



GRADO EN INGENIERÍA DE ROBÓTICA SOFTWARE

Escuela de Ingeniería de Fuenlabrada

Curso académico 2024-2025

Trabajo Fin de Grado

Automatización de línea de producción robotizada
para estación didáctica

Tutor: Julio Salvador Lora Millán

Autor: Álvaro Alonso Alosete



Este trabajo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional CC BY-SA International License (Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0). Usted es libre de (*a*) *compartir*: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato para cualquier propósito, incluso comercialmente; y (*b*) *adaptar*: remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente. La licenciatante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia:

- *Atribución.* Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciatante.
- *Compartir igual.* Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.
No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Agradecimientos

Unas bonitas palabras...

Quizás un segundo párrafo esté bien. No te olvides de nadie.

Un tercero tampoco viene mal para contar alguna anécdota...

¿Alguien más? Aunque sean *actores* secundarios.

Un quinto párrafo como colofón.

*A alguien especial;
si no, tampoco pasa nada*

Madrid, xx de xxxxxx de 20xx

Tu nombre

Resumen

Escribe aquí el resumen del trabajo. Un primer párrafo para dar contexto sobre la temática que rodea al trabajo.

Un segundo párrafo concretando el contexto del problema abordado.

En el tercer párrafo, comenta cómo has resuelto la problemática descrita en el anterior párrafo.

Por último, en este cuarto párrafo, describe cómo han ido los experimentos.

Acrónimos

IA *Inteligencia artificial*

PLC *Controlador lógico programable*

PAC *Controlador automatizado programable*

HMI *Human-machine interface*

E/S *Entradas y salidas*

EOAT *Endo of arm tooling*

TCP *Tool center point*

ROS *Robot operating system*

Índice general

1. Introducción	1
1.1. La automatización industrial	1
1.1.1. Conceptos básicos de la automatización industrial	1
1.1.2. Tipos de automatización industrial	4
1.1.3. Ventajas y desventajas de la automatización industrial	5
1.1.4. Equipos para la automatización industrial	6
1.2. La robótica	9
1.2.1. Robótica industrial	10
1.3. Unión entre la automatización y la robótica	12
1.3.1. Comunicaciones entre los dispositivos	12
1.3.2. Metodología de la automatización industrial	14
1.4. Motivación del trabajo	18
2. Objetivos	21
2.1. Descripción del problema	21
2.2. Requisitos	21
2.3. Competencias	21
2.4. Metodología	22
2.5. Plan de trabajo	22
3. Plataforma de desarrollo	23
3.1. Estación distribución	23
3.2. Estación unión	26
3.3. PLCs Siemens 1200s	29
3.4. HMI	30
3.5. TIA Portal	32
3.6. Brazo UR5e	33

4. Diseño	35
4.1. Snippets	35
4.2. Verbatim	35
4.3. Ecuaciones	36
4.4. Tablas o cuadros	36
5. Conclusiones	38
5.1. Conclusiones	38
5.2. Corrector ortográfico	39
Bibliografía	40

Índice de figuras

1.1. Ejemplo de aplicación de automatización industrial.	2
1.2. Niveles de la pirámide de automatización. [Omnielectric Web, 2024]	4
1.3. PLC de la serie Siemens S7-1500.	7
1.4. Ejemplo del lenguaje de programación Ladder.	8
1.5. HMI Siemens.	9
1.6. RB-WATCHER de Robotink.	10
1.7. Partes de un brazo robótico industrial.	11
1.8. Ejemplo básico de dus de campo. [aula 21, 2020]	13
1.9. Ejemplo básico de red de ethernet industrial. [PRECISION, 2023]	14
1.10. Ejemplo básico de GRAFCET.	16
1.11. Ejemplo de guía gemma complejo. [José A. Rodríguez Mondéjar, 2022]	17
1.12. Ejemplo de un diagrama básico con sistema SCADA. [aula21, 2023]	18
1.13. Tendencias del mercado global de automatización industrial. [Data Bridge Market Research, 2025]	19
3.1. Estación distribución. [Frank Ebel, 2020a]	24
3.2. Características generales de la etación distribución. [Frank Ebel, 2020a]	24
3.3. Componentes de la estación distribución.	26
3.4. Estación unión. [Frank Ebel, 2020b]	27
3.5. Características generales de la estación unión. [Frank Ebel, 2020b]	27
3.6. Componentes de la estación unión. [Frank Ebel, 2020b]	28
3.7. Componentes de la estación unión.	29
3.8. PLC Siemens 1215 AC/DC/RLY. [Siemens, 2025]	30
3.9. SIMATIC HMI KTP700 Basic PN.	31
3.10. Pantallazo de la aplicación TIA Portal.	32
3.11. Robot UR5e de Universal Robots. [Robots, 2019]	33
3.12. Pantalla táctil PolyScope. [?]	34

Listado de códigos

4.1. Función para buscar elementos 3D en la imagen	35
4.2. Cómo usar un Slider	36

Listado de ecuaciones

4.1. Ejemplo de ecuación con fracciones	36
4.2. Ejemplo de ecuación con array y letras y símbolos especiales	36

Índice de cuadros

4.1. Parámetros intrínsecos de la cámara	37
--	----

Capítulo 1

Introducción

La automatización no es el enemigo del trabajador, sino la clave para su evolución

La automatización ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de la industria moderna, permitiendo mejoras significativas en eficiencia, calidad y seguridad [I-MAS, 2022]. Desde la evolución Industrial hasta la actualidad, la evolución de las tecnologías ha dado paso a sistemas cada vez más sofisticados, donde la integración de robots ha transformado los entornos de producción, ofreciendo resultados de mayor calidad y reduciendo costes y tiempos de producción [I-MAS, 2022]. En particular, la robótica industrial ha desempeñado un papel clave en sectores como la automoción, la electrónica y la manufactura, ofreciendo soluciones flexibles y altamente eficientes para la producción en serie [I-MAS, 2022].

En este capítulo se presentará el contexto en el que se desarrolla este trabajo, proporcionando una visión general de la automatización en la industria y su evolución hasta la actualidad. Posteriormente, se acotará el enfoque hacia la robótica industrial, destacando su impacto en la optimización de procesos productivos. Finalmente, se delimitará el ámbito específico de este estudio, centrado en la automatización de una línea de producción robotizada, analizando sus beneficios, retos y las tecnologías empleadas.

1.1. La automatización industrial

1.1.1. Conceptos básicos de la automatización industrial

La automatización industrial consiste en la implementación de sistemas de control, como computadoras, controladores lógicos programables (computadora industrial la cual graba la información de las entradas en memoria, las procesa

y escribe en las salidas las acciones oportunas), robots y tecnologías de la información, para gestionar maquinaria y procesos productivos en el sector industrial [Centro de la formación técnica para la industria, 2024]. Su propósito principal es reducir la intervención humana, reemplazando tareas manuales, especialmente aquellas que implican riesgos, por procesos automatizados .

Este concepto surge como una evolución de la mecanización industrial, incorporando dispositivos con gran capacidad de control para optimizar la eficiencia en la fabricación. Con los avances tecnológicos y la llegada de la Industria 4.0, las empresas están modernizando sus sistemas de producción mediante el uso de control informatizado, lo que les permite mejorar la precisión, calidad y rendimiento de sus operaciones [Centro de la formación técnica para la industria, 2024].

El término “automatización” tiene su origen en las palabras griegas “auto” (por sí mismo) y “matos” (movimiento), y se aplica a mecanismos capaces de funcionar de manera autónoma. Los sistemas automatizados ofrecen un rendimiento superior a los manuales en términos de precisión, potencia y velocidad [Centro de la formación técnica para la industria, 2024]. En el ámbito del control industrial, es posible monitorizar y regular simultáneamente diversas variables de proceso, como temperatura, flujo, presión, distancia y niveles de líquido, mediante el uso de PLCs, PACs (Controladores Automatizados Programables que integran PLC y PC), o PCs. [Centro de la formación técnica para la industria, 2024].



Figura 1.1: Ejemplo de aplicación de automatización industrial.

La estructura de un sistema de automatización industrial se puede representar mediante un triángulo jerárquico de cinco niveles como se observa en la imagen 1.2:

1. **Nivel de gestión:** La alta gerencia usa sistemas ERP para controlar y monitorear todos los procesos de la empresa, desde la producción hasta ventas, compras y proyectos, asegurando eficiencia y alineación entre equipos.[SDI, 2022].
2. **Nivel de operación:** Este nivel está controlado por el sistema MES. Un sistema MES conecta el mundo digital con la producción, permitiendo supervisar, sincronizar cada fase del proceso y monitorear la producción [aula 21,]. Este sistema integra datos de operaciones, mantenimiento, seguridad, logística y calidad, permitiendo a la gerencia tomar decisiones informadas sobre todo el proceso, desde las materias primas hasta el producto final. [SDI, 2022].
3. **Nivel supervisor:** Compuesto por un ordenador industrial que utiliza software especializado para el control de procesos. Su principal objetivo es la parametrización y visualización del proceso y suele utilizarse el protocolo de comunicación Ethernet industrial [Sunt Automatización, 2024].
4. **Nivel de control:** Incluye dispositivos como PLCs que ejecutan las órdenes del nivel supervisor y controlan directamente la maquinaria en tiempo real. Estos pueden estar conectados a varios dispositivos de E/S y se comunican mediante protocolos industriales [Sunt Automatización, 2024].
5. **Nivel de campo:** Constituido por sensores y actuadores que interactúan directamente con el proceso físico conectados al PLC a través de un bus de campo. Los actuadores ejecutan acciones según las instrucciones recibidas normalmente a través de una conexión punto a punto con el PLC. [Sunt Automatización, 2024].

Esta estructura permite una gestión eficiente y organizada de los procesos industriales, asegurando que cada componente funcione de manera integrada para optimizar la producción.

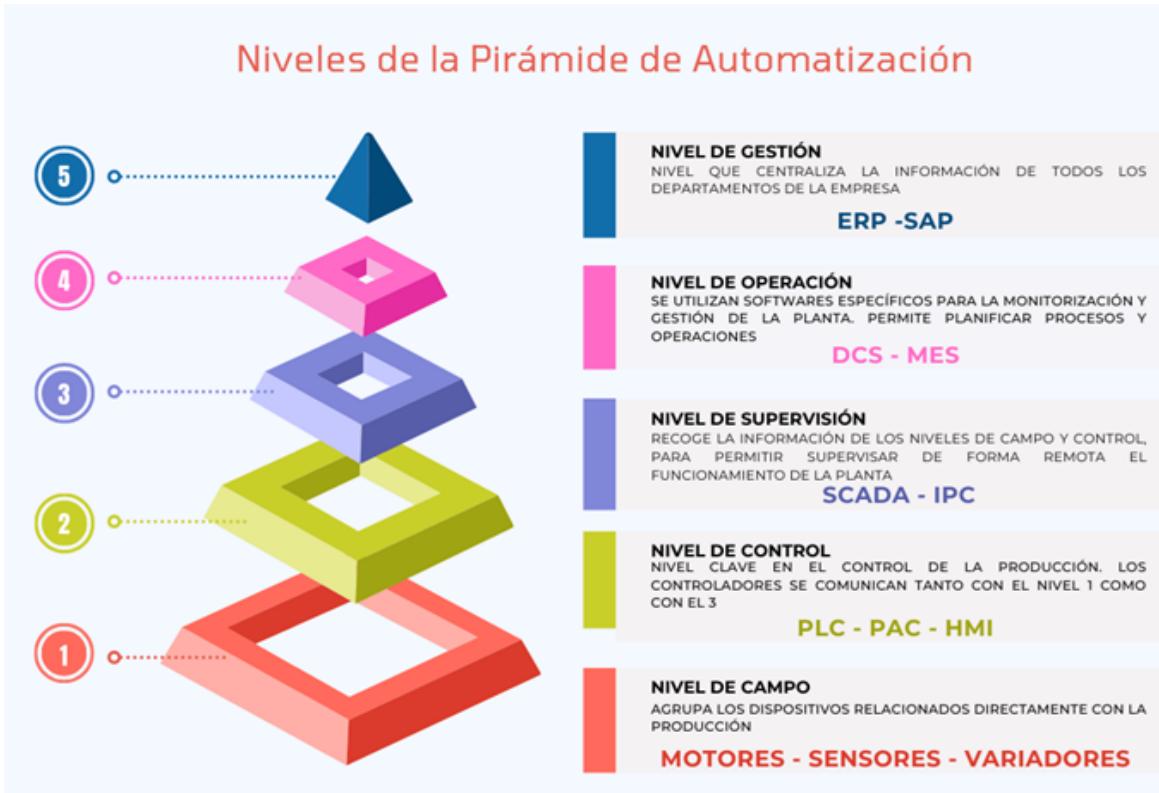


Figura 1.2: Niveles de la pirámide de automatización. [Omnielectric Web, 2024]

1.1.2. Tipos de automatización industrial

Los sistemas de automatización industrial se clasifican principalmente en cuatro tipos según su nivel de flexibilidad y aplicación en los procesos productivos:

1. **Automatización fija**: Utilizada en procesos específicos y repetitivos donde no se requieren modificaciones en el diseño del producto debido a que aplicar modificaciones resulta casi imposible. Es ideal para la producción a gran escala de productos estables [neobotikstg, 2021].
2. **Automatización programable**: Aplicada en la fabricación por lotes, permite modificar el proceso mediante reprogramación, aunque esto puede consumir tiempo [neobotikstg, 2021].
3. **Automatización flexible**: Variante más avanzada de la automatización programable, que facilita cambios rápidos y automáticos en la producción sin interrupciones significativas [neobotikstg, 2021].

