la variable asociada E1 vale '0', el contacto permanece abierto, y si vale '1' se cierra.
- Contacto normalmente cerrado (E2): si la variable asociada E1 vale '1', el



contacto permanece abierto, y si vale '0' se cierra.

- Salida, bobina o relé (S1): la variable asociada S1 tomará el valor de la variable (o combinación de variables) que esté a su entrada (punto de conexión del lado izquierdo). También se puede enclavar o desenclavar, indicándolo con una S o R como se indica en los casos de S2 y S3.

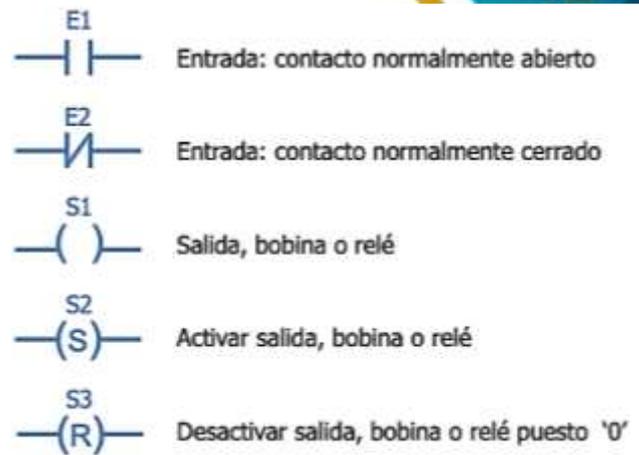


Fig. 13. Elementos básicos de un diagrama KOP.

<http://www.albertobrunete.es/automatica/diagrama-de-escalera-kop.html>

2.3. Protocolos de comunicación

Los autómatas programables (PLCs) utilizan diversos protocolos de comunicación para intercambiar información con otros dispositivos y sistemas en entornos industriales. La elección del protocolo depende de la aplicación específica y de la interoperabilidad con los equipos existentes. Aquí hay algunos protocolos de comunicación comunes utilizados con PLCs:

Modbus:

Un protocolo de comunicación estándar de la industria utilizado en sistemas de automatización industrial. Modbus permite la comunicación entre dispositivos de control, como PLCs, y otros dispositivos, como sensores y actuadores.

Profibus (Perfil de Campo para Bus de Proceso):

Un estándar de comunicación utilizado en la automatización industrial para conectar dispositivos en el nivel de campo, como sensores y actuadores, a sistemas de control.

Ethernet/IP:

Basado en el protocolo Ethernet, Ethernet/IP es utilizado en entornos industriales para la comunicación entre dispositivos de control, como PLCs, y otros equipos en una red Ethernet.

CANopen:

Un protocolo de comunicación de alto nivel basado en el estándar CAN (Red de Área de Control). Se utiliza comúnmente en aplicaciones de automatización industrial y en sistemas embebidos.

Profinet:

Basado en Ethernet, Profinet es un protocolo utilizado para la comunicación en tiempo real en entornos industriales. Es parte de la familia de protocolos Profibus.

DeviceNet:

Un protocolo de comunicación utilizado para conectar dispositivos en el nivel de campo en una red industrial. Es parte de la familia de protocolos CIP (Common Industrial Protocol).

HART (Highway Addressable Remote Transducer):



Aunque más comúnmente asociado con la comunicación con instrumentos de campo, HART también se utiliza en algunos casos para la comunicación con PLCs en entornos industriales.

Modbus TCP:

Una variante de Modbus que se ejecuta sobre el protocolo TCP/IP. Modbus TCP permite la comunicación a través de redes Ethernet.

OPC (OLE for Process Control):

Un estándar que facilita la interoperabilidad entre diferentes dispositivos y sistemas de control en entornos industriales. OPC se utiliza comúnmente para la comunicación PLC-SCADA.

MQTT (Protocolo de Telemetría de Mensajería en Cola):

Un protocolo ligero y eficiente para la comunicación en la Internet de las cosas (IoT). Puede utilizarse para la comunicación entre PLCs y sistemas de monitoreo remoto.

Nivel Actuador – Sensor

Este nivel se ubica en la base de la jerarquía, y aquí encontramos varios estándares de comunicación, tales como AS-i, DeviceNet, y HART, que también se conocen como redes de control o buses de campo. Estos protocolos tienen como objetivo establecer la comunicación entre dispositivos como sensores, actuadores, transductores, entre otros.

Los buses de datos resuelven los desafíos de comunicación en los niveles inferiores de la jerarquía. Algunas ventajas notables de estos sistemas incluyen la reducción significativa de la cantidad de cableado requerido, disminución de los costos de instalación y mantenimiento, así como la mejora de la eficiencia en el sistema.

AS-i interface (AS-i)

En la década de los años 90, con el crecimiento de la automatización en la industria, la complejidad de los sistemas también aumentó, lo que resultó en un incremento de los costos de cableado. Un grupo de 11 empresas, incluyendo Siemens AG, se unieron para desarrollar el protocolo AS-i. Este protocolo reemplazó al sistema de cableado tradicional, simplificando tanto los costos como la complejidad en la instalación de cables.

En 1992, se fundó la AS-International Association con el propósito de promover, ofrecer soporte técnico y estandarizar el uso de AS-i.

DeviceNet

Desarrollado por Rockwell automation en el año de 1994, es un bus de campo económico el cual permite reducir el costo del cableado de componentes y mejora sus funciones de diagnóstico está orientado a los niveles medio-bajo de la automatización, está basado en el sistema CAN desarrollado por Bosch en 1986.

DeviceNet permite 3 modelos de conexión los cuales son maestro/esclavo, entre pares y productor/consumidor, con este último se aprovecha mejor el ancho de banda ya que cualquier nodo de la red puede enviar información y esta puede ser recibida por los demás nodos de forma simultánea.

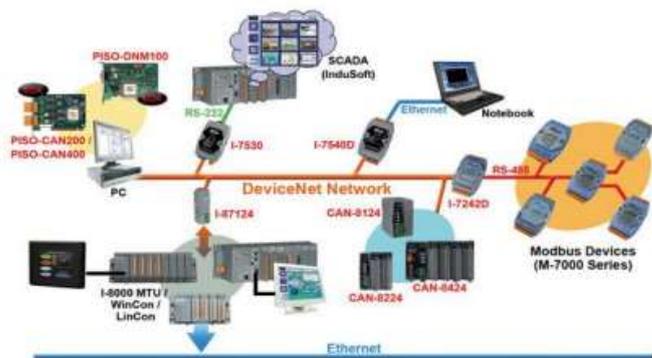


Fig. 14. Ejemplo de una red DeviceNet

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1874/Informe%20de%20seminario.pdf>



2.4. Instrucciones lógicas

Los especialistas en la programación de Controladores Lógicos Programables (PLC) provienen de diversos campos de estudio, lo que influye en la variedad de lenguajes que utilizan. Aquellos con experiencia en aplicaciones industriales tienden a preferir lenguajes visuales, mientras que los que tienen conocimientos en electrónica o informática suelen optar por lenguajes de programación escritos en sus primeras etapas de aprendizaje.

