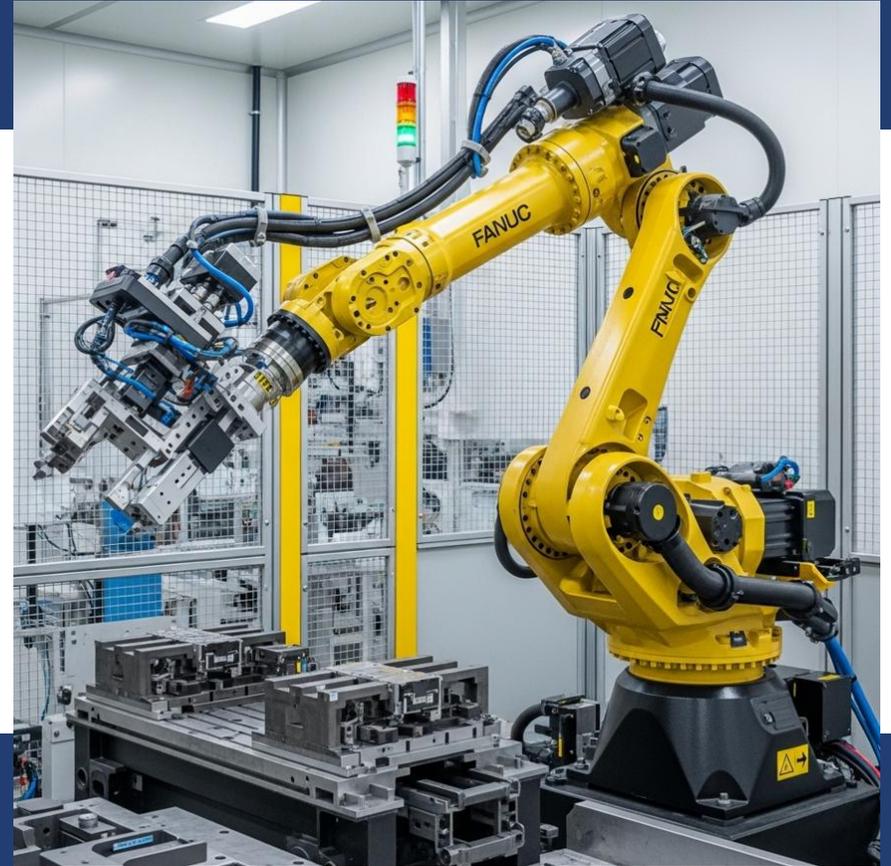




Universidad
Zaragoza

Tema 7. Automatización de la producción.



Introducción. Automatización.

Introducción

La automatización de procesos de fabricación mecánica consiste en implementar (instalar y configurar) los dispositivos tecnológicos y elementos necesarios para el **funcionamiento autónomo** de un sistema de producción.

Típicamente, en una estación de trabajo para la fabricación mecánica de piezas, se tendrá:

- Entrada de material (piezas, componentes, materia prima) a la estación, mediante carga manual o automática mediante transportadores.
- Unos elementos de centraje o posicionamiento de las piezas (centradores, alojamientos, moldes, apoyos, posicionadores, etc.)
- Unos elementos de bloqueo de las piezas una vez posicionados en geometría.
- Unos actuadores mecánicos o herramientas de proceso de transformación de las piezas (soldadura, adhesivado, atornillado, conformado, mecanizado, etc.)
- Salida de la pieza procesada, manual o automática mediante un dispositivo de retirada y transporte de piezas a la siguiente estación de trabajo (transportadores, garras robotizadas, etc.).

Introducción. Automatización.

Introducción. Objetivos.

Típicamente, la automatización se ha usado para realizar tareas:

- Repetitivas.
- Complejas, en las que se requiere asegurar que siempre se hacen igual.
- Pesadas o peligrosas.

Se busca:

- Asegurar la repetibilidad del proceso.
- Incrementar / mejorar la eficiencia.
- Trabajar largos periodos de tiempo sin paros ni disminución en la cadencia de fabricación.
- Asegurar la calidad del proceso.
- Mejorar la ergonomía y seguridad del puesto de trabajo.

Automatización Industrial

Introducción. Tipos de automatización y evolución.

La automatización abarca desde pequeñas estaciones con movimientos automatizados neumáticos, hidráulicos o eléctricos hasta complejas líneas robotizadas con múltiples estaciones y tecnologías interactuando entre si.

Históricamente, la automatización ha tenido su origen y su aplicación en la **producción en masa** y como no, una vez más, en el sector de la automoción. Hasta no hace muchos años, las inversiones para automatizar solo tenían retorno (ROI o Payback) cuando el volumen (principalmente repetitivo) de producción era alto y los ahorros en términos de mano de obra ahorrada e incremento de producción lo justificaban.

Actualmente, los avances tecnológicos y la madurez de soluciones como la aparición de robots colaborativos, los AGVs y la visión artificial, entre otros, que tienen requerimientos de implementación, y por lo tanto costes, más bajos y que además tienen un grado de **flexibilidad** mayor, han hecho que la automatización tenga una penetración en el mercado mayor y alcance a pequeñas y medianas empresas que antes no veían justificado su uso o tenían barreras de entrada.

El tratamiento de las lógicas de control en sistemas automáticos usan el **álgebra de Boole**, la **teoría de autómatas finitos** para las secuencias de operación y las **redes de Petri** para el modelado de los programas y de los comportamientos de sistemas de eventos discretos.

