

INDUSTRIA 4.0

INTEGRACIÓN 4 MÉXICO

EL PRESENTE E-BOOK FUE DESARROLLADO POR EL EQUIPO DE CONSULTORÍA INDUSTRIAL DE SYNERGY: MECHATRONICS & MORE. ESTÁ DIRIGIDO A LAS PYMES EN LOS SECTORES DE MANUFACTURA QUE DESEEN POTENCIAR SUS CAPACIDADES DE PRODUCCIÓN Y MANEJO DE PERSONAL MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE CONCEPTOS Y TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0.



POR SYNERGY MECHATRONICS & MORE

ALEJANDRO CASTILLA
CHRISTOPHER HERNANDEZ MACIAS
ENRIQUE D. CABRERA REYES



INDUSTRI4.0

INTEGR4CIÓN 4 MÉXICO

Diciembre 2020



Introducción

La cuarta revolución industrial, conocida bajo la palabra en boga como Industria 4.0, representa un gran desafío de transformación para las empresas debido a una compleja adaptación en tecnología de sensores, virtualización y bases de datos, entre otras. Requisitos técnicos y cambios en el entorno de trabajo deben ser considerados cuidadosamente con el objetivo de adecuar sus procesos y tecnologías de manera versátil y eficiente al dinamismo del creciente mercado globalizado.

Debido a la inexistencia parcial de recursos y capacidades, así como a la insuficiencia de la infraestructura técnica, a menudo resulta difícil para las pequeñas y medianas empresas, PyMES, en particular, gestionar esta transformación digital por sí mismas. Si bien muchas empresas están abordando la transformación digital mediante inversiones en tecnología o asociaciones de investigación, a menudo los primeros pasos pueden darse utilizando tecnologías de bajo costo o incluso gratuitas.

Desde la perspectiva del usuario, mucho más importante que el cumplimiento de los requisitos técnicos suelen ser los cambios en el entorno laboral de los empleados hacia el "trabajo 4.0". Esto da lugar a un doble requisito de cualificación para las empresas: Las innovaciones técnicas y las exigencias en materia de gestión de los recursos humanos no sólo deben entenderse, sino que también deben aplicarse de manera selectiva.

El presente Ebook fue desarrollado por el equipo de Consultoría Industrial de *Synergy: Mechatronic & More* y está dirigido a las PyMES en los sectores de manufactura tales como: plantas de producción, talleres y centros de desarrollo tecnológico que deseen potenciar sus capacidades de producción y manejo de personal mediante la implementación de conceptos y tecnologías de la Industria 4.0.

El equipo de consultoría cuenta con amplia experiencia en desarrollo de sistemas de producción, automatización industrial y optimización mediante filosofías *Lean*, entre otros. El compendio de conceptos y competencias de este texto están basados en proyectos efectuados en plantas industriales en México y el extranjero.

Por otro lado, el factor humano y su importancia en los recursos internos de las PyMES son evaluados desde la perspectiva económica en la industria nacional mediante la utilización de herramientas cualitativas y cuantitativas útiles para el proceso de transformación 4.0 de la compañía.

SEMBLANZA

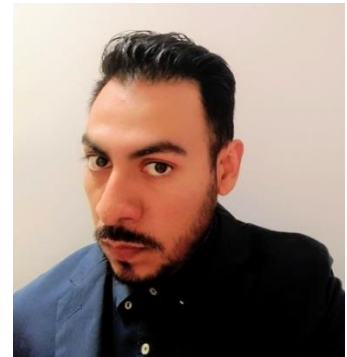


Alejandro Castilla

Ingeniero mecatrónico por la UNAM desde 2012, con siete años de experiencia en el ambiente industrial en el área de proyectos de automatización industrial OEM. Actualmente se desarrolla como uno de los directores de Synergy: Mechatronics and more y estudia la maestría en ingeniería eléctrica, en el área de electrónica, también en la UNAM.

Christopher Hernández Macías

Fundador y Director de Synergy Mechatronics and more, Ingeniero Mecatrónico de Profesión con experiencia en procesos de Producción, Diseño de Líneas y Celdas de Manufactura en el Área Automotriz y OEM.



Enrique D. Cabrera Reyes

Enrique Cabrera recibió su título de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Producción en la RWTH Aachen University en Alemania (2019) y su título en Ingeniería Mecatrónica en la UNAM (2012). Cuenta con experiencia profesional como director de proyectos y diseñador de maquinaria industrial en México (2011-2016) y como desarrollador de tecnología de producción para 2 institutos de investigación en Alemania (2017-2020).

Actualmente se desempeña como especialista en procesos industriales para una importante compañía de software y para este E-book fungió como asesor externo.



ÍNDICE

Prólogo.....(1)

Referencias

Cambio 1: Integración de TIC's en la industria de manufactura y servicios.....(3)

Efecto 1: Reducción de puestos de trabajo.....(3)

Efecto 2: Aparición de nuevas profesiones.....(3)

Cambio 2: Transformación de las “Empresas de manufactura” en “Empresas TIC's”(4)

Efecto 3: Cada vez existe menos diferenciación entre las industrias (Manufacturera y Artesanal).....(4)

Cambio 3: Nuevos paradigmas y tecnologías: Plataformas tecnológicas que unen a partes interesadas como proveedores y consumidores.....(4)

Capítulo 1: Industria 4.0

1.1 Status Quo de la industria.....(8)

1.2 Perspectiva y estrategia alemana en la implementación de la industria 4.0.....(11)

1.3 Sistema de producción ideal industrial basado en la industria 4.0.....(17)

1.3.1 Los principios de la industria 4.0.....(17)

1.3.2 Casos de uso de la manufactura inteligente.....(18)

1.4 Desafíos a considerar y superar.....(20)

Capítulo 2: Tecnologías 4.0

2.1 Tecnología de la producción integrada y flexibilidad en sistemas de producción con un enfoque mecatrónico.....	(22)
2.2 Descripción de tecnologías de la industria 4.0: Big Data, AR, VR, IoT.....	(23)
2.3 Seguridad industrial 4.0.....	(24)
2.4 Ingeniería de sistemas de fabricación.....	(28)
2.5 Industria 4.0 en sistemas de producción.....	(31)
2.6 Concepto de gemelo digital.....	(33)
2.7 Fabricación aditiva.....	(34)
2.8 Mantenimiento 4.0.....	(37)
2.9 Machine Learning.....	(39)
3.0 Ciberseguridad.....	(40)

Capítulo 3: Herramientas 4.0

3.1 Control inteligente y suministro de información en automatización.....	(46)
3.2 Seguridad de maquinaria: normativa y herramientas de diagnóstico.....	(49)
3.3 Sistemas gestionados y monitorizados en nubes.....	(55)
3.4 Interacciones humano-máquina y su colaboración: robótica industrial y colaborativa.....	(59)
3.5 Autómatas programables.....	(63)
3.6 El internet en la producción de sistemas robóticos.....	(71)

3.7 ¿Cómo saber si debo o no automatizar mis procesos? (Lean Manufacturing).....(73)

Capítulo 4: Conclusiones

4.1 ¿Para quién es adecuada la Industria 4.0?.....(81)

Fuentes.....(84)

Propósito del ebook.....(86)

Contacto.....(87)

INDUSTRI4.0

INTEGRACIÓN 4 MÉXICO

PRÓLOGO

REFERENCIAS

Daremos un breve preámbulo de la industria.

Revolución Industrial

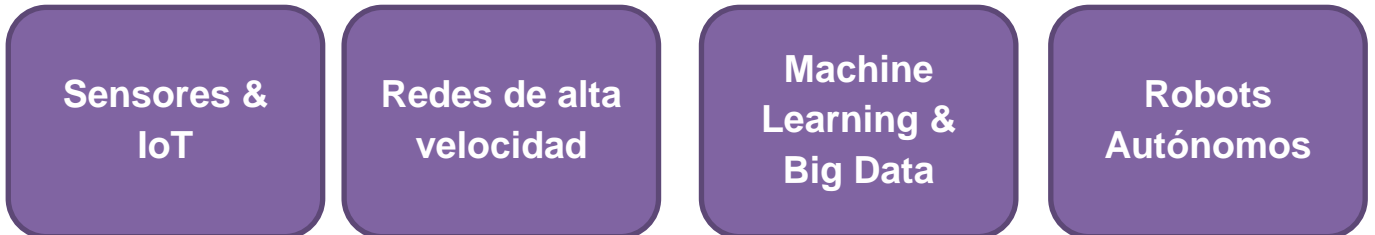


Fig. 1 *Revoluciones industriales*

Esta nueva revolución trae consigo una serie de cambios y efectos mostrados a continuación:

CAMBIO 1: Integración de TICs en la industria de Manufactura y de Servicios

Esto no es otra cosa que el uso de:



EFECTO 1: Reducción de puestos de trabajo

"47% de trabajos desaparecerán en los próximos 25 años"

(Universidad de Oxford)

EFECTO 2: Aparición de nuevas profesiones

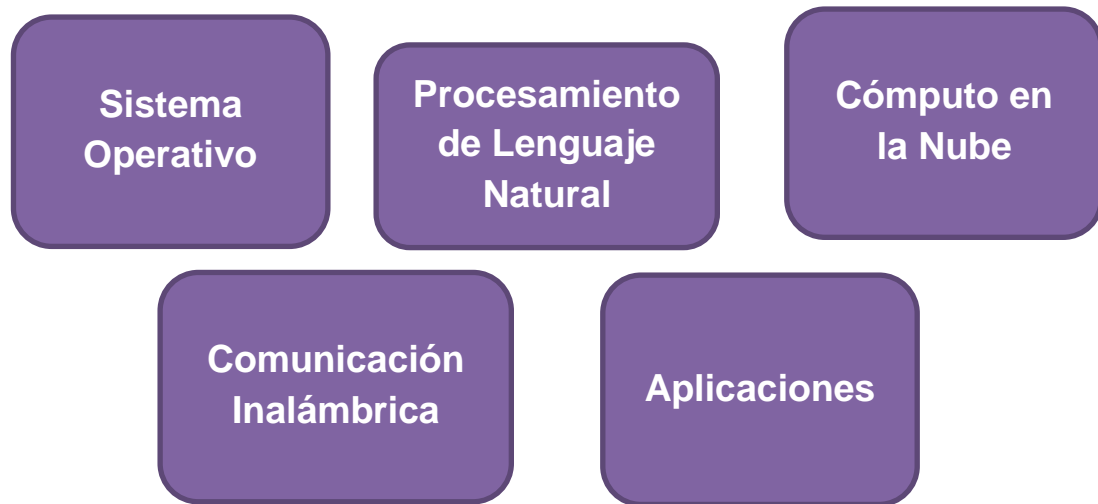
"65% de los estudiantes de primaria, tendrán profesiones que no existen en la actualidad"

(Foro económico mundial)

"85% de los trabajos a existir en 2030, no han sido inventados todavía"

(DELL)

CAMBIO 2: Transformación de las "Empresas de manufactura" en "Empresas de TICs"



EFECTO 3: Cada vez existen menos diferenciación entre las industrias (Industria Manufacturera e Industria Artesanal)

Líneas de fabricación Flexible

CAMBIO 3: Nuevos Paradigmas y Tecnologías (Plataformas Tecnológicas que unen a partes interesadas como proveedores y consumidores)

VELOCIDAD

"En el nuevo mundo, no es el pez grande el que se come al pez pequeño, sino es el pez rápido el que se come al pez lento"

(Kaus Schwab fundador y Presidente Ejecutivo Foro Económico Mundial)

NEGOCIOS BASADOS EN PLATAFORMAS

Poder de la información

¿FANG?

(Facebook, Amazon, Netflix, Google, Apple, NVidia)

¿BAT?

(Baidu, alibaba, tencent)

INTERNET EN LAS COSAS

Controlar diferentes aparatos, conectará personas con dispositivos y dispositivos con otros dispositivos

Se calcula que en nuestros días existen más de 4000 millones de personas conectadas, 30,000- 50,000 millones de dispositivos (4.4 Zettabytes de datos).

BIG DATA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

"El recurso más valioso ya no es el petróleo, sino los datos"

(The Economist: 6 de Mayo de 2017)

En los últimos 3 años, fueron creados el 90% de los datos existentes en el mundo el big data nacimiento de la I.A. para el procesamiento de la información.

OTRAS TECNOLOGÍAS

Automóviles conectados y autónomos, AR & VR Y GENÉTICA

CAMBIO 4: NUEVAS CULTURAS DIGITALES (PHONO SAPIENS)

- Mayoría de ellos son millennials y generación Z
- Nacidos en las últimas 3 décadas
- Tecnología digital es parte normal de su vida
- E-sports

"75% de las personas usan un dispositivo digital mientras ven la TV"

(Encuesta de Internet)

Esta revolución industrial es para las personas

1. Las máquinas pensarán, harán las tareas rutinarias y de fuerza.
Nosotros haremos lo que nos hace únicos:
SENTIR, CREAR
2. Mejorará la productividad, crecimiento, bienestar social.

STOP al miedo

BUSCA las oportunidades

"Una compañía con tecnología es una compañía competitiva..."

"Un brazo humano siempre será más flexible que un brazo robótico..."

INDUSTRI4.0

INTEGRACIÓN 4 MÉXICO

INDUSTRIA 4.0

1.1 Status Quo de la Industria 4.0 en México – Alemania

La fabricación es esencial para el bienestar económico de una nación y la calidad de vida de sus ciudadanos porque crea una riqueza duradera y también distribuye la riqueza a través de trabajos bien remunerados. México cuenta con una gran cantidad de sectores manufactureros que forman parte fundamental de la economía del país. Entre los más destacados se encuentran el automotriz, la fabricación de maquinaria y equipos industriales, el metalúrgico, la producción de alimentos, bebidas y tabacos, etc. En los últimos años su presencia e importancia en conjunto ha llegado a sumar más del 60% del Producto Interno Bruto (PIB) del país.

Frecuentemente, los sectores mencionados son impulsados por compañías extranjeras con una fuerte presencia en el mercado y con alto riesgo económico-empresarial. Así mismo, cuentan con plantas manufactureras situadas en el territorio nacional, cadenas de distribución a nivel internacional, y complejos sistemas de producción destinados a la fabricación de sus productos. Sus modelos de producción y distribución generalmente son introducidos de forma demostrable tras una exitosa implementación en sus centros de manufactura base para su posterior implementación en diferentes ubicaciones.

La flexibilidad y la calidad de estos sistemas son muchas veces referentes de innovación y alto desempeño a nivel mundial. Sin embargo, dichos sistemas de producción son mayormente sostenidos por PyMES y OEMs con sistemas de producción menos complejos y más rígidos desde una perspectiva tecnológica. Esta brecha entre los participantes de la cadena de suministro suele resultar casi siempre en una creciente presión para las PyMES y los fabricantes de equipo original (OEMs) por asegurar estrictos tiempos de entrega y mantener la confianza y preferencia de sus clientes.

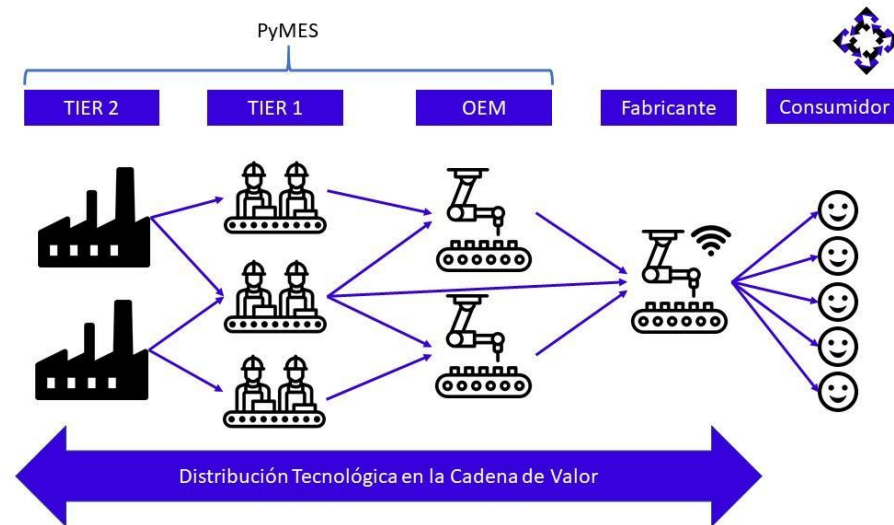


Fig. 2. Distribución tecnológica de la cadena de valor

El desarrollo, la gestión y la homologación de estándares de manufactura son piezas claves para un incremento sustancial en la tasa de producción de una compañía. Los modelos y sistemas de producción que cumplen estos requisitos son un importante escaparate para diferentes sectores industriales en la ingeniería mecánica y de plantas, por consiguiente más exitosos en el rápido crecimiento entre sus competidores.

