

MECANIZADO Y MANTEMINIMIENTO DE MÁQUINAS



TEMARIO OFICIAL ACTUALIZADO

1. Sistemas de automatización industrial: medios de manipulación, transporte y almacenamiento, semiautomáticos (electro-neumo-hidráulicos), automáticos (manipuladores, robots), células de fabricación, fabricación integrada por ordenador (CIM). Clasificación, descripción, aplicaciones. Visión artificial.

Introducción

Los sistemas de automatización industrial son fundamentales en el contexto de la industria moderna, ya que permiten optimizar procesos productivos, mejorar la eficiencia y garantizar la calidad de los productos. Estos sistemas abarcan una amplia variedad de tecnologías y dispositivos, desde medios de manipulación y transporte semiautomáticos, basados en sistemas electro-neumo-hidráulicos, hasta soluciones completamente automatizadas como manipuladores, robots industriales y células de fabricación avanzada. Además, la integración de la fabricación mediante sistemas CIM (Computer Integrated Manufacturing) y el uso de tecnologías avanzadas como la visión artificial proporcionan un control preciso y automatizado de los procesos productivos, contribuyendo significativamente a la productividad y competitividad de las empresas.

En el ámbito económico, la automatización industrial permite reducir costos operativos, incrementar la capacidad productiva y mejorar la calidad del producto final. Desde una perspectiva social, la automatización también influye en la transformación del mercado laboral, generando nuevas oportunidades de empleo especializado y potenciando la demanda de perfiles técnicos cualificados. En el entorno educativo, especialmente en la Formación Profesional (FP), estos avances requieren una actualización continua de los contenidos formativos para preparar a los futuros profesionales con las competencias necesarias en un mercado laboral cada vez más tecnológico.

En este contexto, la LOMLOE y la Ley Orgánica 3/2022 de Ordenación e Integración de la Formación Profesional refuerzan la importancia del desarrollo de las competencias del alumnado para mejorar su potencial de empleabilidad. Estos marcos normativos apuestan por una FP dual y adaptada a las necesidades del sector productivo, promoviendo la adquisición de competencias técnicas avanzadas y la capacitación práctica en entornos reales de trabajo. Así, el conocimiento profundo de los sistemas de automatización industrial y sus aplicaciones no solo mejora la empleabilidad de los estudiantes, sino que también contribuye al avance de la industria y al crecimiento económico sostenible.

A lo largo del presente tema, se abordarán en detalle los diferentes componentes de los sistemas de automatización industrial, desde los medios de manipulación y transporte hasta las tecnologías más avanzadas de visión artificial y fabricación integrada por ordenador. Asimismo,

se expondrán las diversas aplicaciones de estas tecnologías en el sector industrial y su impacto en la eficiencia y sostenibilidad de los procesos productivos.

Sistemas de automatización industrial: medios de manipulación, transporte y almacenamiento, semiautomáticos (electro-neumo-hidráulicos), automáticos (manipuladores, robots), células de fabricación, fabricación integrada por ordenador (CIM)

Los sistemas de automatización industrial juegan un papel crucial en la mejora de la eficiencia, la calidad y la seguridad de los procesos productivos. Estos sistemas permiten la automatización de tareas repetitivas, el control preciso de operaciones complejas y la optimización de los recursos materiales y humanos. A continuación, se analizarán los diferentes tipos de sistemas de automatización industrial, desde los semiautomáticos basados en tecnologías electro-neumo-hidráulicas hasta los sistemas automáticos avanzados, como manipuladores, robots industriales, células de fabricación y sistemas CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Medios de manipulación, transporte y almacenamiento semiautomáticos (electro-neumo-hidráulicos)

Los sistemas semiautomáticos de manipulación, transporte y almacenamiento emplean tecnologías combinadas de electricidad, neumática e hidráulica para facilitar operaciones controladas parcialmente por operarios. Estos sistemas se utilizan en procesos donde la intervención humana es necesaria para ciertas decisiones o ajustes, pero las acciones repetitivas son automatizadas para aumentar la eficiencia y reducir la carga física del trabajador.