Introducción. Tipos de automatización y evolución.

Se suele distinguir entre 3 tipos de automatización:

- **Automatización rígida:**

La secuencia de las operaciones y movimientos que se van a realizar es fija y está determinada por la configuración de los dispositivos y elementos. Puede ser muy rápida, pero solo válida para el tipo de producto y situaciones para las que ha sido diseñada.

- **Automatización programable:**

La secuencia de operaciones depende de un programa previamente creado. Se puede cambiar el programa para atender distintas situaciones. El programa se puede cambiar “offline” y cargarse al autómatas cuando esté listo y validado. Tener en cuenta que el cambio del programa no cambia el hardware disponible para ejecutarlo, por lo que se podrá hacer distintas operaciones o secuencias de operaciones siempre que las capacidades y alcances del hardware lo permitan.

- **Automatización flexible:**

Es una evolución de la programable en la que la capacidad de adaptación a nuevas situaciones o producciones sin apenas cambios en la configuración o programación. Un ejemplo de esto sería el uso de herramientas adaptativas o de visión artificial para el reconocimiento de objetos y situaciones.

Automatización Industrial

Elementos de la automatización

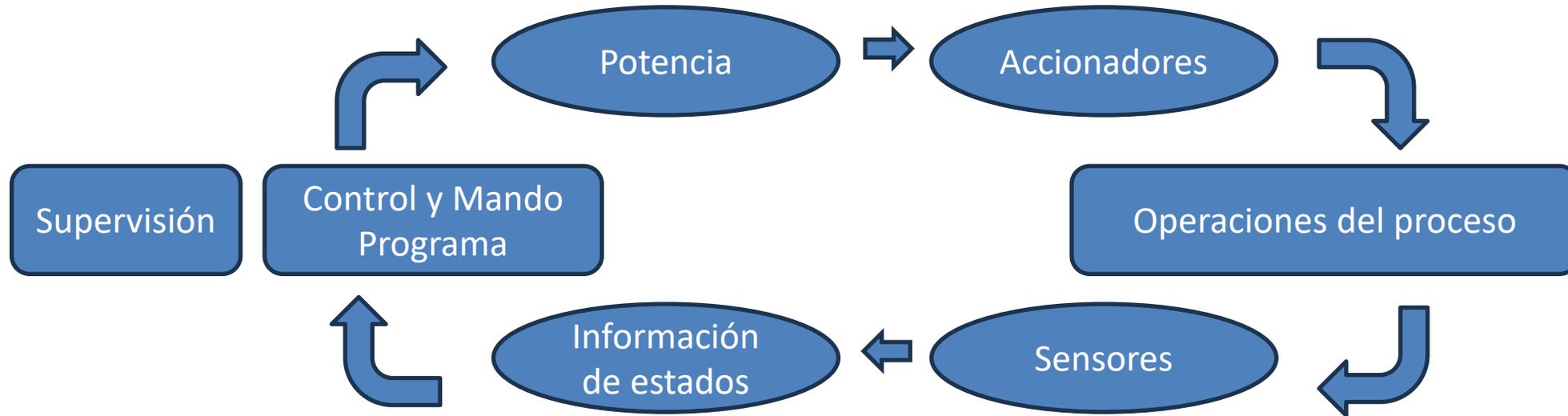
Los elementos que son necesarios e intervienen en una automatización son, entre otros:

- Captadores de estado y de situación de la máquina (informan sobre el estado de la máquina, piezas y elementos):
 - Detectores (inductivos, capacitivos, fotoeléctricos), Scaneres de presencia.
 - Finales de carrera.
- Accionadores (Eléctricos, mecánicos, neumáticos, etc.). (Realizan las acciones y movimientos del proceso).
- Elementos previos / habilitadores de a los accionadores (los que los activan: electroválvulas, contactores, etc.).
- Elementos de interfaz o dialogo operario máquina;
 - HMI: Human Machine Interface.
 - Botoneras, pulsadores.
- Elementos de mando y control (los que recogen la información y ejecutan los programas en consecuencia):
 - PLC: Programmable logic controller.
 - Ordenadores industriales.
- Cables y redes de comunicación.

Automatización Industrial

Arquitectura de control

Un esquema muy conceptual y simplificado de la arquitectura de control de un sistema podría ser el siguiente:

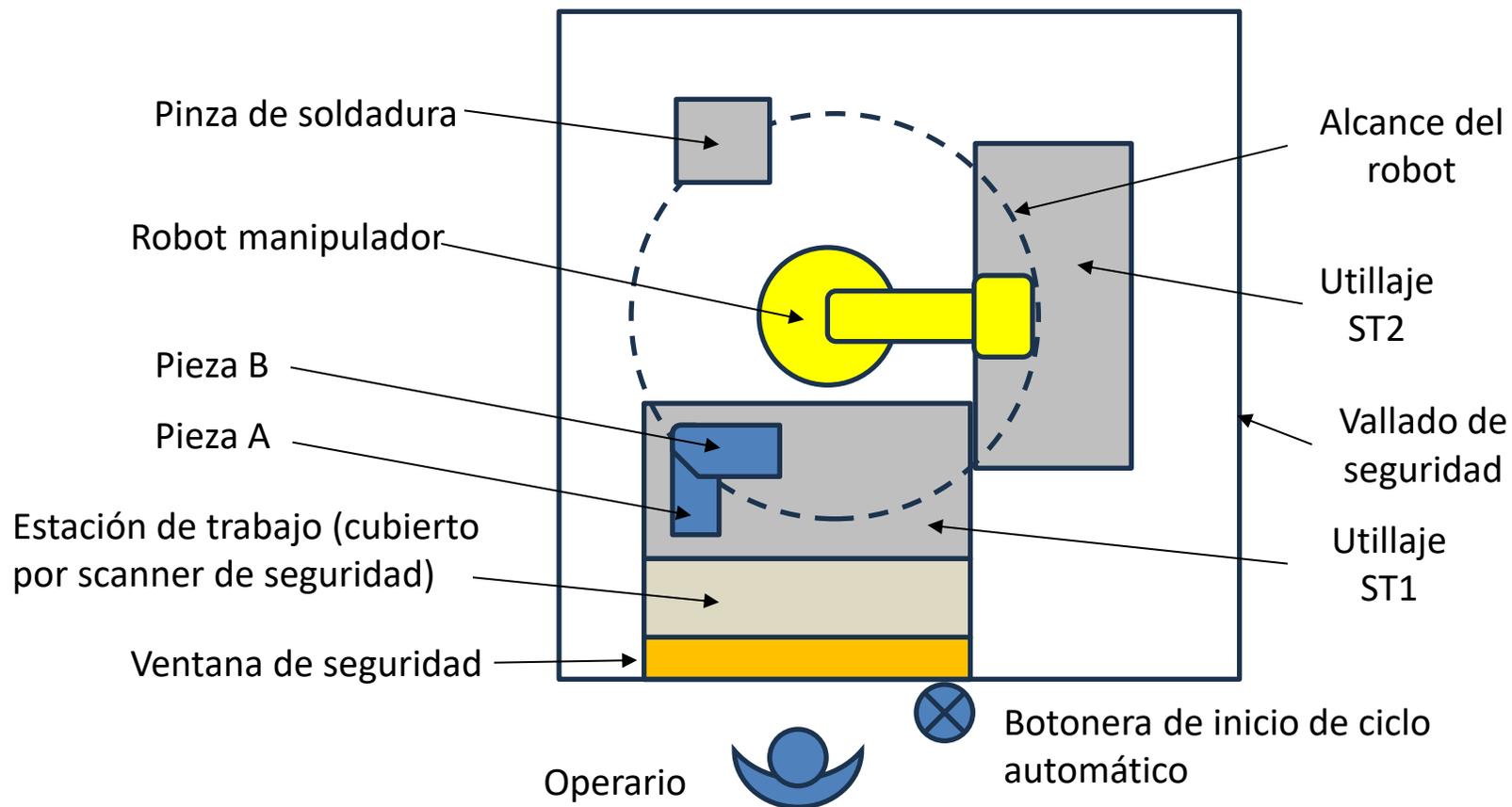


Tenemos un **nivel de supervisión** donde se recogen los datos y la información. En el **nivel de control**, están los PLC (autómatas) con los programas de la automatización, los PC's y HMI (Human Machine Interface) mediante los cuales se recibe la información de la máquina y se envían las ordenes de actuación de acuerdo al programa o consignas de los operadores. Finalmente, está el **nivel de campo** donde están los actuadores y los sensores que ejecutan las órdenes y dan información sobre el estado de los dispositivos.

Automatización Industrial

Elementos de la automatización y operativa

Veamos el papel que juega cada elemento con una estación típica de fabricación de conjuntos metálicos (que no sea una máquina comercial, como un centro de mecanizado o una plegadora) como la que se muestra esquemáticamente a continuación:



Automatización Industrial

Elementos de la automatización y operativa

- ✓ Situación inicial: la estación esta vacía de piezas y la ventana abierta. La máquina espera que el operario cargue las piezas en orden.
- ✓ El operario entra en la estación cortando la zona de seguridad y carga la pieza A primero (los detectores del utillaje detectan pieza A cargada) y a continuación carga la pieza B (igualmente, los detectores del utillaje encargados de controlar la pieza B detectan la presencia de pieza) en el utillaje de la estación 1.
- ✓ El operario sale de la estación (liberando la zona de carga) y pulsa el botón de inicio.
- ✓ En ese momento, el programa controla:
 - Que la pieza A y la pieza B están cargadas.
 - Que la zona de carga está libre de personas.
- ✓ El programa manda las salidas necesarias para iniciar el ciclo en automático en secuencia:
 - Baja la ventana de seguridad.
 - Cuando se detecta la venta de seguridad en posición cerrada, se envía señal al robot para entrar a coger las piezas.
 - El robot va a la posición programada para coger las piezas.

Elementos de la automatización y operativa

- Los detectores dispuestos en la garra de robot detectan la presencia de piezas.
- Dan orden a las bridas neumáticas de la garra a accionarse para coger las piezas
- El robot sale de la estación de carga. Se comprueba que los detectores del utillaje 1 ya no detectan presencia de piezas y que los de la garra siguen detectando las piezas (si las piezas se hubieran caído en el trasvase y el programa contemplara esta comprobación, la estación tendría un paro en ese momento).
- El robot gira hacia la pinza de soldadura estática. En esta posición, dependiendo de las distancias y de los elementos de seguridad contemplados (anillos con levas de seguridad en el eje 1 del robot o Dual Check Safety), se podría abrir de nuevo la venta de seguridad permitiendo al operario cargar un nuevo set de piezas mientras el robot procesa el conjunto anterior.
- Una vez el robot alcanza la posición de soldadura, se da orden a la pinza a soldar.
- Una vez el control de soldadura informa de que la soldadura está realizada, se da orden al robot a continuar.
- El robot gira hacia la estación 2 y se dispone a entregar la pieza ya soldada al siguiente proceso. La operativa de dejada de pieza es similar e inversa a la descrita en la cogida.