AND - Conjunción

La función lógica AND, también conocida como conjunción, produce un resultado Verdadero (V) únicamente si todas las entradas son Verdaderas (V). Se utiliza en situaciones donde es necesario realizar una acción solo cuando se cumplen todas las condiciones especificadas. En el contexto de lenguaje de contactos, esta operación se logra al colocar los contactos en serie.

AND		
Entradas		Salidas
A	B	Y
F	F	F
F	V	F
V	F	F
V	V	V

Fig. 15. Tabla de verdad AND

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3124/?jsessionid=799D935FB4B2ECCB4B1B6EEC9F270D96?sequence=5>

Ejemplo: En el circuito se activa Q1.2 cuando I1.0, I1.1 e I1.2 son verdaderas. El PLC evalúa la rama ejecutando la operación lógica $Q1.2 = I1.0 \text{ AND } I1.1 \text{ AND } I1.2$.



Fig. 16. Operación lógica AND.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3124/?jsessionid=799D935FB4B2ECCB4B1B6EEC9F270D96?sequence=5>

OR - Disyunción

La función lógica OR, también conocida como disyunción, produce un resultado Verdadero (V) si al menos una de las entradas es Verdadera (V). Esto se logra mediante la disposición de los contactos en paralelo.

OR		
Entradas		Salidas
A	B	Y
F	F	F
F	V	V
V	F	V
V	V	V

Fig. 17. Tabla de verdad OR

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3124/?jsessionid=799D935FB4B2ECCB4B1B6EEC9F270D96?sequence=5>

Ejemplo: En el circuito se activa Q1.3 si alguna de las entradas I1.0 o I1.1 se activa. La operación lógica es $Q1.3 = I1.0 \text{ OR } I1.1$.



Fig. 18. Operación lógica OR

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3124/?jsessionid=799D935FB4B2ECCB4B1B6EEC9F270D96?sequence=5>



2.5. Operaciones de memoria

La Unidad Central de Procesamiento (CPU) proporciona diversas alternativas para el almacenamiento de datos durante la ejecución del programa de usuario:

- Memoria Global:

La CPU ofrece diferentes áreas de memoria, como las entradas (I), salidas (Q) y marcas (M), las cuales pueden ser accedidas sin restricciones por todos los bloques lógicos.

- Tabla de Variables PLC:

En la tabla de variables PLC de STEP 7, se pueden asignar nombres simbólicos a posiciones de memoria específicas.

- Bloque de Datos (DB):

Los programas de usuario pueden incluir bloques de datos (DB) para almacenar la información de los bloques lógicos. Los datos

almacenados permanecen intactos después de la ejecución del bloque lógico correspondiente.

- Memoria Temporal:

Cada vez que se invoca un bloque lógico, el sistema operativo de la CPU asigna memoria temporal o local (L) para su uso durante la ejecución del bloque.

Direccionamiento directo PLC			Descripción
%			Carácter introductorio
I			Entrada
M			Marca de memoria
Q			Salida
	Non		Bit
	e		Bit (opcional)
	X		Byte
	B		Word
	W		Double word
	D		Long word
	L		
		v.w.x.y.z	Direccionamiento jerárquico multi dígito, cuya importancia aumenta de derecha a izquierda. El número y la interpretación de la posición depende del fabricante del PLC. Ejem: z-bit, y-word, x-módulo, w-bit, v-PLC.

Fig. 19. Direccionamiento de variables de memoria.

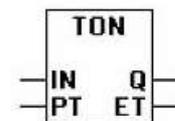
2.6. Operaciones de tiempo

Básicamente, un temporizador es una instrucción que aguarda un período de tiempo antes de ejecutar una acción determinada. Sin embargo, surge un desafío importante al notar la falta de estandarización en su implementación por parte de los fabricantes de PLC.

On-delay

Este temporizador retrasa el encendido de la salida correspondiente. Conocido como T-ON.

Su representación y diagrama de tiempos se muestran en la figura.



Timer on-delay

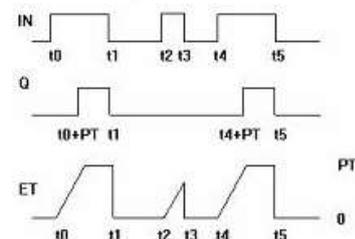


Fig. 20. Temporizador on delay

<https://instrumentacionycontrol.net/programacion-de-plc-temporizadores/>

Off Delay



Es el acaso opuesto de caso anterior. Retrasa el apagado de su salida. Y se lo denomina como TOF.

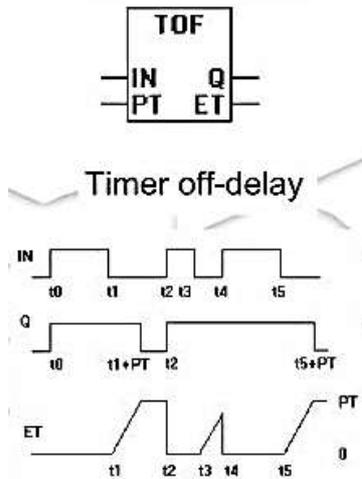


Fig. 21. Temporizador off delay

<https://instrumentacionycontrol.net/programacion-de-plc-temporizadores/>

Contadores

En algunos autómatas, los contadores a menudo comparten una zona de memoria con los temporizadores, lo que puede limitar su uso en esos casos (junto con los temporizadores). Sin embargo, en otros



Fig. 22. Símbolo contador

2.7. Operaciones de computo

Absolutamente, las operaciones de cómputo en un Controlador Lógico Programable (PLC) se definen mediante un conjunto de instrucciones que se utilizan para programar estos dispositivos.

Los PLC se utilizan en una amplia gama de industrias, incluyendo la fabricación, la automoción, la alimentación y la energía. Su popularidad se debe a su versatilidad, fiabilidad y facilidad de uso.

Las operaciones de cómputo PLC se pueden dividir en dos categorías principales:

- **Instrucciones básicas:** Estas instrucciones incluyen operaciones aritméticas, lógicas y de comparación.

autómatas, los contadores tienen su propia área de memoria, aunque también limitada, y esta no está vinculada a la cantidad de temporizadores utilizados.

Es necesario asignar un número a cada contador para identificarlo. La forma de representar este número de identificación puede variar entre distintos autómatas y fabricantes.

Dentro de la categoría de contadores, pueden encontrarse diversos tipos, como los contadores ascendentes, descendentes y reversibles (también conocidos como ascendentes/descendentes). Algunos autómatas pueden no incluir todos estos tipos, teniendo únicamente uno de ellos disponibles.

- **Instrucciones avanzadas:** Estas instrucciones incluyen operaciones de temporización, conteo, comunicación y control de movimiento.

las operaciones de cómputo se refieren a las funciones lógicas y aritméticas que el PLC realiza para controlar y monitorear procesos industriales. A continuación, se describen algunas de las operaciones de cómputo comunes en un PLC:

Operaciones de Manejo de Bits:

Máscaras de Bits: Manipulación de bits individuales para controlar o monitorizar dispositivos específicos.