1. **Sistemas electro-neumáticos:** Utilizan la combinación de energía eléctrica y aire comprimido para accionar cilindros y válvulas. Son comunes en líneas de montaje donde se requiere velocidad y precisión en movimientos lineales y rotativos.
2. **Sistemas electro-hidráulicos:** Estos sistemas emplean motores eléctricos para accionar bombas hidráulicas, las cuales proporcionan una gran fuerza mecánica para mover componentes pesados. Se utilizan en maquinaria de construcción y en prensas industriales.
3. **Sistemas híbridos:** Combinan las ventajas de la neumática (movimientos rápidos) con la potencia de la hidráulica, permitiendo una mayor flexibilidad y eficiencia en procesos de manipulación y transporte de materiales.

En aplicaciones industriales, estos sistemas son utilizados en transportadores, elevadores, mesas giratorias y plataformas móviles, especialmente en sectores como la automoción, la logística y el almacenamiento.

Sistemas automáticos: manipuladores y robots industriales

La automatización completa de procesos industriales se logra mediante el uso de manipuladores y robots industriales. Estos dispositivos están diseñados para realizar tareas repetitivas con alta precisión y velocidad, reduciendo los errores humanos y mejorando la seguridad en el entorno de trabajo.

1. **Manipuladores industriales:** Son dispositivos mecánicos que permiten el movimiento de objetos pesados o peligrosos. Se controlan mediante sistemas hidráulicos, neumáticos o eléctricos, y son ideales para tareas de carga y descarga, paletización y ensamblaje.
2. **Robots industriales:** Son máquinas programables con múltiples grados de libertad que permiten realizar tareas complejas como soldadura, pintura, manipulación de piezas y ensamblaje de componentes electrónicos. Existen diferentes tipos de robots industriales:
 - **Robots articulados:** Tienen múltiples ejes de rotación, proporcionando una gran flexibilidad de movimientos.
 - **Robots cartesianos:** Se mueven en ejes lineales, lo que los hace ideales para tareas de precisión en entornos controlados.
 - **Robots SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm):** Especializados en tareas de ensamblaje rápido y preciso.
 - **Robots colaborativos (cobots):** Diseñados para trabajar de manera segura junto a los operarios humanos, sin necesidad de barreras físicas.

El uso de robots industriales es clave en sectores como la automoción, la electrónica, la alimentación y la logística, donde se requiere precisión, velocidad y adaptabilidad a diferentes procesos productivos.

Células de fabricación

Las células de fabricación son unidades autónomas que integran diferentes procesos industriales mediante la combinación de máquinas, robots y sistemas de control automatizado. Estas células permiten la fabricación flexible y eficiente de productos, adaptándose a variaciones en la demanda o en el diseño de los productos.

1. **Células de fabricación flexibles (FMS):** Permiten la producción de diferentes productos sin necesidad de grandes cambios en la configuración de las máquinas. Se utilizan en líneas de producción de automóviles, componentes electrónicos y productos personalizados.
2. **Células de trabajo automatizadas:** Incluyen robots, transportadores, sistemas de control y estaciones de trabajo que operan de manera coordinada para llevar a cabo procesos complejos de fabricación. Son esenciales en la industria de bienes de consumo, donde la velocidad y la eficiencia son fundamentales.

3. **Integración con sistemas de visión artificial:** Las células de fabricación avanzadas suelen incorporar cámaras y sistemas de procesamiento de imágenes que permiten la inspección automática de piezas y el control de calidad en tiempo real.

Fabricación integrada por ordenador (CIM)

La Fabricación Integrada por Ordenador (CIM) representa el máximo nivel de automatización industrial, integrando todas las fases del proceso productivo mediante sistemas informáticos. Desde el diseño asistido por ordenador (CAD) hasta la planificación de la producción (CAM) y la gestión de la logística (ERP), el CIM permite una gestión integral y automatizada de la cadena de suministro.

1. **Sistemas CAD/CAM:** Permiten el diseño digital de productos y su transferencia directa a las máquinas de producción, reduciendo los tiempos de desarrollo y mejorando la precisión.
2. **Sistemas de control de la producción (MES):** Supervisan y optimizan los procesos de fabricación en tiempo real, proporcionando datos valiosos para la toma de decisiones.
3. **Sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP):** Integran la gestión de inventarios, pedidos, producción y distribución, facilitando la coordinación eficiente de todos los recursos de la empresa.