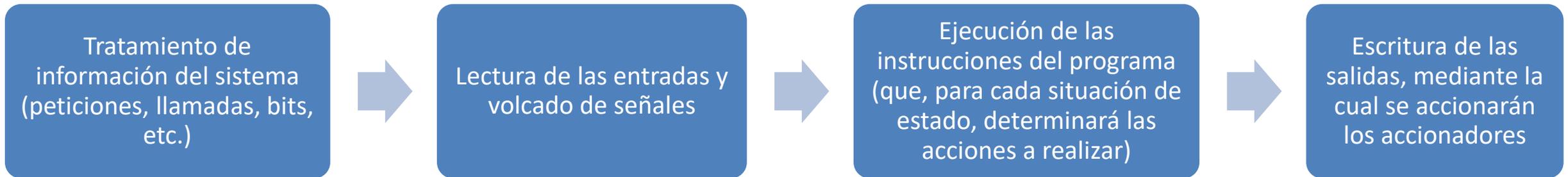
Automatización Industrial

Elementos de la automatización y operativa

Este ejemplo, extremadamente simplificado, muestra como todo este diálogo y secuencia de comprobaciones de estado y ejecución de programas se gobiernan desde el PLC, en función de la situación leída y comunicando todos los elementos mediante buses de campo.

Las situaciones pueden ser mucho más complejas y albergar más elementos como conexión con otros autómatas, transportadores que comunican unas estaciones con otras, control de señales y procesos continuos, módulos de entradas y salidas distribuidas que aglutinan los captadores y actuadores de cada estación, etc.

El **ciclo de un programa**, de una forma también muy simplificada y agregada, se podría resumir de esta manera:



El tiempo de ciclo (o de escaneo de todo el sistema) depende de muchos factores, pero está ampliamente por debajo del milisegundo, puesto que de eso depende la seguridad de los operarios y la integridad de las operaciones.

Automatización Industrial

Programación de PLC

Programar el PLC es generar el código con las órdenes que se quiere que se ejecuten en función de las señales de entrada del sistema. Existen varios lenguajes y softwares de programación según el autómatas que se vaya a usar.

Los más usados son TIA Portal de Siemens y Studio 5000 Logix Designer para los autómatas Allen Bradley de Rockwell Automation.



Robótica Industrial

Introducción a la robótica

Los grandes protagonistas de la automatización industrial son, sin duda, los robots industriales.

La norma la Norma ISO 8373 sobre Robots, define al Robot Industrial como “manipulador multifuncional, reprogramable y controlado automáticamente, programable en tres o más ejes, que puede estar fijo en un lugar o fijado a una plataforma móvil para su uso en aplicaciones de automatización en un entorno industrial”.

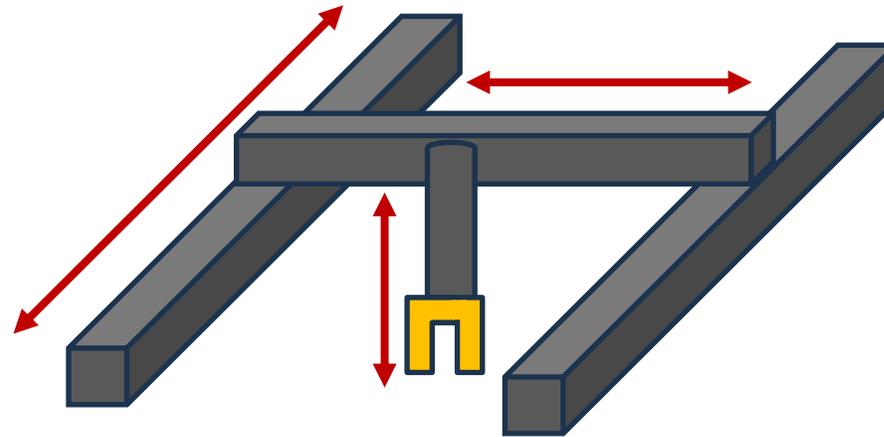
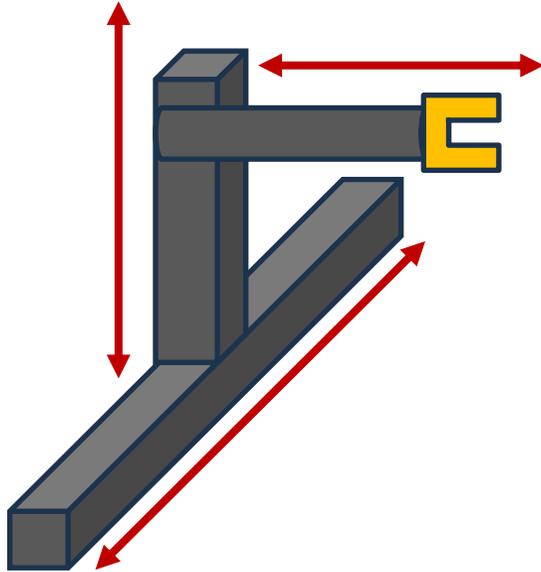
Hay muchos tipos de robots según sus características constructivas y también según sus capacidades (brazo largo, carga, etc.). A continuación, se describen brevemente los más usuales.



