

## 6. MÁQUINAS, SISTEMAS AUTÓNOMOS (ROBOTS) Y DRONES

Autor: Ing. Leonardo Moreno

## 6.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La automatización industrial hace referencia a trabajos que originalmente eran realizados por un trabajador humano que pasan a ser realizados por una máquina automática, un software o un robot sin intervención humana.

Los principales objetivos de la automatización son:

- Mejorar la productividad de la empresa
- Reducir los costos de la producción
- Mejorar la calidad del producto
- Garantizar la calidad del proceso
- Mejorar las condiciones laborales
- Mejorar la seguridad personal
- Reducir los tiempos de producción
- Obtener un control del proceso a niveles no alcanzables mediante operación de personas
- Reducir los errores por factor humano
- Simplificar las tareas de mantenimiento
- Integrar el proceso al resto de los sistemas de la organización

En un sistema de control automático, el control es realizado generalmente por un controlador programable, un sistema sin intervención humana directa que toma las decisiones de control. Este es capaz de comunicarse con todos los elementos del sistema automatizado tanto los elementos encargados de censar el proceso (Sensores), como de los elementos encargados de tomar acciones sobre el mismo (Actuadores). Los controladores programables, llegaron como reemplazo de la lógica cableada con relés o las tarjetas electrónicas dedicadas. Estos permiten mayor flexibilidad a la hora del diseño y mantenimiento del sistema.

## 6.2 TIPOS DE CONTROL

### **6.2.1 Control discreto o On/Off**

Uno de los más simples tipos de control es el control On/Off o discretos. Los controles discretos hacen referencia a que la forma que tiene el controlador de interactuar con el proceso es mediante accionamientos discretos como abrir o cerrar una válvula, arrancar o parar un motor, etc. Si bien los accionamientos en este tipo de control son discretos, el elemento a controlar puede no serlo, como el nivel de un tanque, la temperatura de un horno, la presión de una cañería de gas, etc. Por ejemplo, en el control de temperatura de un horno, el cual cuenta con un quemador,

el controlador programable podría encender o apagar el quemador en función de la temperatura configurada por el operario.

### **6.2.2 Control continuo**

En el control continuo, el controlador programable tiene la posibilidad de accionar sobre un elemento del sistema variando en forma continua alguna consigna del proceso en función de una serie de cálculos que determinan la variable de salida para obtener la condición del proceso deseada. Un control continuo tiene la posibilidad de alterar alguna variable del sistema, ya no en forma discreta sino continua, para poder conseguir el objetivo deseado. Por ejemplo, un controlador podría variar el porcentaje de apertura de una válvula proporcional para obtener el caudal deseado de un líquido en una cañería. Típicamente el control continuo cuenta con una variable del proceso sensado, variable a controlar y un elemento sobre el que podrá actuar para lograr la consigna deseada. En el ejemplo anterior la variable de proceso sensada a controlar es el caudal y el elemento sobre el que actuar es el porcentaje de apertura de la válvula.

### **6.2.3 Control Secuencial**

El control secuencial no es más que garantizar una secuencia de pasos que se deben ejecutar uno tras de otro. Típicamente asociado a grafos o máquinas de estado, el control secuencial es usado para modelar los pasos que se deben cumplir en un proceso. Existen tres elementos típicos en un control secuencial:

**6.2.3.1 Estados:** Un estado es una etapa en la que se encuentra el proceso en un momento dado. Típicamente un grafo de un proceso inicia desde un estado de reposo y desde este evoluciona a los distintos estados propios del proceso.

**6.2.3.2 Transiciones:** Son las condiciones que deben darse en el proceso para que este evolucione a nuevos estados. Las transiciones son condiciones lógicas, que al cumplirse confirman el cambio de estado del grafo del proceso. Por ejemplo, al presionar el botón de “Marcha”, se cumpliría la transición del estado de “Reposo” a “Arrancando”.

**6.2.3.3 Acciones:** Son las actividades, cálculos y procedimientos que el controlador ejecutará al encontrarse en un estado. Por ejemplo, al llegar a un estado de “Falla en el proceso” una acción a tomar es hacer sonar la sirena para advertir al operador.

#### **6.2.4 Control computacional**

Las computadoras pueden realizar tanto controles secuenciales como de retroalimentación. Típicamente una única computadora hace ambos procesos en una aplicación industrial. El control computacional se puede encargar de operar cientos de procesos al mismo tiempo. Esto lo realiza por medio de procesamiento de información provenientes de todos los controles programables que opera y así controlar las múltiples variables que inciden en el proceso de automatización. Son utilizados en general para centralizar el control de múltiples procesos.

### **6.3 TIPO DE LAZO DE CONTROL**

En los sistemas automáticos, los lazos de control pueden ser de dos tipos, a lazo abierto y a lazo cerrado. Esto hace referencia a la independencia que tiene la salida del sistema respecto a la variable que se desea controlar.

#### **6.3.1 Sistema de control de lazo abierto**

En un sistema a lazo abierto, el controlador desconoce el efecto provocado por los accionamientos que realiza. Este tipo de sistemas son simples, pero carecen de retroalimentación. El controlador lleva adelante una acción o entrada sobre el proceso, pero se desconoce la reacción o salida del mismo (Figura 3.1). En este tipo de sistemas es altamente relevante la calibración que se haga de los mismos para no ser afectados por el entorno. Por ejemplo, la función “descongelar” del microondas, nos solicita digamos que producto vamos a descongelar “Carne”, “Pan”, Etc. y por otro lado, nos pide el peso de lo que queremos descongelar. En función de esa configuración el mismo decide la potencia y el tiempo. No hay retroalimentación del efecto causado a la hora de ponerse en funcionamiento, es crucial la parametrización que el usuario hace para que el resultado sea el esperado.



Figura 6.1 - Proceso

### **6.3.2 Sistema de control de lazo cerrado**

En un sistema de control de lazo cerrado el valor de proceso que se desea controlar, es realimentado al mismo para que este calcule el error entre el valor deseado y el obtenido y de esta manera el sistema de control pueda realizar los ajustes necesarios para obtener la consigna deseada (Ver figura 3.2). Son más complejos que los sistemas de control a lazo abierto, son más estables y están mejor adaptados a las perturbaciones. Un ejemplo de un sistema de control a lazo cerrado podría ser el sistema de control de velocidad crucero de un auto. El sistema de control del auto regulará el accionamiento del acelerador para lograr minimizar la diferencia entre la velocidad actual y la velocidad deseada por el conductor.