La Industria 4.0 ofrece una integración horizontal en la cadena de valor, la continua digitalización y monitoreo de la información permite un rápido desarrollo de productos, ágil comunicación entre participantes y una integración vertical entre los departamentos de cada una de los proveedores.

Actualmente, Alemania está en camino de convertirse en el proveedor líder de soluciones de la Industria 4.0. Desde una etapa temprana, el Gobierno Federal Alemán creó las condiciones apropiadas para la implementación y mejoramiento de las capacidades en la industria de la manufactura. La idea central es generar una interconexión inteligente en la producción que pueda realizarse mediante el uso de nuevos tipos de Sistemas de Producción Ciber-Físicos (CPPS). Debido a esto Alemania ha alcanzado una posición de liderazgo especialmente en la industria automotriz y la mecánica no solo gracias a su exitosa historia como nación innovadora sino también a su oportuno desarrollo tecnológico y conceptual de la cuarta revolución industrial.

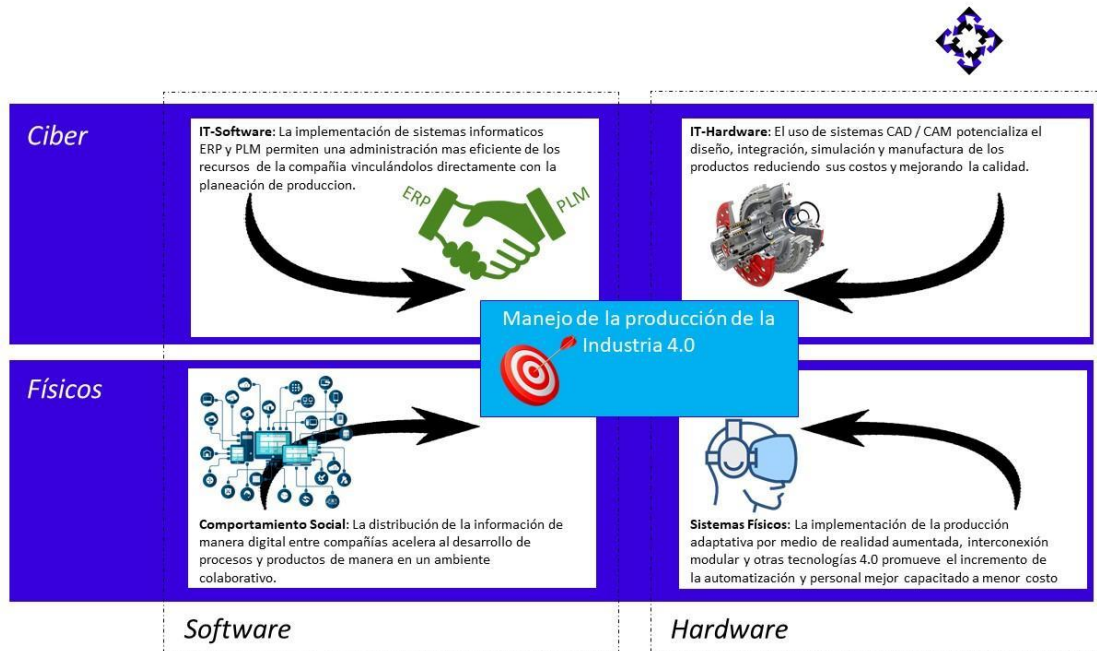


Fig. 3. Sistemas ciberfísicos

El término “Industria 4.0” fue originalmente publicado en 2011 por un grupo de expertos en varias especialidades bajo la mencionada iniciativa alemana. Para la industria alemana, la industria 4.0 es entendida y diseñada como un sistema socio-técnico que ofrece a sus PyMES amplias oportunidades y una creciente aceptación en diferentes sectores.

Bajo esta directriz, se debe entender que el objetivo medular de la industria 4.0 está destinada principalmente a apoyar proyectos PyMES cuyos resultados permitan a dichas empresas un desarrollo competitivo y así generar valor añadido a lo largo de la cadena de valor.

En México este panorama está lejos de cumplirse, las diferencias entre los costos en la mano de obra, inversión en sistemas de mecanizado complejo y máquinas de producción reducen la probabilidad de lograr esta transición tecnológica en el país. En México, a diferencia de Alemania, la automatización de procesos se adopta cuando su coste equipara al de la mano de obra, este panorama coloca a México en la posición de emplear diferentes opciones tecnológicas comprendidas dentro de la Industria 4.0 que brinden valor agregado a el desarrollo de las compañías considerando la situación financiera del país.

A lo largo de los siguientes capítulos se expondrán las tecnologías y conceptos que conforman la Industria 4.0 con el objetivo de clarificar posibles soluciones a sistemas de producción bajo el marco de referencia industrial del país. *Synergy: Mechatronics and more*, como una compañía desarrolladora de tecnología en México, se encuentra inmersa en dicho marco y por ende, compartimos el objetivo empresarial de brindar las herramientas necesarias para la exitosa implementación de tecnología 4.0 para beneficiar a nuestros clientes y al país.

1.2 Perspectiva y Estrategia Alemana en la implementación de la Industria 4.0

Producción

La integración de la inteligencia digital en productos, máquinas y plantas en forma de sistemas ciberfísicos (CPS) que se adaptan a los cambios de las órdenes de producción y las condiciones de funcionamiento mediante la reconfiguración y la auto optimización, está demostrando un éxito de gran alcance en los proyectos pioneros financiados hasta la fecha. Estos resultados permitirán a Alemania seguir ampliando su posición en el mercado mundial como proveedor de CPS.

Sin embargo, la integración de esos bloques de construcción de la industria 4.0 en sistemas completos de producción ciberfísica (CPPS), es decir, la realización rentable de la interconexión inteligente de todas las instancias que participan en la creación de valor para formar estructuras generales de producción industrial equivale a un cambio de paradigma. Sólo a través del uso de la tecnología de la Industria 4.0 en beneficio de las empresas, clientes y empleados se pueden predecir los efectos que realmente se producirán. Actualmente la atención se centra en el aumento de la productividad y la eficiencia de los recursos.

Seguramente cada empresa seguirá su camino específico y planificará e implementará etapas de desarrollo realizables paso a paso. No obstante, las compañías alemanas podrán beneficiarse de la experiencia, los procedimientos y métodos probados y los módulos de solución adecuados.

La oferta de componentes de CPS es actualmente muy heterogénea, lo que por un lado dificulta a las empresas que buscan soluciones tener una visión general y por otro lado enfrenta especialmente a las empresas medianas con la cuestión de qué áreas de aplicación son adecuadas para su producción. La Industria 4.0 no es sólo un desafío puramente técnico o un problema exclusivo de IT. Al mismo tiempo, el cambio técnico tiene consecuencias organizativas de gran alcance y abre oportunidades para nuevos modelos empresariales, conceptos corporativos y un mayor ámbito de participación de los empleados. La implementación representa un proceso evolutivo, la preservación del valor de los sistemas de producción ya instalados es de importancia central.

El modelo actual presta atención a la gente - los empleados de la fábrica del futuro. El uso de las tecnologías de la Industria 4.0 abre un espectro de posibilidades para dar forma al trabajo. La exploración sistemática de este espectro y la configuración del valor añadido por las empresas como un complejo sistema general sociotécnico se está transformando en un factor clave de éxito de la Industria 4.0. Una forma de hacerlo es combinar un diseño de trabajo que promueva el aprendizaje, la participación de los empleados y el desarrollo de competencias. Las nuevas formas de organización de estructuras y procesos permiten la interacción inteligente de personas, objetos y sistemas en el sentido de sistemas de producción dinámicos, en tiempo real y autoorganizados.

Alemania cuenta con la financiación de la investigación como objetivo para utilizar medidas adecuadas para que las empresas industriales alemanas puedan identificar las tecnologías que son adecuadas para aplicaciones específicas y mostrar los enfoques para la aplicación de estas tecnologías en el sistema general de la empresa. Esto requiere una evaluación, selección, adaptación o integración de los componentes de los CPPS que se vayan a desarrollar o que ya estén desarrollados. Además, antes de iniciar una inversión debe aclararse si el uso de sistemas en red puede contribuir de manera significativa a aumentar la eficiencia de la creación de valor de la propia empresa, y de qué manera.

Los sistemas informáticos

Las máquinas, plantas y productos están equipados con sistemas incorporados, las cuales recogen datos del entorno a través de sensores y controlan sistemas complejos de forma descentralizada mediante actuadores. Al conectarse en red, los sistemas incorporados se convierten en sistemas ciberfísicos. Vinculan el mundo real de la producción y los productos con el mundo virtual de los datos y las redes. Esto es lo que hace posible la siguiente fase de la producción industrial, la Industria 4.0. El desarrollo de productos, servicios y modelos comerciales puede ahora preverse virtualmente y realizarse con mayor rapidez. Los recursos pueden utilizarse con moderación y las innovaciones pueden acelerarse.

A continuación, se mencionan algunos de los proyectos más innovadores de la industria alemana

HPSV, proyecto que se ocupa del análisis formal de sistemas complejos con un alto grado de precisión. El análisis tiene por objeto garantizar el correcto funcionamiento de un programa informático muy complejo, como el que se utiliza en un automóvil para controlar un gran número de sistemas (características de conducción, comodidad y seguridad). El rendimiento y la precisión de los procedimientos de verificación de esos programas informáticos se mejorarán en gran medida con los métodos de computación de alto rendimiento.

Para la competitividad de las empresas manufactureras, la cuestión del mantenimiento al menor costo posible y el tiempo de inactividad juega un papel importante. Con este fin, el proyecto **MANTIS** está desarrollando una arquitectura de plataforma de servicios para la planificación anticipada del mantenimiento utilizando como ejemplo los vehículos comerciales.

Un requisito previo básico de los "Servicios Inteligentes" y de la "Industria 4.0" es el uso y la combinación rápida y flexible de servicios y datos transparentes y fiables. Con **InDaSpace**, se está diseñando una arquitectura de referencia para este fin, que tiene en cuenta todos los aspectos técnicos requeridos por la industria. Así, en una sala de datos virtual, todas las empresas que se adhieren a las reglas comunes del juego pueden intercambiar, vincular y enriquecer datos de forma segura y confidencial, manteniendo el control sobre sus datos.

Por último, **SPEDIT** es un concepto de capacitación y transferencia para que el mayor número posible de empresas, especialmente las pequeñas y medianas,

puedan utilizar métodos, técnicas y procesos normalizados para el desarrollo de sistemas incorporados en su práctica comercial.

Los proyectos se financian en el marco de los programas IKT 2020 y ECSEL con un total de 11,8 millones de euros.

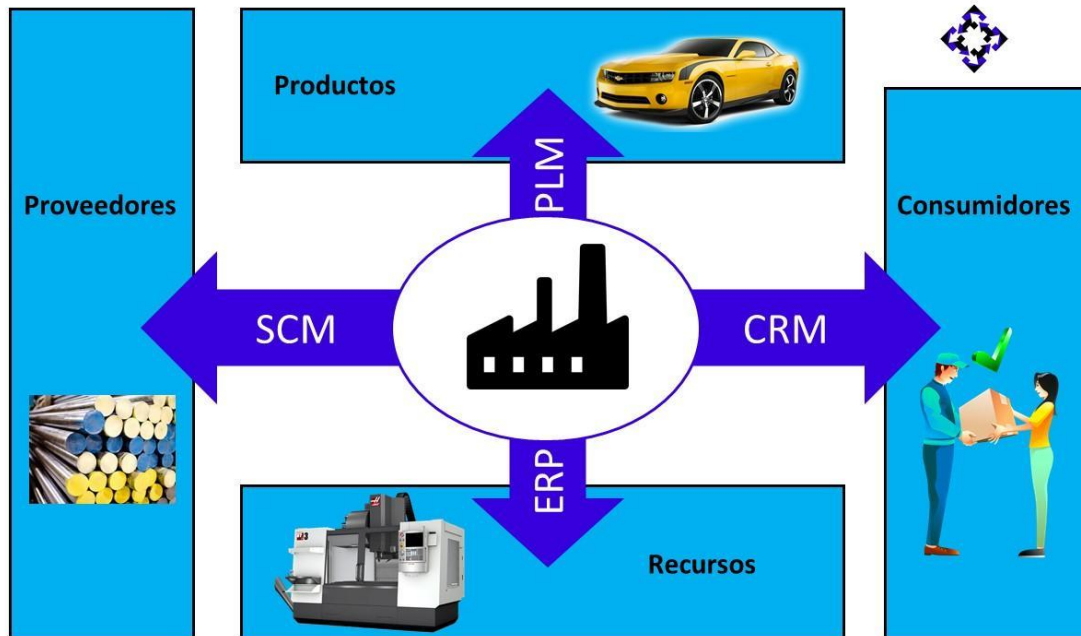


Fig. 4. Sistemas informáticos de una planta inteligente

Comunicación y seguridad informática

Se necesitan nuevas formas de interconectar las plantas industriales para lograr el objetivo de una producción altamente flexible, compleja, de trabajo compartido y distribuida geográficamente. Por medio de tecnologías innovadoras de radiocomunicaciones inalámbricas, las plantas industriales pueden ser modificadas rápida y económicamente.

Con la prioridad de investigación "Comunicación inalámbrica fiable en la industria (ZDKI)", el Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF) se ocupa de la investigación de estas tecnologías de radio para aplicaciones industriales, en particular en el contexto de Industria 4.0.

Las actividades de investigación se centran en dos aspectos. Por un lado, la nueva tecnología de radio debe cumplir con los requisitos de transmisión de los sistemas de control y estar diseñada para latencias extremadamente bajas con la máxima disponibilidad. Por otra parte, deben cumplirse los requisitos de las aplicaciones de "realidad aumentada", por ejemplo, que se basan en altas velocidades de datos con una latencia extremadamente baja.

Esto requiere enfoques de investigación holísticos que también tengan en cuenta todos los aspectos pertinentes de seguridad e interoperabilidad en el entorno industrial. Además, los sistemas de comunicación inalámbrica deben ser fáciles de integrar; esto significa que la instalación y operación de las redes inalámbricas en la fábrica debe ser lo más plug & play posible. Dependiendo de la aplicación, se debe prestar atención a la eficiencia energética y a las posibilidades de localización para permitir también la integración de sensores de movimiento libre.

Los resultados de las investigaciones correspondientes pueden contribuir de manera significativa a superar las limitaciones de las instalaciones cableadas actuales y a aumentar la eficiencia y la flexibilidad de los sistemas y procesos de control. Además de las ventajas económicas, esto también tiene una importancia estratégica sobresaliente para Alemania como lugar de negocios: más del 80 por ciento de las innovaciones en los fuertes sectores de la automoción, la tecnología médica y la logística están impulsadas por las tecnologías de la información y la comunicación.

Sistemas electrónicos

La microelectrónica es una de las tecnologías clave centrales de nuestra sociedad industrial actual. Esto es especialmente cierto para la Industria 4.0, un proyecto de futuro que está actualmente en boca de todos y que sólo puede funcionar con la microelectrónica. Los sistemas microelectrónicos para la adquisición, el procesamiento y la comunicación de datos, así como para el control de las plantas de producción, constituyen la base de la Industria 4.0. Los sistemas electrónicos "More than Moore" (MtM) son particularmente importantes: Estos combinan, entre otras cosas, componentes de sensores y actuadores, elementos de alta frecuencia y comunicación, suministro de energía, electrónica de potencia, sistemas microelectromecánicos (MEMS), optoelectrónica y más. De esta manera, aseguran que las máquinas y las

plantas de producción pueden comunicarse virtualmente entre sí - con "ojos, oídos, cerebro y músculos", por así decirlo.