Tipos de robots

▪ Cartesianos:

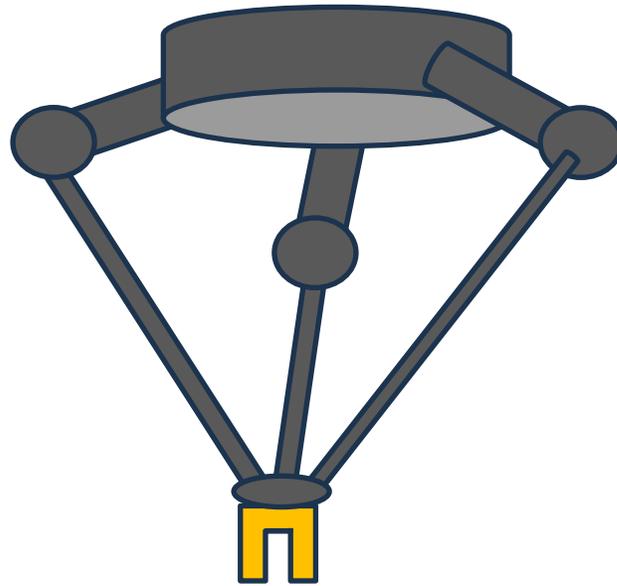
Son 3 ejes lineales a 90 grados entre ellos. Son rápidos y precisos, pero poco flexibles. Se suelen montar en configuración de pórtico o de voladizo. Su zona de trabajo es un cubo.



Tipos de robots

- **Robots Delta:**

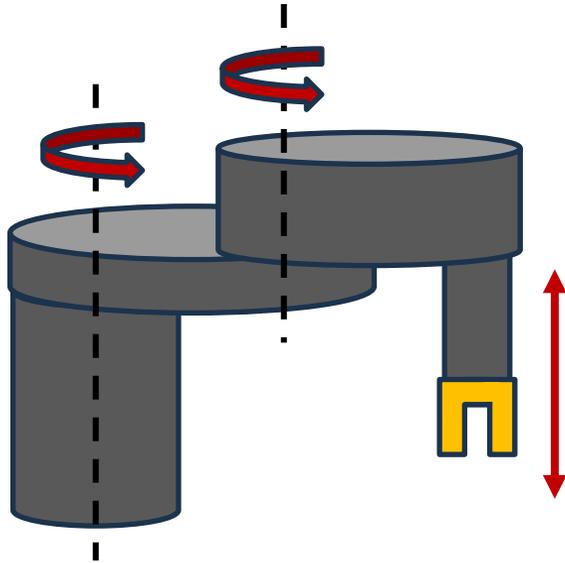
Trabajan colgados del techo y disponen de 3 brazos que se unen en el extremo final, donde irá montada la herramienta. Le envolvente de trabajo es asimilable normalmente a una semiesfera.



Tipos de robots

- **Robots Scara (Selective Compliant Assembly Robot Arm):**

Es un brazo robótico que es fijo en el eje Z y flexible en los ejes X e Y. Su área de trabajo es cilíndrica.

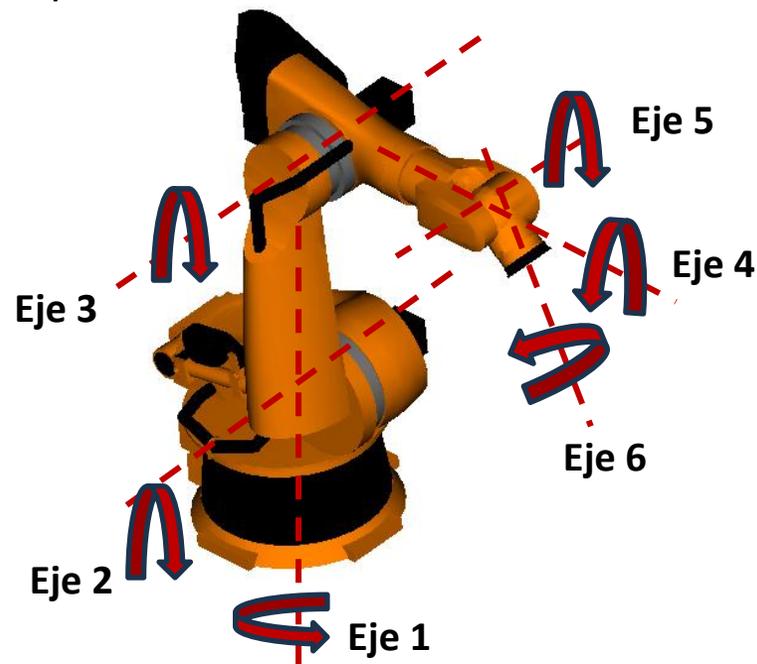


Robótica Industrial

Tipos de robots

- **Robots antropomórfico o brazos robóticos articulados:**

Son los más versátiles y usados en la industria. Disponen de 6 ejes de rotación lo que les da la capacidad de orientar la herramienta a casi cualquier posición en el espacio dentro de su alcance físico.