Figura 6.2 - Proceso

## **6.4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL**

El primer elemento a tener en cuenta en un sistema de control de automático es el **proceso**, el cual se puede decir que es el elemento que tiene cambios de estado de acuerdo a ciertas acciones o condiciones. Sobre el **proceso** es donde se toman las acciones de control. Un proceso se puede regular de diferentes formas tomando en cuenta diferentes variables; por ello, cuando se establece la necesidad de un sistema de control, es importante definir qué variable del proceso vamos a controlar. En este sentido surge la necesidad de un **sensor**, un elemento que nos permita saber la cantidad real de la variable que deseamos regular. El **sensor** es un dispositivo que transforma la variable a controlar en una señal medida que pueda ser interpretada por otros elementos de un sistema. Entonces, aquí es donde aparece el elemento del sistema que toma las decisiones según la diferencia entre la variable real y la deseada, este dispositivo es el **controlador**. En estos sistemas, los **controladores** ejecutan algoritmos o estrategias según las condiciones de las variables reales y de referencia, determinan el error y, en función de ello, generan una señal de salida conocida como señal de regulación, la cual determina las acciones que se deben tomar en el sistema para lograr las condiciones deseadas. Finalmente,

las señales de regulación influyen en los elementos del sistema denominados **actuadores**, que también se les suele llamar elementos finales de control, ya que es allí donde se recibe la señal de regulación para que a través de los cambios en el **actuador**, se logre manipular una variable de tal forma que influya en el proceso y, de esta manera, se logre en forma indirecta los cambios deseados en la variable a controlar o salida.

En este sentido todo Sistema de Control se puede resumir en sus cuatro elementos fundamentales: el proceso, el medidor, el controlador y el actuador. Generalmente, los elementos físicos que se agregan al proceso para transformarlo en un sistema son llamados instrumentos, y por lo tanto, las áreas de Instrumentación y Control están íntimamente ligadas en la implementación de sistemas de control y automatismos.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques que ilustra los elementos de un sistema de control y cómo las variables tienen el propósito fundamental de establecer el vínculo o relación entre cada uno de los elementos del sistema.

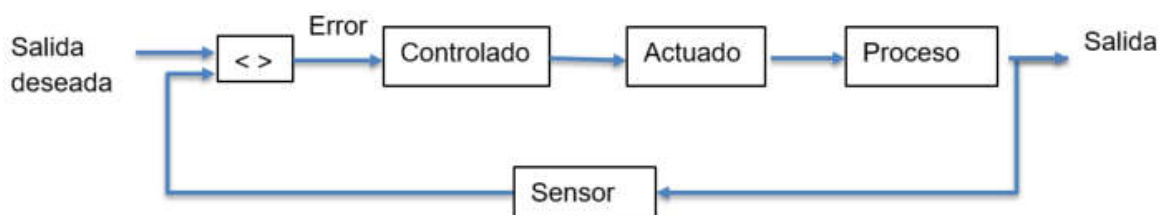


Figura 6.3 – Sistema de control

## 6.5 SENSORES Y TRANSMISORES

Los sensores y transmisores realizan operaciones de medición y adaptación de señales en un sistema de control. En el sensor se produce un fenómeno mecánico y eléctrico, el cual se relaciona con la variable de proceso que se mide. En el transmisor, se convierte este fenómeno en una señal que se puede transmitir en relación con esta variable de proceso hacia el controlador.

### 6.5.1 Sensores

Son instrumentos que están en contacto con el proceso utilizando o absorbiendo energía del medio de control dado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada. Ejemplos: placas de

orificio, termocuplas, termorresistencias, celdas de presión, etc. En los instrumentos compactos como manómetros, termómetros, transmisores de presión, etc., se supone que el sensor está incluido dentro del propio instrumento.

Ejemplos de diferentes tecnologías de sensores según el tipo de variable a sensar:

Temperatura	Presión	Caudal	Nivel
Bimetalicos	Diafragma	Magnético	Ultrasónico
Infrarrojos	Columnas	Turbina	Radar
Termorresistencias	Electrónicos	Venturi	Varilla vibrante
		Placa orificio	
		Vortex	

Tabla 6.1

### **6.5.2 Transmisores**

Son instrumentos que captan la variable de proceso, generalmente puede ser a través de un sensor, y la transmiten a distancia en forma de señal neumática (3-15 [psi]), electrónica (4-20 [mA]), pulsos, mediante protocolo (hart) o mediante bus de campo (Fieldbus Foundation, Profibus, Profinet, etc.). Estos instrumentos dan una señal continua con el valor sensado del proceso. Hay algunos transmisores que cuentan además con indicador local incorporado.

### **6.5.3 Características de los instrumentos de medición**

**Rango:** Es el intervalo de valores de determinada variable que es capaz de medir un determinado instrumento de precisión. Por ejemplo, si un termómetro mide entre los -30°C y los 50°C. Un rango mayor convertirá el instrumento de medición en un producto más versátil. Aunque también es cierto que a menudo, un mayor rango se traduce con una menor resolución. El rango es una variable que depende directamente del uso del instrumento.

**Cero:** es el valor inferior del rango, no necesariamente debe ser cero (en el ejemplo anterior: -30 °C).

**Resolución:** La resolución es la mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación del correspondiente valor. Dicho

de otra forma, la resolución nos indica el valor mínimo a partir del cual notaremos una variación o salto en la medida de aquello que estemos midiendo. Por ejemplo, si la resolución de un termómetro es de  $1^{\circ}\text{C}$ , la medición será de 1,2,3,4,5 y así sucesivamente. Si la resolución es de  $0,5^{\circ}\text{C}$ , la medición será de 0; 0,5;1;1,5; 2; 2,5; etc... La resolución es independiente al rango, pero en general los instrumentos con un rango mayor, presentan una resolución menor.