Porque casi todas las plantas, máquinas e instalaciones de producción tienen hoy en día sistemas electrónicos que registran, procesan y transmiten datos de estado y de proceso. Este control inteligente y la conexión en red también hace que las plantas y procesos de producción sean más flexibles y ahorren energía y recursos. Los campos de aplicación son tan variados como impresionantes: los sistemas y vías de comunicación configurables permiten fabricar productos individualizados con mucha más rapidez y facilidad. Las condiciones del proceso de producción pueden ser supervisadas y comunicadas para que los errores puedan ser detectados a tiempo y eliminados de manera fiable. Además, los sistemas y las máquinas pueden recibir mantenimiento a distancia.

Por lo tanto, los sistemas electrónicos fiables, robustos y eficientes tienen que funcionar bastante bien. Para dominar todos los desafíos, combinan más y más funciones y por lo tanto se vuelven cada vez más complejos. Por lo tanto, es necesario investigar y desarrollar tecnologías innovadoras para la electrónica y la tecnología de los sensores de manera aún más intensa, ya que es la única manera de que Alemania siga siendo competitiva a nivel mundial. La industria alemana también necesita acceso directo a los últimos sistemas electrónicos: Esto incluye, por ejemplo, tecnologías de integración con visión de futuro, investigación de sistemas de sensores inteligentes para aplicaciones de la industria 4.0 y el diseño de sistemas electrónicos complejos.

Por lo tanto, el Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF) proporciona financiación específica para proyectos que desarrollen sistemas electrónicos para la producción del mañana y así fortalecer la economía alemana.

Los sistemas electrónicos basados en sensores seguirán desempeñando un papel central en la producción industrial inteligente, en red y eficiente del mañana. Para que Alemania siga siendo un lugar de producción globalmente competitivo y un proveedor líder en ingeniería mecánica y en tecnología de plantas y procesos, necesitamos conseguir rápidamente un liderazgo innovador para la Industria 4.0. Para ello es necesario que todos los implicados "trabajen juntos en un objetivo común". Con este fin, en los últimos años se han desarrollado numerosas medidas de financiación y apoyo a nivel nacional y europeo.

Por ejemplo, la iniciativa electrónica europea ECSEL (Componentes y Sistemas Electrónicos para el Liderazgo Europeo), como parte del programa marco de investigación Horizonte 2020 de la UE, y el nuevo grupo EUREKA PENTA (asociación paneuropea de tecnologías y aplicaciones micro y nanoelectrónicas) se dedican al tema de los "Sistemas electrónicos para la industria 4.0" y apoyan así la cooperación europea en materia de investigación.

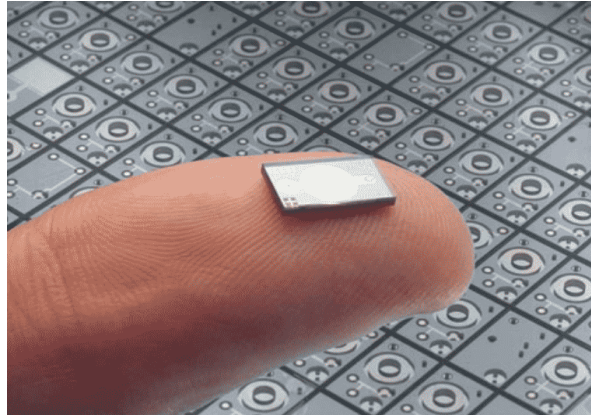


Fig. 5. Sistemas microelectromecánicos (MEMS)

1.3 Sistema de producción ideal basado en la industria 4.0

Producción inteligente con decisión autónoma usando tecnologías como IoT, IA, Big Data, Cloud, Robótica, etc.

Los principios de la industria 4.0

La implementación del concepto de la industria 4.0 debe basarse en seis principios básicos:

- **Datos en tiempo real**

La posibilidad de captura de datos de forma instantánea permitirá el análisis y la toma de decisiones en tiempo real.

- **Sistemas Virtuales**

Los sistemas virtuales son una propuesta de copia virtual de la fábrica inteligente mediante a diversos sensores diseminados por el área. De esta manera, es posible monitorear y rastrear de manera remota todos sus sistemas y procesos.

- **Descentralización**

La descentralización es la idea de que las máquinas conectadas en las fábricas sean capaces de tomar decisiones autónomas. Además, las máquinas tendrán la capacidad de evaluar las necesidades de la fábrica y proporcionar información sobre su ciclo de trabajo en tiempo real.

- **Orientación a servicios**

Es un concepto en que los software podrán ofrecer soluciones como servicios conectados con toda la industria, en forma de un catálogo de servicios que permite la interacción y creación de nuevas aplicaciones.

- **Interoperabilidad**

Significa, básicamente, la interconexión entre los elementos de la fábrica inteligente (materiales y humanos), a través del uso del internet de las cosas.

- **Modularidad**

La modularidad permite la flexibilidad máxima en la fábrica inteligente para adición, sustitución o sustracción de elementos y cambio de tareas.

Casos de uso de la manufactura inteligente

Una de las mejores maneras de comprender mejor el concepto de manufactura inteligente es pensar cómo puede aplicarse a su empresa, o a una similar a la suya. Aquí se presentan tres casos que pueden ayudarlo a comprender el valor de la industria 4.0 en una operación de manufactura:

1.- Administración y optimización de la cadena de suministro

Las soluciones de industria 4.0 le brindan a las empresas mayor percepción, control y visibilidad de datos en toda la cadena de suministro. Al aprovechar las funcionalidades de administración de la cadena de suministro, las compañías pueden brindar productos y servicios al mercado de manera más rápida, más económica y de mejor calidad para ganar una ventaja sobre los competidores menos eficientes.

2.- Mantenimiento/ Analítica predictiva

Las soluciones de industria 4.0 les brindan a las empresas manufactureras la capacidad de predecir cuándo pueden surgir problemas potenciales antes de que realmente surjan. Sin los sistemas de la IoT en funcionamiento en su fábrica, el mantenimiento preventivo ocurre según la rutina o el tiempo. En otras palabras, es una tarea manual. Con los sistemas de la IoT en funcionamiento, el mantenimiento preventivo está mucho más automatizado y optimizado. Los sistemas pueden identificar cuándo surgirán problemas o cuándo la maquinaria debe arreglarse y pueden ayudarle a resolver problemas potenciales antes de que se conviertan en problemas más graves. La analítica predictiva les permite a las compañías no solo hacer preguntas proactivas, como “¿qué sucedió?” o “¿por qué sucedió?”, sino también preguntas proactivas, como “¿qué sucederá?” y “¿qué podemos hacer para prevenir que eso suceda?”. Este tipo de analítica puede permitirles a las empresas manufactureras cambiar de un mantenimiento preventivo a un mantenimiento predictivo.

3.- Seguimiento y optimización de activos

Las soluciones de Industria 4.0 ayudan a las empresas manufactureras a ser más eficientes con los activos en cada etapa de la cadena de suministro y eso les permite mantener un mejor ritmo del inventario, la calidad y las oportunidades de optimización relacionadas con la logística. Con IoT en funcionamiento en la fábrica, los empleados pueden obtener mejor visibilidad de sus activos a nivel mundial. Las tareas estándares de administración de activos tales como transferencias, disposiciones, reclasificaciones y ajustes de activos pueden agilizarse y administrarse de manera central en tiempo real.

El punto de revisar estos casos de uso es ayudarlo a imaginar y comenzar a pensar cómo la manufactura inteligente puede integrarse en su propia organización.

1.4 Desafíos a considerar y superar

Mientras considera si debe invertir o no en la industria 4.0, puede estar pensando en algunos de los desafíos potenciales asociados con incorporar nuevas tecnologías y procesos en su organización. No está solo. Estas son algunas de las preguntas más comunes que muchos dueños de empresas se hacen cuando se trata de manufactura inteligente:

Pregunta 1: ¿Estarán seguros nuestros datos comerciales y la información de los clientes?

Pregunta 2: ¿Podré obtener soporte de mi equipo?

Pregunta 3: ¿Tenemos los recursos y el personal para implementar y administrar esta tecnología de industria 4.0?

Pregunta 4: ¿Sabré cómo aprovechar los datos para tomar decisiones más informadas?

INDUSTRI4.0

INTEGRACIÓN 4 MÉXICO

Tecnologías 4.0

2.1 Tecnología de la producción integrada y flexibilidad en sistemas de producción con un enfoque mecatrónico

Actualmente, la industria 4.0 marca la dirección para el futuro de la manufactura, su principal impulsor es la creciente presión ocasionada por la reducción de los ciclos de vida en los productos. Esta presión está llevando a las empresas a acelerar sus tiempos de ingeniería reduciendo considerablemente su capacidad de reaccionar a ajustes y cambios de última hora.

Para hacer frente a esta necesidad, se han introducido como soluciones las líneas de producción con estructura escalable y modular. Estos sistemas se caracterizan por la utilización de los denominados Sistemas de Producción Ciberfísica (CPPS) que facilitan la integración, la adaptación y la sustitución de las unidades de producción y dan como resultados la reducción en el tiempo y el costo de producción.

Los CPPS se caracterizan por la cambiabilidad mecatrónica, la producción en masa individualizada y la creación de redes internas y externas entre dispositivos. Actualmente las fábricas y centros de manufactura más exitosos y eficientes son aquellos que han adoptado el uso de interfaces estandarizadas y principios *Plug-and-Play* para los dispositivos de campo o los módulos de producción.

La principal diferencia entre los sistemas de fabricación tradicionales (PS/MS) y los CPPS, es el control en lazo cerrado reforzado con el que cuentan los segundos. Este control le permite a los CPPS controlar la adaptabilidad, la reconfigurabilidad, rápida respuesta, y robustez del sistema mediante el cálculo computacional, bucles de retroalimentación y simulaciones en tiempo real de los procesos físicos.

2.2 Descripción tecnologías IoT, Big Data, AR, VR

Internet de las cosas (IoT)

Nos llevan a una transformación fundamental de nuestro entorno de producción hacia la fabricación avanzada basada en sistemas de producción altamente modulares. Como se mencionó anteriormente, las máquinas convencionales están transformándose en sistemas de producción ciberfísicos (CPPS), lo que significa que la jerarquía de producción tradicional está siendo sustituida por una auto-organización descentralizada. Esto nos permitirá la fácil integración "plug-and-play" y la sustitución de nuevos objetos de fabricación.

Actualmente, la exploración de las arquitecturas para aumentar la capacidad de procesamiento computacional están madurando y permitiendo la innovación de la inteligencia artificial, Big Data, realidad aumentada y otros algoritmos avanzados con aplicaciones industriales.

La facilidad de comunicación digital, la conectividad, e integración de dispositivos electrónicos avanzados para detectar más y más cosas, apuntan al escenario donde se controlara todo el ciclo de vida de la producción, desde la preparación, la ejecución, hasta la evaluación final de los resultados, es un bucle continuo de aprendizaje y realineamiento para ajustarse a la incertidumbres del contexto.

Big Data

Se describe como el procesamiento de una gran cantidad de datos que requieren altas prestaciones de software y sistemas informáticos. El conocimiento se basa en los datos e información vinculada a los dispositivos, procesos y personas participantes en el sistema.

Un sistema de procesamiento Big Data ofrece grandes beneficios en comparación con los sistemas convencionales tales como: Predicción de escenarios de producción, simulación en tiempo real, monitoreo avanzado de KPIs, rápida detección de errores y una historia de producción continua.

La Realidad Aumentada (AR)

Es un sistema que complementa al mundo real con objetos virtuales y/o información que parecen coexistir en el mismo espacio que el mundo real. La AR está relacionada con el concepto de (VR).

Realidad virtual (VR)

Que es parte del sistema de apoyo al enfoque de los CPS.

La siguiente figura muestra el espectro de la VR donde la AR se encuentra inmersa dentro de la “realidad mixta”. En la realidad mixta, los elementos virtuales y reales se mezclan, convirtiendo la visualización de la información como una herramienta de innovación. Esta realidad tiene el potencial de revolucionar la información y brindar a los usuarios finales representaciones en 2D y 3D de un sin fin de componentes y modelos de sus sistemas de producción.

Actualmente existe una mayor disponibilidad de plataformas de AR, así como una revolución en la capacidad de la tecnología por mejorar la visión del mundo real con representaciones gráficas.



Fig. 6. Paradigmas de la VR y AR

2.3 Seguridad industrial 4.0

La seguridad es un concepto que, hoy más que nunca, está tomando mucha relevancia en el sector industrial, cualquiera que este sea. Hoy no es posible planear y ejecutar tareas dentro de las instalaciones industriales sin antes haber tomado algún curso inductivo de seguridad, presentar algún certificado de capacitación, y por si fuera poco, con un certificado o constancia de salud del personal, pues es bien sabido o se intuye que, de faltar a cualquiera de estos requisitos, los costos futuros podrían ser enormes y las infracciones a las

plantas podrían también, incluso, detener la producción. Es por ello que la mayoría de los sectores industriales adoptan desde ya normas y estándares que benefician, tanto a ellos, como al personal que está en planta. Ahora bien, la seguridad no solo comienza desde la entrada, sino que esta se extiende por y desde toda la planta en forma de procedimientos, permisos y evaluaciones de riesgo para su reforzamiento. Y por si esto no fuera poco, también se empieza a adoptar la seguridad intrínseca en los equipos de producción (llámese líneas de producción, celdas de manufactura y ensamble, etc.) lo que ayuda a mejorar el nivel de seguridad de las personas y de los equipos mismos. Es aquí donde el tema de seguridad industrial 4.0 toma relevancia.



Fig. 7. Celda de manufactura con seguridad funcional

Aspectos y características de la seguridad industrial 4.0

El 4.0 en seguridad industrial representa los avances tecnológicos debidos a la cuarta revolución industrial en este tema. En este sentido, encontramos gran variedad de productos que actualmente se están utilizando como parte de una filosofía de seguridad integral, desde dispositivos de seguridad en líneas de producción, como paros de emergencia, interlocks de seguridad, escáneres de seguridad, cortinas de luz, contactores de seguridad, etc., hasta dispositivos que van más allá de los procesos mismos, tales como detectores de humo, de gas, etc. Que cubren grandes áreas de la planta, evitando posibles fallas y potenciales accidentes de gran magnitud. Ahora bien, todos estos dispositivos tienen la gran ventaja de pertenecer a la era de la digitalización y conectividad,

con lo que en todo momento se puede estar monitoreando procesos y acciones no planeadas por parte de la maquinaria e incluso, del personal. Se trata de tecnología vanguardista que permite que todos los procesos en una planta se encuentren conectados, con lo que es posible mantener un control constante y una anticipación de sucesos no deseados durante el día a día de la productividad en los procesos industriales, siempre manteniendo la seguridad ante cualquier cosa.

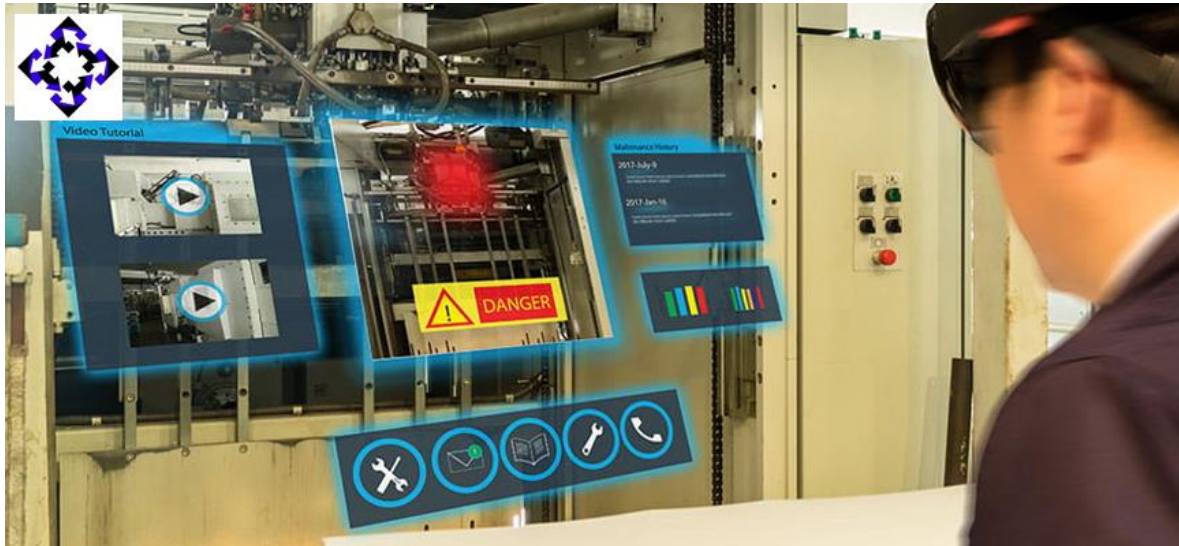


Fig. 8. Realidad Aumentada para mantenimiento

Seguridad inteligente

Hasta ahora ya se ha comentado en qué consiste la seguridad industrial y algunos de sus aspectos más importantes. En ese sentido, se abordará la descripción de algunos dispositivos de seguridad inteligentes que forman parte de la industria 4.0. Antes, es importante mencionar los retos de seguridad que representan las operaciones dentro de un ambiente industrializado: desde el comportamiento de los operadores, la evolución de la fuerza de trabajo, el tiempo improductivo de la maquinaria, el cumplimiento regulatorio, hasta la gestión de la información, son acciones que de alguna manera frenan o limitan el ambiente de seguridad esperado, y por lo tanto, deben ser consideradas y tratadas de manera que este sea o llegue a ser inherente y parte de en todo momento. Y una forma de hacerlo es que los propios dispositivos que gestionan la seguridad de los equipos logren también resolver estos retos de manera eficiente y certera, mediante el acceso a conectividad en tiempo real.