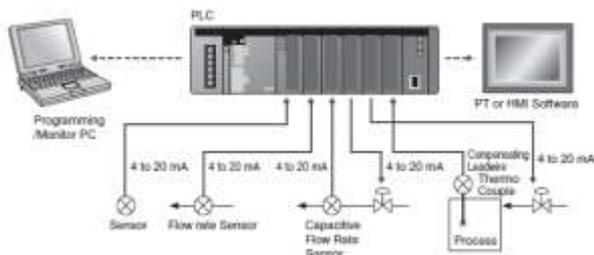


Operaciones de Salida:

Actualización de Salidas: Modificación de salidas para controlar motores, válvulas u otros dispositivos en el proceso industrial.

Operaciones de Control de Flujo:

Instrucciones IF/ELSE: Permiten tomar decisiones basadas en condiciones



específicas.

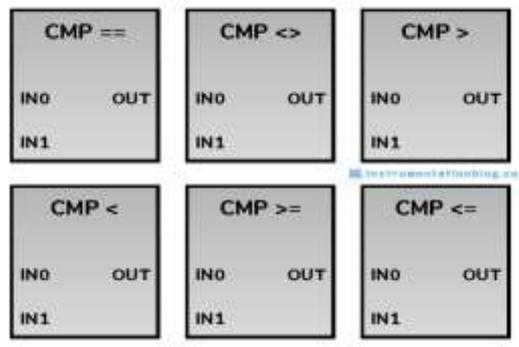
Bucles: Controlan la repetición de una secuencia de instrucciones.

Operaciones de Conversión de Datos:

Conversión de Tipo: Cambian el formato o tipo de datos para adaptarse a las necesidades del proceso.

Operaciones de Registro y Memoria:

Lectura y Escritura en Registros: Acceso a registros y memoria interna para almacenar y



recuperar datos.

Operaciones de Control de Programa:

Inicio y Paro de Programa: Instrucciones para iniciar y detener la ejecución del programa en el PLC.

Estas operaciones de cómputo son programadas mediante lenguajes de programación específicos de PLC, como Ladder Logic o Structured Text. Los ingenieros de control utilizan estas operaciones para diseñar la lógica de control que rige el comportamiento de los sistemas automatizados en la industria.

Fig. 23. Guía de operación en computador

https://generatecnologias.es/programmable_logic_controller.html

2.8. Operaciones de comparación

Las operaciones de comparación permiten controlar el flujo del programa en un PLC dependiendo de si se cumplen ciertas condiciones:

- **Equal (==):** Comprueba si dos valores son iguales.
- **Not Equal (<>):** Determina si dos valores no son iguales.
- **Greater Than (>):** Compara si un valor es mayor que otro.

- **Less Than (<):** Compara si un valor es menor que otro.

La programación basada en instrucciones de comparación es esencial para diseñar lógicas de control efectivas en sistemas de automatización industrial y procesos controlados por Plc.

Fig.24.Simulacion



<https://instrumentationblog.com/plc-arithmetic-instructions-in-plc/>

2.9. Operaciones aritméticas

Las operaciones aritméticas básicas que puede realizar un PLC incluyen:

- **Adición (ADD):** Sumar dos operandos digitales y transferir el resultado a otro lugar.
 - **Sustracción (SUB):** Restar dos operandos digitales.
 - **Multiplicación (MUL):** Multiplicar dos operandos digitales.
 - **División (DIV):** Dividir dos operandos digitales
- Otros cálculos aritméticos que soportan algunos PLC incluyen operaciones como el cálculo de raíz cuadrada, módulo (residuo de división), absoluto, potencia, funciones trigonométricas y logaritmos.



Fig.25. Operaciones Aritméticas

<https://instrumentacionycontrol.net/programacion-de-plcs-operaciones-aritmeticas/>

2.10. Aplicaciones y Ejercicios

Líneas de Ensamblaje Automatizadas:

En la industria manufacturera, los PLCs son fundamentales para controlar y coordinar las operaciones en líneas de ensamblaje, donde se ensamblan productos de manera automática.

Monitoreo y Control Remoto:

Los PLCs permiten el monitoreo y control remoto de sistemas, lo que facilita la gestión a distancia de procesos industriales y sistemas de automatización.

Control de Sistemas de Climatización:

Los PLCs son utilizados para controlar sistemas de climatización en edificios comerciales e industriales, garantizando un ambiente confortable y eficiente.

Sistemas de Gestión Ambiental:

Los PLCs contribuyen al control de sistemas relacionados con el medio ambiente, como la gestión de emisiones, control de calidad del aire y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Control de Sistemas de Energía:

En plantas de energía, los PLCs supervisan y controlan sistemas como generadores, distribución de energía y monitoreo de consumo.

Sistemas de Manejo de Materiales:

Los PLCs se utilizan en sistemas de manejo de materiales automatizados, como transportadores, elevadores y sistemas de almacenamiento automático.

Automatización de Procesos Químicos:



En la industria química, los PLCs son esenciales para el control preciso de procesos, garantizando la seguridad y eficiencia en la producción de productos químicos.

Control de Maquinaria:

Los PLCs son empleados para el control de maquinaria industrial, como robots, prensas, taladros, y otros equipos utilizados en la producción.

Aplicaciones industriales: Control de procesos de fabricación en entornos peligrosos, en cuyo caso es habitual la combinación de autómatas programables y robots industriales

Aplicaciones de gestión energética: En edificios terciarios, en sistemas domóticos existe una variedad específica de autómatas de control para gestionar los sistemas energéticos

Aplicaciones de control de sistemas: Existen sistemas complejos que requiere de manejar mucha información y actuar a gran velocidad tomando decisiones muy rápidas y que solamente son posibles mediante el control de autómatas, como son: gestión de la red eléctrica, gestión de tráfico y semáforos, entre otras. Es habitual en estos casos contar con una interfaz con el sistema mediante pantallas HMI.

Desde los inicios del uso de autómatas por los años 60 las principales aplicaciones son distintos sectores industriales como:

- Fabricación y sector del automóvil
- Plantas químicas y petroquímicas
- Metalurgia
- Alimentación

Con el tiempo y viendo las bondades del uso de estos equipos se han extendido a otros sectores más amplios fuera de la industria como:

- Producción de energía
- Control de tráfico
- Domótica e inmótica

En la actualidad la aplicación de autómatas programables está extendida prácticamente en la totalidad de sectores de procesos, ya que el avance tecnológico es capaz de modelar y gestionar cualquier proceso por complejo o delicado que sea.

Entre los principales fabricantes de autómatas programables podemos destacar los más conocidos

como: Siemens, ABB, Omron, Schneider. Si bien existen otros muchos y un abanico de aplicaciones muy grande para adaptarse a las distintas necesidades.



Cuestionario

Capítulo II



CUESTIONARIO CAPÍTULO II

1.- La denominación API se utiliza para:

- a) Decir que un circuito es automático.
- b) Denominar a los Autómatas Programable Industriales.
- c) Denominar a los Automatismos Programados Industrialmente.
- d) A una de las partes de un autómata programable.