**Precisión:** La precisión en un instrumento de medición nos determina con qué exactitud podremos hacer esta medida y está directamente relacionada con el error de dicho instrumento. A una mayor precisión, menor error. Cada instrumento presenta un error propio, lo que nos determinará si es más o menos preciso en el momento de medir. La precisión y el error pueden estar expresados en unidad (valor) o en %. Por ejemplo, podemos determinar que la precisión de un termómetro es de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  o bien de un  $\pm 1\%$ . Es frecuente que la precisión varíe dependiendo del punto del rango o escala dónde nos encontremos. Por ejemplo, en determinados caudalímetros, la precisión es inferior en la parte baja de la escala. En estos equipos, la precisión no está expresada en un valor sino en una curva.

**Estabilidad:** Variación experimentada de la precisión de la medida del Instrumento en un periodo de tiempo determinado.

#### **6.5.4 Selección de instrumentos de medición**

Para poder controlar, supervisar o alarmar una variable de proceso hace falta medirla adecuadamente. Esto significa medir con la suficiente precisión, rapidez, fiabilidad y estabilidad. Para seleccionar un instrumento hay que tener en cuenta la naturaleza de la variable que se desea medir, la magnitud del valor nominal de operación de esa variable y el rango de trabajo.

#### **6.5.5 Clasificación de instrumentos de medición**

##### **6.5.5.1 Según su aplicación:**

- **Monitoreo:** Indican al operador el estado del proceso.
- **Control:** El instrumento envía la medida a un controlador para que este actúe sobre el proceso.

##### **6.5.5.2 Según el origen de la energía para realizar la medición:**

- **Pasivo:** La energía necesaria para realizar la medida la aporta el proceso físico que se desea medir.
- **Activos:** Además de la energía del proceso necesitan de una fuente de energía externa para realizar la medida.



### 6.5.5.3 Según el tipo de medida proporcionada:

- Valor continuo: La medida que proporciona varía de forma continua. Ej: Transmisor de caudal.
- Valor discreto: La medida que proporciona sólo puede tomar un valor entre un conjunto finito de valores. Interruptor de presión.

Variable	No genera señal INDICADOR	Genera señal 0/1 INTERRUPTOR	General seña continua TRANSMISOR
Temperatura	Termómetro	Termostato	Transmisor de temperatura
Presión	Manómetro	Presostato	Transmisor de presión
Caudal	Caudalímetro	Switch de caudal	Transmisor de caudal
Nivel	Indicador de nivel	Switch de nivel	Transmisor de nivel

Tabla 6.2

## 6.6 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Un autómatas programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los sensores y en función de lo establecido por el programa acciona sobre los actuadores de la instalación.



Figura 6.4 -PLC

Es ideal para procesos de fabricación donde se cuenta con:

- Espacio reducido para albergar un sistema de control

- Procesos de producción dinámicos, que requieren cambios constantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria configurable para producir diversos productos
- Instalaciones distribuidas, amplias y complejas

Algunos ejemplos de uso típicos:

- Máquinas para embalar
- Máquinas confeccionadoras en general
- Control de procesos continuos
- Puentes grúa utilizados para el movimiento de cargas
- Producción en serie con múltiples PLC interconectados.
- Señalización
- Estaciones de monitores
- Y un largo etc.

### **6.6.1 Pros y contras**

En este apartado revisaremos brevemente los pros y contras de los PLC por sobre la lógica cableada.

#### **6.6.1.1 Pros**

- Desarrollos más rápidos lo que redunda es una reducción de costo de mano de obra
- La ingeniería eléctrica del proyecto es más simple
- Sistemas de control con menor cantidad de elementos
- Versatilidad a la hora de implementar cambios
- Tiempos de puesta en servicio menor
- Posibilidad de controlar más de una máquina con un mismo controlador
- Uso de espacio reducido
- Ante la falla de la instalación, el PLC es mucho más versátil a la hora del diagnóstico
- Versatilidad a la hora de la interconectividad de con otras instalaciones
- Facilidad de reportes a múltiples plataformas.

#### **6.6.1.2 Contras**

- El costo inicial podría llegar a ser superior al de instalar lógica cableada
- Funciones básicas de un PLC
- Diagnóstico: mediante los sensores instalados en el sistema de fabricación los cuales se conectan al PLC

- Mando: generar acciones sobre el proceso de fabricación mediante los actuadores los cuales se conectan al PLC
- Interacción con los operarios: mediante las interfaces del sistema el operador y el PLC intercambian información para realizar los ajustes del proceso productivo.



Figura 6.5

- Programación: Todo PLC cuenta con un entorno de desarrollo de la programación. Típicamente un software dedicado que se ejecuta en una PC y desde la que se desarrolla el programa que ejecutará el PLC.

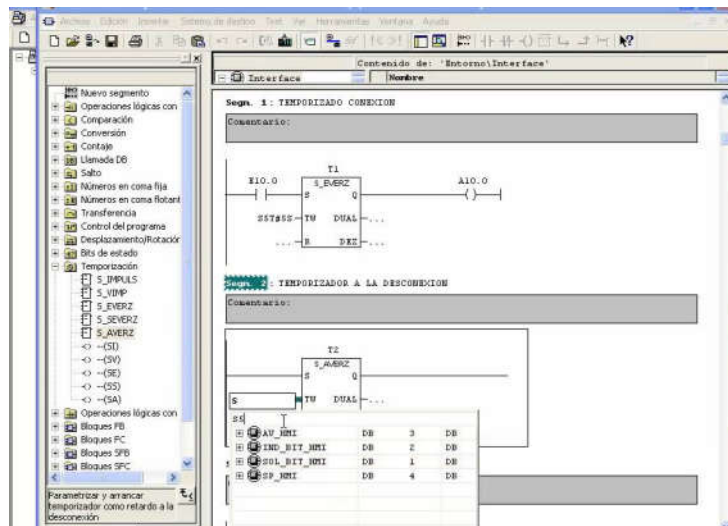


Figura 6.6

- Comunicación por redes de datos: La comunicación por redes de datos permite que entre controladores se intercambie información. Por ejemplo, dentro de una línea de producción, cada estación podría tener su propio

controlador y entre cada uno de ellos intercambiarían información para mantener coordinado el proceso productivo.