4. **Sistema Integrado de Automatización:** Conjunto de máquinas, procesos y datos sincronizados bajo un único sistema de control. Integra herramientas como CAD, CAM, robots y sistemas de transporte automatizados para optimizar la producción [neobotikstg, 2021].

1.1.3. Ventajas y desventajas de la automatización industrial

La automatización industrial ha transformado profundamente los procesos de producción, introduciendo tecnologías avanzadas que permiten aumentar la eficiencia, mejorar la calidad y reducir los costos operativos [MCR, 2016]. A continuación, se presentan las principales ventajas:

- **Mayor productividad laboral:** La automatización acelera los procesos de producción, permitiendo fabricar más productos con una mejor calidad. Las nuevas tecnologías pueden operar de manera continua sin perder precisión, lo que incrementa la eficiencia y el rendimiento por hora de trabajo [MCR, 2016].
- **Mejora en la calidad del producto:** Uno de los principales beneficios de la automatización es la reducción de la cantidad de unidades defectuosas. Los sistemas automatizados garantizan una mayor uniformidad y precisión en la fabricación, cumpliendo con los estándares de calidad [Automatizacionindustrial360, 2020].
- **Reducción de costos de producción:** La automatización permite disminuir el gasto en mano de obra al reemplazar tareas repetitivas con maquinaria, lo que reduce el costo unitario de producción. Los sistemas automatizados operan de manera constante, aumentando la eficiencia y proporcionando un alto retorno de inversión al minimizar costos laborales, ausencias y otros gastos operativos [MCR, 2016].
- **Menos trabajo manual repetitivo:** En muchas industrias, es necesario supervisar constantemente variables como temperatura, presión o nivel de líquidos. Un sistema automatizado permite gestionar estas tareas mediante controladores de lazo cerrado, reduciendo la necesidad de intervención humana en actividades rutinarias [MCR, 2016].
- **Mayor seguridad:** Al implementar un sistema automatizado, los trabajadores pasan de realizar tareas directamente en el proceso a supervisarlas, lo que disminuye los riesgos laborales. Las máquinas pueden operar en entornos

peligrosos o extremos, sustituyendo a los empleados en situaciones de alto riesgo, reduciendo así los accidentes laborales [Automatizacionindustrial360, 2020].

- **Facilita la monitorización remota:** Muchas operaciones industriales requieren ser controladas a distancia para una supervisión más eficiente. Los sistemas automatizados permiten la comunicación entre el área de producción y el centro de control, permitiendo a los operadores gestionar los procesos de manera remota [Automatizacionindustrial360, 2020].

Sin embargo, junto con estos beneficios, como sucede en cualquier ámbito, también surgen desafíos y limitaciones que deben ser considerados por las empresas antes de implementar estos sistemas. Por eso, seguidamente se muestran algunas desventajas de la automatización industrial:

- **Aumento de la contaminación:** Muchas máquinas requieren motores que funcionan con combustibles o productos químicos que pueden generar emisiones contaminantes [MCR, 2016].
- **Menor flexibilidad:** Una máquina automatizada está diseñada para realizar tareas específicas, lo que limita la capacidad de adaptación a nuevas funciones en comparación con un trabajador humano. Actualmente, ciertas tareas, como el ensamblaje de productos con formas irregulares, siguen dependiendo del trabajo manual [MCR, 2016].
- **Altos costos de implementación:** La inversión inicial para adoptar un sistema automatizado es elevada. Además de los gastos en investigación y desarrollo, es necesario considerar los costos de mantenimiento, formación del personal y servicio técnico, lo que suma un desafío económico para las empresas que buscan automatizar sus procesos [Automatizacionindustrial360, 2020].

1.1.4. Equipos para la automatización industrial

La automatización industrial se apoya en una amplia gama de dispositivos diseñados para controlar, supervisar y optimizar procesos dentro de entornos productivos. Entre estos equipos, destacan los Controladores Lógicos Programables (PLCs) y las Interfaces Hombre-Máquina (HMI), los cuales cumplen un papel fundamental en la implementación y operación de sistemas automatizados modernos.

Controladores lógicos programables (PLCs)

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es una computadora diseñada específicamente para automatizar procesos industriales. Su tarea principal es controlar de manera eficiente y segura los sistemas que conforman una máquina o proceso, lo cual es clave para el avance tecnológico de las industrias. Estos dispositivos operan mediante un ciclo en el que se realiza un autodiagnóstico, se leen las entradas, se ejecuta el programa y finalmente se actualizan las salidas, lo que les permite adaptarse rápidamente a las condiciones cambiantes del entorno [GSL industrias, 2021].

Existen distintos tipos de PLC, cada uno adaptado a las necesidades particulares de cada industria. Entre los más comunes se encuentran los modelos compactos, modulares o de banda estrecha. Marcas como Siemens y Allen Bradley son líderes en este mercado, ofreciendo una amplia variedad de productos y accesorios para mejorar la automatización de los procesos. Los PLCs se usan en una gran variedad de sectores, incluyendo la fabricación de cemento, plásticos, muebles, automotriz, transporte, energía y seguridad, ayudando a mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos [GSL industrias, 2021].



Figura 1.3: PLC de la serie Siemens S7-1500.

Una de las principales características de los PLC es su capacidad para controlar entradas y salidas de manera segura. Además, son compatibles con varios lenguajes de programación, lo que permite su fácil integración con sistemas de supervisión y control. Estos dispositivos pueden ser reprogramados según las necesidades del proceso, lo que les da gran flexibilidad y adaptabilidad en entornos industriales que están en constante cambio [GSL industrias, 2021].

El lenguaje de programación utilizado para los PLCs y en este proyecto es el lenguaje KOP, también conocido como **Ladder**. Su popularidad se debe a su antigüedad, disponibilidad, mantenibilidad y facilidad de uso. Diseñado para imitar los diagramas eléctricos tradicionales, permite a técnicos e ingenieros familiarizados con estos esquemas adaptarse fácilmente a la programación en este lenguaje. Su naturaleza gráfica permite una comprensión rápida de la lógica del programa, lo que simplifica el proceso de mantenimiento y resolución de problemas [Iñigo Gútiez, 2024].

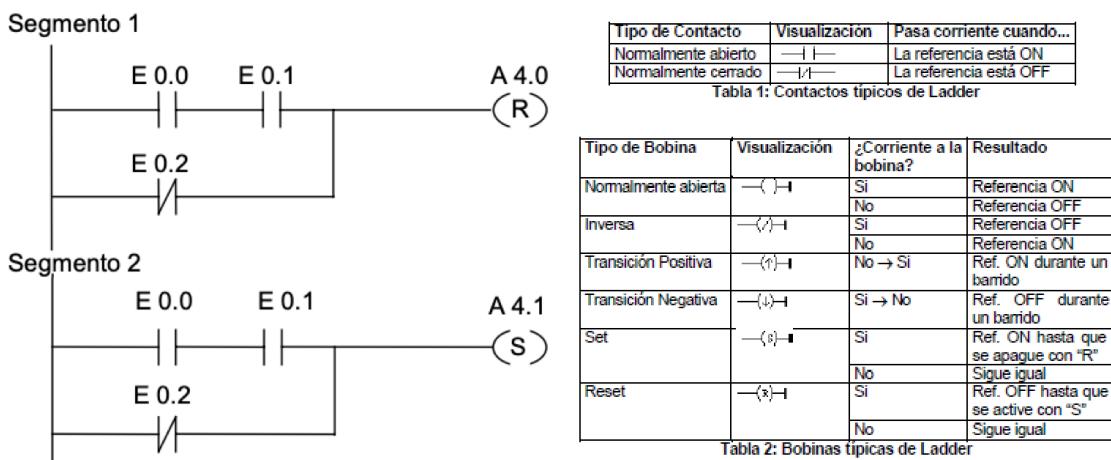


Figura 1.4: Ejemplo del lenguaje de programación Ladder.

Interfaz humano máquina (HMI)

Una Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es un dispositivo que permite a los operarios comunicarse con sistemas automatizados dentro de un entorno industrial. Básicamente, actúa como una pantalla o panel táctil desde el cual se puede supervisar, controlar y ajustar el funcionamiento de una máquina o proceso. Los HMI permiten visualizar datos en tiempo real, como temperaturas, velocidades o estados de operación, y también enviar comandos para modificar parámetros o detener procesos si es necesario [Siemens, 2024].

Además, estos dispositivos están pensados para funcionar en condiciones industriales exigentes, con diseños robustos y duraderos [Siemens, 2024]. También soportan múltiples idiomas y pueden adaptarse a distintos sectores y tipos de máquinas [Siemens, 2024]. En resumen, un HMI es una herramienta fundamental para mejorar la comunicación entre las personas y los sistemas automatizados, permitiendo un control más intuitivo, rápido y preciso de los procesos industriales.



Figura 1.5: HMI Siemens.

1.2. La robótica

La robótica es la disciplina científica que integra conocimientos de electrónica, mecánica e informática para desarrollar sistemas automatizados capaces de realizar tareas de manera autónoma o semiautónoma [ferrovial, 2022].

La robótica, en términos generales, abarca el diseño, construcción y programación de sistemas capaces de percibir su entorno, procesar información y ejecutar acciones de manera autónoma [esneca, 2024]. A diferencia de la robótica industrial, que se centra principalmente en tareas repetitivas, de alta precisión y en entornos estructurados como fábricas, la robótica tradicional se caracteriza por la diversidad de aplicaciones y la necesidad de adaptarse a contextos más variables y no estructurados. Esto implica la utilización de componentes versátiles, diseñados específicamente para cumplir funciones concretas en ámbitos como la robótica móvil, de exploración, educativa o de asistencia personal [esneca, 2024].

En estos sistemas, los sensores juegan un papel crucial al proporcionar información del entorno que permite la adaptación del comportamiento del robot. Estos sensores, que pueden medir variables como luz, distancia, posición, velocidad, temperatura o fuerza, actúan como los "sentidos" del sistema robótico, y son fundamentales para su interacción efectiva con entornos complejos y no predecibles [esneca, 2024]. En contraste, en la robótica industrial los sensores suelen estar optimizados para tareas

concretas dentro de procesos controlados y altamente repetitivos, donde las condiciones del entorno apenas varían.

Por su parte, el software y los algoritmos que controlan el comportamiento del robot en la robótica tradicional deben ser especialmente robustos, adaptativos y, en muchos casos, incorporar técnicas de inteligencia artificial o aprendizaje automático [esneca, 2024]. Esto permite al robot reaccionar de forma flexible a situaciones no previstas, algo menos común en la robótica industrial, donde los algoritmos suelen estar más orientados a la eficiencia, estabilidad y cumplimiento exacto de ciclos de producción [esneca, 2024]. Finalmente, los actuadores son los responsables de ejecutar las decisiones del sistema de control y deben estar diseñados para responder con precisión y versatilidad, siendo capaces de adaptarse a tareas muy variadas, a diferencia de los actuadores industriales, que suelen estar optimizados para movimientos repetitivos y bien definidos en líneas de montaje automatizadas [esneca, 2024].



Figura 1.6: RB-WATCHER de Robotink.

1.2.1. Robótica industrial

Según la norma internacional ISO 8373:2021 un robot industrial se define como “un manipulador multifuncional, reprogramable y controlado automáticamente, programable en tres o más ejes que puede estar fijo en un área o móvil para su uso en aplicaciones de automatización industrial” [ISO, 2021]. Todo ello a partir de trayectorias variables para ejecutar diversas tareas cíclicas y adaptables.

La robótica industrial es una disciplina de la ingeniería robótica dedicada al diseño, desarrollo y fabricación de robots industriales con el propósito de automatizar tareas repetitivas tradicionalmente realizadas por seres humanos. Estos sistemas robóticos se caracterizan por seguir una secuencia de instrucciones predefinidas, ejecutando ciclos de

trabajo continuos en líneas de producción de diversos sectores industriales. Estos robots son considerados industriales debido a que se utilizan en la industria manufacturera en sectores como la automoción, electrónica, alimentación, farmacéutico... En ellos contribuyen significativamente a mejorar la eficiencia, la velocidad y la calidad de los procesos productivos [Unir, 2021].