En otras palabras, estos dispositivos necesitan estar dotados de habilidades inteligentes que permitan ganar nuevas eficiencias, mejorar la calidad de los productos y hacer operaciones más sensibles. En resumen, la seguridad inteligente ayuda a estandarizar el control de maquinaria y de seguridad. Estos sistemas son menos susceptibles a tiempos improductivos y pueden ayudar a mejorar la productividad y rentabilidad. Ahora, imaginemos que tenemos una línea de producción, en donde se llevan a cabo varias operaciones que afectan directamente a un producto y algunas de ellas son manuales. Entonces, mediante dispositivos inteligentes es posible determinar:

- Número de veces que un paro de emergencia ha sido accionado
- Número de veces que una cortina de luz ha sido interrumpida
- Número de veces que un conveyor ha disminuido su velocidad por detectar interferencia física inusual en sus alrededores
- Desalineación de puertas y accesos seguros (guardas)
- Número de accesos a celdas de manufactura peligrosas
- Número de veces que un escáner de seguridad detecta actividad inusual en sus alrededores
- Etc.

Todo esto es ahora posible, y además, algunos fabricantes de dispositivos de automatización, como *Rockwell Automation*, han desarrollado protocolos de comunicación que, valga la redundancia, comunican específicamente a dispositivos de seguridad, con lo que se logra reducir cableado e instalación, y por lo tanto, la probabilidad de fallo también. Además, la información adquirida por estos componentes viaja a través del protocolo y se distribuye a sistemas de gestión y visualización, en donde se presenta en forma de gráficos, dashboards, e incluso, se puede tener cierto nivel de control desde ellos mismos. Lo interesante aquí es que la información fluye de manera transparente, desde los componentes de bajo nivel hasta servidores y computadoras, donde puestos gerenciales monitorizan en todo momento el accionar de su planta y toman las decisiones adecuadas en el momento adecuado, dado que se trata de información en tiempo real.

Algo muy importante que mencionar, es que la convergencia de la tecnología se está haciendo cada vez más estandarizada, entonces, no necesariamente se deben comprar componentes de una sola marca, aunque si es recomendable por ser de la misma familia, se pueden integrar productos de terceros e

interactuar en el lazo de información. Particularmente, tenemos más experiencia en la utilización de productos de *Rockwell Automation* y podemos decir que son altamente confiables, de alta calidad y sobre todo, fáciles de configurar y operar, característica muy deseable hoy en día para la adquisición de este tipo de tecnología. No obstante, sabemos de antemano que muchas veces no se cuenta con el mismo nivel de experiencia y para ello existen servicios de consultoría que pueden ayudar a implementarla, tal como el que ofrece Synergy: Mechatronics and more. Al final de este ebook encontrarás el contacto.

2.4 Ingeniería de sistemas de fabricación

Un sistema de fabricación es o está conformado por un grupo de estaciones de trabajo interconectadas por medio de un sistema de transporte, generalmente automatizado. Comúnmente, todos estos subsistemas se controlan mediante un PLC. Ahora bien, existen diferentes tipos de sistemas de fabricación, siendo los de carácter fijo, flexible y programable los más usuales.

Un sistema de fabricación fijo es un sistema en el cual la secuencia de las operaciones de proceso (o ensamble) está determinada por la configuración del equipo. Esta secuencia de operaciones usualmente es simple. Las características principales de la automatización fija son:

- * Alta inversión inicial en equipo diseñado bajo requisitos específicos.
- * Altas tasas de producción
- * Poca flexibilidad para aceptar cambios en los productos.

La justificación económica de la automatización fija se encuentra en productos con altas razones de demanda y volumen. El alto costo inicial del equipo se puede distribuir entre un gran número de piezas, haciendo así el costo unitario atractivo en comparación con otros métodos de producción. Dos ejemplos de este tipo de automatización incluyen las líneas mecanizadas de ensamble (surgidas alrededor de 1913 - el producto se movía sobre conveyors mecanizados, pero las estaciones de trabajo a lo largo de la línea eran operadas manualmente) y las líneas de transferencia de maquinado.

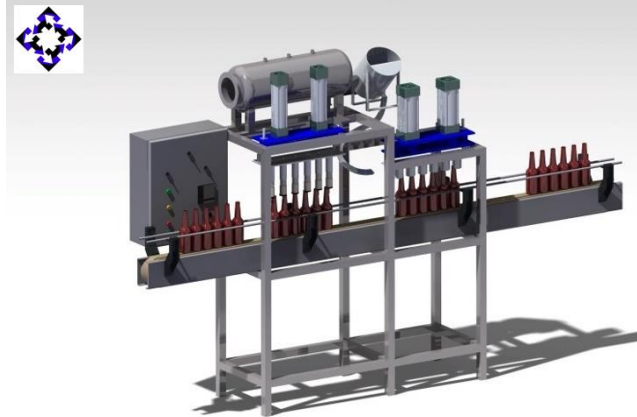


Fig. 9. Sistema de manufactura fijo

Un sistema de fabricación programable es aquel en que el equipo de producción es capaz de cambiar la secuencia de operaciones para adaptarse a diferentes configuraciones del producto. La secuencia de operaciones es controlada por un programa, que es un conjunto de instrucciones codificadas de tal forma que el sistema puede leerlas e interpretarlas. Se preparan e introducen nuevos programas al equipo cuando hay que producir nuevos productos. Algunas de las características de la automatización programable incluyen:

- * Alta inversión en equipo de propósito general
- * Tasas de producción menores que las de la automatización fija
- * Flexibilidad para lidiar con cambios en la configuración del producto
- * Es la más apropiada para producción en lotes (batches).

Los sistemas de producción automatizada que son programables son utilizados en volúmenes de producción bajos - medios. Las piezas o productos son hechos típicamente en lotes. Para producir cada nuevo lote de un producto diferente, el sistema debe ser reprogramado con el conjunto de instrucciones de maquinado que corresponden a ese nuevo producto. La preparación física de la máquina también debe cambiar: las herramientas son colocadas, los aditamentos sujetos a la máquina y los parámetros de maquinado requeridos deben ser introducidos. Estos cambios requieren tiempo. Por tanto, el ciclo normal para un producto dado incluye un periodo durante el cual ocurre la

preparación y la reprogramación, seguido por un periodo en el que se produce el lote de piezas. Ejemplos de la automatización programable incluyen las máquinas controladas numéricamente (su primer prototipo fue mostrado en 1952) y los robots industriales (las primeras aplicaciones fueron alrededor de 1961).



Fig. 10. Sistema de manufactura programable

Un sistema de fabricación flexible es una extensión de la fabricación programable. Su concepto se ha desarrollado en los últimos 15 o 20 años, y sus principios siguen evolucionando. Un sistema automatizado flexible es aquel que puede producir una variedad de productos (o partes) con virtualmente ninguna pérdida de tiempo para cambios entre un producto y el siguiente. No hay tiempo de producción perdido mientras se reprograma el sistema y se cambia la preparación física (herramientas, aditamentos, parámetros de las máquinas). En consecuencia, el sistema puede producir varias combinaciones y programaciones de productos, en lugar de requerir que se hagan en lotes separados. Las características de la automatización flexible se pueden resumir en:

- Alta inversión en un sistema diseñado bajo requerimientos específicos
- Producción continua de mezclas variables de productos
- Tasas de producción medias
- Flexibilidad para adaptarse a variaciones en el diseño del producto.



Fig. 11. Sistema de manufactura flexible

2.5 Industria 4.0 en sistemas de producción

Basado en lo anterior, se observa que los sistemas de fabricación programables ofrecen mayores ventajas, dado que no es necesario hacer modificaciones importantes al sistema, además de que puede ser escalable y sobre todo, permite tener un mayor grado de monitorización, no sólo local, sino también remota, como por ejemplo, conocer la eficiencia global, el número de piezas procesadas, las variables controladas de proceso (presión, temperatura, flujo), las fallas en tiempo real o fallas potenciales, etc. Esto es, básicamente, industria 4.0.

Sin embargo, muchos de estos sistemas de fabricación están siendo obsoletos, dado el número de tecnologías que los conforman, las cuales pueden no ser tan transparentes, variadas y complejas, haciendo tediosa la monitorización. Lo que busca la industria 4.0 es la convergencia de dichas tecnologías, la transparencia de la información, la facilidad de uso, y una puesta en marcha más rápida. El avance tecnológico y el grado de competitividad global están

forzando a las industrias a evolucionar y adoptar nuevos paradigmas para la concepción de nuevos procesos de fabricación. Hablando precisamente de herramientas tecnológicas, encontramos algunas de ellas bastante interesantes y que están siendo aplicadas en varios lugares del mundo. Hablamos de tecnologías basadas en Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Simulaciones y Emulaciones. Estas dos últimas son de particular interés, porque con ellas es factible simular procesos de producción en tiempo real, así como emularlos. Sin embargo, ¿en qué consiste la simulación y la emulación en el contexto de sistemas de producción? La simulación es una manera de representar un modelo que pudiera aproximarse a la realidad, pero de manera digital. Son bastante útiles porque en ellas es posible modificar, cambiar e incluso eliminar partes de un modelo, todo antes siquiera pensar en fabricar algo. No obstante, está lejos de comportarse como el modelo lo haría realmente, aunque es de bastante ayuda para depurarlo y modificarlo. En cambio, la emulación trata de imitar las acciones que un modelo real haría, pero en ambiente virtual. Aquí ya podemos hablar de igualdad de características físicas, como fuerzas, velocidades, inercias, etc., que se presentarán una vez construido y operado el equipo. Es aquí donde toma relevancia el manejo de este tipo de herramientas, pues permite ahorrar no solo dinero, sino tiempo y esfuerzo al pre visualizar un proceso de manera virtual. Posteriormente, si este proceso virtual resulta exitoso, entonces la etapa de fabricación y puesta en marcha será más sencilla y directa, sin presentar desviaciones o modificaciones importantes. A continuación se explica brevemente los conceptos de simulación y emulación embebidas en uno solo: gemelo digital.

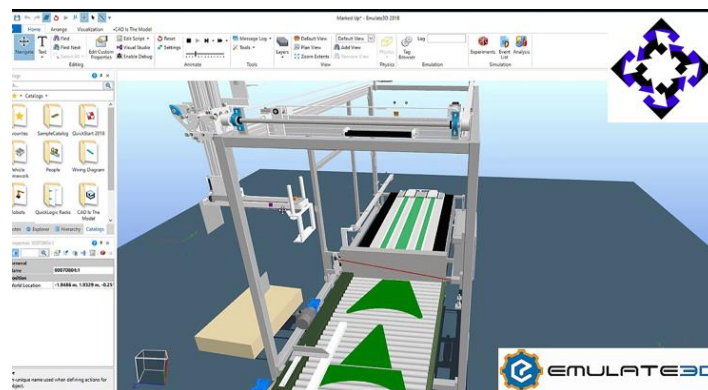


Fig. 12. Software de emulación de procesos

2.6 El concepto de gemelo digital y sus alcances

Un gemelo digital es un modelo virtual de un proceso, producto o servicio y se puede usar para mejorar fases de diseño, puesta en marcha y operación de un sistema de producción. El gemelo digital cuenta con cuatro aspectos fundamentales:

- Análisis de producción
- Formación de operadores
- Puesta en marcha virtual
- Creación de prototipos y máquinas

El primer punto, el análisis de producción, se basa en el estudio de la producción de un producto o servicio, pero de manera virtual, y a través de él, mejorarla y eficientizarla.

El segundo punto es muy interesante. Teniendo el modelo virtual del proceso, producto o servicio, es posible formar y capacitar a operadores sin tener nada fabricado. Esto es bastante útil, considerando que la mayoría de los nuevos equipos, al estar una vez instalados en sitio, se debe proceder al entrenamiento de operadores, comenzando desde mostrarles el equipo, sus partes, etc. Con esta herramienta, la puesta en marcha del sistema de producción se acelera porque los operadores ya conocen el equipo e inclusive ya están capacitados para operarlo.

El tercer punto está ligado al segundo, pues la puesta en marcha virtual se logra o se puede lograr en etapas tempranas del proyecto, claro, una vez teniendo bien definido el sistema de producción virtual. Para esto, los operarios utilizarán herramientas de realidad virtual para emular el proceso con el que van a trabajar realmente.

El cuarto punto es básico, pues se trata del diseño del sistema de fabricación de manera virtual, y en donde es posible detectar errores, colisiones, velocidades de operación, etc. y mejorarlos.

Estas herramientas son relativamente nuevas en México, y no mucha gente las conoce, o bien, no conoce del todo bien sus alcances. Ahora bien, existen servicios de consultoría que pueden ayudar a implementarlas, tal como el que

ofrece Synergy: Mechatronics and more. Al final de este ebook encontrarás el contacto.

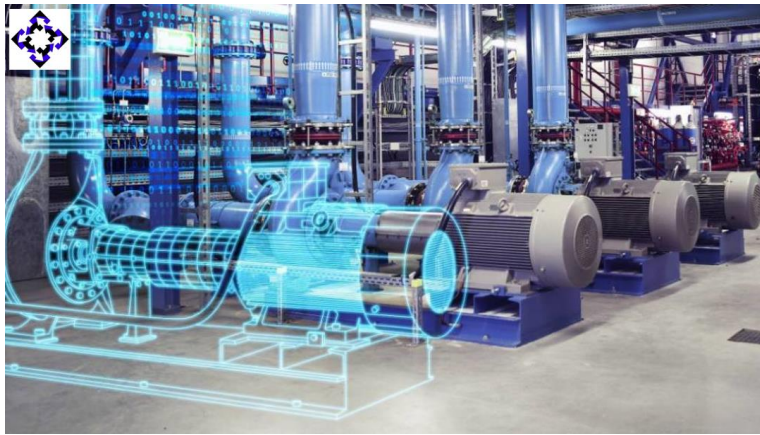


Fig. 13. Concepto de gemelo digital

2.7 Fabricación aditiva

Dentro de este torbellino de conceptos involucrados en la industria 4.0 encontramos, por supuesto, el término de manufactura o fabricación aditiva. Se trata de una solución más simplificada, no menos compleja, que permite la fabricación de piezas para multitud de industrias, con ventajas notables sobre los procesos de fabricación actuales, como por ejemplo, la rapidez de prototipado, prueba y validación de componentes, que con procesos tradicionales, tardaría más del doble en ejecutarse. Por si fuera poco, los materiales actualmente disponibles, presentan características mecánicas que los hacen atractivos para aquellos que desean fabricar un producto y ponerlo a la venta de inmediato. Antes de entrar más en detalle, entendamos un poco por que se llama manufactura aditiva.

Qué significa manufactura aditiva

La manufactura aditiva o fabricación por adición, se denomina más comúnmente como impresión 3D, la cual hace referencia a un conjunto de tecnologías que permiten crear objetos tridimensionales mediante la superposición de capas de una forma controlada mediante un controlador o software de modelado. Justo ahí radica su principal característica, pues las

piezas pueden ser diseñadas y fabricadas en tiempos más cortos gracias a las interfaces de diseño más amigables e intuitivas.