El CIM es ampliamente utilizado en la fabricación de automóviles, la industria aeroespacial y la producción de componentes electrónicos, donde la complejidad y la precisión de los procesos requieren un control automatizado integral.

En resumen, los sistemas de automatización industrial abarcan desde soluciones semiautomáticas basadas en tecnologías electro-neumo-hidráulicas hasta sistemas completamente automatizados con robots, células de fabricación y CIM. Estos sistemas no solo mejoran la eficiencia y la seguridad en el entorno industrial, sino que también permiten adaptarse rápidamente a los cambios del mercado y a las innovaciones tecnológicas. En el próximo epígrafe se abordará la clasificación detallada de estos sistemas, así como sus aplicaciones específicas en distintos sectores productivos.

Clasificación, descripción, aplicaciones

La automatización industrial abarca una amplia variedad de sistemas y tecnologías que se clasifican en función de su grado de automatización, el tipo de tareas que realizan y las aplicaciones específicas en las que se utilizan. Estos sistemas permiten optimizar procesos productivos, mejorar la eficiencia operativa y garantizar la calidad en la fabricación de productos. A continuación, se presenta una clasificación detallada de los sistemas de automatización industrial, su descripción técnica y las aplicaciones más destacadas en diferentes sectores productivos.

Clasificación de los sistemas de automatización industrial

Los sistemas de automatización industrial se pueden clasificar en tres grandes categorías:

1. **Sistemas semiautomáticos:** Requieren de la intervención humana para ciertas operaciones, aunque la ejecución de tareas repetitivas o de precisión se realiza mediante sistemas automatizados. Estos incluyen:
 - **Sistemas electro-neumo-hidráulicos:** Combinan tecnologías eléctricas, neumáticas e hidráulicas para controlar actuadores y sistemas de manipulación de cargas pesadas.
 - **Ejemplos:** Prensas hidráulicas, sistemas de control neumático en líneas de ensamblaje, elevadores de carga.
2. **Sistemas automáticos:** Operan de manera autónoma mediante el uso de manipuladores, robots industriales y células de fabricación. Estos sistemas son programables y permiten realizar tareas complejas sin intervención humana directa.
 - **Manipuladores industriales:** Dispositivos mecánicos utilizados para mover objetos pesados o peligrosos en entornos de fabricación.
 - **Robots industriales:** Programables y con múltiples grados de libertad, se utilizan en tareas como soldadura, ensamblaje, pintura y manipulación de materiales.
 - **Células de fabricación (FMS):** Integran diferentes equipos automatizados en una unidad de producción flexible y adaptable.
3. **Sistemas de fabricación integrada por ordenador (CIM):** Estos sistemas representan la máxima integración de la automatización, permitiendo el control de todo el proceso productivo desde el diseño hasta la distribución mediante el uso de sistemas informáticos avanzados.
 - **Tecnologías involucradas:** CAD/CAM para el diseño y la producción, MES (Manufacturing Execution Systems) para la planificación de la producción y ERP (Enterprise Resource Planning) para la gestión de recursos empresariales.

Descripción técnica de los sistemas de automatización

1. Sistemas semiautomáticos

Los sistemas semiautomáticos combinan la operación manual con tecnologías automatizadas para facilitar tareas de manipulación y transporte. Estos sistemas son comunes en líneas de montaje y procesos logísticos donde la intervención humana es necesaria para el control o la toma de decisiones.

- **Tecnología electro-neumo-hidráulica:**
 - *Componentes principales:* Válvulas solenoides, actuadores neumáticos, bombas hidráulicas, sensores de presión.
 - *Funcionamiento:* Un controlador eléctrico activa válvulas neumáticas o hidráulicas que generan el movimiento de actuadores. Se utiliza en aplicaciones que requieren alta velocidad (neumática) o gran fuerza (hidráulica).

- **Aplicaciones:**
 - Transporte de materiales en cintas transportadoras.
 - Elevación y movimiento de cargas en almacenes.
 - Prensas y máquinas de conformado de materiales.

2. Sistemas automáticos

Los sistemas automáticos eliminan la necesidad de intervención humana directa mediante el uso de dispositivos programables y sistemas de control avanzados.