A diferencia de los robots de servicio, los robots industriales operan en entornos altamente controlados, lo que simplifica su programación y control. Debido a estas condiciones estables, estos robots suelen tener más de tres grados de libertad, permitiéndoles realizar movimientos complejos con gran precisión. Aunque su aplicación principal ha sido históricamente en entornos industriales, su uso se ha expandido hacia sectores como la minería, la agricultura, el comercio y la salud, demostrando su versatilidad y adaptabilidad.

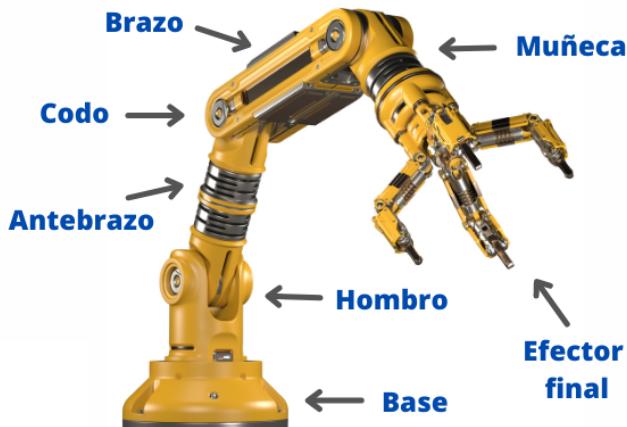


Figura 1.7: Partes de un brazo robótico industrial.

Para que un brazo robótico sea considerado industrial, debe cumplir con una serie de características técnicas y funcionales que lo hagan adecuado para entornos de producción. Entre ellas, destacan la precisión y la repetibilidad, que permiten realizar tareas con tolerancias muy ajustadas. También debe tener una estructura robusta y una capacidad de carga suficiente según la aplicación, así como al menos seis grados de libertad para poder ejecutar movimientos complejos [MME, 2023].

Otra característica fundamental es la velocidad de operación, ya que en entornos industriales es clave mantener ritmos de trabajo altos. Además, debe ser fácilmente programable y compatible con sistemas de automatización como PLCs o entornos como ROS, y permitir la integración con sensores, cámaras o herramientas específicas [MME, 2023].

Desde el punto de vista de seguridad y conectividad, debe cumplir con normativas como la ISO 10218 y ser compatible con protocolos industriales como PROFINET o EtherCAT [MME, 2023].

Desde la aparición de los primeros prototipos de robots industriales, ha surgido un debate sobre su impacto en el empleo humano, con preocupaciones respecto a una posible sustitución de la mano de obra. Sin embargo, numerosos estudios sostienen que, lejos de desplazar a los trabajadores, estos sistemas robóticos buscan mejorar las condiciones laborales, eliminando tareas monótonas o peligrosas [Computing, 2023].

1.3. Unión entre la automatización y la robótica

Entrando al siglo XXI se desarrollan los primeros robots colaborativos, conocidos como cobots, concebidos para cooperar de manera directa con las personas. Estos dispositivos se caracterizan por su seguridad, adaptabilidad y facilidad de programación, convirtiéndose en una solución ideal para entornos industriales donde es necesario combinar tareas manuales y automatizadas [MONDRAGON ENRIQUEZ ZULLY MONTSERRAT, 2023].

En los años 2010, la Industria 4.0 emergió como una nueva fase en la manufactura, caracterizada por la digitalización y la interconexión de sistemas de producción. Los robots industriales se convirtieron en componentes clave de las fábricas inteligentes, colaborando estrechamente con humanos y otros sistemas automatizados para optimizar la eficiencia y la flexibilidad en la producción [MONDRAGON ENRIQUEZ ZULLY MONTSERRAT, 2023].

1.3.1. Comunicaciones entre los dispositivos

Las comunicaciones entre dispositivos industriales son fundamentales para que los procesos de producción actuales funcionen de forma segura, eficiente y automatizada [Centro de la formación técnica para la industria, 2021]. Gracias a ellas, sensores, actuadores, controladores y sistemas de gestión pueden intercambiar datos constantemente, asegurando que todo el proceso esté coordinado y optimizado. El objetivo principal de estas comunicaciones es transformar la información captada del entorno en datos útiles que faciliten la toma de decisiones rápidas y eficaces [Centro de la formación técnica para la industria, 2021]. Esto no solo mejora la eficiencia de la producción, sino que también ayuda a prevenir errores, optimizar el uso de recursos y mantener los procesos en marcha sin interrupciones. A diferencia de las redes convencionales, las comunicaciones industriales deben cumplir con requisitos muy

exigentes: alta fiabilidad, resistencia a condiciones adversas, capacidad para operar en tiempo real y determinismo. [Centro de la formación técnica para la industria, 2021].

La tecnología de **bus de campo** apareció a finales de los años 80 con el objetivo de ofrecer un método estandarizado para conectar múltiples dispositivos de campo en entornos industriales. El bus de campo es una red de comunicación industrial bidireccional y multipunto que conecta dispositivos de campo inteligentes, sustituyendo los sistemas de control centralizados por redes distribuidas [aula 21, 2020]. Existen múltiples variantes desarrolladas por fabricantes para diferentes nichos destacando: PROFIBUS en automoción y control de procesos, CANbus en el sector automotriz y maquinaria y Foundation Fieldbus en industrias de petróleo y gas entre otros [Maisvch, 2023].

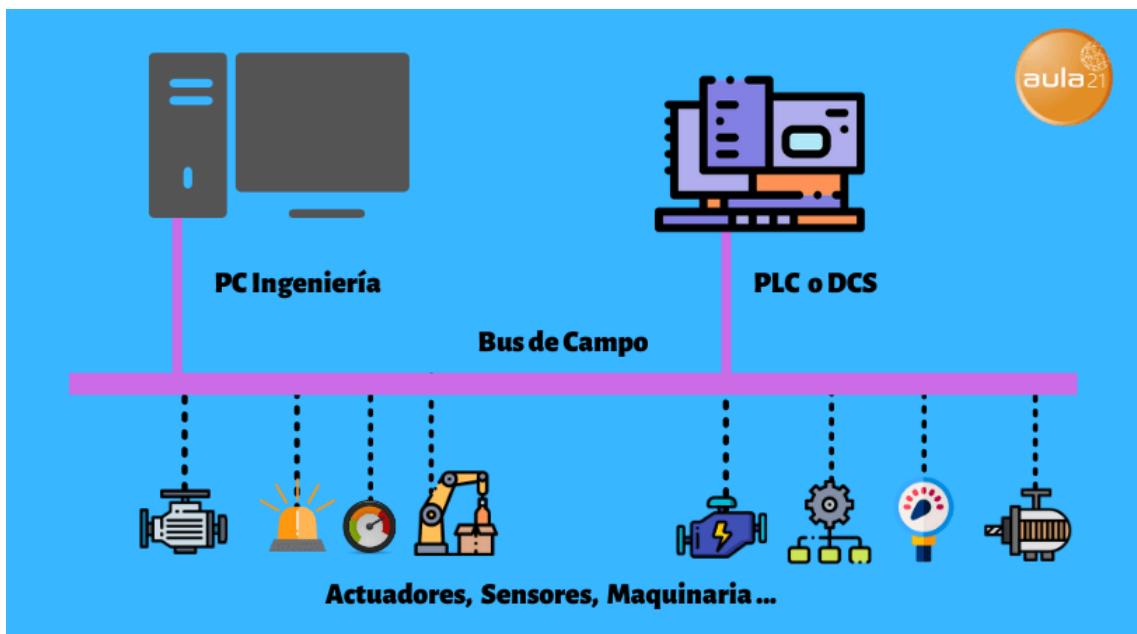


Figura 1.8: Ejemplo básico de dus de campo. [aula 21, 2020]

Por otro lado, la tecnología **Ethernet industrial** surge como una evolución de Ethernet tradicional, adaptándose a los estrictos requerimientos de entornos industriales donde la robustez, el intercambio de datos en tiempo real y la resistencia a interferencias son esenciales. A partir del estándar IEEE 802.3, Ethernet industrial integra mejoras específicas para la automatización, soportando protocolos como Modbus TCP/IP, PROFINET y EtherCAT [Maisvch, 2023].

Entre sus principales ventajas frente a los sistemas de bus de campo tradicionales destacan sus altas velocidades de comunicación (desde 10 Mbps hasta 10 Gbps), su apertura e interoperabilidad, la escalabilidad de la red y su rentabilidad. Estas características permiten su uso tanto en el monitoreo en tiempo real como en la

integración de sistemas de gestión y supervisión de plantas industriales, convirtiéndolo en la base de las redes industriales modernas [Maisvch, 2023].

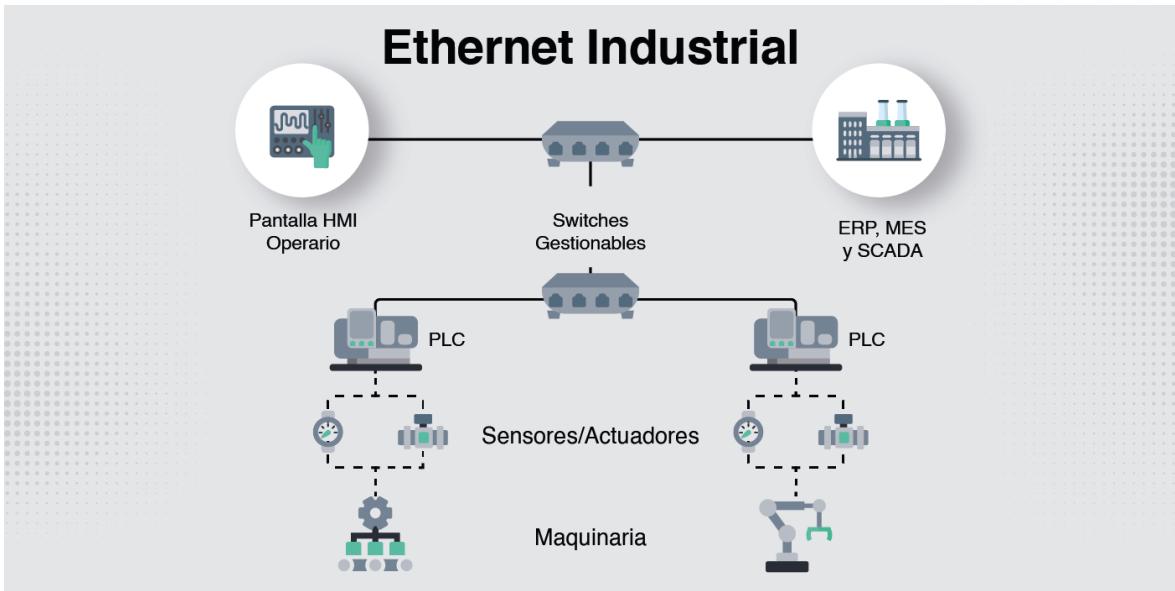


Figura 1.9: Ejemplo básico de red de ethernet industrial. [PRECISION, 2023]

1.3.2. Metodología de la automatización industrial

En la automatización industrial, es fundamental seguir una metodología clara que permita diseñar, implementar y controlar los procesos de forma ordenada y eficiente. Para ello, existen herramientas y enfoques que ayudan a representar el comportamiento del sistema, identificar sus distintos modos de funcionamiento y supervisar su estado en tiempo real.

Una de las herramientas más utilizadas es el GRAFCET, un lenguaje gráfico que permite describir de forma sencilla el funcionamiento secuencial de un sistema. Junto a él, la guía GEMMA ayuda a identificar los distintos modos de operación del sistema (como arranque, parada o fallo), y sirve como complemento al GRAFCET para organizar mejor el control general del proceso. Por último, los sistemas SCADA juegan un papel clave en la supervisión de procesos industriales, permitiendo al operador visualizar en tiempo real lo que ocurre en planta, modificar parámetros y detectar posibles errores de forma rápida.