Potenciales de la manufactura aditiva

La manufactura aditiva no solo se contempla para la fabricación de piezas intermedias o finales, sino que puede suponer un gran avance para otras tareas, como realizar planos y maquetas, o bien, crear alimentos procesados. Hay quienes pronostican que en el futuro se podrían fabricar órganos en 3D completamente funcionales para el ser humano.

Importancia de la manufactura aditiva

La manufactura aditiva, en contraste con otras técnicas de fabricación, permite fabricar piezas hasta con un 90% más de rapidez, además de que, gracias a los procesos de fabricación, solo se emplea el material necesario, evitando así desperdicios o *scrap*, lo que conlleva a una reducción de costos y producir de manera más sostenible.

Beneficios de la manufactura aditiva

Esta tecnología se ha ido posicionando cada vez más en el mercado, logrando beneficios, tales como:

- Permite la creación de series de productos más pequeñas, en función de la demanda
- Reduce costos iniciales de inversión en la fabricación de un nuevo producto
- Facilita el proceso de diseño, eliminando restricciones tradicionales del mismo
- Permite crear montajes con distintos materiales y propiedades de ensamblaje sencillo
- Reduce costos de producción al añadir dificultades geométricas al diseño
- Elimina los desechos de material

Manufactura aditiva en la industria 4.0

La manufactura aditiva está experimentando un crecimiento acelerado muy importante en los últimos años, debido a la rapidez, precisión y ahorro que su utilización significa. Gracias a estas cualidades, algunos de los principales sectores que hacen uso de ella son salud, automotriz y aeroespacial.

En el sector salud, por ejemplo, la manufactura aditiva ha permitido crear implantes personalizados, todo ello en función de cada necesidad específica del paciente.

Algunas técnicas de la manufactura aditiva

La manufactura aditiva permite una producción adaptada al sector o componente específico. Las principales técnicas que se pueden emplear son la fusión del material en polvo (deposición de una capa de material en polvo en la zona de trabajo para fundirla de manera selectiva), el modelado por deposición fundida (utilización de material termoplástico fundido para su posterior solidificación) y el jetting (una mezcla de material fotopolímero en gotas que se seca con luz. Estas técnicas funcionan con materiales plásticos o metálicos.

Como conclusión, el potencial de crecimiento sigue siendo enorme. Otras industrias no menos importantes, como la juguetera y de muebles comienzan a interesarse cada vez más en la manufactura aditiva, y algunas otras más complejas, como las de alimentos, ven futuro en esta tecnología.



Fig. 14. Sistema de manufactura aditiva

2.8 Mantenimiento 4.0

El término “mantenimiento” se refiere al conjunto de técnicas y procesos que permiten que un objeto se conserve en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación. El concepto de objeto se puede aplicar tanto a cosas físicas como a virtuales o intangibles que posean la cualidad de ser mantenibles. Ahora bien, bajo esta premisa, en la industria, el mantenimiento es vital para que los procesos de producción continúen funcionando día a día, sin detenerse ni degradarse. Sin embargo, es importante aclarar cómo se debe aplicar mantenimiento a las instalaciones industriales. Para ello, se describirán brevemente en qué consiste el mantenimiento en el sector industrial.

Tipos de mantenimiento

En la industria encontramos varios tipos de mantenimiento, pero podemos agrupar a todos ellos en tres básicos.

- **Mantenimiento correctivo:** Es aquel que corrige los defectos observados en los equipos o instalaciones, y se denomina como el más básico de los tres. Es históricamente el primer tipo de mantenimiento documentado, y era sinónimo de reparar lo que estaba averiado.
- **Mantenimiento preventivo:** Es el destinado a la conservación de los equipos o instalaciones, pero mediante revisiones periódicas sistematizadas que, tras analizarlas, es posible determinar si algo va a fallar e inclusive, cuando va a fallar. Su intervención se da cuando algún equipamiento comienza a fallar o bien, a dar indicios de falla.
- **Mantenimiento predictivo:** Se trata de una serie de acciones y técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallas en etapas incipientes para evitar que dichas fallas sean potencialmente dañinas para el proceso. Su intervención puede ser, inclusive, aun cuando los equipos o instalaciones no presenten algún tipo de falla.

Dados los conceptos anteriores, se observa que el concepto de industria 4.0 podría tener mayor cabida en el tercer y último tipo de mantenimiento, es decir, el predictivo, a través de dispositivos y sistemas inteligentes y conectados a la nube. Dichos dispositivos son los mismos que operan las

maquinarias, como motores, sensores, actuadores y mecanismos que, desde su concepción de diseño, poseen la característica de poder monitorear sus condiciones en tiempo real y compartirlas a alguna red de datos o interfaz, en donde personal de mantenimiento es alertado acerca de su estatus, con datos como ciclos ejecutados, fallas almacenadas con hora y fecha, cambios y modificaciones en su lógica de programación y por supuesto, tiempo estimado para un mantenimiento. Esta herramienta es muy útil si se considera un ambiente en donde toda la información de los dispositivos es recabada y procesada en formatos entendibles y listos para toma de decisiones, además de tener la infraestructura necesaria para dicha encomienda. Así, los mantenimientos preventivos y correctivos tendrán cada vez menos cabida, dado que es el mismo dispositivo quien alerta sobre alguna falla o cuando debe ser revisado o reemplazado. Toda esta información se almacena en bases de datos y ayuda a comparar el desempeño de los equipos a lo largo del tiempo, con lo que los directores de planta, por ejemplo, visualizar el comportamiento de sus procesos y deciden qué hacer en caso de querer mejorar su productividad y eficiencia.



Fig. 15. Tipos de mantenimiento

Finalmente, el hacer factible esta opción radica en la visión que cada dueño de planta tenga, pues amerita tener una buena estimación financiera del impacto inicial contra los beneficios que ello traería al mediano y largo plazo. En ese sentido, es recomendable poder contar con apoyo profesional que asista a las personas interesadas en la toma de decisiones, como consultores externos, por ejemplo. En este caso, *Synergy: Mechatronics and more*, ofrece el servicio de consultoría. Al final del e-book encontrarás el contacto.

2.9 Machine Learning

Machine Learning puede ser definido como métodos computacionales que hacen uso de experiencias previas para la optimización y predicción precisas del rendimiento de un sistema. La “experiencia” se refiere a aquella información almacenada en el pasado y disponible para “aprender”. Esta información puede ser almacenada y digitalizada en diferentes formatos y/o archivos, en cualquier caso su importancia es crucial para la generación de algoritmos precisos de predicción. Machine learning admite una vasta clasificación de aplicaciones prácticas que incluyen:

- Clasificación de textos y documentos: Esto incluye problemas como asignar un tema a un texto o a un documento, o determinar automáticamente si el contenido de una página web es inapropiado o demasiado explícito; también incluye la detección de spam
- Procesamiento del lenguaje natural (NLP): La mayoría de las tareas en este campo, incluyendo el etiquetado de partes de la voz, el reconocimiento de entidades con nombre, el análisis sin contexto o el análisis de dependencia, se presentan como problemas de aprendizaje
- Aplicaciones de procesamiento de voz: Esto incluye el reconocimiento del habla, la síntesis del habla, la verificación del hablante, la identificación del hablante, así como subproblemas como el modelado del lenguaje y el modelado acústico
- Aplicaciones de visión computarizada: Esto incluye reconocimiento de objetos, identificación de objetos, detección de rostros, reconocimiento óptico de caracteres (OCR), recuperación de imágenes basada en el contenido o estimación de poses.

- Aplicaciones biológicas computarizadas: Esto incluye la predicción de la función de las proteínas. identificación de sitios clave, o el análisis de redes de genes y proteínas.
- Y muchas más

Estudios actuales indican que los algoritmos de aprendizaje automático incorporados en CPPS son la clave para trabajar con herramientas de diagnóstico de alta precisión. El desarrollo de dichos sistemas computacionales impulsados por Big Data e IoT podría ser el primer paso hacia el diagnóstico de procesos y herramientas de pronóstico que serían muy beneficiosas para las nuevas aplicaciones de mantenimiento predictivo basadas en la detección.

3.0 Ciberseguridad

El concepto de ciberseguridad es un concepto que actualmente está tomando mucha mayor relevancia, dado que los sistemas de gestión, tanto empresarial como industrial, están adoptando un carácter cada vez más digital para el manejo de datos e información. En este sentido, se entiende por ciberseguridad aquella seguridad asociada a la red o ciberespacio de dichas entidades, puesto que pueden existir intereses ajenos que amenacen con violar y hacer mal uso de dicha información.

Ahora bien, trasladando el concepto al ámbito industrial, la ciberseguridad se entiende como la protección de información mediante el tratamiento y supervisión de amenazas que ponen en riesgo la información almacenada en los sistemas informáticos de la empresa. Por ende, es preciso comprender a la ciberseguridad industrial como un mecanismo de protección de información digital.

Diferencia entre ciberseguridad y seguridad de la información

Es importante aclarar la diferencia entre estos dos conceptos, dado que la tendencia es llegar a confundirlos. Por un lado, la seguridad de la información se encarga de reducir todos los riesgos y amenazas hasta un nivel aceptable

para poder reducir o mitigar los riesgos existentes en la empresa. Por el otro, la ciberseguridad es parte de la seguridad de la información, pero la diferencia radica en que es exclusiva de la información digital, y todo lo que ello conlleva. No se debe olvidar que todos los datos requieren unas medidas de protección adecuadas de acuerdo con su importancia y su estado, ya que la información que nos encontramos en una compañía puede ser almacenada, procesada o transmitida de diferente forma: desde formato electrónico hasta de manera verbal.

Ciberseguridad industrial

Es importante mencionar que mucha de la nueva tecnología basada en la industria 4.0 trabaja con grandes cantidades de información sensible proveniente de procesos, líneas de producción, celdas de ensamble, etc. Que son adecuadamente procesadas para un mejor entendimiento y monitorización de dichos eventos, y esa información es almacenada en servidores privados, poniéndola bajo custodia digital para uso exclusivo de la empresa. Sin embargo, como cualquier elemento de seguridad, la ciberseguridad industrial debe soportar diferentes tipos de amenazas, retos y preferencias, entre las que debemos destacar:

- La falta parcial o total de cultura de ciberseguridad. Las consecuencias de este desconocimiento hacen que haya una falta de estándares de seguridad específicos, puesto que es altamente probable que estos difieran según el tipo de industria. Además, existe una falta de desarrollo y de un programa formativo para las carreras relacionadas con la seguridad de la información.
- Medición y análisis de riesgos reales. También como consecuencia de este desconocimiento, no existe una formación adecuada sobre los verdaderos riesgos a los que se expone la ciberseguridad industrial, por lo que se debería integrar una educación sobre estos en la gestión de un negocio.
- Lograr eliminar o reducir el riesgo y acabar con sus defectos. Esto se traduce en conseguir herramientas que hagan posible la interceptación de la información ante amenazas.
- Falta de detección y gestión de incidentes. Hoy por hoy es complicado detectar aquellos incidentes en materia de ciberseguridad en el

momento en que se producen, pues casi siempre se detectan una vez que han sucedido.

- Finalmente y no menos importante, la falta de investigación en esta materia.

Sin embargo, debemos destacar que el objetivo fundamental tanto de la ciberseguridad industrial como de la seguridad de la información es lograr un grado máximo de seguridad, ya que nadie se encuentra libre de sufrir algún riesgo de seguridad.

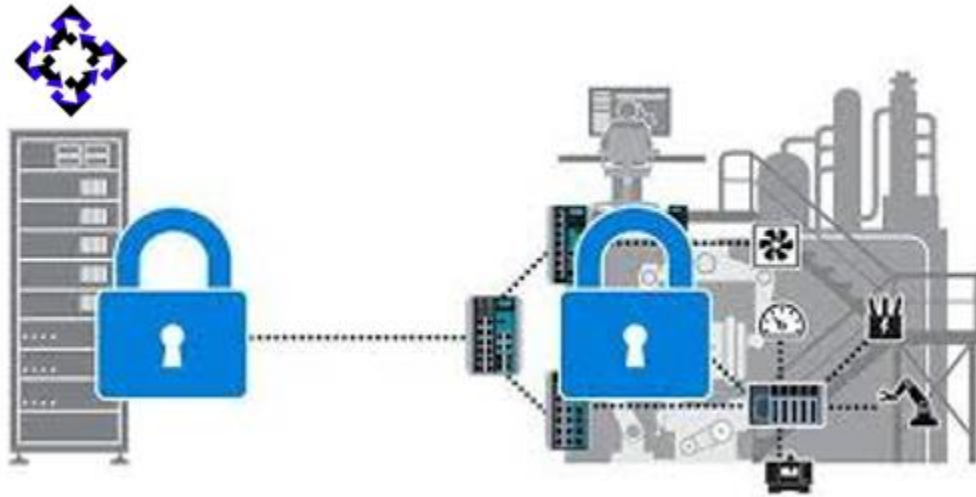


Fig. 16. Concepto de ciberseguridad

Productos y servicios para la ciberseguridad industrial

Actualmente existen infinidad de productos para la automatización industrial, que resulta un tanto tedioso o frustrante sentarse a revisar todos y cada uno de ellos, puesto que también son un gran número de compañías que los fabrican, y cada una maneja catálogos inmensos, que aparenta ser una labor titánica. Sin embargo, parece ser que estas compañías están ya dando importancia a esta situación y lo que han hecho es crear especialistas en cada una de sus áreas para poder atender a los usuarios de manera clara y sencilla sobre un tema en particular. La ciberseguridad no es la excepción. Sin embargo, sí es importante conocer el ambiente en el que una línea de producción o celda de manufactura va a estar, así como qué información relevante se va a extraer para analizar y procesar. Generalmente son los

procesos más importantes los que se desea monitorizar, tanto en tiempo real como vía remota, lo que indudablemente genera que la información tenga que ser distribuida por canales atípicos, como redes inalámbricas, por ejemplo. Esto puede resultar cómodo y muy práctico, sin embargo lleva consigo el riesgo de amenaza infiltración de datos o bien, del proceso mismo, logrando incluso alterarlo y sabotear la producción de una empresa, conduciendo inevitablemente a un desastre no solo financiero, sino también de seguridad de las personas ahí presentes, las instalaciones y los dispositivos. Teniendo esto en mente, entonces es más factible que un asesor técnico pueda recomendar sus productos en ciberseguridad.

Una de las marcas de productos de automatización más grandes e importantes a nivel global es *Rockwell Automation*. *Rockwell Automation* se ha logrado consolidar como una empresa desarrolladora de tecnología e innovación en el ámbito industrial, destacándose, por supuesto, en ciberseguridad. Algunos de sus productos más usuales que complementan la ciberseguridad son sus switches ethernet administrables. Dichos dispositivos manejan protocolos que protegen y guían la información de manera segura, además de que ofrecen otro tipo de prestaciones, como el manejo de canales para dispositivos de seguridad de maquinaria, por ejemplo, o control de movimiento, como servomotores. Estos dispositivos poseen incluso certificaciones avaladas por entidades reconocidas globalmente en el ámbito de ciberseguridad, con lo que el usuario podrá estar tranquilo al poder contar con estos componentes. Sin embargo, con solo tener este tipo de switches no es suficiente. Existen también plataformas de gestión, como *FactoryTalk Asset Centre*, en donde la información se procesa y se presenta en forma de dashboards, gráficas, indicadores, etc. Que son de carácter interno de la empresa y se encuentran por lo tanto, protegidos de cualquier amenaza externa incluso, interna, pues poseen una serie de permisos y restricciones que solo las personas adecuadas pueden manipular.