- **Manipuladores industriales:**
 - *Características:* Movimientos controlados en ejes específicos, capacidad para manipular objetos pesados o frágiles con precisión.
 - *Aplicaciones:* Carga y descarga de máquinas CNC, paletización, ensamblaje de piezas.
- **Robots industriales:**
 - *Tipos:*
 - *Robots cartesianos:* Movimientos lineales en ejes X, Y y Z, ideales para operaciones de pick-and-place.
 - *Robots articulados:* Flexibilidad en movimientos tridimensionales, utilizados en soldadura y pintura.
 - *Cobots (robots colaborativos):* Pueden trabajar junto a humanos de forma segura.
 - *Aplicaciones:*
 - En la industria automotriz, para ensamblaje y soldadura.
 - En la industria alimentaria, para empaquetado y manipulación higiénica de productos.
 - En logística, para la clasificación y transporte de mercancías.
- **Células de fabricación (FMS):**
 - *Descripción:* Unidades autónomas que integran diferentes procesos productivos mediante la automatización de máquinas y el uso de robots.
 - *Aplicaciones:*
 - Producción flexible en la industria del automóvil.
 - Fabricación de dispositivos electrónicos y componentes de precisión.
 - Adaptación rápida a cambios en la producción sin necesidad de detener la línea de fabricación.

3. Sistemas CIM (Computer Integrated Manufacturing)

El sistema CIM permite una integración total de los procesos productivos mediante el uso de tecnologías informáticas avanzadas. Estos sistemas permiten controlar desde el diseño del producto hasta la planificación de la producción y la distribución.

- **Componentes del sistema CIM:**
 - *CAD (Computer-Aided Design)*: Permite el diseño detallado de productos en un entorno digital.
 - *CAM (Computer-Aided Manufacturing)*: Traduce los diseños en instrucciones para máquinas CNC.
 - *MES (Manufacturing Execution Systems)*: Controla y supervisa el proceso de producción en tiempo real.
 - *ERP (Enterprise Resource Planning)*: Integra la gestión de inventarios, producción, ventas y distribución.
- **Aplicaciones:**
 - En la industria aeroespacial, para la fabricación de componentes complejos con alta precisión.
 - En la electrónica, para la producción automatizada de circuitos impresos.
 - En la industria farmacéutica, para el control de calidad y la trazabilidad de productos.

Aplicaciones prácticas en diferentes sectores

Los sistemas de automatización industrial tienen aplicaciones transversales en múltiples sectores industriales, destacando:

1. **Industria automotriz:**
 - Uso de robots para ensamblaje y soldadura de chasis.
 - Células de fabricación para la producción de componentes específicos.
2. **Industria alimentaria:**
 - Sistemas automáticos para el envasado y etiquetado de productos.
 - Manipuladores para la carga y descarga de materiales en líneas de producción.
3. **Logística y almacenamiento:**
 - Cintas transportadoras automáticas para la clasificación de paquetes.
 - Sistemas semiautomáticos de carga y descarga en almacenes automatizados.
4. **Industria farmacéutica:**
 - Aplicación de sistemas CIM para garantizar la trazabilidad de medicamentos.
 - Uso de robots colaborativos en entornos estériles.

La clasificación y descripción de los sistemas de automatización industrial demuestran su versatilidad y su capacidad para adaptarse a las necesidades específicas de diferentes sectores productivos. La combinación de tecnologías semiautomáticas y automáticas, junto con la integración informática del CIM, permite optimizar los procesos industriales y mejorar la competitividad empresarial. En el siguiente epígrafe se profundizará en el uso de la visión artificial, una tecnología clave para la mejora del control de calidad y la precisión en los procesos automatizados.

Visión artificial

La visión artificial es una tecnología clave en los sistemas de automatización industrial, permitiendo que las máquinas "vean" y analicen su entorno mediante cámaras y algoritmos avanzados de procesamiento de imágenes. Esta capacidad es fundamental para automatizar tareas complejas, aumentar la precisión y mejorar la eficiencia en los procesos industriales. Su integración en sistemas automáticos y semiautomáticos, desde líneas de producción hasta células de fabricación, ha transformado la forma en la que las industrias operan.