GRAFCET

El modelo GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Étape Transition) es un método gráfico que se utiliza en la automatización industrial para representar y controlar procesos secuenciales. Creado en 1977 por la AFCET (Asociación Francesa para la Cibernética Económica y Técnica), su objetivo es describir el comportamiento de los sistemas de control mediante un diagrama de etapas y transiciones [infoPLC.net, 2020]. Esto no es un lenguaje de programación, sino una forma de resolver el problema de automatización secuencial previo a su programación en el PLC. A continuación, se describen los distintos elementos que conforman un GRAFCET:

1. **Etapas:** Se representan como cuadros numerados en el diagrama. Cada etapa indica un estado específico del sistema y las acciones que deben llevarse a cabo cuando esa etapa está activa. La etapa inicial se representa con un doble cuadrado.
2. **Transiciones:** Son las condiciones que deben cumplirse para que el sistema pase de una etapa a otra. Estas condiciones se representan por líneas que cruzan de manera perpendicular las etapas. Las transiciones se activan cuando se cumple una condición lógica, como el final de un proceso o la llegada de una señal.
3. **Uniones:** Representan las conexiones entre varias etapas y permiten que se ejecuten acciones simultáneas en diferentes partes del sistema. Las uniones facilitan la ejecución de procesos en paralelo.
4. **Acciones:** Son las operaciones que se realizan cuando una etapa está activa. Estas acciones están directamente vinculadas a la etapa correspondiente.

Este modelo resulta muy útil en procesos industriales donde las operaciones siguen una secuencia lógica y estructurada. Se utiliza comúnmente en la programación de PLCs (Controladores Lógicos Programables), ya que permite controlar sistemas paso a paso y asegura que las acciones se realicen de manera secuencial [infoPLC.net, 2020].

Una vez creado el Grafcet, para poder introducir la lógica pensada en el PLC, hay que traducir la información al lenguaje ladder, que es el cual entiende el PLC. Para ello se deben asignar direcciones de memoria en el PLC a cada etapa, entradas, salidas y demás elementos como contadores o temporizadores. Una vez traducido el Grafcet al lenguaje Ladder e introducido en el PLC ya se puede ejecutar la secuencia realizada del sistema.

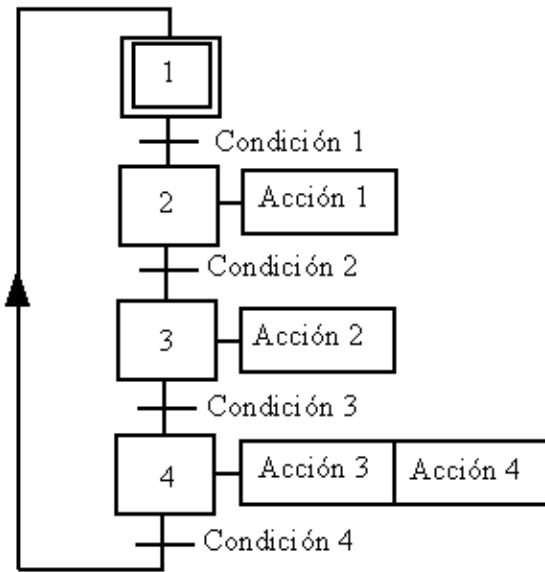


Figura 1.10: Ejemplo básico de GRAFCET.

Guia GEMMA

La Guía GEMMA (Guía para la Elaboración de los Modelos de los Modos de Marcha y Parada de una Automatización) es una metodología utilizada en el ámbito de la automatización industrial para representar de forma clara y estructurada los diferentes modos de funcionamiento de una máquina o sistema [José A. Rodríguez Mondéjar, 2022]. La guía GEMMA está compuesta por bloques que representan cada uno de estos modos y sus posibles transiciones, lo que proporciona una visión global y ordenada del comportamiento del sistema [José A. Rodríguez Mondéjar, 2022].

El núcleo de la guía se basa en tres grandes categorías: funcionamiento, parada o puesta en marcha, y defecto. En cada categoría se pueden identificar varios subestados como:

- **Funcionamiento:** La producción en curso o marcha de cierre [José A. Rodríguez Mondéjar, 2022].
- **Parada o puesta en marcha:** La parada al estado inicial o de final de ciclo [José A. Rodríguez Mondéjar, 2022].
- **Defecto:** La parada de emergencia [José A. Rodríguez Mondéjar, 2022].

Además de su valor como herramienta de planificación, GEMMA se integra fácilmente con otras metodologías como el GRAFCET, permitiendo diseñar

automatismos más seguros y eficientes. Al normalizar los distintos modos de operación y facilitar la interpretación de los estados de una automatización, la Guía GEMMA se ha convertido en un recurso esencial para la automatización de procesos.

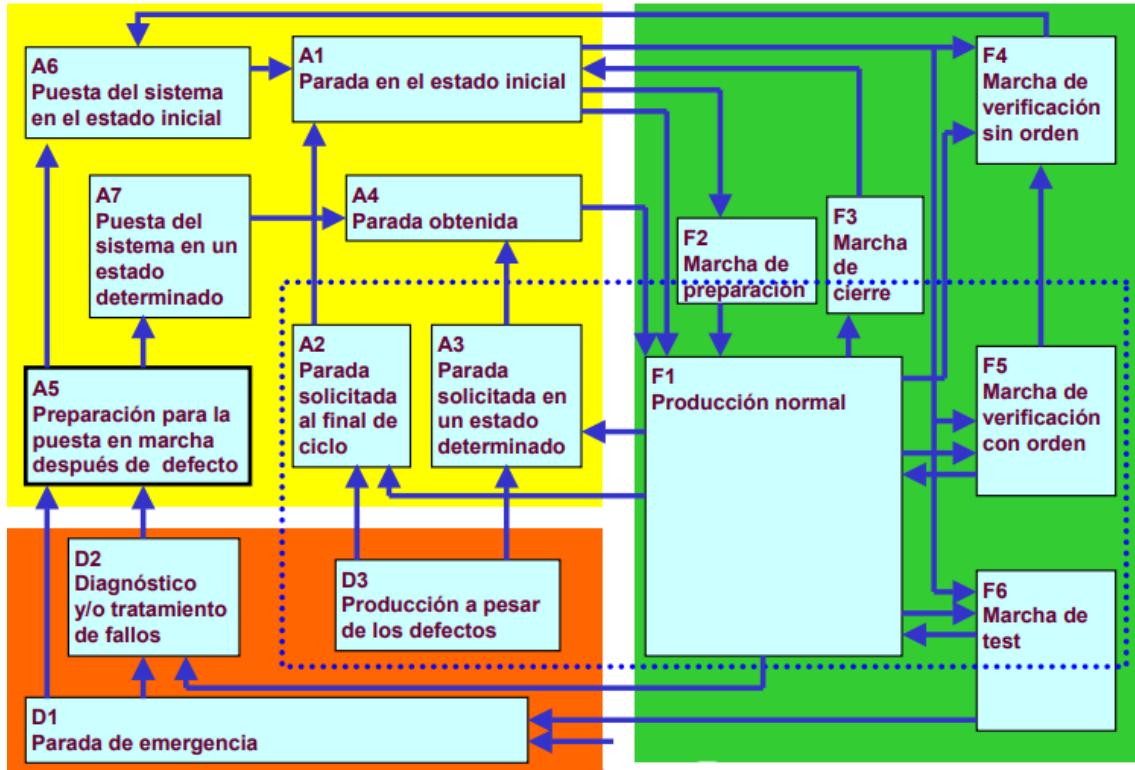


Figura 1.11: Ejemplo de guía gemma complejo. [José A. Rodríguez Mondéjar, 2022]

Sistemas SCADA

Un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es una herramienta clave en la automatización industrial, diseñada para supervisar y controlar procesos a distancia mediante la recopilación y análisis de datos en tiempo real [Autexopen, 2022]. Estos sistemas permiten monitorear variables críticas como temperatura, presión o caudal, facilitando una operación eficiente y segura de plantas industriales, líneas de producción, redes eléctricas o infraestructuras inteligentes [Autexopen, 2022].

Los sistemas SCADA recopilan información a través de sensores y dispositivos conectados a una red de comunicaciones, ya sea cableada o inalámbrica. Esta información se procesa en un software especializado que permite visualizar los datos, generar alarmas ante anomalías y controlar equipos de forma remota [Autexopen, 2022]. Entre sus funciones principales se incluyen la monitorización en tiempo real, análisis de datos, generación de alertas y control de dispositivos como válvulas o motores [Autexopen, 2022].

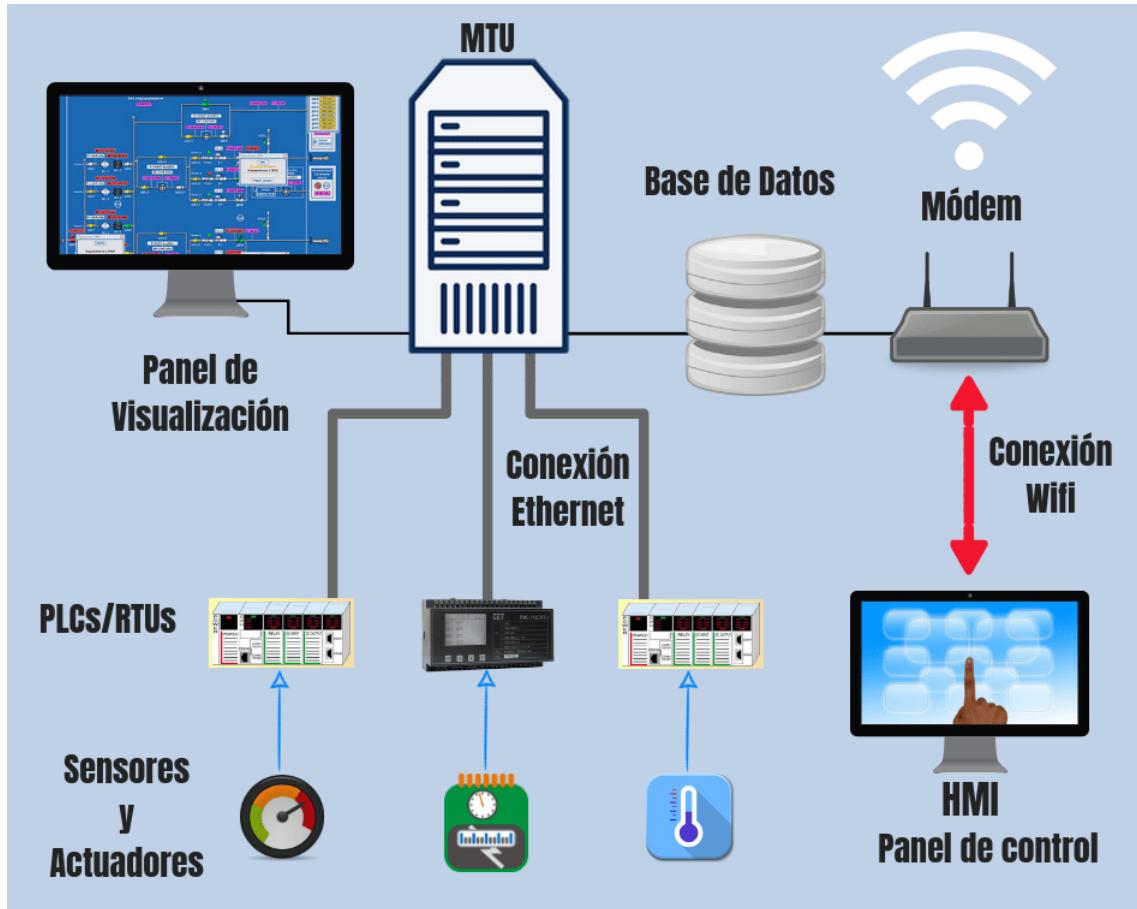


Figura 1.12: Ejemplo de un diagrama básico con sistema SCADA. [aula21, 2023]

Existen diferentes tipos de sistemas SCADA según su arquitectura: centralizados, donde todos los componentes están en una misma ubicación; distribuidos, con componentes separados conectados por una red; y híbridos, que combinan características de ambos [Autexopen, 2022]. Implementar un sistema SCADA adecuado puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante incidencias en entornos industriales.

1.4. Motivación del trabajo

La automatización industrial representa una opción laboral muy atractiva, con la transformación digital impulsada por la Industria 4.0 y el auge de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la robótica o la inteligencia artificial, la demanda de profesionales cualificados en este ámbito no ha dejado de crecer. Sectores como la automoción, la alimentación o la logística están apostando cada vez más por la automatización para mantenerse competitivos en un mercado globalizado.