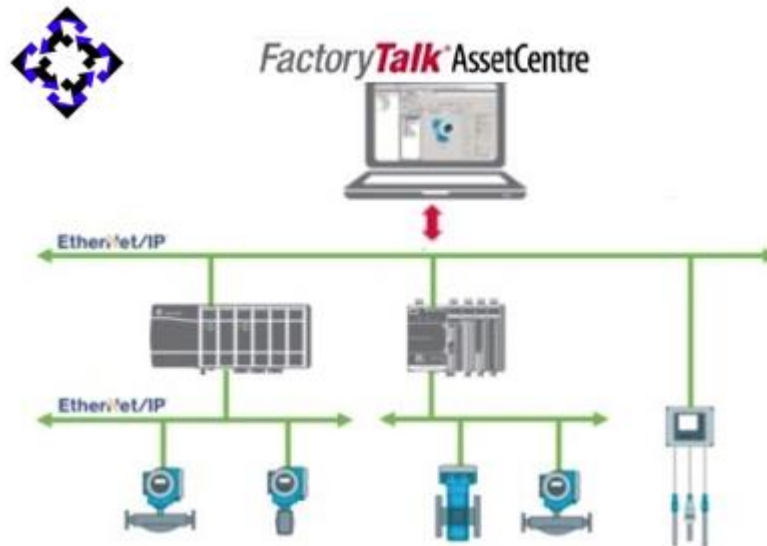


Fig. 17. Plataforma de gestión de datos

En cuanto a servicios, muchas de estas mismas compañías ofrecen asesoramiento y consultoría para el desarrollo de nuevos proyectos e implementación de mejoras. No obstante, un inconveniente es que dicho asesoramiento está basado en el uso de sus componentes, por lo que, si se desea tener éxito en el proyecto será necesario comprar lo que ellos venden. En caso de que el usuario esté satisfecho o no tenga problema con esto, entonces se podrá proceder sin ningún tipo de restricción. Sin embargo, muchas veces no es sencillo integrar componentes de una sola marca, pues la diversidad de procesos y eventos muchas veces pueden ser logrados con éxito solo con tal o cual marca, haciendo inevitable la integración de varias marcas. Para estos dilemas, existen grupos multidisciplinarios que se encargan de dar consultoría y soporte para estos temas, como lo es *Synergy: Mechatronics & more*. Para Synergy no hay imposibles, no trabaja con marcas particulares, Synergy analiza y resuelve el problema ofreciendo la mejor de las soluciones, no importando qué marcas se empleen para ello. Para más información, al final del e-book encontrarás el contacto de los expertos consultores.

INDUSTRI4.0

INTEGRACIÓN 4 MÉXICO

Herramientas 4.0

3.1 Control inteligente y suministro de información en automatización

En la industria 4.0, el término “inteligente” se ha vuelto el pan de cada día, y prácticamente acompaña a cualquier concepto, descripción, componente o proceso que se desarrolla y lleva a cabo dentro de ella. Pero en términos prácticos, ¿qué rayos significa que algo sea “inteligente”? Claramente se hace una connotación a la facultad que tenemos los humanos para aprender, entender, razonar, tomar decisiones y formarnos una idea de lo que es la realidad, pero llevada a cabo por sistemas y procesos inertes, carentes de vida como la conocemos, pero que evidentemente procesan y ejecutan órdenes en función de la información recibida, tal y como una mente humana funciona. Sin embargo, la inteligencia de estos enseres no es tan compleja y sofisticada como la humana, aunque sí muy útil y práctica para la toma de decisiones y monitorización permanente de procesos productivos, a diferencia de los procesos convencionales, en donde, a pesar de la utilización de componentes lógicos, esta inteligencia no es palpable ni notoria. He aquí la importancia y relevancia de la Industria 4.0, pues además de permitir poseer un control más inteligente, otro factor, como lo es la generación y procesamiento de información proveniente de los procesos, ayuda a tener un mejor conocimiento de su funcionamiento, como por ejemplo, velocidades, cantidad de piezas producidas, fallas recurrentes, tiempos perdidos, etc., cuyo valor es incalculable, pues prácticamente se puede resolver cualquier tipo de problema en el momento, reduciendo drásticamente caídas de producción o pérdidas significativas. A continuación se detallará más a fondo el concepto de control inteligente y que es el suministro de información en la automatización.

Control Inteligente

El control inteligente en la automatización se refiere al proceso que un automatismo presenta al controlar un proceso productivo o rutina, de manera eficiente, repetitiva y confiable, pero con la invaluable ayuda de elementos de campo inteligentes, como sensores y actuadores capaces de generar información de la situación que están ejecutando, sin dejar de hacer su función

básica para lo que fueron diseñados. Además, dichos automatismos presentan mejoras sustanciales, tales como procesadores más modernos, interfaces de programación más intuitivas y útiles, algoritmos de programación reutilizables y configurables para adaptarse a otros procesos, comunicación con otros automatismos, gestión de control de movimiento, gestión de control de motores, gestión de robots, gestión de seguridad funcional y ciberseguridad, etc. En paralelo, estos automatismos gestionan la información recabada por los elementos de campo y la manejan en forma paralela mediante dispositivos externos que ayudan a entregarla a los departamentos correspondientes, es decir, segmentan la información concerniente a calidad, mantenimiento, producción, inclusive gerencia, por ejemplo. Así, cada quien ve lo que necesita ver y toma las medidas adecuadas para mejorar o eficientizar el proceso. Esto es especialmente útil cuando existen fallas recurrentes, pérdidas de disponibilidad de los equipos, falta de mantenimiento, etc., además de que la información es transparente y verdadera, sin lugar a manipulaciones, dejando en evidencia a qué o quienes no están haciendo su trabajo o no lo están haciendo bien. Estos automatismos pueden generar por sí mismos redes de máquinas conectadas, las cuales pueden gestionarse desde un software en particular, facilitando tareas como back-ups de programas, gestión de cambios y actualizaciones.

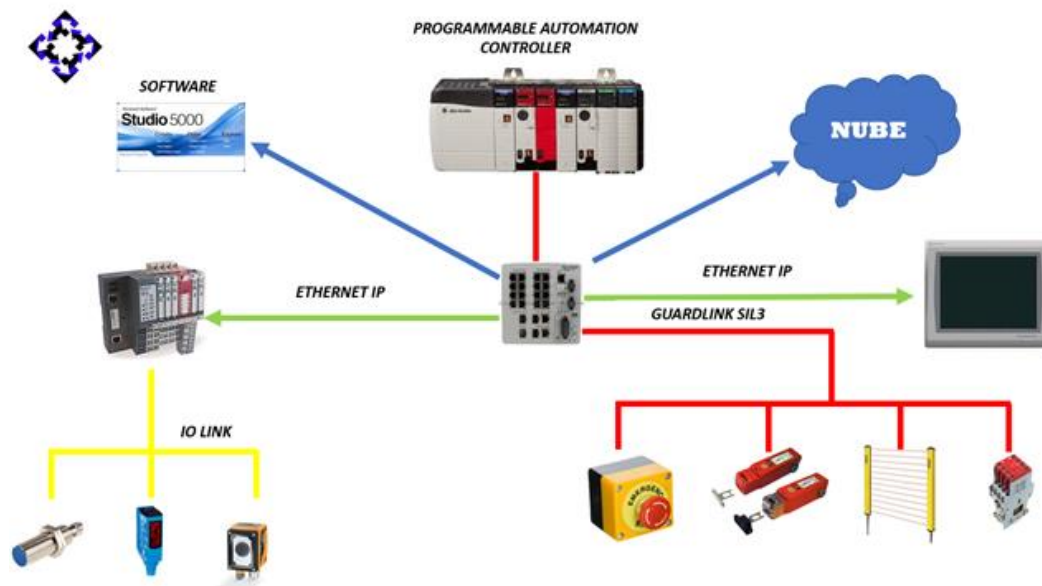


Fig. 18. Red de control industrial típica en la industria 4.0

Suministro de información en automatización

Hasta ahora ya se ha hablado acerca del control inteligente, sus complementos y cómo podría interactuar en un ambiente conectado. La parte subsiguiente tiene que ver con la información recabada y generada por estos automatismos y como es procesada para la toma de decisiones en la planta. Esta parte de la automatización es verdaderamente revolucionaria, pues con los avances tecnológicos ha sido posible la incorporación de tecnologías de diagnóstico avanzado, que incluye el diagnóstico mismo del dispositivo que ejecuta una tarea y el diagnóstico de la tarea que está ejecutando. Ambos tipos de información son gestionados por el autómatas y son condensados en paquetes de información que serán enviados a otros sistemas de monitoreo superior, en donde serán desplegados en forma tal que los departamentos involucrados observarán lo que necesitan conocer del proceso o máquina en cuestión. Tal es el caso del concepto de monitorización que *Rockwell Automation* presenta: *FactoryTalk View, Site Edition*. Con este concepto, *Rockwell Automation* ofrece las herramientas necesarias para poder extraer la información recabada en los autómatas de campo y presentarla en las computadoras de las personas involucradas de una manera interactiva, intuitiva y fácil de digerir, además de que permite hacer registros precisos de quienes y cómo han interactuado con el software y también algunos permisos de control a distancia, con lo que no es necesario estar físicamente presente en la máquina, e incluso, en la planta, gracias a *toolsets* para smartphones o tablets. Dado que la ciberseguridad representa un reto en esta era, este software presenta herramientas que ayudan a gestionar esos temas, por lo que uno puede estar tranquilo de no ser amenazado o infiltrado por hackers o personas ajenas al proceso. La herramienta es tan versátil, que permite crear y diseñar las pantallas con los dashboards necesarios o bien, utilizar los predefinidos. Si bien, se trata de una herramienta bastante útil, su costo podría no ser tan accesible y su implementación debería realizarse en una planta en donde la mayoría o todos los autómatas fueran de la misma familia y marca, es decir, *Rockwell Automation*. No obstante, otras marcas de automatización presentan herramientas similares, y solo es cuestión de contactar a los asesores correspondientes para una recomendación más puntual o bien, existen grupos de asesoría externa que pueden ayudar a resolver este tipo de problemas. Tal es el caso de *Synergy: Mechatronics and more*, quien ofrece el servicio de consultoría. Al final del e-book encontrarás el contacto.



Fig. 19. Sistema de monitorización de la información de sistemas de control industriales

3.2 Seguridad de maquinaria: Normativa y herramientas de diagnóstico

En el capítulo anterior se habló acerca de la tecnología envuelta en la seguridad industrial, específicamente en seguridad de maquinaria. Se mencionaron los últimos avances técnicos en cuanto a la gestión y tratamiento de los datos que la seguridad funcional puede arrojar mediante dispositivos inteligentes conectados entre sí a través de protocolos especializados, con lo cual se garantiza su buen uso, debido a que podría caer en manos equivocadas, pudiendo generar daños a las máquinas y principalmente, a los operadores. Es aquí donde la ciberseguridad hace una sinergia con la seguridad funcional en la gestión de los procesos productivos de una planta. Hasta aquí, se ha resumido brevemente en qué consiste la tecnología en seguridad de maquinaria, pero lo que nos atañe ahora es conocer qué con qué herramientas contamos para conceptualizarla, implementarla y gestionarla. Un punto importante a resaltar es que la seguridad debe ser considerada desde un inicio en proyectos de automatización industrial, debe estar al mismo nivel que el diseño del proceso mismo, por lo que el reto para los ingenieros de diseño es aún mayor, dado que deben satisfacer tanto los requerimientos del proceso como los de seguridad, es decir, deben encontrar la sinergia entre estos dos conceptos y generar una máquina, línea o celda de manufactura eficiente y segura. Por si no fuera poco, la conectividad de los sistemas de fabricación empieza a ser un factor importante y que también debe ser considerado en la planeación del proyecto. Entonces, ¿cómo se implementa la seguridad en una máquina? Existen varias

maneras. Las más convencionales, por experiencia al visitar gran cantidad de plantas, son implementaciones locales, en las que al colocar, por ejemplo, un paro de emergencia y un interlock de seguridad a una puerta, es suficiente seguridad para los operadores y líderes de línea, pero esta es una mala práctica, pues no por el hecho de colocar un dispositivo de seguridad, el sistema ya es seguro. Existen normativas nacionales e internacionales que establecen qué lineamientos seguir para la selección de componentes tasados para seguridad, que guardas de seguridad colocar, qué señalamientos visuales emplear, qué equipos de seguridad contemplar, etc. En fin, muchas cosas que la mayoría de las plantas en México desconocen, debido al atraso tecnológico que se tiene en comparación con otros países. Otra manera de implementar seguridad son las llamadas “remediaciones”, que consisten en llevar a un equipo de automatización existente a un estatus de seguridad. No obstante, nos ha tocado ver que dichas “remediaciones” son solo el reflejo de un desconocimiento de las normas de seguridad, y si bien es cierto, ya emplean dispositivos de seguridad de mayor nivel, al final, la filosofía de seguridad no está cubierta, y el equipo, en apariencia seguro, sigue siendo peligroso. Sin tantos rodeos, para poder tener verdaderamente un equipo seguro, no existe otra opción que la intervención de un consultor externo o cualquier persona certificada, principalmente, por el órgano alemán TÜV, uno de los más reconocidos a nivel mundial y el cual tiene el conocimiento necesario para analizar, recomendar e implementar seguridad de maquinaria en serio. Esto se logra a través de una herramienta muy útil, el análisis de riesgos, que a continuación se describirá.

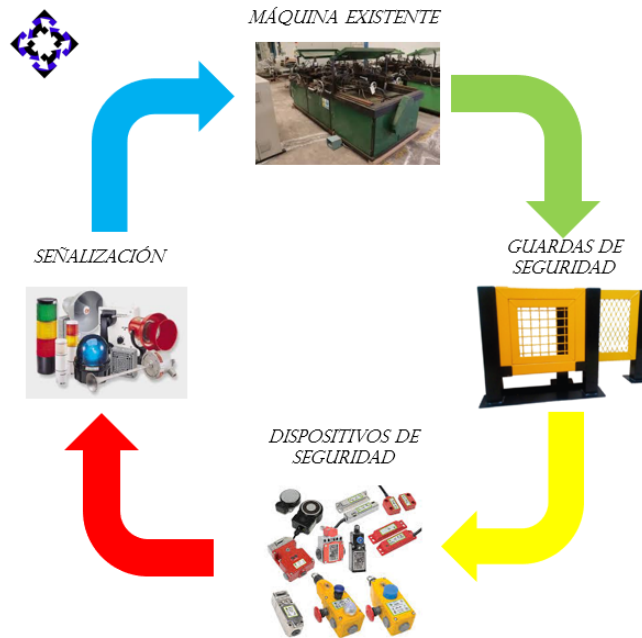


Fig. 20. Loop de remediaciones típicas de seguridad industrial

Análisis y evaluación de riesgos en maquinaria industrial

Se ha hablado acerca de las bondades que ofrece el tener equipo o maquinaria industrial con seguridad integrada, pero es importante entender cómo se establece, bajo qué normatividad y lineamientos y cómo se implementa.

Lo primero que se debe hacer es que, al conceptualizar un proyecto de automatización, línea de producción o celda de ensamble, este contemple seguridad integrada, es decir, que de manera sinérgica se integre la parte de seguridad al diseño del proyecto. Esto es altamente recomendable, pues con esto se logra evitar dolores de cabeza en el futuro, además de que se está garantizando un equipo, línea o celda segura operacionalmente hablando. Sin embargo, ¿cómo se determina qué componentes de seguridad se deben integrar, qué guardas de seguridad, qué distancias y señalizaciones usar? Bueno, es aquí donde los análisis de riesgos juegan su rol principal. A continuación se describe brevemente en qué consiste.

Un análisis de riesgos es una evaluación que se aplica a la maquinaria, línea o celda de interés para determinar qué nivel de seguridad se requiere, y con base en ese nivel de seguridad se establecen las incógnitas presentadas en el párrafo anterior. El nivel de seguridad es la métrica que nos indica qué tan

riesgosa o peligrosa es alguna operación de estos equipos, y toma en cuenta cosas como: tipo de operación, tiempo de ciclo, ergonomía (en caso de que la maquinaria sea semiautomática o tenga incursiones de operarios en el proceso), entre otras. No obstante, la maquinaria industrial, línea de producción o celda de manufactura pueden tener varios tipos de procesos. En este caso, el análisis de seguridad los segmenta de tal forma que se evalúa cada proceso por separado, se le asigna un nivel de seguridad y al final, se hace una evaluación global considerando cada nivel de seguridad obtenido. Así, la maquinaria, línea de producción o proceso tendrá el nivel de seguridad más bajo con el que alguno de los procesos haya sido calificado. Ejemplo: supongamos que tenemos una máquina con cinco procesos, PROCESO A, PROCESO B, PROCESO C, PROCESO D y PROCESO E. Entonces, una vez evaluado cada uno de ellos, se obtuvo lo siguiente:

- PROCESO A: NIVEL DE SEGURIDAD PLd (Performance Level d, según ISO-13849-1)
- PROCESO B: NIVEL DE SEGURIDAD PLe (Performance Level d, según ISO-13849-1)
- PROCESO C: NIVEL DE SEGURIDAD PLd (Performance Level d, según ISO-13849-1)
- PROCESO D: NIVEL DE SEGURIDAD PLe (Performance Level d, según ISO-13849-1)
- PROCESO E: NIVEL DE SEGURIDAD PLe (Performance Level d, según ISO-13849-1)

Según la norma ISO-13849-1, existen, o se pueden clasificar cinco niveles de seguridad de acuerdo con el riesgo asociado. Estos niveles van desde el nivel o PLa (bajo) hasta nivel o PLe (alto). El riesgo alto, en este caso, PLe, incluye riesgo de muerte o amputaciones.