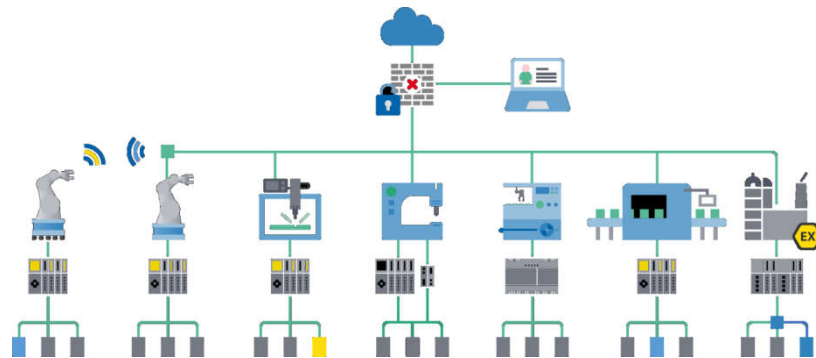


Figura 6.7

- Interfaces gráficas: Los PLC permiten conectarse a interfaces gráficas para lograr una mejor interacción con el operador. Ya sea paneles gráficos o sistemas SCADA, las interfaces gráficas brindan al operador un puesto de operación con información más detallada del proceso como así también, un entorno de operación desarrollado a la medida de las necesidades del proceso en cuestión.



Figura 6.8

- Entradas/Salidas: Los PLC cuentan con diferentes módulos de entradas y salidas para conectar una diversidad de elementos como sensores, pulsadores, celda de carga, etc. Estos módulos pueden estar ubicados dentro del mismo armario donde se encuentra el PLC o distribuidos a lo largo del proceso.



Figura 6.9

- Bus de campo: El bus de campo, es una red dedicada, que permite el PLC conectarse con los diferentes elementos de la red de control como remotas de entradas salidas, variadores de velocidad, etc.

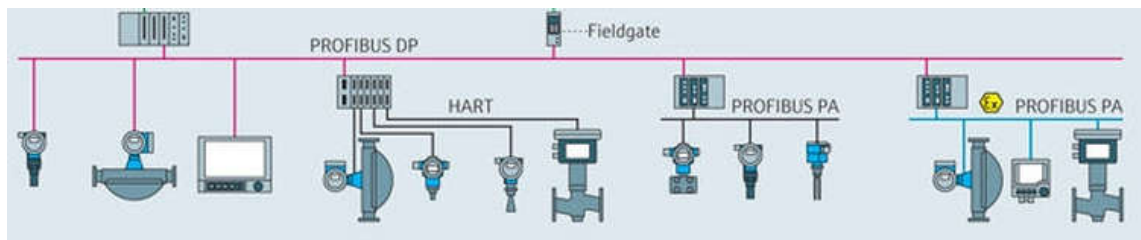


Figura 6.10

### **6.6.2 Funcionamiento del PLC**

Los PLC son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta al detectarse cambios en las señales, el PLC reacciona según el programa y actúa sobre las salidas. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

Secuencia:

- Lectura de entradas
- Ejecución del programa
- Escritura de salidas

Una particularidad a tener en cuenta es que la lectura y escritura de las señales se realiza al mismo tiempo para todas las entradas/salidas. Las entradas leídas de los módulos se guardan en una memoria llamada mapa de Imagen entradas. Todos los cambios generados en las salidas, también se guardan en una memoria temporal,

el mapa de imagen de las salidas. Finalizada la ejecución del programa, todas las salidas son escritas al mismo tiempo.

Típicamente, todos los PLC tienen al menos dos modos de funcionamiento:

- **Stop:** El PLC no se encuentra ejecutando el programa. En este modo, el PLC no toma acción alguna sobre las salidas. A este modo el PLC puede pasar ya sea porque el usuario lo solicita por una falla no tratada en el programa ya sea del propio programa, de la periferia, etc.
- **Run:** En este modo el programa se encuentra ejecutando en forma cíclica, leyendo las entradas y escribiendo las salidas.

### **6.6.3 Tiempo de ejecución o Scan Time**

El tiempo total que el PLC emplea para realizar un ciclo de operación se llama tiempo de ejecución o Scan time generalmente expresado en milisegundos.

Dicho tiempo depende de:

Número de entradas/salidas

- La longitud del programa
- La cantidad de elementos en el bus de campo
- El modelo de PLC empleado

### **6.6.4 Lenguajes de programación de PLC**

Existen dos tipos de lenguajes para programar PLC, los lenguajes visuales y los. Los lenguajes escritos o de bajo nivel son lenguajes más antiguos y en general más complejos que desarrollar. A pesar de esto, en ocasiones son la única alternativa para realizar ciertas operaciones. Por otro lado, los de alto nivel o gráficos, facilitan la programación, pero tienen ciertas limitaciones.

**6.6.4.1 Lenguajes de texto:** Lista de Instrucciones: Este lenguaje se suele utilizar para pequeñas aplicaciones debido a la complejidad de su estructura, es muy parecido al viejo lenguaje ensamblador.

**6.6.4.2 Texto Estructurado:** Es un lenguaje con una sintaxis similar a lenguajes tipo Pascal o C, se utiliza para poder programar fácilmente bucles, funciones y condicionales y soporta ciclos de interacción. Más amigable que la lista de instrucciones, pero, aun así, es poco apropiado para la mayoría de las cuestiones a modelar en un programa de PLC.

**6.6.4.3 Lenguajes Gráficos o de Alto Nivel:** Ladder o escalera: Este es el lenguaje de interfaz gráfica más utilizado para programar PLC, su nombre se debe a su forma estructural semejante a una escalera por donde corren dos relés verticales

llamados Lógica 1 y 2. El riel izquierdo (L1) es el que recibe el flujo de energía (entrada) que representa el voltaje y deja pasar la energía al riel derecho que representa la tierra (salida).