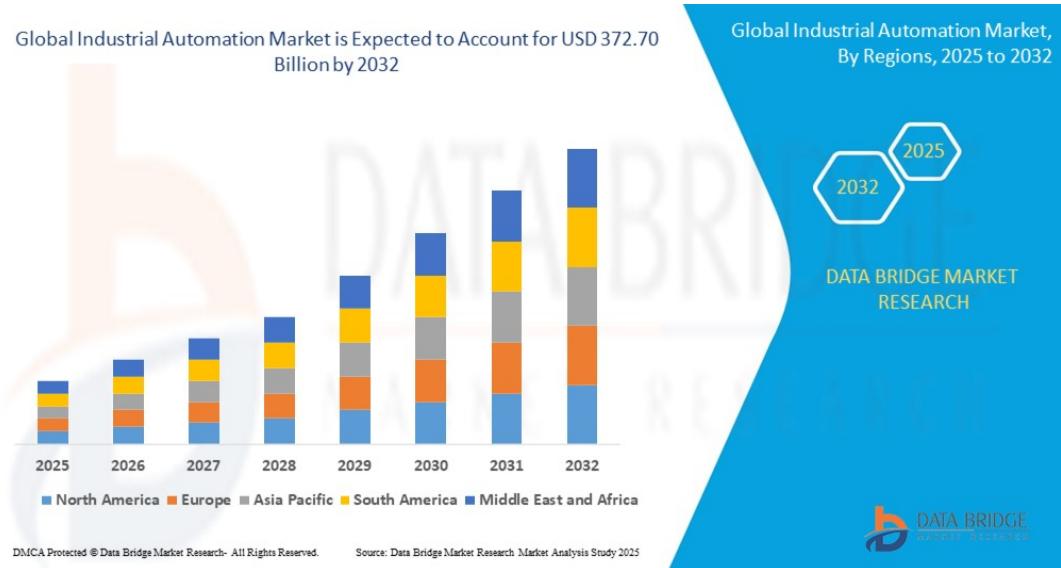


Figura 1.13: Tendencias del mercado global de automatización industrial.
[Data Bridge Market Research, 2025]

Como se observa en la figura 1.13, se preveé que cada año se invierta más dinero en la automatización industrial, por lo que este campo tiene un gran futuro. La producción industrial en masa seguirá siendo clave para satisfacer la demanda del mercado, impulsada por el crecimiento demográfico y el alto nivel de consumo. Por otro lado, el desarrollo continuo de nuevas tecnologías y robots hace que el sector esté en constante evolución, tal y como viene ocurriendo desde sus orígenes en la década de 1940.

La creciente escasez de perfiles especializados en el ámbito de la automatización y la robótica incrementa notablemente las oportunidades laborales para quienes cuentan con formación en estas áreas. La familiaridad con simuladores durante la etapa académica puede representar un valor añadido en los procesos de selección, al proporcionar una ventaja comparativa frente a candidatos sin experiencia práctica con sistemas físicos. A ello se suma la existencia de salarios de entrada competitivos, que tienden a incrementarse con la experiencia y que, en general, permiten acceder a una buena calidad de vida.

El trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación basada en el uso de dos simuladores didácticos, concebida como una herramienta de apoyo para facilitar el aprendizaje de contenidos relacionados con la robótica y la automatización. La utilización de este tipo de recursos permite fomentar un aprendizaje más interactivo y dinámico, lo cual contribuye a una mayor motivación del alumnado y a una mejor asimilación de los conceptos teóricos. Asimismo, la combinación de entornos virtuales

con prácticas reales constituye una estrategia eficaz para reforzar la formación técnica y preparar al estudiante para los desafíos propios del ámbito profesional.

A lo largo de la formación académica de los ingenieros, se adquieren conocimientos en diferentes disciplinas, tanto desde el punto de vista teórico como práctico. Una característica común en numerosas asignaturas es la utilización de simuladores, los cuales permiten aplicar los conocimientos adquiridos en entornos virtuales controlados. Estos entornos ofrecen múltiples ventajas, entre las que se incluyen la posibilidad de programar sin riesgo de dañar un robot físico, la personalización del entorno de trabajo en función de la aplicación deseada, y la experimentación con distintas configuraciones de forma sencilla y sin incurrir en costes adicionales.

Aun así, trabajar solo con simuladores no es lo mismo que hacerlo con sistemas reales. La experiencia práctica que se obtiene al enfrentarse a un entorno físico es mucho más rica y completa. En la realidad, hay que lidiar con errores de sensores, fallos en los actuadores, problemas mecánicos o situaciones imprevistas que obligan a pensar y reaccionar. Estas experiencias ayudan a desarrollar habilidades muy valiosas, como la capacidad de resolver problemas, tomar decisiones rápidas y adaptarse a los cambios, cosas que un simulador, por muy avanzado que sea, no siempre puede ofrecer.

Capítulo 2

Objetivos

Quizás algún fragmento de libro inspirador...

Autor, Título

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo. En este capítulo lo ideal es explicar cuáles han sido los objetivos que te has fijado conseguir con tu trabajo, qué requisitos ha de respetar el resultado final, y cómo lo has llevado a cabo; esto es, cuál ha sido tu plan de trabajo.

2.1. Descripción del problema

Cuenta aquí el objetivo u objetivos generales y, a continuación, concrétalos mediante objetivos específicos.

2.2. Requisitos

Describe los requisitos que ha de cumplir tu trabajo.

2.3. Competencias

Enumera las competencias generales adquiridas y empleadas. Es decir, las que consideres que has adquirido durante la realización de tu TFG (las podrás encontrar en la guía docente de la asignatura TFG), así como las que creas que has adquirido en las distintas asignaturas del grado (descritas en sus respectivas guías docentes) y que has empleado para llevarlo a cabo.

2.4. Metodología

Qué paradigma de desarrollo software has seguido para alcanzar tus objetivos.

2.5. Plan de trabajo

Qué agenda has seguido. Si has ido manteniendo reuniones semanales, cumplimentando objetivos parciales, si has ido afinando poco a poco un producto final completo, etc.

Capítulo 3

Plataforma de desarrollo

Cualquier cosa que pueda ser automatizada, será automatizada..

Robert Cannon

En este capítulo se detallan los recursos hardware y software empleados para llevar a cabo el desarrollo de la aplicación. A nivel hardware, se han utilizado dos maquetas didácticas de automatización industrial del fabricante FESTO, cada una equipada con un PLC y una interfaz HMI común de SIEMENS y un brazo robótico colaborativo de la empresa Universal Robots (UR). En cuanto al software, se han utilizado distintos entornos de desarrollo específicos para cada dispositivo: el software TIA Portal para la programación de los PLCs y la configuración de la HMI, y la plataforma URSim para la simulación y control del brazo robótico. Además, se han empleado librerías propias de los fabricantes, sistemas operativos compatibles con las herramientas utilizadas y conexiones mediante protocolos estándar de comunicación industrial como Profinet. También se ha realizado el montaje completo y el conexionado de todos los elementos.

3.1. Estación distribución

La estación de distribución con cinta transportadora de Festo Didactic¹ es un módulo del sistema MPS (Modular Production System) que simula una parte de una línea de producción automatizada. Su función principal es clasificar, alinear y transportar piezas de trabajo desde un punto de alimentación hacia otras estaciones del sistema [Frank Ebel, 2020a]. Este sistema está diseñado para la formación técnica en automatización industrial, permitiendo a estudiantes aprender a manejar sensores, actuadores, sistemas neumáticos, cintas transportadoras y PLCs.

¹Image retrieved from Festo.com. (N.d.). Retrieved June 4, 2025, from https://www.festo.com/es/es/p/estacion-de-distribucion-id_PROD_DID_8034566/

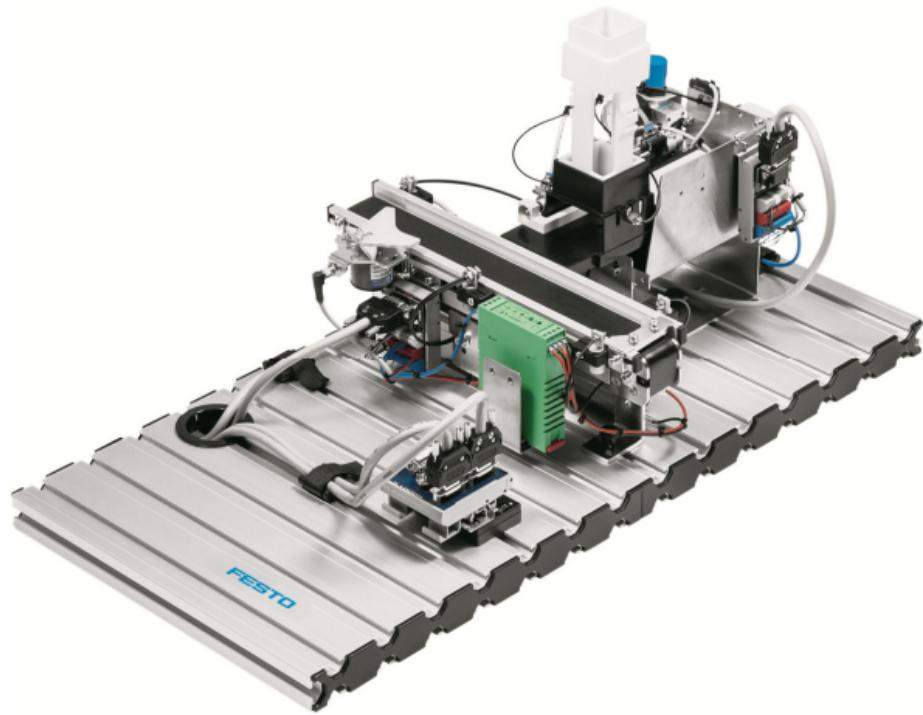


Figura 3.1: Estación distribución. [Frank Ebel, 2020a]

En la tabla 3.2 se detallan las características generales del sistema:

Parámetros	Valor
Presión de trabajo	600 kPa (6 bar)
Tensión de funcionamiento	24 V DC, 4,5 A
Entradas/salidas digitales	máx. 24 V DC máx. 2 A por salida máx. 4 A en total
Conector eléctrico	Conector IEEE-488 de 24 polos (SysLink)
Conexión neumática	Tubo flexible de material sintético de diámetro exterior de 6 mm
Consumo de aire comprimido con 600 kPa (ciclo continuo)	3 l/min
Dimensiones	350 mm x 700 mm x 200 mm
Reservado el derecho de modificación	

Figura 3.2: Características generales de la etación distribución. [Frank Ebel, 2020a]

Las piezas utilizadas en las estaciones MPS de Festo Didactic suelen estar diseñadas en tres colores: rosa, negro y aluminio. Estas piezas representan distintos tipos de materiales o componentes y las diferencias de color permiten que los sensores ópticos las distingan fácilmente, lo que facilita su clasificación, inspección o tratamiento diferenciado por el sistema automatizado. Cada pieza mantiene dimensiones normalizadas para un manejo preciso y repetible y vienen equipadas con una tapa la cual puede ser colocada en estas para ofrecer mayor libertad al crear el proceso automático

La estación distribución está formada por los siguientes componentes:

- **Stapelmagazin (almacén de piezas):** Sistema de alimentación que permite introducir piezas de trabajo de manera ordenada a mitad de la cinta transportadora. Funciona como un cargador vertical donde las piezas se apilan y se liberan una a una mediante un actuador neumático (máximo 7 piezas) [Frank Ebel, 2020a]. Está diseñado para asegurar una alimentación controlada y repetible en los procesos de automatización [Frank Ebel, 2020a].
- **Cinta transportadora:** Encargada de desplazar las piezas entre las estaciones. Puede moverse en ambas direcciones.
- **Separador:** Actuador neumático situada al inicio de la cinta cuya función es controlar el flujo de piezas en la cinta transportadora. Si se activa retiene las piezas provenientes del inicio de la cinta y da paso a las almacenadas en el almacén de piezas [Frank Ebel, 2020a].
- **Sensor para la distinción de piezas:** El sistema viene equipado con un módulo extra situado a la mitad de la cinta el cual es capaz de distinguir el color de la pieza. Si la pieza es de color negro se activa un bit, si es rosa se activan dos y si es metálica tres [Frank Ebel, 2020a].
- **Sensores:** La estación posee sensores ópticos y de proximidad que detectan la presencia, posición o características de las piezas, proporcionando datos al PLC.
- **Estructura mecánica modular:** Bastidor de perfiles de aluminio que soporta todos los componentes y permite su integración con otras estaciones del sistema MPS [Frank Ebel, 2020a].