Siguiendo el ejemplo, de los cinco procesos, tres fueron riesgo alto (PLe) y dos fueron riesgo moderado (PLd). Por lo tanto, el nivel de seguridad requerido para esta máquina es PLd. La diferencia entre niveles o PLr (*Performance Level Required*) radica en la complejidad de, principalmente, la electrónica asociada a seguridad. Se trata de electrónica verificada y avalada por organismos reconocidos globalmente que emiten su certificación dispositivos

convenientes para tareas de seguridad. Dicha electrónica posee redundancias internas y niveles de monitorización que permiten que el circuito de seguridad sea tolerante a fallas, pero siempre evaluando la seguridad funcional. Si alguna función de seguridad no cumple con lo mínimo, entonces el sistema se irá a falla segura, imposibilitando a la máquina a seguir operando hasta restablecer dicha falla.

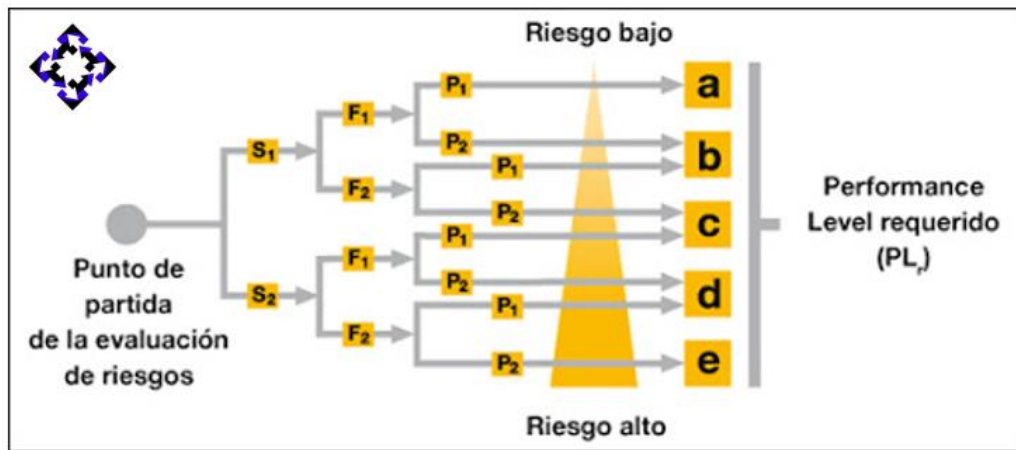


Fig. 21. Determinación del PL requerido

El nivel de seguridad requerido también indica que guardas de seguridad se deben utilizar (fijas o móviles), cuánto deben medir, así como señalizaciones y procedimientos para apagar todas las fuentes de energía de la máquina en forma segura y poder intervenir. Todos estos lineamientos son declarados y fuertemente sugeridos en el análisis de riesgos, el cual puede ejecutarse, incluso, desde etapas tempranas del proyecto y de manera escalonada en el tiempo o desarrollo del proyecto. Si se cuenta con un diseño inicial lo suficientemente parecido a lo que será realmente, entonces se puede realizar un análisis de riesgos y emitir, desde un inicio, las recomendaciones y sugerencias antes siquiera de fabricar algo. Un segundo análisis de riesgos se puede aplicar, una vez teniendo el equipo fabricado o al menos, con un buen avance de fabricación. Esto ayuda a reafirmar lo que originalmente se recomendó y también a observar posibles nuevos riesgos que hayan aparecido en el equipo real. Entonces se emite el fallo y así, el equipo de proyecto adecua el equipo a esas condiciones. Esto es muy valioso porque el equipo aún está en fabricación, y no en operación. Finalmente, cuando el equipo se ha construido al 100% y es completamente funcional y listo para instalarse, se procede a

ejecutar un tercer análisis de riesgos, donde se espera que se haya atendido todas y cada una de las recomendaciones. Se ejecutan pruebas dinámicas en este análisis, entre las cuales destacan las inducciones a fallos, en donde se hace fallar intencionalmente la parte de seguridad y observar la respuesta del equipo. Dichas respuestas ya están documentadas y es cuestión de que el nuevo equipo las realice. Si el equipo cumple con todo lo anterior, entonces se valida y pasa a manos del departamento de producción, donde ya será operado conforme a diseño. Hasta aquí se ha explicado brevemente en qué consiste el análisis de riesgos, pero ¿quién lo ejecuta? Es una muy buena pregunta y la respuesta es, depende. Si, depende de los requerimientos del cliente, o del dueño si se trata de un producto propio. Lo más recomendable en estos casos es acudir con personal calificado que pueda ejecutar y emitir validaciones bajo normas y estándares internacionales. Muchas compañías globales de automatización ofrecen el servicio, y es cuestión de acercarse con ellos para encontrarlo. Los análisis que ofrecen, por lo regular, constan de tres sesiones segmentadas a lo largo del proyecto, de acuerdo con el ejemplo anterior. También se estila poseer recursos humanos entrenados y certificados que puedan ejecutar esta tarea, y finalmente, también es posible adquirir consultoría técnica para que no solo emita los análisis de riesgos, sino también se encargue de ejecutar lo que se está recomendando. En este caso, *Synergy: Mechatronics and more*, ofrece el servicio de consultoría. Al final del e-book encontrarás el contacto.

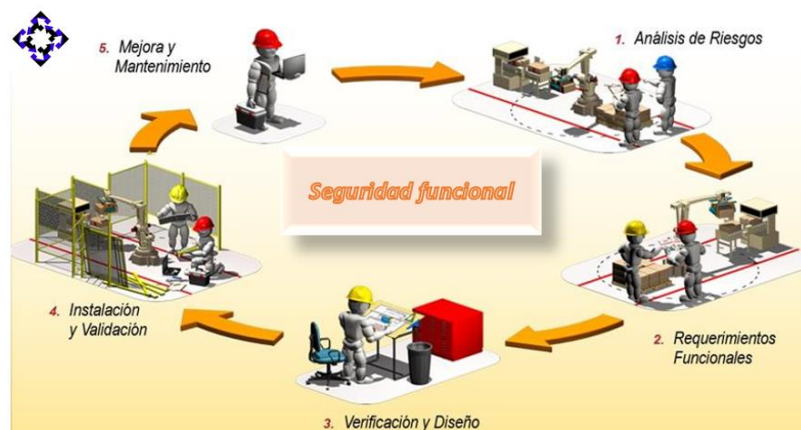


Fig. 22. Ciclo de vida de la seguridad funcional

3.3 Sistemas gestionados y monitorizados en nubes

Antes de abordar en concreto el significado de gestionar y monitorizar sistemas en la nube, es preciso describir primero qué es la nube y para qué sirve. Si bien, la definición de nube puede parecer poco clara, esta se puede resumir como un término que se utiliza para describir una red mundial de servidores, cada uno con una función única. La nube en sí misma no es una entidad física, más bien es una enorme red de servidores remotos a lo largo y ancho del planeta que están conectados para funcionar como un único ecosistema. La función de estos servidores es la de almacenar y administrar datos, ejecutar aplicaciones o entregar contenido o servicios, tales como *streaming* de videos, correo web, software de ofimática o redes sociales. La ventaja principal es que, en vez de acceder a archivos desde un equipo local o personal, accede a ellos en línea desde cualquier equipo con conexión a internet, es decir, la información está disponible dondequiera que uno vaya y siempre que se necesite.

Las empresas utilizan cuatro métodos para implementar recursos en la nube. Existe una nube pública, que comparte recursos y ofrece servicios al público en general a través de internet; una nube privada, que no se comparte y ofrece servicios a través de una red interna privada, normalmente hospedada en el entorno local; una nube híbrida, que comparte servicios entre nubes públicas, según su finalidad; y finalmente, una nube comunitaria, que comparte recursos sólo entre organizaciones, por ejemplo, con instituciones gubernamentales. Básicamente, se puede resumir que la nube no es más que una red virtual y compleja, donde la información es almacenada en servidores, muchos de ellos gratuitos y algunos tantos privados, y se puede acceder a ella prácticamente en cualquier lugar donde se cuente con acceso a internet. Evidentemente es una herramienta bastante útil, que está comenzando a ser muy llamativa para empresas industriales, muchas de las cuales están comenzando a entrar a la era digital y cuyo interés radica en poder almacenar y procesar toda la información recabada de sus procesos industriales, y además, sin tener que adquirir necesariamente costosos servidores, pues muchos de los proveedores de servicios de la nube ofrecen una gama completa de servicios, incluidos dichos servidores.

Con esta pequeña introducción al concepto de nube, podemos entrar de lleno al aspecto industrial, es decir, cómo interactúa la nube con estos sistemas, ventajas, desventajas y qué potencial representaría para una compañía sin este tipo de servicios.

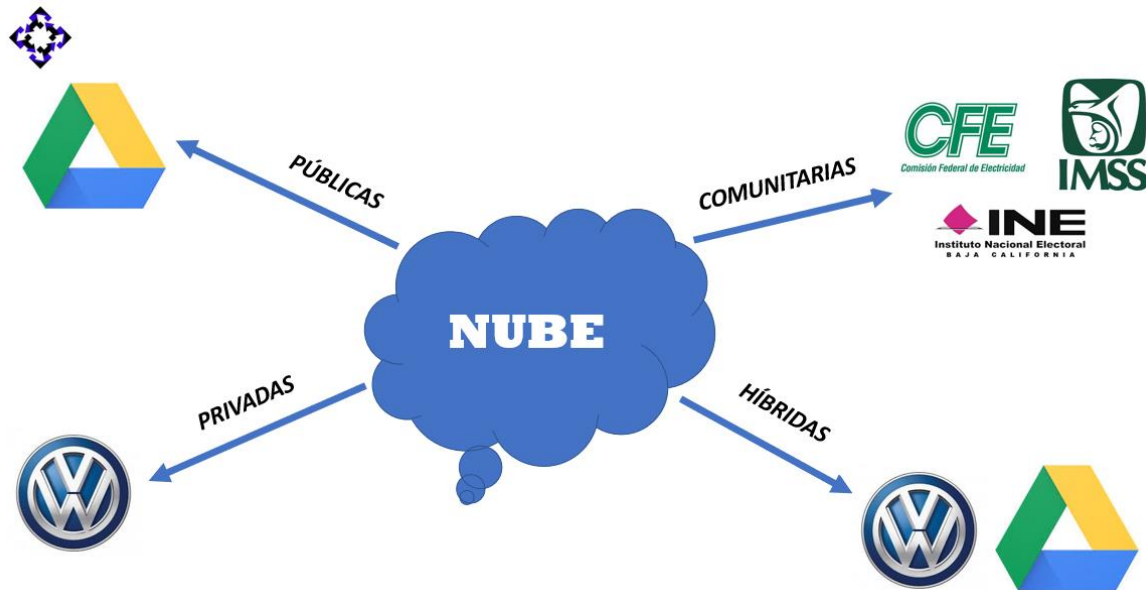


Fig. 23. Tipos de nube

La nube en el ambiente industrial

Como se comentó en la introducción, actualmente la mayoría de las compañías industriales manejan sus operaciones de forma física y local, es decir, a través de servidores instalados dentro de la misma planta. Para ello, se debe designar, para empezar, un espacio destinado para servidores, además de adecuarlos de manera que puedan protegerlos del exterior y por si fuera poco, mantenerlos a cierta temperatura, con lo que se debe invertir en diseñar un cuarto con aire acondicionado y materiales especiales, sin dejar fuera el cableado eléctrico y de red, que proviene de prácticamente cada elemento activo en planta. Por si fuera poco, no se encuentran fuera del alcance de hackers, por lo que debe considerarse la ciberseguridad como elemento importante en estos servidores. Sin duda, todo esto representa una buena inversión, además de que los servidores necesitan mantenimientos periódicos, lo que genera un costo indirecto mensual para su funcionamiento. Por el contrario, al suscribirse a un servicio basado en la nube, los operadores de planta evitan tener que instalar

lo anteriormente descrito y demás, para el monitoreo de máquinas, con frecuencia ahorrando mucho tiempo y con un menor costo inicial.

Mover los sistemas de proceso a la nube puede resultar tan sencillo como abrir una cuenta y configurar un software basado en la nube. En pocas palabras, la nube permite a las empresas pasar de un modelo de gastos de capital (CAPEX) a un modelo de gastos operacionales (OPEX), pagando sólo lo que se necesita en cualquier momento dado. En otras palabras, esto significa que incluso, pequeñas y medianas organizaciones con recursos limitados pueden ejecutar sus operaciones con mayor facilidad. Los beneficios son particularmente atractivos en caso de activos distribuidos, o sea, equipos que operan en el campo, lejos del personal de servicio. En palabras del gerente general De Honeywell Process, Jason Urso, *“ir a la nube es un paso natural para reducir el costo total de propiedad, ya que se puede aprovechar a los proveedores para conseguir capacidades del sistema como servicio”*. Se pueden recortar las vistas al campo y reducir costos de mantenimiento, mientras permite a los proveedores de equipos monitorear y mantener los equipos para los usuarios como parte de un modelo de suscripción. Esto es particularmente valioso, pues es allí donde es posible encontrar numerosos beneficios adicionales al llevar los datos de proceso a la nube.

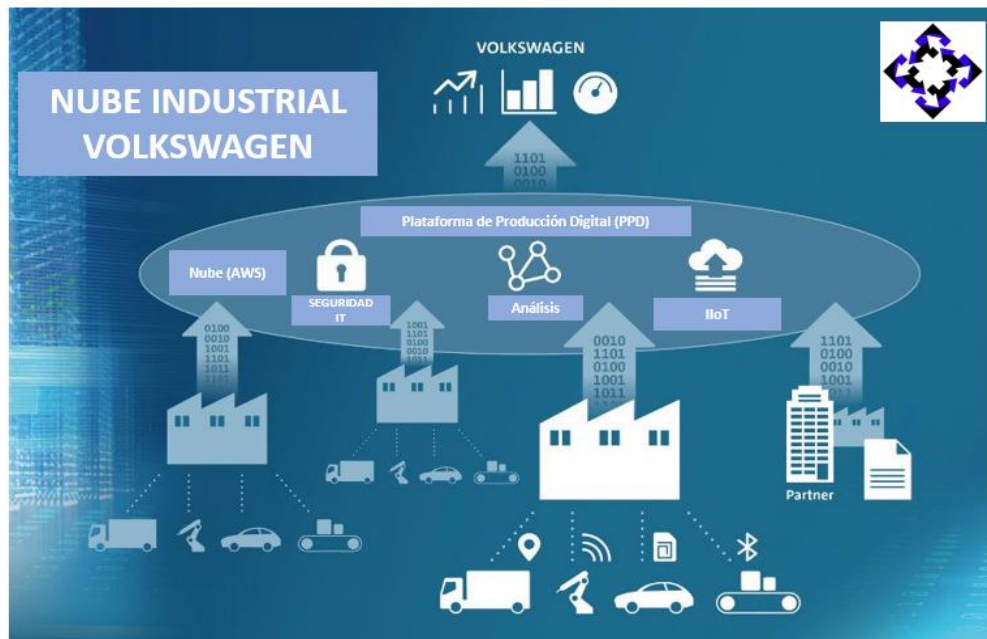


Fig. 24. Ejemplo de nube industrial

Seguridad y protección

Es claro que al hablar de empresas conectadas a internet, el concepto de ciberseguridad cobra vida casi por sí mismo. Es por ello que una solución basada en la nube debe abordar claramente los temas de protección y seguridad. Si la ciberseguridad en sistemas IT es crítica, en los sistemas OT es aún más grave, pues en el supuesto de que alguien, de manera maliciosa, pudiera conseguir manipular procesos productivos, el usuario terminará enfrentándose a cosas como incendios, explosiones, emisión de químicos tóxicos, movimientos no controlados por parte de robots o máquinas como prensas y demás, explicó el director de tecnología de *Emerson Automation Solutions*, Peter Zornio. Una interesante propuesta de Peter Zornio es la de limitar la comunicación entre sistemas IT y OT, haciéndola unidireccional, para así solo generar servicios de asesoría y no aplicaciones de lazo cerrado que operen en la nube. Al limitar los sistemas de nube al monitoreo y no a funciones de control, los gerentes de planta podrán disfrutar de los beneficios de la nube con menor riesgo de ser hackeados. Sin duda, resulta atractiva esta propuesta, sin embargo, no se puede generalizar y cada compañía es la encargada de determinar qué servicios de la nube requiere en función de sus necesidades.