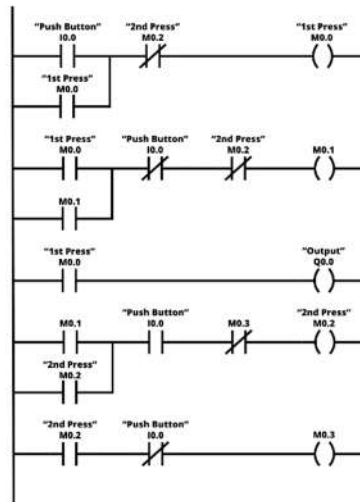


Figura 6.11

Diagrama de Bloques: Es utilizado para la representación gráfica de un proceso mediante símbolos lógicos, Las señales de salida son el producto de la señal de entrada y la operación del bloque.

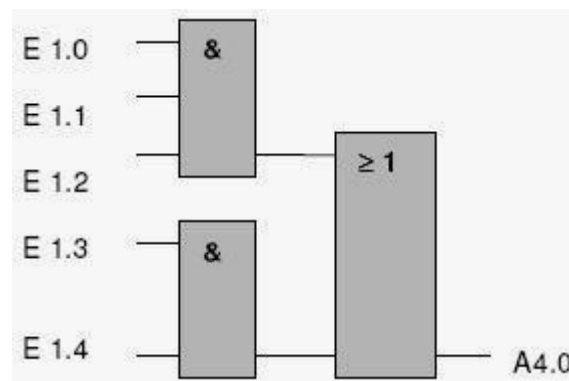


Figura 6.12

### **6.6.5 Grafos**

Los grafos son una herramienta fundamental para automatizar procesos secuenciales de cierta complejidad. Es un diagrama funcional que describe la evolución del proceso que se quiere automatizar tal y como se muestra en la figura. Está definido por unos elementos gráficos y unas reglas de evolución que reflejan la dinámica del comportamiento del sistema.

Todo automatismo secuencial se representa como una serie de etapas que representan estados del sistema en los cuales se realiza una o más acciones, así como transiciones, que son las condiciones que deben darse para pasar de una etapa a otra.

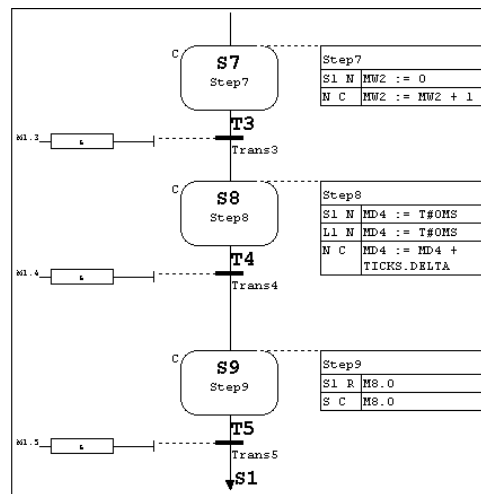


Figura 6.13

El proceso se descompone en etapas, que serán activadas de forma secuencial. Una o varias acciones se asocian a cada etapa. Estas acciones sólo están activas cuando la etapa está activa. Una etapa se hace activa cuando la precedente lo está y la condición de transición entre ambas etapas ha sido activada. La activación de una condición de transición implica la activación de la etapa siguiente y la desactivación de la etapa precedente.

### **6.6.6 Tipos de PLC**

**Compactos:** Los componentes del PLC están agrupados, no obstante, la mayoría de ellos permiten una cierta ampliación modular. Ofrecen una cantidad de entradas/salidas integradas, algún bus de comunicación, típicamente Ethernet para reportar a sistemas de supervisión SCADA.





Figura 6.14

Modulares. Los componentes se montan de manera modular, generalmente sobre un bastidor o rack, permitiendo mayores amplitudes que un equipo compacto y realizar configuraciones más ajustadas a nuestros requerimientos. Por ende podremos integrar una cantidad mayor de entradas/salidas, módulos de fin específico para conectar por ejemplo celdas de pesaje, módulos de comunicación serie, módulos de conteo rápido, etc.



Figura 6.15

### **6.6.7 Las comunicaciones y periferia de entradas/salidas**

Las posibilidades de comunicaciones de los PLC 's han evolucionado a lo largo de los años y ello ha propiciado la descentralización de las E/S, abriendo nuevas posibilidades de diseño de arquitecturas, gracias a las mejoras de los buses de campo, redes de control y redes de datos.

Las comunicaciones de los PLC 's han evolucionado de protocolos serie, para conexión punto a punto, a comunicaciones Ethernet incluso inalámbricas. Además, los protocolos propietarios de algunas marcas, están dando paso a redes abiertas con

mayores posibilidades de interconexión. Basados en estos desarrollos han surgido distintos buses de campo para integrar al sistema de control toda la periferia de E/S descentralizándola y simplificando así el cableado en toda la instalación.

Entre los Buses de Campo más extendidos en Periferia E/S están:

- ModBus
- ASI
- Profibus
- DeviceNet
- ProfiNet

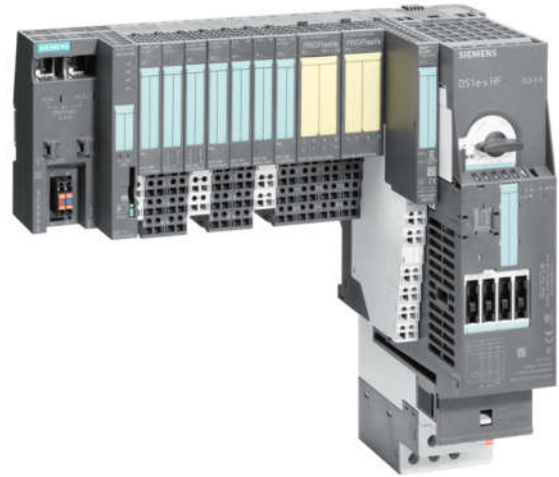


Figura 6.16 - Periferia descentralizada

### 6.6.8 Arquitectura de Control

La arquitectura de control es una representación gráfica detallada de los equipos de Control, Comunicaciones y Supervisión de nuestra planta, subproceso o máquina, incluyendo las redes y buses de comunicación. También se conoce como Topología de Red.

- Visualizar nuestro Sistema de Control
- Identificar Equipos y sus características principales, incluyendo sus tarjetas de ampliación.
- Identificar Redes y Nodos/IP's de comunicación
- Cuantificar puertos ocupados y libres.