Fundamentos de la visión artificial

La visión artificial se basa en la captura de imágenes a través de sensores ópticos, que convierten la luz en señales digitales. Estas imágenes se procesan mediante algoritmos especializados que permiten identificar patrones, reconocer objetos y evaluar características específicas del entorno. Entre las técnicas más comunes se encuentran el procesamiento de imágenes, la segmentación, el análisis de bordes y la detección de formas y colores.

En el ámbito industrial, se emplean sistemas basados en redes neuronales y algoritmos de aprendizaje automático, que permiten que los dispositivos de visión artificial aprendan y mejoren su precisión con el tiempo. Estos sistemas se integran habitualmente con software de control industrial, lo que facilita su uso en procesos automatizados complejos.

Aplicaciones en la automatización industrial

La visión artificial se utiliza en una amplia gama de aplicaciones industriales, destacando en el control de calidad, la clasificación de productos y la monitorización de procesos. En las líneas de producción, permite la inspección automática de productos, detectando defectos en tiempo real y retirando los artículos defectuosos antes de que lleguen al consumidor. Esto mejora la eficiencia y reduce los costes asociados a productos defectuosos.

En los sistemas automáticos, como los manipuladores y robots industriales, la visión artificial es fundamental para la manipulación precisa de objetos. Los robots dotados con cámaras pueden identificar piezas, ajustar su posición y realizar tareas complejas de ensamblaje o soldadura con gran precisión. Además, en las células de fabricación, la visión artificial se utiliza para la sincronización de procesos, asegurando que cada componente se ubique correctamente antes de iniciar la siguiente fase de producción.

En la fabricación integrada por ordenador (CIM), la visión artificial facilita la automatización completa de procesos, permitiendo la monitorización constante y el ajuste dinámico de las líneas de producción. Los sistemas CIM utilizan la visión artificial para recopilar datos en tiempo real y alimentar sistemas de control basados en inteligencia artificial, optimizando la eficiencia de las operaciones industriales.

Herramientas y tecnologías asociadas

El desarrollo de la visión artificial en la industria requiere el uso de tecnologías específicas tanto en hardware como en software. En cuanto al hardware, se utilizan cámaras industriales, sensores 3D y sistemas de iluminación controlada, que garantizan la calidad de las imágenes capturadas. Por su parte, el software de procesamiento de imágenes, como OpenCV, HALCON o VisionPro, permite desarrollar algoritmos personalizados para cada aplicación específica.

Las técnicas de aprendizaje profundo (deep learning) también se han integrado en la visión artificial, proporcionando a los sistemas la capacidad de aprender de ejemplos previos y mejorar sus análisis con el tiempo. Esto es especialmente útil en aplicaciones donde la variabilidad de los objetos o escenarios es alta, como en la clasificación de productos con diferentes formas y colores.

Beneficios y desafíos en el entorno industrial

La visión artificial aporta numerosos beneficios al sector industrial, como la mejora en la calidad del producto, la reducción de costes operativos y el aumento de la seguridad en el trabajo. Además, permite a las empresas adaptarse rápidamente a los cambios en la producción, gracias a la flexibilidad de los sistemas basados en visión artificial.

No obstante, también presenta desafíos, como la necesidad de entrenar adecuadamente los algoritmos para evitar errores de interpretación, especialmente en condiciones de iluminación variables o en entornos con alta complejidad visual. Asimismo, la implementación de estos sistemas requiere inversiones iniciales significativas y personal cualificado para su mantenimiento y actualización.

En el contexto de la Formación Profesional, la enseñanza de la visión artificial ofrece a los estudiantes la oportunidad de adquirir competencias técnicas muy valoradas en el mercado laboral. Su integración en módulos formativos permite al alumnado familiarizarse con tecnologías avanzadas y prepararse para desempeñar funciones en sectores industriales altamente automatizados. Así, la visión artificial se convierte en una herramienta educativa que no solo mejora las capacidades técnicas del alumnado, sino que también amplía sus oportunidades de inserción laboral en un mercado cada vez más digitalizado y automatizado.

A medida que se avanza en el desarrollo de la visión artificial y su aplicación en la industria, resulta evidente la necesidad de analizar de forma integral su impacto en la automatización y su contribución al fortalecimiento de los procesos industriales. Para ello, se hace imprescindible reflexionar sobre los aspectos clave tratados y evaluar su influencia en la modernización del sector productivo, dando paso de manera natural al cierre de esta temática.