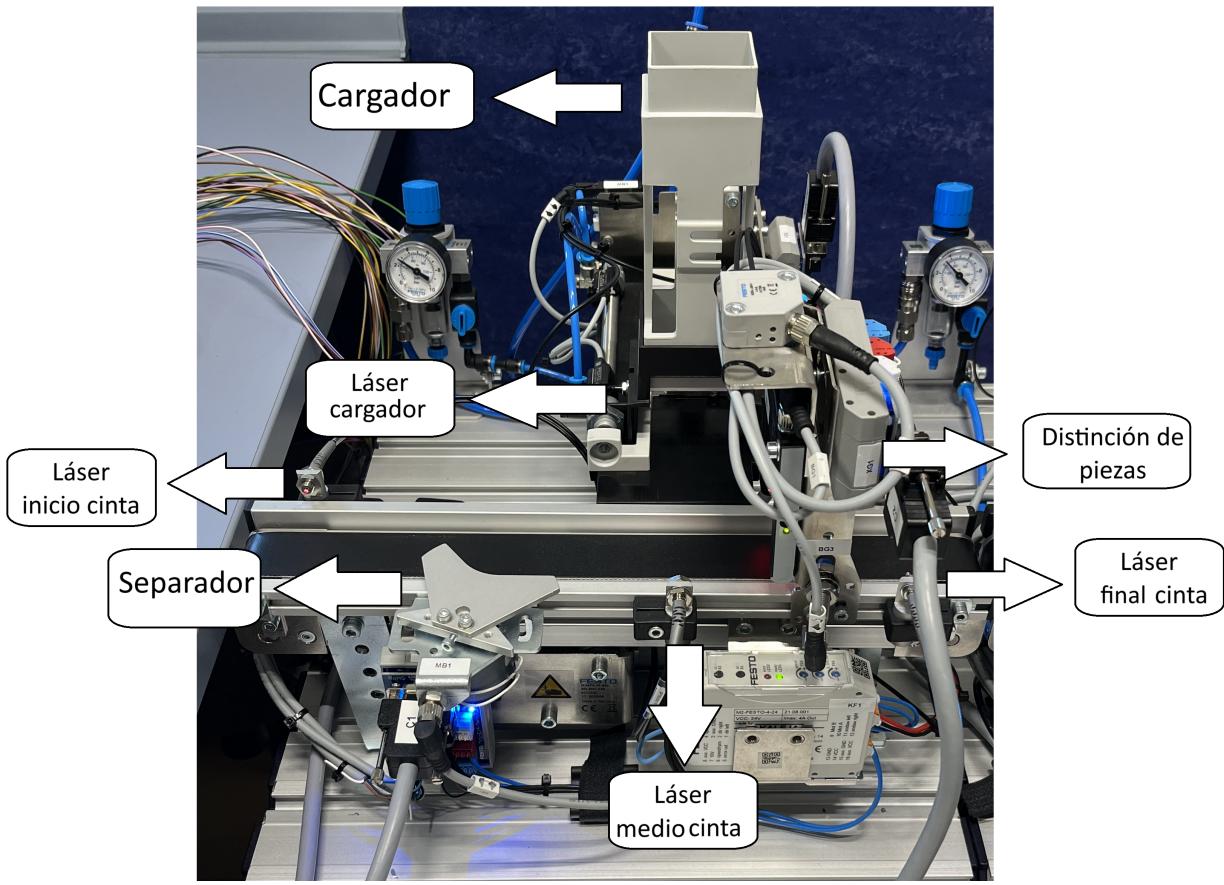


Figura 3.3: Componentes de la estación distribución.

3.2. Estación unión

La estación de unión de Festo Didactic² simula un proceso industrial en el que se unen dos piezas mediante un actuador neumático equipado con una ventosa (Pick&Place) [Frank Ebel, 2020b]. El objetivo de esta estación es colocarle o retirarle las tapas a las piezas que estén correctamente orientadas y así terminar la secuencia. La estación está compuesta por un brazo neumático, dos cintas para mover las piezas y tapas, sensores que detectan su presencia y adicionalmente un sensor cuya función es detectar la orientación de las piezas [Frank Ebel, 2020b]. Esta estación permite realizar prácticas de automatización como control secuencial, posicionamiento y verificación del montaje. Es ideal para formación técnica en tareas típicas de ensamblaje automatizadas. Además se adjuntan las características generales de la estación como se puede ver en el gráfico 3.5:

²Image retrieved Festo.com. (N.d.). Retrieved June 4, 2025, from https://www.festo.com/es/es/p/estacion-de-union-id_PROD_DID_8063910/

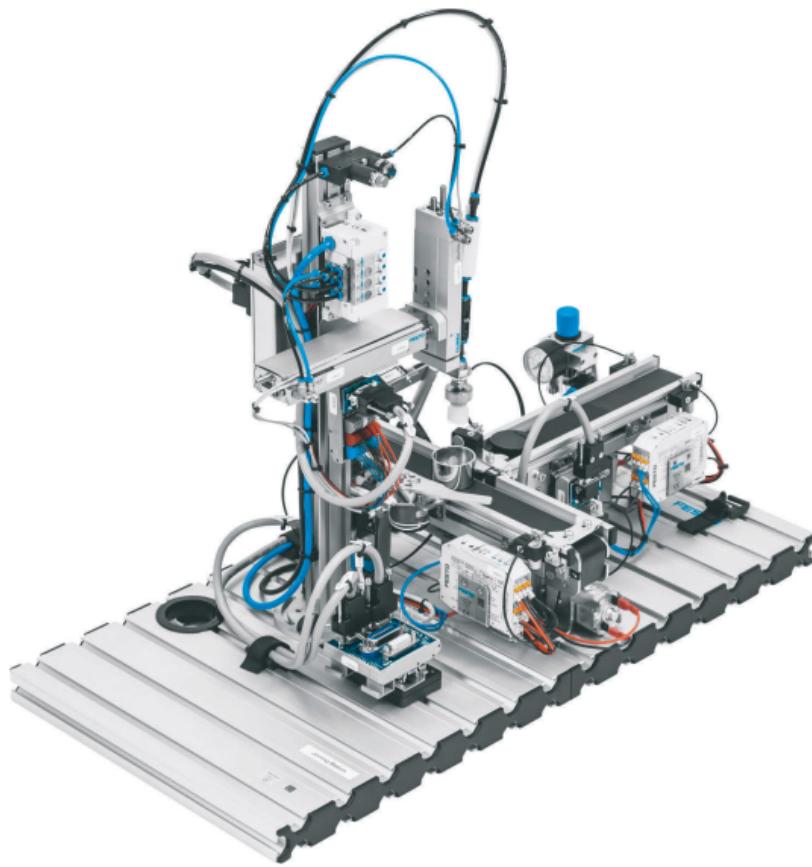


Figura 3.4: Estación unión. [Frank Ebel, 2020b]

Parámetro	Valor
Presión de funcionamiento	600 kPa (6 bar)
Tensión de alimentación	24 V CC 4 A, ≤ 100 W potencia de salida, PELV fuente de alimentación limitada de energía (LPS)
Entradas/salidas digitales Entradas: 9 (10) Salidas: 10	máx. 24 V DC máx. 2 A por salida máx. 4 A en total
Entradas/salidas analógicas Entradas: 1 (0) Salidas: 0	0...10 V DC 0 ± 10 V DC
Conecotor eléctrico	Conecotor IEEE 488 de 24 polos (SysLink) Conecotor D-Sub de 15 polos
Conexión neumática	Tubo flexible de material sintético de diámetro exterior de 6 mm
Consumo de aire comprimido con 600 kPa (ciclo continuo)	3 l/min
Dimensiones	350 mm x 700 mm x 450 mm
Reservado el derecho de modificación	

Figura 3.5: Características generales de la estación unión. [Frank Ebel, 2020b]

El Módulo de **Cinta Transportadora 1** transporta, separa y acumula piezas de hasta 40 mm de diámetro. Está impulsado por un motor de corriente continua con control de velocidad y dirección, y utiliza sensores ópticos para detectar la presencia de piezas al inicio, medio y al final de la cinta [Frank Ebel, 2020b]. Un electroimán que actúa como retenedor permite detener y liberar piezas individualmente a la altura del brazo, y un sensor difuso con salida digital y analógica identifica la orientación de las piezas el cual se ayuda de un retenedor para poder hacerlo correctamente sin que se mueva la pieza [Frank Ebel, 2020b].

El Módulo de **Cinta Transportadora 2** tiene funciones similares, pero está diseñado para manejar tanto cuerpos de piezas como tapas. También utiliza un motor de corriente continua y sensores ópticos para controlar el flujo de materiales [Frank Ebel, 2020b].

El Módulo **Pick&Place** es un manipulador de dos ejes que utiliza carros deslizantes de precisión y sensores de proximidad para detectar las posiciones finales. Puede equiparse con una ventosa de fuelle o un gripper paralelo para agarrar las piezas, y cuenta con un filtro de vacío y un presostato para asegurar una sujeción fiable [Frank Ebel, 2020b]. La fuerza del eje vertical puede ajustarse mediante un regulador de presión, y el módulo incluye todos los componentes necesarios para su funcionamiento, como generador de vacío, válvulas y conexiones eléctricas [Frank Ebel, 2020b].

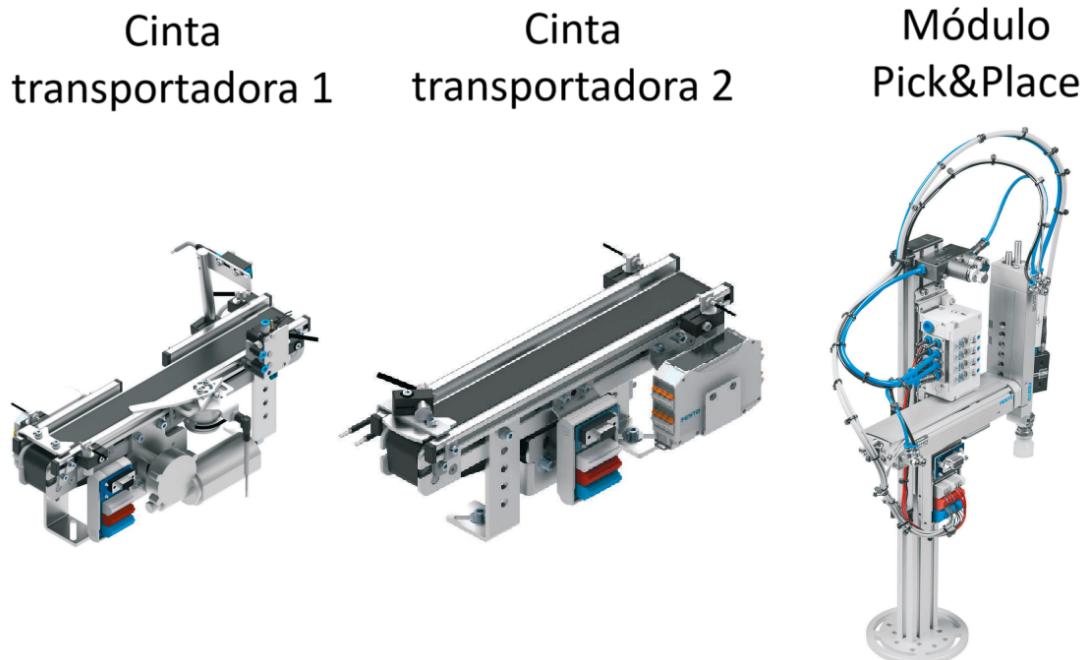


Figura 3.6: Componentes de la estación unión. [Frank Ebel, 2020b]

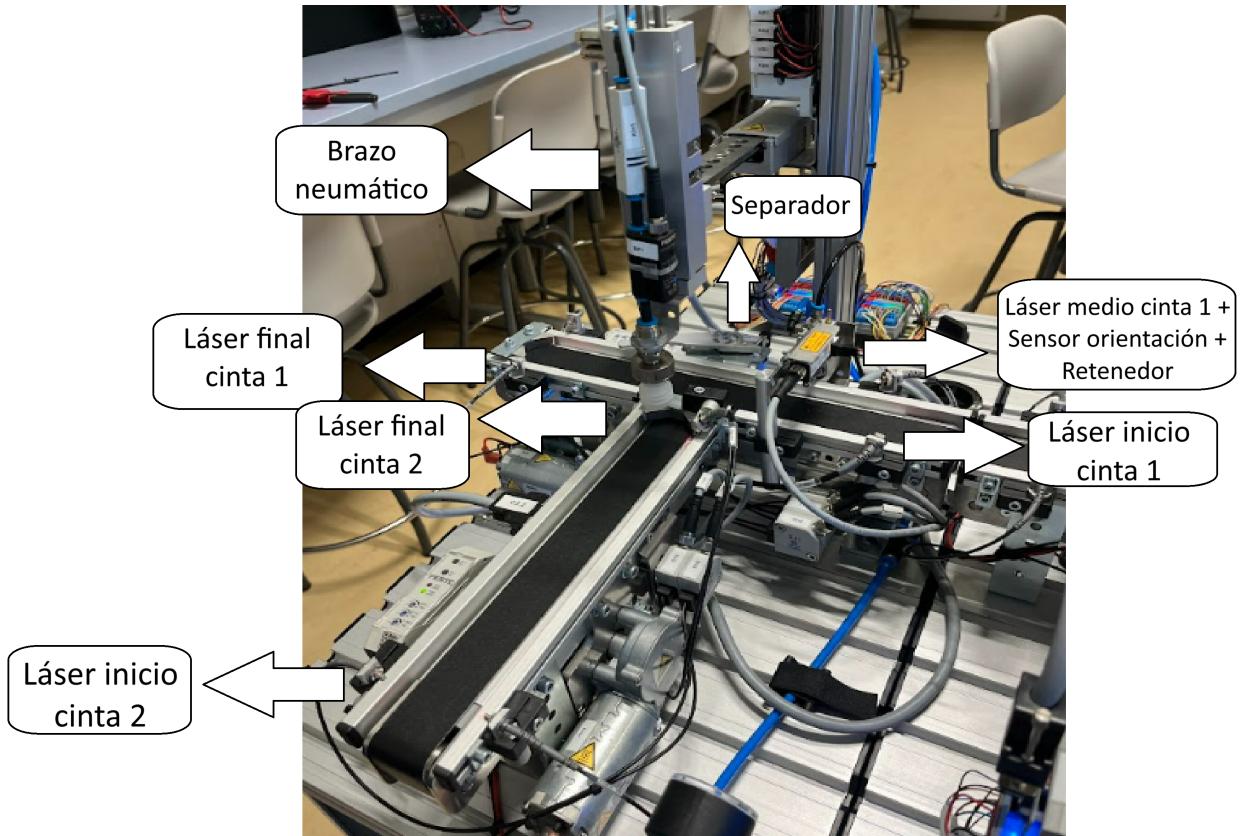


Figura 3.7: Componentes de la estación unión.