#### 6.6.8.1 Puntos a tener en cuenta para el diseño de la Arquitectura de Control

Para el diseño de la Arquitectura de Control, tenemos que tener en cuenta principalmente los siguientes puntos:

- Requisitos funcionales. Por ejemplo:
  - Implementar en forma cableada las condiciones de seguridad críticas del sistema
  - Debe conectarse a una red Ethernet existente
  - El sistema deberá reportar datos de producción a una base de datos Oracle existente

- El sistema deberá tener un teclado de membrana a pie de equipo para operarlo y un sistema SCADA para supervisar desde la sala de control
- Número de E/S y disposición física de las mismas. Por ejemplo:
  - 15 sensores inductivos
  - 4 transmisores de caudal
  - Tres variadores de velocidad
  - 10 pulsadores
- Redes y buses de comunicación
- Requerimientos y estándar del cliente
- Interconexión entre sistemas
- Requisitos funcionales

#### 6.6.8.2 Automatización de un Proceso Industrial

Cada proyecto de automatización requiere un análisis, aunque cuando son recurrentes, podemos tomar una decisión más rápida por la experiencia obtenida en proyectos anteriores.

Los parámetros, puramente económicos y de instalación, a valorar para decidir entre las dos soluciones son:

- Número y tipos de E/S.
- Disposición física de los equipos (sensores, instrumentos y actuadores).
- Disponibilidad de espacio para implementar armarios distribuidos.
- Estándares de buses de campo y redes de control (limitaciones en número de nodos y distancias).
- Posibilidad de ampliación futura.

#### **Ejemplos de aplicación de Periferia E/S Centralizada:**

- Un proceso o máquina que disponga de un número de E/S reducidas.
- Una máquina o proceso que disponga de todos los sensores cerca del armario de control, por ejemplo, una máquina herramienta.
- En plantas que los armarios de control se centralicen, por ejemplo, en aquellas que exista un ambiente corrosivo.
- Sistemas de control que no se vayan a ampliar.
- Arquitecturas que se vayan a implementar sobre máquinas o procesos existentes y no dispongamos de espacio para la instalación de la Periferia E/S.

#### **Ejemplos de aplicación de Periferia E/S Descentralizada:**

- Un proceso o máquina que disponga de un número de E/S elevadas.

- Una máquina o proceso que tenga dispersos los sensores, instrumentos y actuadores.
- Sistemas de control que estén previsto ampliar.
- Instalaciones en las que no dispongamos espacio en las canalizaciones.

## 6.7 ROBÓTICA INDUSTRIAL

Los robots industriales son capaces de adaptarse a cualquier proceso productivo, desde la industria del plástico, metal, automotrices, textiles, etc. Realizan todo tipo de tareas, desde el movimiento de piezas, posicionamiento de las mismas hasta tareas propias del proceso productivo como el pintado, solado, etc.

### 6.7.1 Robots colaborativos o Cobots

Los robots colaborativos están diseñados para realizar tareas en colaboración con los trabajadores humanos. Estos están diseñados con una serie de características técnicas que garantizan la seguridad de un trabajador cuando entra en contacto directo con el robot, ya sea deliberadamente o por accidente. Estas características incluyen materiales ligeros, contornos redondeados y sensores en la base del robot o en las articulaciones que miden y controlan la fuerza y la velocidad y se aseguran de que no se excedan los umbrales definidos en caso de que se produzca el contacto.



Figura 6.17

### **6.7.2 Colaboración Humano-Robot**

Lejos de reemplazar a los trabajadores humanos, los robots mejoran su productividad, liberándoles de tareas monótonas y repetitivas y permitiéndoles centrarse en trabajos más complejos o finalizar la tarea en colaboración con el robot en un espacio compartido. Los trabajadores se muestran más dispuestos a aceptar la introducción de un robot colaborativo en su entorno de trabajo porque los ven como herramientas que les ayudan y hacen su trabajo más fácil y no como una tecnología que les vaya a sustituir. Es como trabajar “con un compañero”, con posibilidades ilimitadas.

En un entorno colaborativo, una persona aporta destreza, flexibilidad y la capacidad de resolver problemas, mientras que un robot colaborativo ofrece fuerza, resistencia y precisión en la realización de la tarea en cuestión.

La robótica colaborativa se ha posicionado por méritos propios como una de las soluciones de automatización más flexibles y fáciles de integrar para las pequeñas y medianas empresas. Los robots colaborativos destacan por su seguridad, su facilidad de programación y por su sencillez a la hora de adaptarse a las necesidades de sectores tan dispares como puede ser la industria textil, el alimentario, el logístico, el farmacéutico o en centros de mecanizado. Gracias a las soluciones colaborativas, los operarios dejan de realizar trabajos repetitivos, pesados o peligrosos para que ahora sean las máquinas las que los realicen mientras que los trabajadores se centran en tareas más cualificadas en donde aportan mayor valor a la compañía.

### **6.7.3 Soluciones colaborativas**

Los fabricantes de robots colaborativos han logrado que sea una realidad que los operarios sin experiencia previa en programación sean capaces de configurar su primer proceso y probarlo in situ en tan solo unas horas gracias a que disponen de interfaces realmente intuitivas.

Este tipo de soluciones es ideal para automatizar procesos repetitivos que requieren gran precisión, los robots garantizan una repetitividad del orden de la centésima de milímetro, mucho mayor que la que puede ofrecer cualquier humano. Algunos de los puestos más susceptibles de ser automatizados con robots son el del paletizado en el final de línea, montaje, atornillado y ensamblaje de componentes, carga y descarga de máquinas, soldadura o picking, entre otros.

#### **6.7.4 Beneficios que aporta la robótica colaborativa**

Los robots colaborativos proporcionan un acceso económico a la automatización industrial. Permiten automatizar partes de una línea de producción con cambios mínimos respecto al resto de la línea proporcionando a las pymes, que no están automatizadas, la opción de poder adoptar estas tecnologías.

La programación de los “robots” cada vez es más sencilla e intuitiva y ofrecen la máxima flexibilidad para que el robot ejecute una función diferente a la anterior. Son ligeros y se pueden mover fácilmente por la fábrica.