2.- Los autómatas programables se conocen por el acrónimo inglés:

- a) RAM.
- b) CPL.
- c) CPU.
- d) PLC.

3.- Un autómata programable puede:

- a) Sustituir a los circuitos de fuerza.
- b) Sustituir a los circuitos de mando cableados.
- c) Sustituir a los cuadros eléctricos.
- d) Sustituir a los equipos informáticos de una oficina técnica.

4.- ¿Qué significa que un autómata sea modular?

- a) Que procesa señales moduladas.
- b) Que todas sus partes están integradas en un mismo contenedor.
- c) Que cada una de sus partes está en un módulo diferente.
- d) Es una marca comercial de autómatas.

5.- La denominación I/O se da para:

- a) Indicar el número de módulos que se pueden conectar al autómata.
- b) Identificar el tipo de CPU del autómata.
- c) Hacer referencia a las Entradas y Salidas del autómata.
- d) Es otra forma de denominar a los autómatas programables.

6.- Para programar un autómata programable se utilizan:

- a) Los paneles de operación.
- b) Las programadoras portátiles.



- c) Otros autómatas programables.
- d) Los ordenadores personales.

7.- Nombre las partes en las que está estructurado un autómata programable.

8.- Al módulo de salidas se conectan:

- a) Todo tipo de actuadores.
- b) Todo tipo de sensores.
- c) Un panel de operación.
- d) Es el elemento necesario para comunicarse con otros autómatas programables.

9.- Al módulo de entradas se conectan:

- a) Las bobinas de los contactores.
- b) Las lámparas de señalización.

10.- La fuente de alimentación de un autómata programable se encarga de:

- a) Procesar los programas.
- b) Almacenar los programas de usuario.
- c) Establece la comunicación entre el autómata y la programadora.
- d) Adecuar la red eléctrica a la tensión y tipo de corriente con la que trabaja el autómata.

11. ¿Qué significa la sigla "PLC"?

- a) Protocolo Lógico de Control
- b) Programa Lógico de Computadora
- c) Controlador Lógico Programable

12. ¿Cuál es el propósito principal de un PLC en sistemas de automatización industrial?

- a) Procesamiento de texto.
- b) Control de procesos y máquinas.
- c) Navegación en Internet.

13. ¿Qué tipo de dispositivos se utilizan comúnmente como entradas en un PLC?

- a) Monitores.
- b) Sensores y interruptores.
- c) Impresoras.

14. ¿Cuál es la función principal de la CPU en un PLC?

- a) Almacenar datos.
- b) Ejecutar el programa de control.



c) Conectar dispositivos de entrada.

15. En la lógica de programación de PLC, ¿qué representa un contacto normalmente abierto (NO)?

a) Un interruptor cerrado.

b) Un interruptor abierto.

c) Un dispositivo de entrada.

16. ¿Qué es una "bobina" en la programación de PLC?

a) Un componente magnético.

b) Una instrucción de salida.

c) Un sensor de temperatura.

17. ¿Cuál es la función de un temporizador en la programación de PLC?

a) Controlar la velocidad de un motor.

b) Contar el número de ciclos de ejecución.

c) Introducir retardos en la secuencia de control.

18. ¿Qué es una "instrucción de salto condicional" en la programación de PLC?

A) Una instrucción que siempre se ejecuta.

b) Una instrucción que se ejecuta solo si se cumple una condición específica.

c) Una instrucción que detiene el programa.

19. ¿Cuál es el propósito de los módulos de salida en un PLC?

a) Controlar dispositivos de entrada.

b) Convertir señales analógicas en digitales.

c) Controlar dispositivos de salida como motores y válvulas.

20. ¿Qué significa el término "escalera" en el contexto de la programación de PLC?

a) Un componente físico del PLC.

b) Un lenguaje de programación gráfico utilizado para la programación de PLC.

c) Un tipo de sensor utilizado en sistemas de automatización.



03

SISTEMAS SCADA



Un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition o en español, Control Supervisor y Adquisición de Datos) es una arquitectura compuesta de elementos de Software y hardware que permite a las organizaciones industriales controlar procesos

locales o remotos, monitorizar, recolectar y procesar datos en tiempo real. Esta tecnología conecta dispositivos como sensores, válvulas, bombas y motores a través de una interfaz humana-máquina (HMI) que los operadores utilizan para interactuar con el equipo y registrar eventos en un archivo de log.

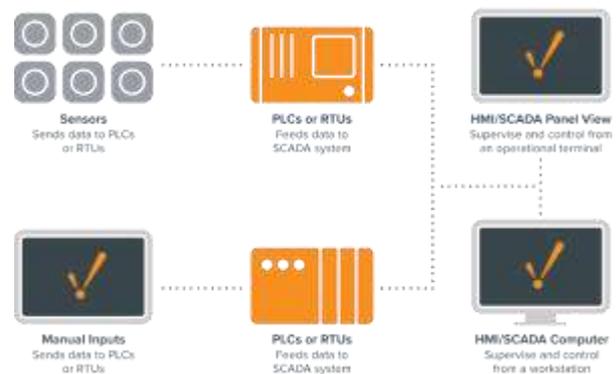


Fig. 26. Diagrama Scada Basico

<https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada>

3.1. Arquitectura de un sistema SCADA

La arquitectura típica de un sistema SCADA consta de los siguientes componentes:

- **Controladores de campo:** Son los dispositivos físicos que se conectan a los sensores y actuadores del proceso. Pueden ser PLCs, microcontroladores u otros dispositivos embebidos. Se encargan de recopilar datos de los sensores y ejecutar acciones sobre los actuadores de forma local.

- **Estación maestra:** Es el centro de control y supervisión del sistema SCADA. Recopila los datos de los controladores de campo, muestra la información al operador y transmite las órdenes de control. Suele estar compuesta por servidores, software SCADA, pantallas de visualización y dispositivos de entrada del operador.

- **Red de comunicaciones:** Conecta los controladores de campo con la estación



maestra. Puede ser cableada o inalámbrica. Se utilizan protocolos industriales como Modbus, Profibus, Ethernet/IP, etc.

- **Base de datos:** Almacena los datos históricos y de estado del proceso. Permite el análisis y generación de informes.
- **Cientes: Dispositivos** que se conectan a la estación maestra para supervisar y controlar el proceso de forma remota a través de Internet u otra red.

Esa es la arquitectura básica de un sistema SCADA, compuesta por controladores de campo, estación maestra, red de comunicaciones, base de datos y clientes remotos. Es una arquitectura distribuida que permite controlar procesos de forma centralizada y remota.