Conclusión

Los sistemas de automatización industrial representan un pilar fundamental en la evolución de los procesos productivos, proporcionando mayor eficiencia, precisión y seguridad en una amplia variedad de sectores. La automatización, a través de medios de manipulación, transporte y almacenamiento, tanto semiautomáticos como automáticos, ha permitido a las industrias optimizar sus operaciones, reducir costes y mejorar la calidad de sus productos. La integración de tecnologías electro-neumo-hidráulicas en sistemas semiautomáticos y el uso de manipuladores y robots en sistemas automáticos han ampliado significativamente las capacidades operativas y productivas de las fábricas modernas.

Las células de fabricación y la fabricación integrada por ordenador (CIM) han supuesto un avance significativo hacia la digitalización de la industria, permitiendo una gestión integral de los procesos productivos desde un enfoque centralizado y automatizado. Estas tecnologías no solo facilitan la coordinación y la eficiencia de las operaciones, sino que también permiten una adaptabilidad y flexibilidad que son cruciales en un entorno económico y tecnológico en constante cambio.

La visión artificial se presenta como un complemento esencial a estos sistemas, aportando la capacidad de monitorizar, evaluar y actuar de forma autónoma sobre la calidad y el rendimiento de los procesos industriales. Su integración con manipuladores, robots y sistemas CIM amplifica las posibilidades de automatización, logrando una mayor precisión y reduciendo la intervención humana en tareas repetitivas o peligrosas.

En el ámbito de la Formación Profesional, el conocimiento y la aplicación de estos sistemas de automatización industrial son fundamentales para dotar al alumnado de competencias clave, alineadas con las demandas del mercado laboral. La LOMLOE y la Ley Orgánica 3/2022 de Ordenación e Integración de la Formación Profesional destacan la importancia de desarrollar competencias técnicas que mejoren la empleabilidad del alumnado, un objetivo directamente relacionado con la enseñanza de tecnologías avanzadas como la automatización y la visión artificial.

Metodológicamente, la implementación de estrategias didácticas activas, como el aprendizaje basado en proyectos y la simulación de entornos industriales, permite a los estudiantes adquirir un aprendizaje significativo y aplicar sus conocimientos en contextos reales. Asimismo, la incorporación de tecnologías innovadoras y la promoción de un enfoque práctico y colaborativo potencian el desarrollo de competencias transversales, como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la capacidad de adaptación.

En definitiva, los sistemas de automatización industrial no solo transforman los procesos productivos, sino que también abren nuevas oportunidades para la formación y el empleo de futuros profesionales. La capacidad de adaptarse a las innovaciones tecnológicas y de aplicar estos conocimientos en el ámbito profesional refuerza la preparación del alumnado para un mercado laboral dinámico y en continua evolución, potenciando su desarrollo personal y profesional en un entorno cada vez más automatizado y digitalizado.

Bibliografía

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 340, 30 de diciembre de 2020.

Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional

Allende del Valle, J. M. (2021). *Procesos de gestión del mantenimiento*. Ediciones Paraninfo.

Arenas Reina, J. M. (2023). *Oficina técnica de proyectos en ingeniería industrial*. Editorial Universitas.

Cerdá Filiu, L. M. (2018). *Automatismos neumáticos e hidráulicos*. Ediciones Paraninfo.

González Fernández, F. J. (2011). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (4.^a ed.). Fundación Confemetal.

Luque Romera, F. J. (2012). *Operaciones básicas y procesos de automatismos de fabricación mecánica*. Marcombo.

Martín Díaz, J. (2017). *Técnicas de unión y montaje*. Marcombo

Peña Carrasco, F., & Fernández García, A. M. (2021). *Sistemas programables avanzados*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Sancho Ródenas, J. (2022). *Técnicas de fabricación*. Ediciones Paraninfo.

Romero Carrillo, P. (2018). *Montaje y mantenimiento de líneas automatizadas*. Marcombo.

Fractal. (s.f.). *Guía completa del mantenimiento industrial: estrategias, herramientas y mejores prácticas*. Recuperado de <https://www.fractal.com/es/blog/guia-completa-del-mantenimiento-industrial-estrategias-herramientas-y-mejores-practicas>