3.3. PLCs Siemens 1200s

Para la elaboración de este trabajo se ha utilizado el PLC Siemens S7-1200, concretamente el modelo **6ES7 215-1BG40-0XB0**. Este modelo forma parte de la familia de controladores compactos de Siemens, ampliamente utilizados en aplicaciones de automatización industrial. El PLC corresponde a la CPU 1215C con alimentación AC/DC y salidas a relé, lo que le otorga una gran versatilidad para controlar y supervisar sistemas de pequeña y mediana escala [Siemens, 2025].

Entre sus características más destacadas se encuentran sus 14 entradas digitales de 24 V DC, 10 salidas digitales tipo relé de 2 A, 2 entradas analógicas (0–10 V DC) y 2 salidas analógicas (0–20 mA DC) [Siemens, 2025]. Esta combinación de entradas y salidas permite conectar una gran variedad de sensores y actuadores directamente al PLC sin necesidad de módulos adicionales, lo que reduce costes y espacio en armarios de control.

En términos de comunicación, esta CPU incorpora dos puertos PROFINET con función de switch integrado, lo que facilita su integración en redes industriales y la comunicación con dispositivos HMI, otros PLCs o sistemas SCADA [Siemens, 2025].

Además, es compatible con protocolos de comunicación abiertos como TCP/IP, ISO-on-TCP, UDP y MODBUS, y permite el uso de servidor OPC UA mediante licencia, una característica clave para entornos de Industria 4.0 [Siemens, 2025].



Figura 3.8: PLC Siemens 1215 AC/DC/RLY. [Siemens, 2025]

Su programación se realiza a través del software **STEP 7 (TIA Portal)** versión V20 o superior, ofreciendo compatibilidad con lenguajes como KOP (diagrama de contactos), FUP (diagrama de funciones) y SCL (lenguaje estructurado) [Siemens, 2025]. También dispone de funciones tecnológicas avanzadas como control PID, contadores de alta velocidad (hasta 100 kHz), y posicionamiento, lo cual amplía sus capacidades para aplicaciones más exigentes [Siemens, 2025].

En cuanto a su hardware, presenta una memoria de trabajo de 200 kB y una memoria de carga de 4 MB, además de la posibilidad de insertar una tarjeta SIMATIC Memory Card para ampliar almacenamiento o realizar copias de seguridad [Siemens, 2025]. El diseño compacto ($130 \times 100 \times 75$ mm) y el grado de protección IP20 lo hacen ideal para entornos industriales controlados.

3.4. HMI

El HMI utilizado para este proyecto es el **SIMATIC HMI KTP700 Basic PN**. Este es un panel HMI de la segunda generación de Basic Panels de Siemens, diseñado para ofrecer una interfaz hombre-máquina eficiente, compacta y rentable en tareas de visualización y operación dentro de entornos industriales. Este modelo cuenta con una pantalla táctil de 7 pulgadas, con una resolución de 800×480 píxeles (WVGA) y

una profundidad de color de 64.000 colores, lo que proporciona una visualización clara, detallada y moderna de los procesos industriales [Siemens, 2024].

Una de sus principales ventajas es la combinación de pantalla táctil y teclas de función (8 teclas de función programables), lo cual permite al operador interactuar de forma rápida e intuitiva con el sistema, incluso con guantes o en entornos con condiciones difíciles. El panel también está equipado con una interfaz PROFINET integrada, lo que lo hace ideal para la comunicación directa con controladores SIMATIC S7-1200 y otros dispositivos de automatización compatibles [Siemens, 2024].

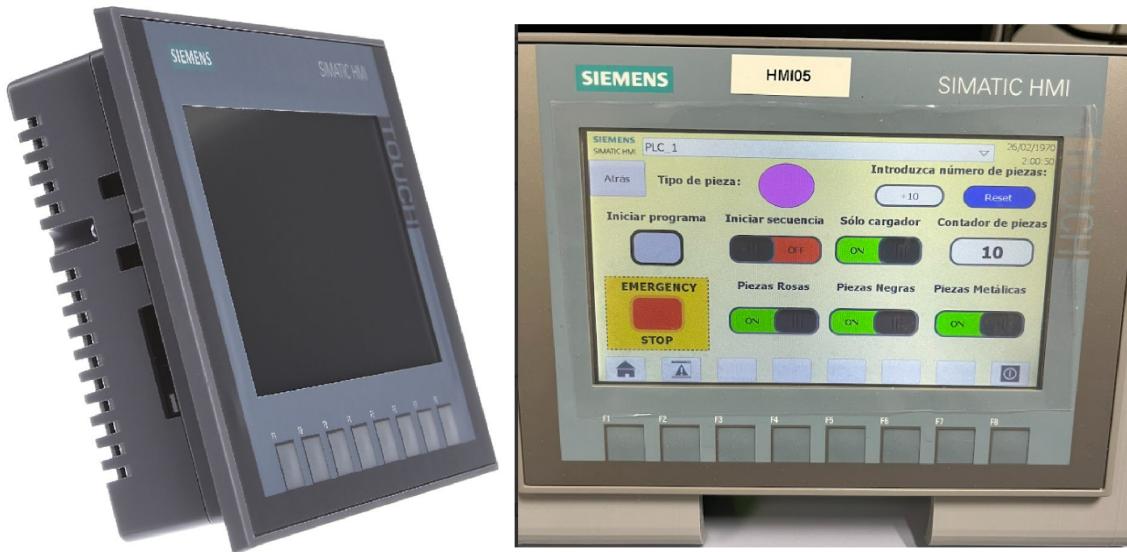


Figura 3.9: SIMATIC HMI KTP700 Basic PN.

El KTP700 Basic PN dispone de una interfaz USB que permite conectar dispositivos periféricos como ratones, teclados o memorias USB para la transferencia de recetas, actualizaciones de firmware o copias de seguridad de datos de usuario [Siemens, 2024]. Además, este HMI admite la configuración y programación a través del entorno de desarrollo TIA Portal (Totally Integrated Automation) con WinCC Basic, lo que asegura una integración coherente y eficiente con el resto de componentes del sistema de automatización [Siemens, 2024].

En cuanto a su diseño físico, el dispositivo tiene unas dimensiones compactas de $214 \times 158 \times 39$ mm y está pensado para montaje en panel [Siemens, 2024]. Cuenta con una protección frontal IP65, lo que le confiere resistencia frente a polvo y chorros de agua, haciéndolo apto para condiciones industriales exigentes [Siemens, 2024]. También incluye funciones como alarmas, tendencias, gestión de recetas y multilenguaje, lo que lo convierte en una solución versátil para aplicaciones industriales básicas.

3.5. TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) es una plataforma de ingeniería desarrollada por Siemens que integra en un único entorno todas las herramientas necesarias para la configuración, programación, supervisión y mantenimiento de sistemas de automatización industrial. Fue diseñado con el objetivo de unificar y simplificar la ingeniería de proyectos, mejorando la eficiencia en el desarrollo, la puesta en marcha y la operación de sistemas de control.

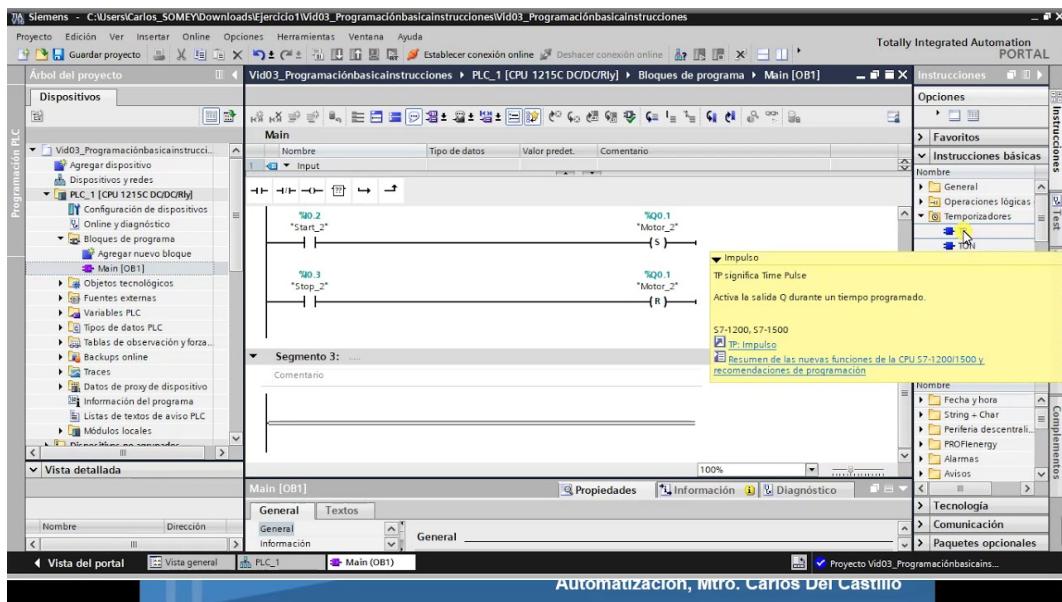


Figura 3.10: Pantallazo de la aplicación TIA Portal.

Esta plataforma permite trabajar de forma integrada con controladores PLC, interfaces HMI, sistemas SCADA, variadores de velocidad, dispositivos de seguridad y redes industriales, todo desde una única interfaz [Siemens, 2019]. El entorno TIA Portal combina software como STEP 7 (para programación de PLC), WinCC (para interfaces HMI y SCADA), Startdrive (para variadores SINAMICS), Safety Advanced (para funciones de seguridad) y Energy Suite (para gestión energética) [Siemens, 2019].

En este proyecto se ha utilizado la versión **TIA Portal V16**, la cual permite dividir los proyectos en unidades de software independientes, permitiendo una programación modular con interfaces definidas [Siemens, 2019]. Esto facilita la colaboración entre varios ingenieros, mejora la reutilización de código y simplifica la gestión de proyectos complejos.

En cuanto a la programación de PLCs, TIA Portal V16 ofrece soporte completo para los controladores SIMATIC S7-1200, S7-1500, S7-300 y S7-400, así como para soluciones

de seguridad integradas mediante STEP 7 Safety [Siemens, 2019]. La integración con WinCC permite el diseño y configuración de interfaces HMI.

La plataforma también incluye herramientas de simulación como PLCSIM y HMISIM, que permiten probar y validar la lógica de control y las interfaces HMI sin necesidad de hardware físico [Siemens, 2019]. Esto reduce los tiempos de desarrollo y facilita la detección temprana de errores. Además, la compatibilidad con estándares abiertos y protocolos de comunicación como PROFINET, OPC UA y Modbus garantiza una integración fluida con otros sistemas y dispositivos en entornos de automatización industrial [Siemens, 2019].

3.6. Brazo UR5e

El UR5e es un brazo robótico colaborativo de seis ejes desarrollado por Universal Robots, diseñado para automatizar tareas industriales de forma segura y eficiente. Con una capacidad de carga útil de hasta 5 kg y un alcance de 850 mm, el UR5e es especialmente adecuado para aplicaciones que requieren precisión y flexibilidad, como ensamblaje, manipulación de materiales, soldadura ligera y pruebas de calidad [Robots, 2019].



Figura 3.11: Robot UR5e de Universal Robots. [Robots, 2019]

Una de las características distintivas del UR5e es su diseño colaborativo, que permite su integración en entornos donde comparte espacio con operadores humanos sin necesidad de barreras de seguridad, siempre que se realice una evaluación de riesgos adecuada [Robots, 2019]. Esto es posible gracias a sus sensores de fuerza y par integrados, que detectan contactos inesperados y detienen el movimiento del robot para evitar lesiones o daños [Robots, 2019].