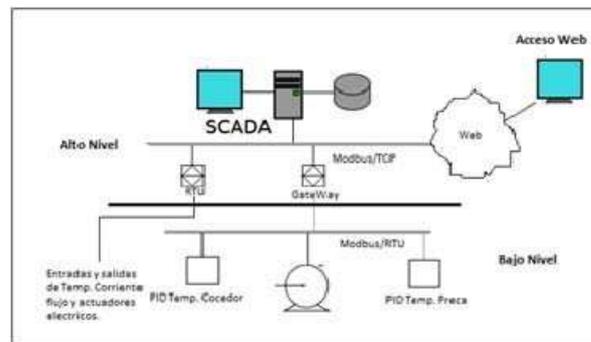


Fig.27.Diagrama Scada

https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Arquitectura-del-sistema-SCADA-fig2_264002362

3.2. Interface Hombre – Maquina (HMI)

Los sistemas de interfaz humano-máquina (HMI) permiten operaciones confiables de tecnología en cada aplicación, incluyendo trenes de alta velocidad, centros de mecanizado CNC, equipos de producción de semiconductores y equipos médicos de diagnóstico o laboratorio.

Componente esencial en los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) y otros entornos de automatización industrial. Su función principal es proporcionar una interfaz gráfica intuitiva y eficiente que permite a los operadores supervisar y controlar los procesos industriales de manera efectiva. Aquí hay algunos aspectos clave relacionados con la interfaz HMI:

Visualización de Procesos:

La HMI muestra gráficamente información relevante sobre el estado de los procesos industriales. Esto puede incluir representaciones de diagramas de flujo,

planos de planta, gráficos de tendencias, y otros elementos visuales.

Control de Procesos:

Permite a los operadores interactuar con el sistema y realizar acciones de control. Esto puede incluir la activación o desactivación de equipos, ajuste de parámetros, y otras operaciones para mantener el proceso en condiciones óptimas.

Alarmas y Notificaciones:

La HMI muestra alarmas visuales y notificaciones para alertar a los operadores sobre condiciones anormales o eventos críticos en el sistema. Esto ayuda a los operadores a tomar medidas rápidas y efectivas.

Acceso a Datos en Tiempo Real:

Proporciona acceso en tiempo real a datos del proceso, incluyendo lecturas de sensores,



estados de equipos y otras variables relevantes.

Historial y Archivos de Registro:

Permite a los operadores revisar el historial de eventos y registros de datos para realizar análisis retrospectivos y diagnósticos de problemas.

Configuración y Ajustes:

Los usuarios autorizados pueden realizar configuraciones y ajustes a través de la HMI, lo que facilita la adaptación del sistema a cambios en los procesos o requisitos.

Compatibilidad Multidispositivo:

Algunas interfaces HMI son diseñadas para ser compatibles con múltiples dispositivos, como computadoras de escritorio, tabletas o dispositivos móviles, para permitir la supervisión y el control remotos.

Diseño Intuitivo:

Un diseño intuitivo y fácil de usar es esencial para que los operadores comprendan

rápidamente la información presentada y realicen acciones de control sin confusiones.

Seguridad:

La seguridad de la HMI es crucial para proteger el sistema contra accesos no autorizados. Esto implica medidas como autenticación de usuarios y cifrado de datos.

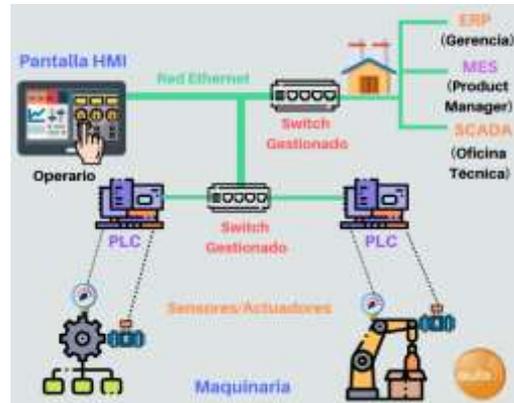


Fig.28. Diagrama básico de HMI/Interfaz Humano-Maquina

<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>

3.3. Redes de comunicación industrial

Las redes de comunicación industrial son fundamentales para la interconexión y comunicación eficiente de dispositivos en entornos industriales. Estas redes permiten la transmisión de datos entre sensores, actuadores, controladores y otros dispositivos utilizados en procesos de automatización industrial. A continuación, se describen algunas de las redes de comunicación industrial más comunes:

Profibus:

PROFIBUS (Process Field Bus) es un estándar de red de comunicación industrial utilizado principalmente en entornos de automatización de procesos y fabricación. Es conocido por su velocidad de transmisión de datos y capacidad para soportar una amplia variedad de dispositivos.

Modbus:

Modbus es un protocolo de comunicación serial utilizado para la transmisión de datos entre dispositivos electrónicos. Es ampliamente utilizado en sistemas SCADA y se encuentra en muchas aplicaciones industriales debido a su simplicidad y eficiencia.

Ethernet Industrial:

Las variantes de Ethernet industrial, como PROFINET, EtherNet/IP y Ethernet/IP, están diseñadas para entornos industriales. Estas redes aprovechan la infraestructura Ethernet estándar, proporcionando velocidades de transmisión más altas y mayor capacidad de ancho de banda.

CAN (Controller Area Network):



CAN es un protocolo de comunicación utilizado en sistemas de control distribuido, como los encontrados en automóviles y maquinaria industrial. Es conocido por su eficiencia en la transmisión de datos en tiempo real.

DeviceNet:

DeviceNet es un protocolo de red de comunicación utilizado en entornos industriales para la conexión de dispositivos de campo. Es parte de la familia de redes ODVA y es conocido por su facilidad de uso y flexibilidad.

AS-Interface:

AS-Interface es una red de baja velocidad utilizada para conectar sensores y actuadores. Es particularmente adecuada para la conexión de dispositivos de entrada/salida distribuidos y ofrece una instalación sencilla.

Modular Industrial Communication System (MILC):

MILC es un enfoque que permite la integración de diversas tecnologías de red, como PROFINET, EtherNet/IP y otros, en un sistema modular.

WirelessHART:

WirelessHART es un estándar de comunicación inalámbrica basado en el protocolo HART (Highway Addressable

Remote Transducer). Se utiliza para la comunicación de dispositivos en entornos industriales donde las conexiones por cable son difíciles o costosas.

La comunicación en red facilita la transmisión de información sin errores, reduce costos y aumenta la confiabilidad en todas las etapas del proceso productivo. Además, también ofrecen:

Diagnóstico de problemas en tiempo real;

Reducción de tiempos de inactividad y paradas;

Reducción de gastos en energía e instalaciones eléctricas;

Gestión remota;

Aumento de la productividad y calidad en la fabricación.