La integración de sistemas robotizados ayuda a reducir sustancialmente el índice de lesiones y enfermedades laborales entre los operarios que habitualmente sufren como consecuencia de realizar tareas repetitivas, pesadas, con malas posturas o por encontrarse en ambientes nocivos. Si por algo destacan las aplicaciones colaborativas es por su total seguridad. Los robots integran sensores en todos los ejes con el fin de detectar el menor esfuerzo y detener el proceso para asegurar que no se produzca ningún tipo de accidente. En general, la mayoría de los casos confirman que no es necesaria la implementación de vallados de seguridad. Este aspecto es trascendental debido a que, si evitas tener que instalar un cerramiento, el ahorro en la inversión respecto a otras soluciones con robots tradicionales es considerable.

#### **6.7.5 Ejemplos de soluciones con robots**

##### **6.7.5.1 Inspección de calidad**

Acoplado a un cobot elemento de sensado, es posible implementar un sistema que inspeccione la calidad de fabricación de una pieza. El brazo permitiría recorrer la pieza y el sensor se encargaría de evaluarla. Por ejemplo, incorporando una cámara que recorra una pieza y valide el resultado del proceso de fabricación de la misma. Esta validación podría verificar:

- Dimensiones
- Colores
- Posición de elementos
- Calidad superficial

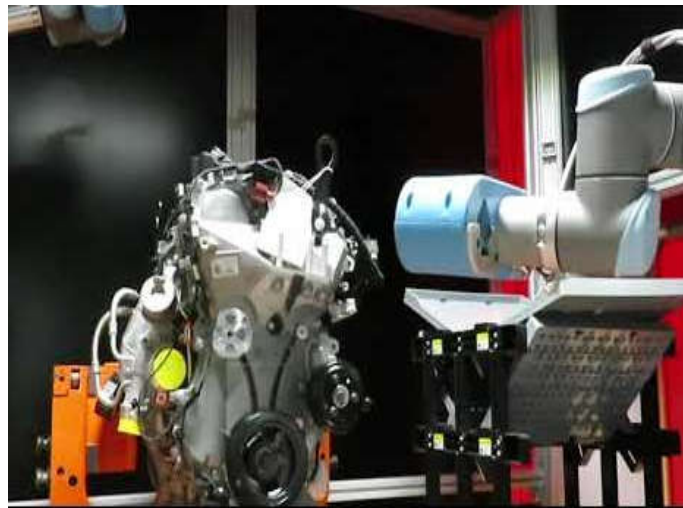


Figura 6.18

#### 6.7.5.2 Carga y descarga

Asociando al cobot una herramienta para sujetar piezas, es posible implementar una solución que cargue y descargue piezas para ser procesadas. En general este tipo de soluciones requieren se los complemente con un sistema de visión para determinar la ubicación de la pieza.

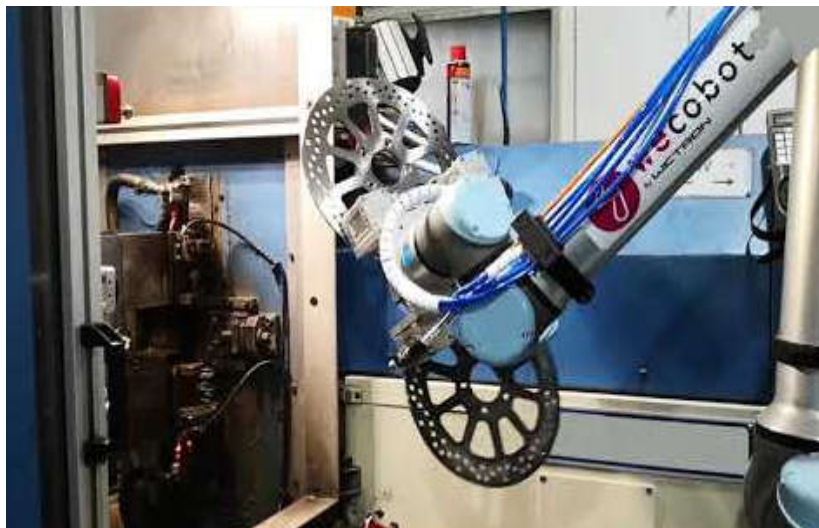


Figura 6.19



#### 6.7.5.3 Paletizado

Nuevamente, asociando al cobot una herramienta para sujetar piezas, es posible implementar un cobot que resuelva el paletizado de productos permitiendo mejorar la calidad del mismo y optimizando tiempos productivos.



Figura 6.20

### 6.8 DRONES

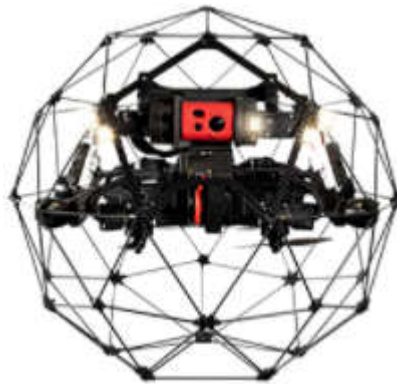


Figura 6.21

Los drones son vehículos aéreos no tripulados que se controlan en forma remota. Actualmente el uso de drones en la industria está en auge y se aplica en multitud de sectores ya que facilitan labores de inspección y transporte.



### **6.8.1 Tipos de drones según el método de vuelo**

#### 6.8.1.1 Drones de ala fija

Estos drones tienen dos alas y planean por el aire. Poseen una gran autonomía y son ideales para recorrer grandes extensiones de terreno. Para el aterrizaje y el despegue requieren de una superficie libre de hasta 100 metros. Esto es una desventaja frente a los drones multirrotores que realizan despegues y aterrizajes en forma vertical.



Figura 6.22

#### 6.8.1.2 Drones helicópteros

Poseen mejor autonomía que los multirrotores, pero son más complejos de pilotear. Tienen buena capacidad de carga.



Figura 6.23

#### 6.8.1.3 Drones multirrotores

Aterrizan y despegan de forma vertical por lo que pueden hacerlo prácticamente desde cualquier lugar. Se los pueden encontrar con configuraciones de 2 a 8 rotores. En general tienen una menor autonomía que los de ala fija.