El UR5e se controla mediante el software PolyScope, una interfaz intuitiva que se opera a través de un panel de enseñanza con pantalla táctil. PolyScope permite programar el robot de manera sencilla, incluso sin experiencia previa en programación, mediante la guía manual del brazo para enseñar posiciones y trayectorias [Robots, 2019]. Para usuarios avanzados, también se ofrece la posibilidad de programar utilizando el lenguaje URScript, lo que proporciona un mayor control y flexibilidad en aplicaciones complejas.

Su diseño ligero, con un peso total de aproximadamente 20,6 kg, permite montarlo en diversas orientaciones y ubicaciones, adaptándose a diferentes necesidades de producción [Robots, 2019]. Además, el UR5e es compatible con una amplia gama de accesorios y herramientas a través del ecosistema UR+, que ofrece soluciones certificadas para tareas específicas, como pinzas, cámaras y sensores adicionales [Robots, 2019].

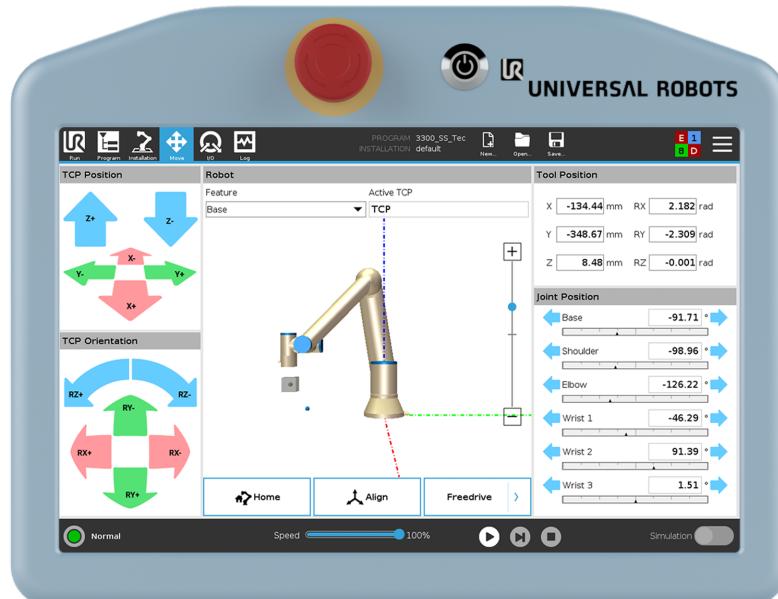


Figura 3.12: Pantalla táctil PolyScope. [?]

Capítulo 4

Diseño

Quizás algún fragmento de libro inspirador...

Autor, Título

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo. En este capítulo (y quizás alguno más) es donde, por fin, describes detalladamente qué has hecho y qué experimentos has llevado a cabo para validar tus desarrollos.

4.1. Snippets

Puede resultar interesante, para clarificar la descripción, mostrar fragmentos de código (o *snippets*) ilustrativos. En el Código 4.1 vemos un ejemplo escrito en C++.

```
void Memory::hypothesizeParallelograms () {
    for(it1 = this->controller->segmentMemory.begin(); it1++) {
        squareFound = false; it2 = it1; it2++;
        while ((it2 != this->controller->segmentMemory.end()) && (!squareFound))
        {
            if (geometry::haveACommonVertex((*it1), (*it2), &square)) {
                dist1 = geometry::distanceBetweenPoints3D ((*it1).start, (*it1).end);
                dist2 = geometry::distanceBetweenPoints3D ((*it2).start, (*it2).end);
            }
        // [...]
    }
}
```

Código 4.1: Función para buscar elementos 3D en la imagen

En el Código 4.2 vemos un ejemplo escrito en Python.

4.2. Verbatim

Para mencionar identificadores usados en el código —como nombres de funciones o variables— en el texto, usa el entorno literal o verbatim

```

def mostrarValores():
    print (w1.get(), w2.get())

master = Tk()
w1 = Scale(master, from_=0, to=42)
w1.pack()
w2 = Scale(master, from_=0, to=200, orient=HORIZONTAL)
w2.pack()
Button(master, text='Show', command=mostrarValores).pack()

mainloop()

```

Código 4.2: Cómo usar un Slider

`hypothesizeParallelograms()`. También se puede usar este entorno para varias líneas, como se ve a continuación:

```

void Memory::hypothesizeParallelograms () {
    // add your code here
}

```

4.3. Ecuaciones

Si necesitas insertar alguna ecuación, puedes hacerlo. Al igual que las figuras, no te olvides de referenciarlas. A continuación se exponen algunas ecuaciones de ejemplo: Ecuación 4.1 y Ecuación 4.2.

$$H = 1 - \frac{\sum_{i=0}^N \left(\frac{d_{js} + d_{je}}{2} \right)}{M} \quad (4.1)$$

Ecuación 4.1: Ejemplo de ecuación con fracciones

$$v(\text{entrada}) = \begin{cases} 0 & \text{if } \epsilon_t < 0,1 \\ K_p \cdot (T_t - T) & \text{if } 0,1 \leq \epsilon_t < M_t \\ K_p \cdot M_t & \text{if } M_t < \epsilon_t \end{cases} \quad (4.2)$$

Ecuación 4.2: Ejemplo de ecuación con array y letras y símbolos especiales

4.4. Tablas o cuadros

Si necesitas insertar una tabla, hazlo dignamente usando las propias tablas de L^AT_EX, no usando pantallazos e insertándolas como figuras... En el Cuadro 4.1 vemos

un ejemplo.

Parámetros	Valores
Tipo de sensor	Sony IMX219PQ[7] CMOS 8-Mpx
Tamaño del sensor	3.674 x 2.760 mm (1/4"format)
Número de pixels	3280 x 2464 (active pixels)
Tamaño de pixel	1.12 x 1.12 um
Lente	f=3.04 mm, f/2.0
Ángulo de visión	62.2 x 48.8 degrees
Lente SLR equivalente	29 mm

Cuadro 4.1: Parámetros intrínsecos de la cámara

Capítulo 5

Conclusiones

Quizás algún fragmento de libro inspirador...

Autor, Título

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo, que básicamente será una recapitulación de los problemas que has abordado, las soluciones que has prouesto, así como los experimentos llevados a cabo para validarlos. Y con esto, cierras la memoria.

5.1. Conclusiones

Enumera los objetivos y cómo los has cumplido.

Enumera también los requisitos implícitos en la consecución de esos objetivos, y cómo se han satisfecho.

No olvides dedicar un par de párrafos para hacer un balance global de qué has conseguido, y por qué es un avance respecto a lo que tenías inicialmente. Haz mención expresa de alguna limitación o peculiaridad de tu sistema y por qué es así. Y también, qué has aprendido desarrollando este trabajo.

Por último, añade otro par de párrafos de líneas futuras; esto es, cómo se puede continuar tu trabajo para abarcar una solución más amplia, o qué otras ramas de la investigación podrían seguirse partiendo de este trabajo, o cómo se podría mejorar para conseguir una aplicación real de este desarrollo (si es que no se ha llegado a conseguir).

5.2. Corrector ortográfico

Una vez tengas todo, no olvides pasar el corrector ortográfico de L^AT_EXa todos tus ficheros *.tex*. En Windows, el propio editor TeXworks incluye el corrector. En Linux, usa aspell ejecutando el siguiente comando en tu terminal:

```
aspell --lang=es --mode=tex check capitulo1.tex
```

Bibliografía

[aula 21,] aula 21. Sistema mes: La clave para una producción industrial eficiente.

Accessed on April 7, 2025.

[aula 21, 2020] aula 21 (2020). Qué es un bus de campo y para qué sirve. Accessed on April 23, 2025.

[aula21, 2023] aula21 (2023). Qué es un sistema scada, para qué sirve y cómo funciona. Accessed on May 18, 2025.

[Autexopen, 2022] Autexopen (2022). Qué es un sistema scada? información completa. Accessed on May 18, 2025.

[Automatizacionindustrial360, 2020] Automatizacionindustrial360 (2020). Ventajas y desventajas de la automatización industrial. Accessed on March 25, 2025.

[Centro de la formación técnica para la industria, 2021] Centro de la formación técnica para la industria (2021). Redes de comunicación industrial: todo lo que debes saber. Accessed on April 23, 2025.

[Centro de la formación técnica para la industria, 2024] Centro de la formación técnica para la industria (2024). Automatización industrial: Qué es y cómo funciona. Accessed on March 10, 2025.

[Computing, 2023] Computing (2023). Robótica industrial: Qué es, usos y aplicacioness. Accessed on March 26, 2025.

[Data Bridge Market Research, 2025] Data Bridge Market Research (2025). Informe de análisis del tamaño, la participación y las tendencias del mercado global de automatización industrial: panorama general del sector y pronóstico hasta 2032. Accessed on May 18, 2025.

[Esneca, 2020] Esneca (2020). Tipos de robots industriales: clasificación y características. Accessed on April 5, 2025.

[esneca, 2024] esneca (2024). ¿cuáles son las partes de un robot? Accessed on May 26, 2025.

[ferrovial, 2022] ferrovial (2022). Robótica. Accessed on May 6, 2025.

[Frank Ebel, 2020a] Frank Ebel, M. E. (2020a). Distributing/conveyor station. Documento en formato PDF.

[Frank Ebel, 2020b] Frank Ebel, M. E. (2020b). Joining station. Documento en formato PDF.

[GSL industrias, 2021] GSL industrias (2021). ¿qué es un plc y cómo funciona? Accessed on April 17, 2025.

[I-MAS, 2022] I-MAS (2022). La evolución de la automatización industrial: del 2005 a la actualidad. Accessed on March 12, 2025.

[infoPLC.net, 2020] infoPLC.net (2020). Lenguaje grafcat - sfc. Accessed on April 17, 2025.

[ISO, 2021] ISO (2021). iso 8373:2021(en) robotics — vocabulary. Accessed on June 4, 2025.

[Iñigo Gútiez, 2024] Iñigo Gútiez (2024). Lenguaje kop o ladder: el más usado para programar plc. Accessed on April 19, 2025.

[José A. Rodríguez Mondéjar, 2022] José A. Rodríguez Mondéjar (2022). Guía gemma. Accessed on April 23, 2025.

[Maisvch, 2023] Maisvch (2023). Ethernet industrial frente a bus de campo: cómo navegar por el futuro de la comunicación industrial. Accessed on April 23, 2025.

[MCR, 2016] MCR (2016). Ventajas y desventajas de la automatización industrial. Accessed on March 25, 2025.

[MME, 2023] MME (2023). Brazo robótico industrial: características y aplicaciones. Accessed on April 10, 2025.

[MONDRAGON ENRIQUEZ ZULLY MONTSERRAT, 2023] MONDRAGON ENRIQUEZ ZULLY MONTSERRAT (2023). Línea de tiempo: Evolución de la robótica industrial. Accessed on April 10, 2025.

- [neobotikstg, 2021] neobotikstg (2021). ¿qué tipos de automatización industrial hay y cuáles necesitas? Accessed on March 16, 2025.
- [Omnielectric Web, 2024] Omnielectric Web (2024). La pirámide de automatización: Clave para la integración de sistemas en plantas industriales. Accessed on April 29, 2025.
- [Palacios Gonzalo, 2024] Palacios Gonzalo, A. (2024). El impacto de la automatización en la sustitución de mano de obra humana por robots en la industria. Master thesis on computer science, Rey Juan Carlos University.
- [PRECISION, 2023] PRECISION (2023). La evolución de las redes industriales. Accessed on April 29, 2025.
- [Robots, 2019] Robots, U. (2019). Universal robots e-series manual de usuario. Documento en formato PDF.
- [SDI, 2022] SDI (2022). ¿qué es la pirámide de la automatización? Accessed on March 10, 2025.
- [Sicma21, 2021] Sicma21 (2021). Robots industriales: tecnología y aplicaciones. Accessed on April 5, 2025.
- [Siemens, 2019] Siemens (2019). Step 7 y wincc engineering v16. Documento en formato PDF.
- [Siemens, 2024] Siemens (2024). Human machine interface systems/pc-based automation. Accessed on May 6, 2025.
- [Siemens, 2024] Siemens (2024). Paneles de operador basic panels 2nd generation. Documento en formato PDF.
- [Siemens, 2025] Siemens (2025). 6es7215-1bg40-0xb0. Accessed on May 26, 2025.
- [Sunt Automatización, 2024] Sunt Automatización (2024). 3 niveles del proceso de automatización industrial. Accessed on March 16, 2025.
- [Unir, 2021] Unir (2021). Robótica industrial: concepto, objetivo y principales aplicaciones. Accessed on March 26, 2025.
- [Universal Robots, 2025] Universal Robots (2025). Descubre polyscope. Accessed on May 28, 2025.