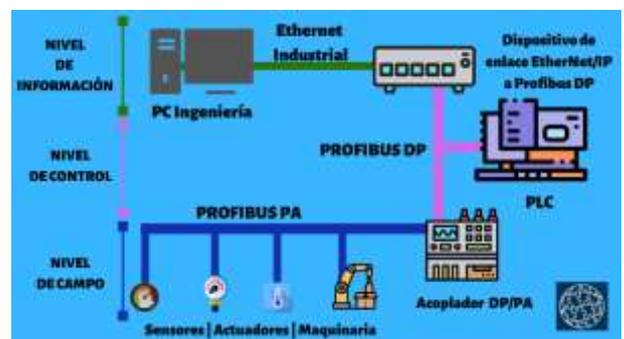


Fig.29.Arquitectura Básica de las redes de comunicación industrial

<https://www.sicma21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/>

3.4. Funciones de un software HMI en sistemas SCADA

A continuación, se detallan algunas de las funciones clave de un software HMI en un sistema SCADA:

Visualización de Procesos:

Proporciona una representación visual de los procesos industriales a través de gráficos,

diagramas de flujo y otros elementos visuales para que los operadores puedan entender fácilmente el estado del sistema.

Interacción con el Operador:

Permite a los operadores interactuar con el sistema a través de interfaces gráficas. Esto



incluye la capacidad de seleccionar y controlar dispositivos, ajustar parámetros y responder a alarmas.

Monitorización en Tiempo Real:

Muestra datos en tiempo real provenientes de sensores, dispositivos de campo y otros componentes del sistema, permitiendo una supervisión continua de las operaciones.

Control del Proceso:

Permite a los operadores realizar acciones de control, como arranque y paro de equipos, ajuste de setpoints y control de variables críticas del proceso.

Alarmas y Notificaciones:

Genera alertas visuales y auditivas para notificar a los operadores sobre condiciones anormales, fallos en el sistema o eventos críticos que requieren atención inmediata.

Registro y Visualización de Datos Históricos:

Almacena datos históricos del sistema para análisis retrospectivo, generación de informes y tendencias a lo largo del tiempo.

Configuración y Personalización:

Permite la configuración y personalización de la interfaz para adaptarse a las necesidades específicas del usuario y del proceso industrial.

Acceso Remoto:

Facilita el acceso remoto a través de la red para que los operadores y supervisores puedan monitorear y controlar el sistema desde ubicaciones fuera de la sala de control.

Seguridad y Autenticación:

Implementa funciones de seguridad, como autenticación de usuarios, control de accesos y auditoría de actividades, para garantizar que solo usuarios autorizados tengan acceso al sistema.

Compatibilidad Multidispositivo:

Admite la visualización y control desde diversos dispositivos, como computadoras de escritorio, tabletas y dispositivos móviles, para mejorar la flexibilidad y la movilidad.

Integración con Sistemas Empresariales:

Permite la integración con sistemas empresariales más amplios para compartir datos relevantes con otros niveles de la organización.

Un software HMI efectivo desempeña un papel central en la eficiencia operativa, la toma de decisiones informada y la mejora de la productividad en entornos industriales controlados por sistemas SCADA. La interfaz intuitiva y las funciones avanzadas contribuyen a una operación segura y eficiente de los procesos industriales.

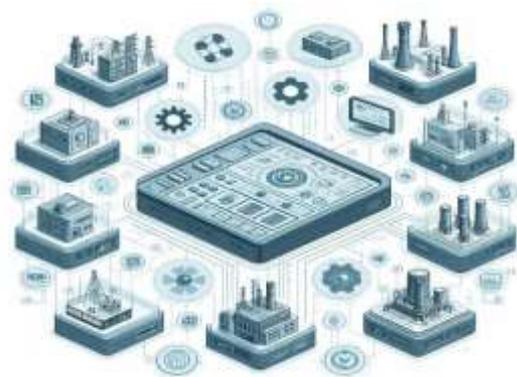


Fig.30 Software HMI, sistema Scada

Características de Sistemas SCADA

se destacan algunas características clave de los sistemas SCADA:

Supervisión en Tiempo Real:

Proporciona una supervisión en tiempo real de los procesos industriales, permitiendo a los operadores tener una visión instantánea del estado del sistema.

Control Remoto:



Permite el control remoto de dispositivos y procesos desde una ubicación centralizada, facilitando la gestión de sistemas distribuidos.

Adquisición de Datos:

Recopila datos de sensores, dispositivos de campo y otros elementos del sistema para su procesamiento y análisis.

Interfaz Hombre-Máquina (HMI):

Incluye una interfaz gráfica que facilita la interacción entre los operadores y el sistema, proporcionando una representación visual clara de los procesos.

Almacenamiento de Datos Históricos:

Almacena datos históricos que permiten el análisis de tendencias, la generación de informes y la resolución de problemas.

Gestión de Alarmas:

Monitorea y gestiona alarmas, generando notificaciones cuando se detectan condiciones anormales o eventos críticos.

Control Lógico:

Incorpora controladores lógicos (PLCs) o unidades remotas (RTUs) que ejecutan algoritmos de control para operar dispositivos y procesos.

Comunicación en Red:

Utiliza redes de comunicación industrial para transmitir datos entre los dispositivos de campo, PLCs y la estación central de supervisión.

Seguridad:

Implementa medidas de seguridad para proteger el sistema contra amenazas cibernéticas y accesos no autorizados.

Integración con Sistemas Empresariales:

Facilita la integración con sistemas empresariales más amplios, como sistemas de

gestión de activos, planificación de recursos empresariales (ERP) y otros.

Escalabilidad:

Puede escalar para adaptarse a sistemas más grandes o pequeños según las necesidades de la aplicación.

Compatibilidad con Múltiples Protocolos:

Soporta varios protocolos de comunicación industrial, como Modbus, DNP3.OPC, entre otros, para garantizar la interoperabilidad con dispositivos de diferentes fabricantes.

Diversidad de Aplicaciones:

Se utiliza en una variedad de industrias, como energía, petróleo y gas, manufactura, tratamiento de agua, transporte, y más.

Detección de Fallos y Diagnóstico:

Incluye funciones para detectar fallos en el sistema y proporcionar diagnósticos para facilitar la resolución de problemas.

Monitorización Eficiente:

Ofrece herramientas de monitorización eficientes para optimizar la eficiencia del proceso y reducir costos operativos.

Estas características hacen que los sistemas SCADA sean herramientas esenciales para la gestión de procesos industriales al proporcionar una supervisión integral, control y capacidad de toma de decisiones informada.