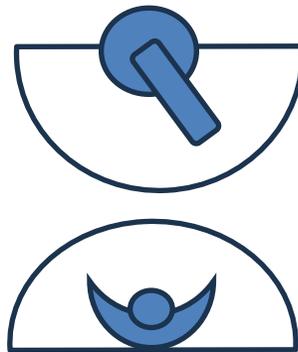
Los robots tiene la capacidad de controlar un séptimo eje que podría ser su desplazamiento lineal por el suelo, si estuviera montado en un eje lineal en vez de anclado al piso, o una motorización propia de la herramienta que tenga montada.

Tipos de robots

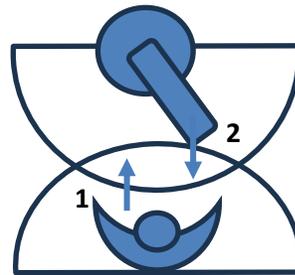
▪ Cobots (Collaborative Robots)

Un tipo especial de robots son los Cobots o robots colaborativos. Son robots pequeños, especialmente diseñados para trabajar en espacios compartidos con personas, sin necesidad de estar en celdas cerradas con seguridades. Suelen estar fabricados con carcasas que cubren todos sus mecanismos y cableados, donde las aristas están redondeadas y con limitaciones de fuerza de forma que, ante cualquier contacto en oposición con una persona, se detenga sin dañar al humano.

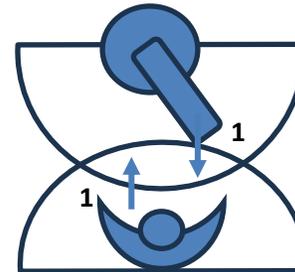
Hay varias formas de trabajo entre personas y robots colaborativos: **Coexistencia**, **Sincronización**, **Cooperación** y **Colaboración**:



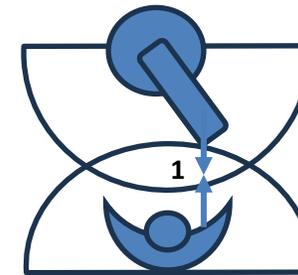
Coexistencia



Sincronización



Cooperación



Colaboración

Tipos de robots

▪ Cobots (Collaborative Robots)

- **Coexistencia:** Robot y persona no comparten espacio de trabajo.
- **Sincronización:** Comparten espacio de trabajo, pero no lo ocupan al mismo tiempo, sino en momentos distintos.
- **Cooperación:** Ambos trabajan al mismo tiempo en la misma zona de trabajo.
- **Colaboración:** El robot responde a las acciones del operario (asistencia a operaciones, etc.)

Los robots colaborativos tienen su propia Norma/Especificación Técnica: La ISO/TS 15066 Robots and robotic devices — Collaborative robots

Aplicaciones de la robótica

Los robots industriales se usan para realizar distintas operaciones en los procesos de manufacturas. Las más habituales son, en este orden:

- **Manipulación:** Entendido como coger, dejar y mover piezas. Hay múltiples variantes de este proceso:
 - Retirar piezas/productos acabados de una línea de producción y paletizar.
 - Coger piezas unitarias de contenedores para alimentar una línea de ensamblaje (Bin Picking)
 - Coger pieza de una estación de trabajo y moverla a la siguiente estación.
 - Mover bultos en el ámbito logístico
- **Soldadura:** Al brazo robótico se le puede acoplar equipos de soldadura como pinzas o cabezales.
- **Ensamblaje:** Que podría entenderse como un caso especial de manipulación, ya que la operativa sigue consistiendo en coger una pieza de una determinada posición para dejarla en otra, que en el caso del ensamblaje será en el interior o superficie de otra pieza para formar un ensamblaje.

Herramientas

En la muñeca final, el extremo del eje 6, es donde se amarra la herramienta con la que se quiere trabajar, que puede ser una garra manipuladora, una pinza o antorcha de soldadura, una boquilla dispensadora de adhesivo, etc.

Constructivamente, para mover sus ejes, la mayoría de los robots están accionados por servomotores y se controla la posición de los mismos mediante encoders con el objetivo de llevar la herramienta que queremos que trabaje en la pieza, a unas coordenadas determinadas en el espacio.

Por lo tanto, el punto de interés a llevar a la pieza no es el extremo final de la última articulación del robot sino el extremo final de la herramienta que ha de trabajar sobre la pieza, que puede ser una ventosa en un manipulador de vacío, una brida neumática en una garra manipuladora, el final de una boquilla de soldadura o el punto donde se encuentran las capsulas de los electrodos en una pinza de soldadura por resistencia.

A la herramienta se le llama, en términos de robótica, End Effector, o End of Arm Tooling y a ese extremo puntual que es el que va a relizar la operación en la pieza, **TCP (Tool Center Point)**.

Por defecto el TCP se encuentra en el centro de la placa del último eje del robot, y es cuando se crea una referencia de herramienta cuando este TCP se desplaza al extremo de la herramienta.

Planificación de trayectorias

Para llevar el brazo mecánico de una coordenada en el espacio a otra, la controladora del robot genera los movimientos necesarios en cada eje para ejecutar el desplazamiento. A esto se le llama cinemática del robot:

Cinemática directa es cuando, a partir de la situación de cada una de las articulaciones del robot, se determina en que coordenada del espacio y con que orientación está el End Efector.

Cinemática inversa es cuando, para una determinada coordenada del espacio y orientación del End Efector, se calcula qué posición deben estar cada una de las articulaciones: Se debe tener en cuenta que este problema puede tener múltiples soluciones (es decir, se puede conseguir posicionar y orientar el End Efector en una determinada forma posicionando las articulaciones de muchas formas distintas).