Figura 6.24

### **6.8.2 Sensores**

Valiéndose de la versatilidad de vuelo de los drones, la industria está incorporándolos para tareas de supervisión e inspección. Para realizar dicha tarea se suele dotar a los drones con distintos sensores que registran datos para luego ser procesados.

**6.8.2.1 Sensores RGB:** Son las cámaras que registran imágenes generalmente en color. Las imágenes tomadas pueden ser en vivo o registrarse para su posterior análisis. Ideales para inspecciones visuales de grandes extensiones de terreno, de lugares difíciles de alcanzar mediante otro medio.



Figura 6.25

**6.8.2.2 Sensores termográficas:** Las cámaras termográficas permiten determinar la temperatura de objetos sin tener contacto con ellos. Son ideales para inspeccionar instalaciones donde el mapa pérmico juega un rol fundamental, como en torres eléctricas, placas solares. También son de gran utilidad para detectar fugas. La versatilidad de este tipo de sensores combinada con los drones brinda información altamente relevante y fácilmente accesible.



Figura 6.26

**6.8.2.3 Otros sensores:** Existen actualmente numerosos drones comerciales que incorporan sensores de uso específico como sensores multiespectrales, ultrasonidos, CO<sub>2</sub>, etc.



Figura 6.27

### **6.8.3 Aplicaciones**

La aplicación de drones en los procesos de negocios existentes está permitiendo que las compañías de diferentes industrias desarrollen nuevos modelos operativos y de negocios. Cada industria tiene sus propias necesidades, por lo que requieren distintos tipos de soluciones con utilización de drones. Algunas valoran la velocidad de vuelo y la capacidad de carga, otras prefieren concentrarse en soluciones que ofrezcan información de alta calidad y en tiempo real de una manera rentable. Algunas de las aplicaciones más populares van desde relevamientos geoespaciales en la planificación previa de inversiones, pasando por el monitoreo de procesos de construcción y gestión de bienes, hasta encarar de forma proactiva problemas tales como la vegetación que crece desproporcionadamente.

La aplicación de la tecnología de drones para recabar diversos datos sobre las centrales eléctricas, las subestaciones o el tendido eléctrico es un propulsor de cambio para toda la industria de energía y servicios públicos. Otra aplicación importante del uso de drones es en el área de transporte, ya que los dispositivos posibilitan la entrega rápida a un punto específico y predefinido sin que se necesite

demasiada acción humana. Estos conceptos ya captaron la atención de las principales compañías, tales como Amazon y Google, que se encuentran en la etapa de prueba de dichas soluciones. A su vez, los drones pueden utilizarse en logística médica, ya sea en transporte de medicamentos como de desfibriladores.

En relación con el área de telecomunicaciones, los desafíos más urgentes son los relacionados con su infraestructura, mantenimiento, optimización y desarrollo posterior para llegar a áreas sin cobertura. Los drones pueden realizar inspecciones de rutina de antenas mediante la captura de videos e imágenes, lecturas y mediciones. Existen numerosas ventajas de utilizar estos dispositivos, principalmente en el área de la seguridad, ya que los trabajadores que escalan torres se arriesgan a lesiones o incluso a perder la vida.

Con respecto al sector agrícola, los drones pueden producir mapas 3D precisos para hacer un análisis temprano de suelo que pueden ser utilizados para planificar patrones de siembra. También es posible pensar en sistemas de siembra con uso de drones. Estos sistemas disparan cápsulas con nutrientes para plantas y semillas en el suelo, que le otorgan a la planta todos los sustentos necesarios para vivir. Los drones permitirán que la agricultura se convierta en una industria basada mayormente en datos, lo cual generará un aumento de la productividad y el rendimiento de la actividad con el paso del tiempo. Gracias a su bajo costo y a ser fáciles de usar, los drones pueden ser utilizados para producir animaciones cronológicas para mostrar el desarrollo preciso de un cultivo.



Figura 6.28

Las empresas de prestación del servicio de agua corriente también descubrieron que los drones son más útiles que los satélites en el proceso de monitoreo de la calidad del agua. Existe software que permite la integración, presentación y gestión de datos cartográficos reunidos por drones equipados con cámaras visuales, infrarrojas y de otros tipos; esto es de utilidad en varias áreas, entre ellas el monitoreo de avance de obras de infraestructura, rastreo de las necesidades de mantenimiento y evaluación de daños ante desastres naturales o provocados.

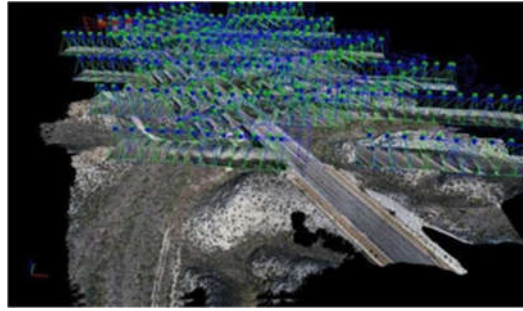


Figura 6.29

Por último, la industria minera es un sector donde el uso de drones puede ofrecer un valor significativo, ya que pueden reemplazar a los humanos en trabajos peligrosos. Además, son más económicos y versátiles que los helicópteros; y son más veloces, más fáciles de manejar y contaminan menos que los vehículos de minería. Uno de los principales usos de los drones, es que pueden ser utilizados para mapear el área rápidamente, optimizar las rutas de transporte y brindar información de control. A su vez, permiten a los operadores mineros comunicar sus planes, preparar informes, recibir novedades sobre el progreso del trabajo y gestionar áreas de depósito y pozos. También pueden detectar erosión, controlar cambios en la vegetación y buscar defectos que puedan poner en riesgo el medio ambiente, más fácil y rápidamente que personas a pie o aeronaves tripuladas.

#### **6.8.4 Ventajas de uso de drones en la industria**

- Aumentar rendimientos gracias al monitoreo
- Inspeccionar lugares inaccesibles o difícilmente accesibles
- Reducir el tiempo o hacer viable la inspección en grandes extensiones
- Reducir los costos de traslado de cargas
- Aumentar precisión en la dosificación de productos