3.5. Aplicación Practica

Tema: Semáforo de una vía

OBJETIVO GENERAL

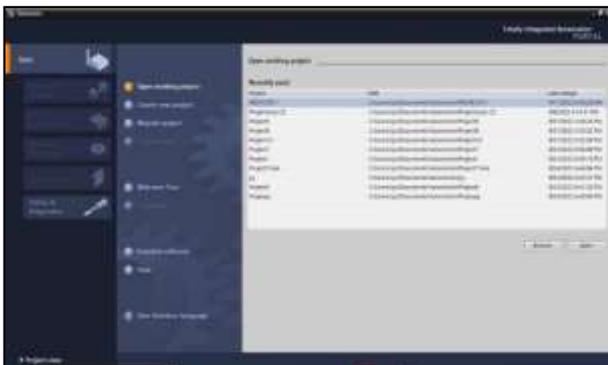
Diseñar, simular y comprobar el funcionamiento del semáforo de una vía.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el circuito funcional mediante el software Tia Portal.
- Armar el circuito en el Plc S7-1200 y comprobar el funcionamiento

Desarrollo

Para la creación de nuestro circuito del semáforo necesitamos del Tia portal y Automación license máanager primero ejecutarlos como administrador sino no lo podemos utilizar porque no se nos abrirá el programa, siguiente a eso se nos abrirá la ventana como esta:



Primero ingresamos el enclavamiento colocando los contactos, la bobina seguido a eso damos nombre a los contactos y luego el nombre de las variables quedándonos de la siguiente manera:



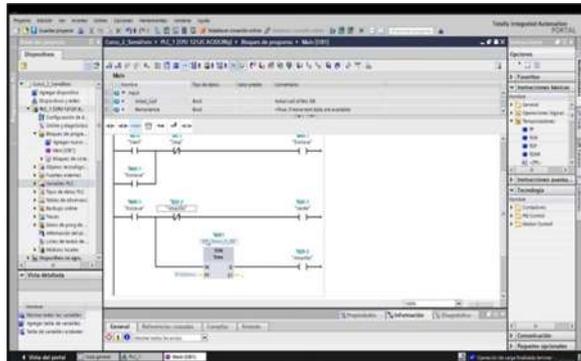
Para iniciar a programar el semáforo debemos utilizar los temporizadores, abrimos una nueva rama integrando un contactor y una salida al contactor le damos de nombre como enclave cuando se encienda enclave como primera condición damos que se encienda una salida física siendo esa el led verde



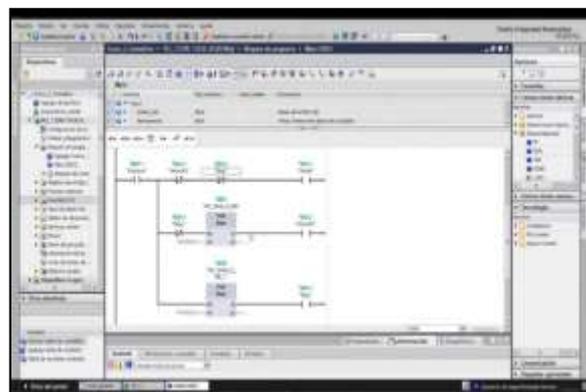
Abrimos una nueva rama y seleccionamos el temporizador dando el tiempo que contabilice de 3 segundos lo cual se escribirá 3000mS agregamos otra salida la cual debe encenderse siendo esta Q0.2 siendo el led Amarrillo, seguido a esto seleccionamos la línea principal y agregamos un contactor normalmente cerrado lo cual me va a dejar pasar la energía mientras el amarillo no se



encienda y si se enciende lo demás se desconecta quiere decir el led verde.

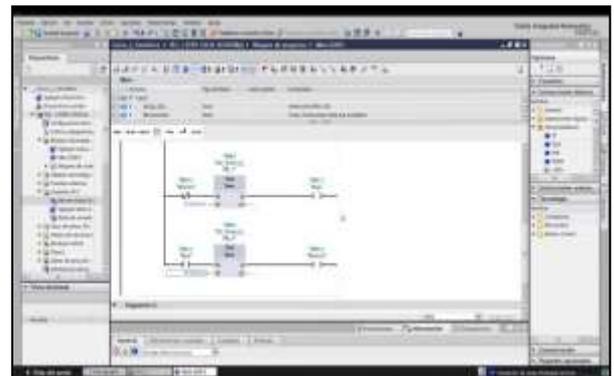


Abrimos una nueva rama para condicionar para que se encienda el led rojo agregamos un temporizador TON lo cual daremos el tiempo de 4000mS entonces 4 segundos después se debe encender la luz roja lo cual será el Q0.3 lo cual será el led rojo, al encenderse rojo debe apagarse el amarillo para eso apagamos el temporizador entonces agregamos un contactor cerrado y así como amarillo debe apagarse para que encienda el verde debemos igual condicionar que rojo no solo apague amarillo sino también debe permanecer apagado al verde



El rojo debe prenderse por un tiempo y reiniciarse todo el sistema para eso agregamos otro temporizador TON lo

condicionados que comienza el conteo solo cuando el rojo se haya encendido para eso agregamos un contactor normalmente abierto y cuando este ya se ejecute el conteo vamos a decir que reinicie todo el semáforo de nuevo desde el verde entonces será M0.2 lo cual será llamado como reinicio y cuando eso termine de contar queremos que el reinicio apague al rojo siendo así así caso agregamos un contactor normalmente cerrado y será reinicio y por el tiempo que pase el rojo encendido será de 3000mS como el verde, entonces eso sería todo el proceso solo faltaría simular nuestro semáforo conectando al plc.



Conclusiones

- Se determinó y conceptualizó las características y beneficios de todos los elementos necesarios que forman parte del módulo didáctico para la simulación de un sistema de control de tránsito vehicular.
- Luego de cumplir con el diseño del módulo didáctico para el control de semáforos y someterlo a pruebas de configuración se puede concluir que cumple con el alcance y los objetivos planteados inicialmente.

Recomendaciones



- Se recomienda hacer bien las conexiones hacia el PLC ya que puede haber casos de quemar el dispositivo.
- Se recomienda simular bien en los programas utilizados para no tener inconvenientes al momento de ponerlos a prueba.
- Es recomendable que se tenga todos los materiales en principal una computadora para poder tener un buen resultado de la automatización



Cuestionario

Capítulo III



CUESTIONARIO CAPÍTULO III

1.- ¿Qué significa la sigla "SCADA"?

- a) Sistema de Control y Adquisición de Datos Supervisados
- b. Supervisión y Control de Automatización de Sistemas Distribuidos
- c. Supervisory Control and Data Acquisition

2.- ¿Cuál es el papel principal de un sistema SCADA en la automatización industrial?

- a) Almacenar datos históricos.
- b. Monitorear y controlar procesos en tiempo real.
- c. Gestionar recursos humanos en la planta.

3.- ¿Qué es un HMI en el contexto de SCADA?

- a) Herramienta de Mantenimiento Industrial.
- b. Interfaz Hombre-Máquina.
- c. Herramienta de Medición de Indicadores.

4.- ¿Cuál es la diferencia clave entre un PLC y un sistema SCADA?

- a) El PLC controla procesos en tiempo real, mientras que el SCADA almacena datos.
- b. El PLC es una interfaz gráfica, mientras que el SCADA ejecuta la lógica de control.
- c. El PLC controla dispositivos de campo, mientras que el SCADA supervisa y gestiona datos.

5.- ¿Cuál es el propósito de la interfaz HMI en un sistema SCADA?

- a) Almacenar datos históricos.
- b. Proporcionar una interfaz gráfica para que los operadores controlen y monitoreen el sistema.
- c. Administrar la seguridad del sistema.

6.- ¿Cuál es el propósito principal de una interfaz HMI en un sistema de control?

- a) Realizar cálculos complejos.
- b. Proporcionar una forma de interacción entre humanos y máquinas.
- c. Almacenar datos históricos.



7.- ¿Qué elementos visuales suelen incluirse en una interfaz HMI?