Características

Para seleccionar un robot industrial para una aplicación determinada, sin duda dos características importantes a tener en cuenta y por la cual los fabricantes suelen clasificar sus robots son el **Alcance** y la **Capacidad de carga**.

Otras características importantes son la **Repetibilidad** y la **Precisión**. Los fabricantes de robots suelen dar el dato de la repetibilidad, pero no el de la precisión. Algunos proporcionan el valor de repetibilidad de la posición y repetibilidad de la trayectoria.

Los ensayos normalizados para proporcionar el dato están descritos en la norma UNE-EN ISO 9283:2003 Robots manipuladores industriales: Criterios de análisis de prestaciones y métodos de ensayo relacionados. Según la norma:

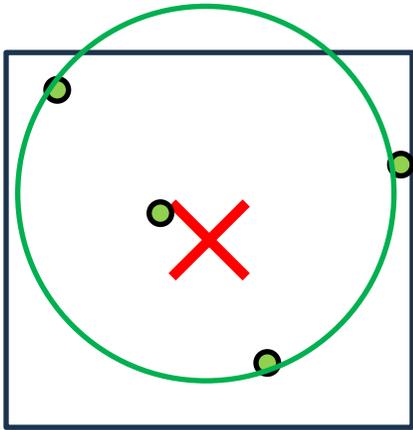
Repetibilidad: es la dispersión de las posiciones realmente alcanzadas en las repeticiones cuando se envía al robot, desde la misma dirección, a la posición programada, medida como el radio de la esfera que contiene esos puntos alcanzados.

Precisión: es la desviación, medida como distancia, entre el punto que se ha programado y la media de las posiciones realmente alcanzadas en las repeticiones cuando se acerca a la posición programada desde la misma dirección (Incluyendo los datos de posición y orientación).

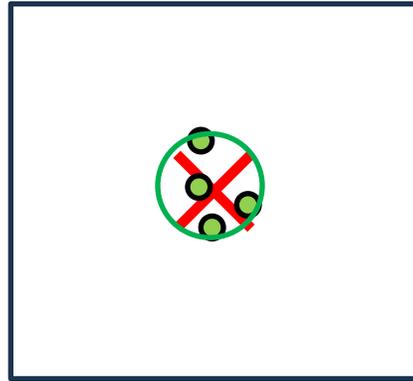
Robótica Industrial

Características

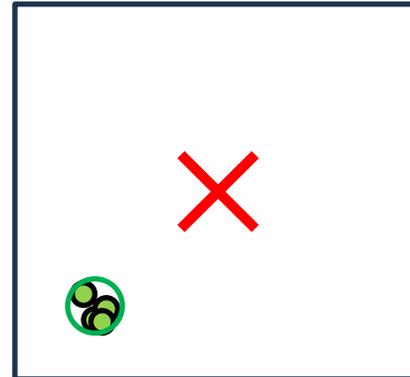
De una forma gráfica, siendo el aspa roja el punto programado y los puntos verdes los puntos realmente alcanzados cuando se envía al robot al punto programado, podríamos tener estas situaciones:



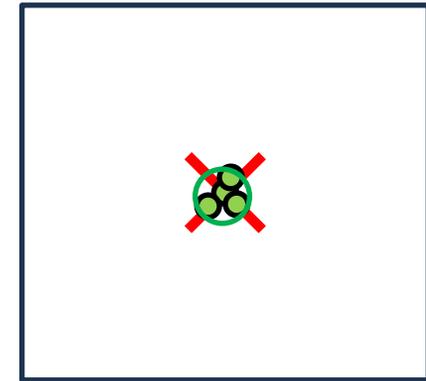
Repetibilidad: Baja
Precisión: Baja



Repetibilidad: Baja
Precisión: Alta



Repetibilidad: Alta
Precisión: Baja

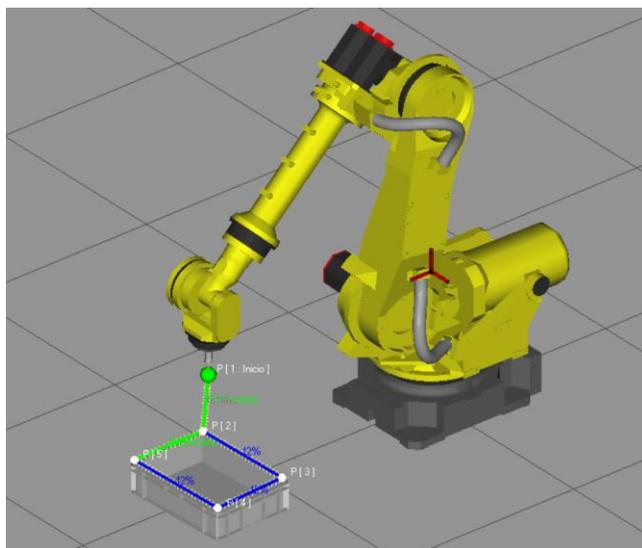


Repetibilidad: Alta
Precisión: Alta

Software de programación y simulación

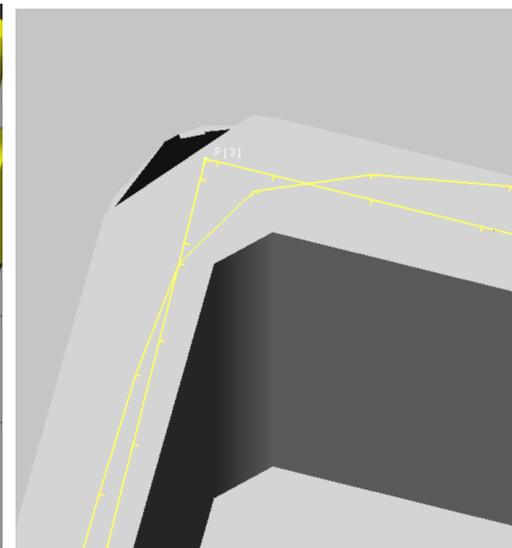
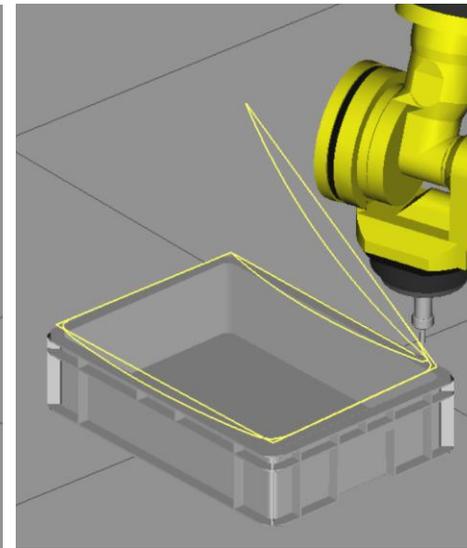
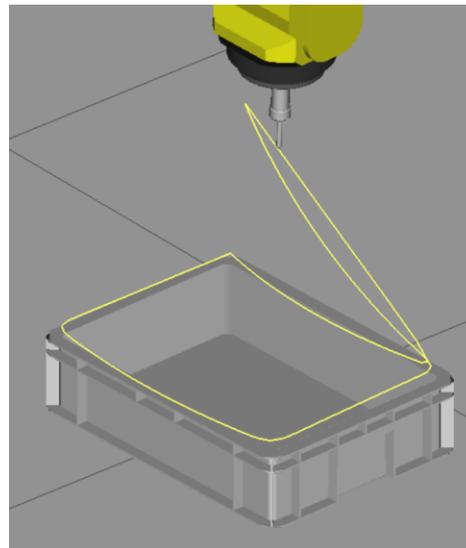
Existen muchos fabricantes de robots: alguno de los más conocidos son Fanuc, ABB, Kuka, Omrom, Yaskawa, Universal Robots, entre otros.

Cada uno tiene su lenguaje de programación y todos suelen disponer de software para la programación offline, mediante la cual se puede simular el escenario real en 3D y jugar con la posición del robot y la programación virtual para realizar las tareas, observar las trayectorias que se van a realizar y tomar decisiones.



```
CUADRADO
1: UFRAME_NUM=0
2: UTOOL_NUM=1
3:
4: J @P[1:Inicio] 100% FINE
5:
6: L P[2] 250mm/sec FINE
7: L P[3] 250mm/sec FINE
8:
9: L P[4] 250mm/sec FINE
10: L P[5] 250mm/sec FINE
11:

CUADRADO_CNT
1: UFRAME_NUM=0
2: UTOOL_NUM=1
3: TIMER[1]=RESET
4: TIMER[1]=START
5: J @P[1:Inicio] 100% FINE
6:
7: J P[2] 12% CNT100
8:
9: J P[3] 12% CNT100
10: J P[4] 12% CNT100
11:
```



Anexo: Automatización en logística

Un tipo de automatización que merece la pena destacar aquí, y que ya se introdujeron en el tema 5 dedicado al flujo productivo, son los:

- AGV (Automated Guided Vehicles)
- ARM (Autonomus Mobile Robots)

Sintetizando mucho, ambos son dispositivos que se desplazan por la fábrica transportando piezas pero difieren en la forma en la que ejecutan los recorridos: Los **AGV** siguen rutas fijas, detectando y siguiendo elementos dispuestos en el recorrido, mientras que los **AMR** están equipan distintos dispositivos como cámaras, escáneres y sensores mediante los cuales pueden reconocer los espacios por los han de pasar, para ir de un punto a otro, por lo que necesitan menos infraestructura instalada en el recorrido y dan una mayor flexibilidad y capacidad de adaptación.

Industria 4.0

Nuevas tecnologías e industria 4.0

La rapidez de los avances tecnológicos, así como su escalabilidad y adopción hacen difícil realizar una instantánea acotada sobre las tendencias que se están integrando en los procesos industriales.

Por Industria 4.0 se entiende básicamente a la digitalización y automatización inteligente y flexible de los procesos industriales.

Algunas de las tecnologías que se enmarcan dentro de la industria 4.0 serían:

- **IoT** (Internet of Things) Internet de las cosas, dispositivos conectados y comunicados.
- **Big Data**, análisis de grandes volúmenes de datos.
- **Inteligencia Artificial**: Modelos y Algoritmos de Machine Learning, Deep Learning, procesamiento del lenguaje natural, etc.
- **Digital Twins**, (Gemelos digitales), modelos digitalizados de los procesos e instalaciones productivas donde simular.
- **Computación en la nube**.
- **Edge Computing**, computación y procesamiento del dato en el lugar donde se genera.

Actualmente se habla ya de **Industria 5.0** en la que el foco es la colaboración avanzada e inteligente entre personas y máquinas, personalización de la producción y sostenibilidad.