- a. Solo texto.
- b. Gráficos, indicadores, botones y alarmas visuales.
- c. Solo números.

8.- ¿Qué es una pantalla táctil en el contexto de una interfaz HMI?

- a) Una pantalla que solo muestra información.
- b. Una pantalla que permite a los usuarios interactuar tocándola.
- c. Una pantalla que solo funciona con un mouse.

9.- ¿Por qué es importante la seguridad en una interfaz HMI?

- a) Solo para cumplir con normativas.
- b. Para proteger contra accesos no autorizados y manipulación de datos críticos.
- c. Para mejorar la velocidad de procesamiento de datos.

10.- ¿Cuál es el componente central de la arquitectura de un sistema SCADA encargado de la supervisión y control centralizado?

- a) PLC (Controlador Lógico Programable).
- b. HMI (Interfaz Hombre-Máquina).
- c. Servidor SCADA.

12.- ¿Cuál es el propósito principal de una red de comunicación industrial en un entorno de automatización?

- a. Transmitir datos de entretenimiento.
- b. Facilitar la comunicación entre dispositivos y sistemas en entornos industriales.
- c. Controlar sistemas de seguridad residencial.

13.- ¿Cuál es una característica clave de las redes de comunicación industrial en comparación con las redes de oficina convencionales?

- a. Menor velocidad de transferencia de datos.
- b. Mayor confiabilidad y determinismo en el tiempo de respuesta.
- c. Limitada capacidad de conexión.

14.- ¿Qué es el "determinismo" en el contexto de las redes de comunicación industrial?

- a. La capacidad de la red para predecir eventos futuros.



- b. La consistencia y predictibilidad en el tiempo de transmisión de datos.
- c. La capacidad de la red para ajustar automáticamente su velocidad.

15.- ¿Cuál de las siguientes tecnologías de red es conocida por su baja latencia y alto determinismo y se utiliza comúnmente en aplicaciones de control de tiempo real?

- a. Ethernet industrial.
- b. Fieldbus.
- c. Wi-Fi.

16.- ¿Qué es un "protocolo de comunicación" en el contexto de las redes industriales?

- a. Un conjunto de reglas y convenciones que rigen el intercambio de datos entre dispositivos.
- b. Un dispositivo de red que mejora la velocidad de transferencia.
- c. Un tipo de antena utilizada para la transmisión inalámbrica.

17.- ¿Cuál de las siguientes es una red de área local industrial comúnmente utilizada para comunicación en tiempo real en entornos industriales?

- a. Internet.
- b. PROFINET.
- c. Redes de área extensa (WAN).

18.- ¿Qué función cumple un "switch industrial" en una red de comunicación industrial?

- a. Facilita la comunicación inalámbrica.
- b. Dirige el tráfico de datos entre dispositivos conectados en una red.
- c. Protege contra virus informáticos.

19.- ¿Cuál es una ventaja de utilizar redes inalámbricas industriales en comparación con las redes con cable?

- a. Mayor seguridad.
- b. Mayor velocidad de transferencia.
- c. Mayor movilidad y flexibilidad en la ubicación de dispositivos.

20.- ¿Cuál es el propósito de utilizar fibra óptica en redes de comunicación industrial?

- a. Mejorar la seguridad.
- b. Proporcionar una mayor velocidad de transmisión y distancias más largas.



c. Reducir el costo de implementación.

21.- ¿Qué es el estándar Modbus en el contexto de las comunicaciones industriales?

- a. Un estándar para la comunicación inalámbrica.
- b. Un protocolo de comunicación común en sistemas de automatización industrial.
- c. Una tecnología de realidad aumentada.



Bibliografía

- https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.1776/ev.1776.pdf
- *Sistema SCADA Web: Tecnología Industrial 4.0.* (2020, noviembre 26). atvise® - Sistema SCADA Web; atvise® SCADA | Vester Business. <https://atvise.vesterbusiness.com/?>
- *Los 5 Niveles de la Automatización Industrial.* (2019, agosto 3). Com.mx. <https://www.seika.com.mx/5-niveles-de-la-automatizacion-industrial/>
- Zubiri, H. H. (2022, mayo 13). *Tipos de Automatización Industrial y sus características.* MasterD. <https://www.masterd.es/blog/tipos-de-automatizacion-industrial>
- Ribas, J. (s/f). *Lógica cableada y lógica programada.* - Jose Ribas. Blogspot.com. Recuperado el 18 de febrero de 2024, de <https://disenyproducte.blogspot.com/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html?m=1>
- *Qué es un PLC, para qué sirve y cómo funciona.* (2019, noviembre 15). aula21 | Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-plc/>
- *Partes de un PLC y su importancia 【en 2024】.* (2022, julio 27). SDI. <https://sdindustrial.com.mx/blog/partes-de-un-plc/>
- *Arquitectura del PLC.* (2021, julio 31). Industrias GSL. <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/arquitectura-del-plc>
- *Lenguajes de Programación para PLC.* (2019, agosto 3). Com.mx. <https://www.seika.com.mx/5-lenguajes-de-programacion-para-plc/>



- Sicma, P. (2021, abril 22). Redes de Comunicación Industrial: todo lo que necesitas saber. *Soluciones Integrales para la Industria 4.0*.
<https://www.sicma21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/>
- Villajulca, J. C. (2012, octubre 26). *Programacion de PLCs: Operaciones Logicas*. Instrumentacion y Automatizacion Industrial; InstrumentacionyControl.NET.
<https://instrumentacionycontrol.net/programacion-de-plcs-operaciones-logicas/>
- MEMORIAS DE LOS PLC. (s/f). SlideShare. Recuperado el 18 de febrero de 2024, de <https://es.slideshare.net/DannyAnderson19/memorias-de-los-plc>
- *Temporizadores PLC*. (2021, agosto 29). Industrias GSL.
<https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/temporizadores-plc>
- Qué es un PLC, para qué sirve y cómo funciona. (2019, noviembre 15). *aula21 | Formación para la Industria*.
<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-plc/>
- Villajulca, J. C. (2012a, octubre 10). *Programacion de PLC's: Operacion de Comparacion*. instrumentacion y Automatizacion Industrial; InstrumentacionyControl.NET.
<https://instrumentacionycontrol.net/programacion-de-plcs-operacion-de-comparacion/>
- Villajulca, J. C. (2012b, octubre 14). *Programacion de PLC's: Operaciones Aritmeticas*. Instrumentacion y Automatizacion Industrial; InstrumentacionyControl.NET.



<https://instrumentacionycontrol.net/programacion-de-plcs-operaciones-aritmeticas>.

- Creus, A. (2011). Instrumentación Industrial. Alfaomega
- Soisson, H. E. (1980). Instrumentación industrial. Limusa.
- Harper, G. E. (2000). El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales. Editorial Limusa.
- <https://ingelcomteinforma.wordpress.com/>
- <https://www.ingenieriadefluidos.com/>



INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO PELILEO

ISBN: 978-9942-686-30-5



9 789942 686305

Educación gratuita y de calidad