Confiabilidad y la nube

Debido al riesgo latente de ciberseguridad se puede explicar por qué la nube ha sido más fácilmente adoptada en sistemas IT que en sistemas OT, pero existe otra razón igual o con más peso para que la industria no termine de adoptar la nube: los procesos industriales que se basan en controles digitales son menos tolerantes a latencia y caídas de conexiones que los sistemas de negocio. Bajo esta premisa, mucha gente se siente mucho más cómoda sabiendo que los sistemas de control núcleo se encuentran *in situ*. En este sentido, el mejor uso de la nube para manufactura y otros procesos radica en el mantenimiento de activos, y no tanto en el lazo de control. En este caso, los sensores recolectan datos acerca de la salud de los equipos y los envía a la nube, donde con el correspondiente análisis puede predecir cuándo se necesita tal o cual servicio. Posteriormente esta información es enviada a centros de mantenimiento, donde los proveedores de equipos podrán seguir y gestionar estos datos a través de la nube y usarlos como base para planes de

mantenimiento y otros servicios. Un servicio que puede desprenderse de esta información es el de poder realizar simulaciones que ayuden al personal operativo a mejorar su desempeño en el proceso, al personal de mantenimiento a ofrecer un mejor servicio, incluso al equipo de proyectos a mejorar los procesos, o de plano, a cambiarlos, todo gracias a la valiosa retroalimentación ofrecida por estos sistemas.

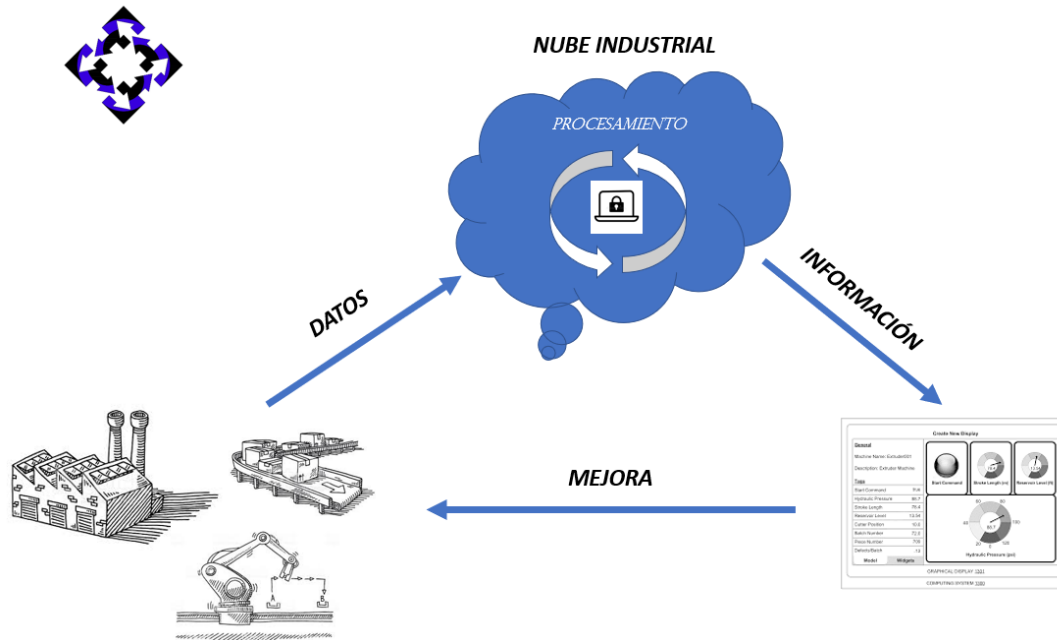


Fig. 25. Funcionamiento de la nube industrial

Para implementar gestión por medio de la nube, es recomendable que el interesado recurra a los prestadores de dicho servicio o bien, que adquiera consultoría técnica para que no solo emita los análisis de riesgos, sino también se encargue de ejecutar lo que se está recomendando. En este caso, Synergy: Mechatronics and more, ofrece el servicio de consultoría. Al final del e-book encontrarás el contacto.

3.4 Interacciones Humano-Máquina y su colaboración: robótica industrial y colaborativa

Hoy en día, la necesidad de generar productos y procesos cada vez más eficientes, rápidos y cambiantes, ha devengado en la utilización de

servomecanismos y sistemas robóticos de última generación, debido a su alta versatilidad y adaptabilidad, en comparación con otros sistemas de fabricación. Así mismo, es altamente necesario la creación de interfaces humano-máquina más amigables y manipulables que permita reducir la curva de aprendizaje de la plantilla de operadores que integran una planta industrial. Por si fuera poco, los estándares de seguridad de maquinaria restringen, en apariencia, esta necesidad. Es por ello que algunas compañías de talla global han apostado por la fabricación de sistemas robóticos capaces de trabajar “codo a codo”, literalmente, con un operador. La tecnología de estos sistemas permite colaborar en el mismo ambiente a humanos y máquinas, salvaguardando siempre la integridad de los primeros, pero en pro de incrementar la productividad de los procesos industriales. En paralelo, la utilización de la robótica industrial convencional no se ha detenido, pero sí ha evolucionado para que, por medio de estudios y análisis de riesgos, puedan ser igualmente productivas, pero salvaguardando siempre al operador humano. A continuación se describirá un poco en qué consiste cada uno de estos tipos de robótica, sus pros y contras, y su inmersión en la industria 4.0.

Robótica industrial

Los sistemas robóticos industriales han estado presentes en la industria desde la década de los 30 's, y a lo largo de los años ha sufrido un cambio abrupto, en gran medida gracias al uso de sistemas electrónicos y de control como parte de su sistema. Su versatilidad siempre ha asombrado al ingenuo tanto como al experto, pues resulta impactante el hecho de que un montón de metal se mueva y ejecute rutinas preprogramadas para llevar a cabo un proceso de manufactura.

Los sistemas robóticos industriales modernos se basan, en su mayoría, en brazos manipuladores, generalmente actuados por servomotores en cada uno de sus grados de libertad. Este manipulador, o mejor conocido como brazo robótico, ejecuta tareas automatizadas que van desde pick and place y ensamble, hasta soldadura y corte láser, con tal precisión y rapidez que son los favoritos para las líneas de ensamblaje de vehículos en el sector automotriz. Sin embargo, al ejecutar esas tareas, el robot representa una amenaza mortal para cualquier persona que se encuentre en sus inmediaciones, debido en gran medida, a las masas y velocidades que maneja. Tomando lo anterior en cuenta,

las normativas de seguridad han optado por complementar dichos sistemas robóticos con elementos de seguridad, recomendados según el análisis de riesgos respectivo. Con estas mejoras, el ambiente se torna más seguro, pero no exige a los operadores a retirarse de la zona de trabajo una vez iniciado el movimiento del robot, y simplemente, se limitan a observar y monitorizar fallas desde un punto seguro. Además, es necesario llevar a cabo una programación compleja mediante un software de programación y ponerlo a punto. Y aunque ya cada vez estos softwares son más amigables e intuitivos, se recomienda ampliamente tener experiencia para poder programarlos. Por lo tanto, este tipo de robótica no es útil cuando se necesita tener un proceso más cambiante y adaptable, pues es necesario hacer ajustes importantes en su configuración para llevar a cabo un nuevo proceso. No obstante, son bastante útiles si el proceso al cual son asignados es constante, no necesita intervenciones de operadores y debe ser rápido en ejecución.

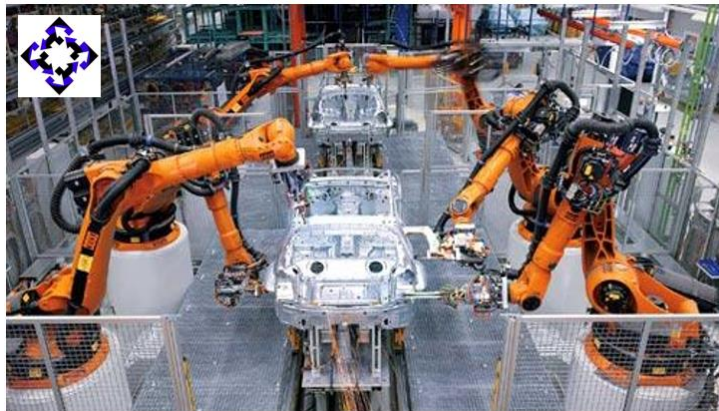


Fig. 26. Celda de manufactura robotizada

Robótica colaborativa

En contraste con la robótica industrial, la robótica colaborativa ofrece otro tipo de ventajas, las cuales le permiten, entre otras cosas, la interacción “codo a codo” con operadores humanos sin ponerlos en riesgo mortal o de lesiones. Este tipo de mecanismo está diseñado íntegramente para poder detectar movimientos, colisiones y velocidades “fuera de lo normal”, llegando a posicionarse en un “estado seguro” después de experimentar lo anterior, y por lo tanto, evitando poner en riesgo a las personas. Su uso está más orientado a maniobras de pick and place y ensambles, estos últimos, tan complejos como

los que un operador experimentado ejecuta con sus manos. Una característica interesante es la habilidad de poderlos programar sin necesidad de un lenguaje de programación, y de hecho, con solo manipular manualmente su órgano terminal y predefinir una trayectoria, es suficiente para que este la reconozca como su rutina de trabajo. Estos dispositivos forman parte del selecto grupo de dispositivos “*stand-alone*”, pues prácticamente cualquier persona, sin conocimientos previos o complejos en robótica, puede ponerlos a trabajar. Sin embargo, debido a su naturaleza, no son capaces de levantar tanta masa y moverse tan rápido como los robots industriales convencionales, por lo que entonces es tarea del diseñador de proyecto elegir el manipulador adecuado para llevar a cabo su proyecto.

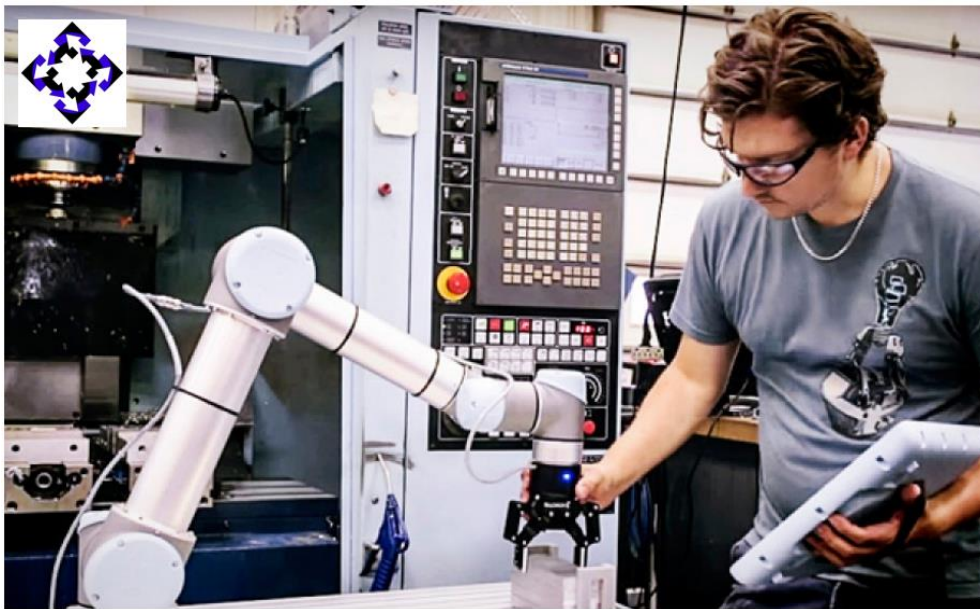


Fig. 27. Brazo robótico colaborativo

La robótica en la industria 4.0

Ya se ha hablado acerca de la tecnología envuelta en la robótica industrial convencional y la colaborativa, pero también es importante destacar su inclusión en la industria 4.0 y cómo interactúa con el resto de los sistemas. Pues bien, la mayoría de estos dispositivos cuentan con una gama de sensores, redes industriales y monitorización interna que les agregan la capacidad de formar parte de redes de dispositivos inteligentes conectados en la planta, ofreciendo información sensible e importante, lista para incluirse en tablas,

gráficas, etc. Que serán mostradas a las personas adecuadas dentro del ambiente industrial. Esta característica es ampliamente valiosa desde la perspectiva del departamento de mantenimiento, producción, y calidad, principalmente, pues es fácil detectar cuando el sistema robótico comienza a fallar, comienza a entregar ensambles o productos defectuosos o se encuentra en paro constante durante la operación. Es importante aclarar que dicha monitorización puede ser incluida a sistemas robóticos existentes, por lo que no sería estrictamente necesario cambiar de sistema robótico. Sabemos que eso podría representar una fuerte inversión y nuestra sugerencia sería el evaluar el proceso actual con expertos, como los consultores de Synergy: *Mechatronics & more*. Al final de este ebook encontrarás el contacto de esta consultora.



Fig. 28. Robótica en la industria 4.0

3.5 Autómatas programables

Un autómatas, refiriéndonos a la definición más básica, se trata de una máquina o dispositivo que imita la figura y los movimientos de un ser humano. Este concepto como tal no es para nada nuevo, y se remonta a los orígenes de la civilización, con estatuas que desprendían fuego por la boca o bien, algunas otras con brazos mecánicos para infundir temor. No obstante, su uso y concepto se ha ido desarrollando durante años, pasando, por supuesto, a través de las revoluciones industriales anteriores, en forma de mecanismos

para asistencia en procesos industriales, o incluso domésticos. Sin embargo, no es sino hasta la tercera revolución industrial donde el autómatas cobra otro sentido, uno que impactaría sobremanera la forma en que percibimos el día de hoy la tecnología industrial. Se trata de autómatas programables, dispositivos de origen electrónico que posee la capacidad de ser reprogramable y ejecutar tareas en tiempo real y en ambientes industriales para el control de dispositivos y mecanismos físicos. En la cuarta revolución industrial, los autómatas programables no solo ejecutan tareas sobre elementos mecánicos, sino también ayudan a procesar, almacenar, distribuir y desplegar información referente a procesos y estatus relacionados con la producción, facilitando enormemente la tarea de adquisición de datos y su procesamiento en tiempo real. A continuación se describirá, de manera general, lo que es un autómatas programable, que partes lo conforman, cómo se interactúa con ellos y qué tareas y procesos ofrece el utilizarlos.



Fig. 29. Autómatas programables básicos

¿Qué es un autómatas programables?

Un autómatas programables, o mejor conocido de ahora en adelante como PLC o *Programmable Logic Controller* es un dispositivo electrónico de alta gama, con el cual es posible programar y controlar un proceso industrial de manera confiable y repetible. Su uso está destinado a ejecutar aquellas tareas que resultan ser repetitivas, extenuantes, o que poseen un alto grado de dificultad. El PLC viene a reemplazar, en gran medida, la labor humana, entre otras cosas, porque se trata de un dispositivo que está hecho para repetir operaciones de manera continua y controlada, además de ser altamente flexible, con lo que es posible modificar o agregar nuevas operaciones al proceso existente. Por otro

lado, un PLC no trabaja solo, necesita de elementos de campo (sensores, botones, etc.) para poder procesar y ejecutar rutinas preprogramadas y afectar entonces el comportamiento de los elementos de salida o actuadores, que son los que ejecutan los movimientos necesarios para el proceso. Un PLC es idóneo para tareas repetitivas o automatizadas, y no para tareas que necesiten tomar decisiones distintas dependiendo de las entradas que reciban. Para estas tareas, existen otro tipo de dispositivos, en los que su característica distintiva es su algoritmo de programación, el cual es bastante más complejo y que vale la pena revisar a detalle en este e-book.

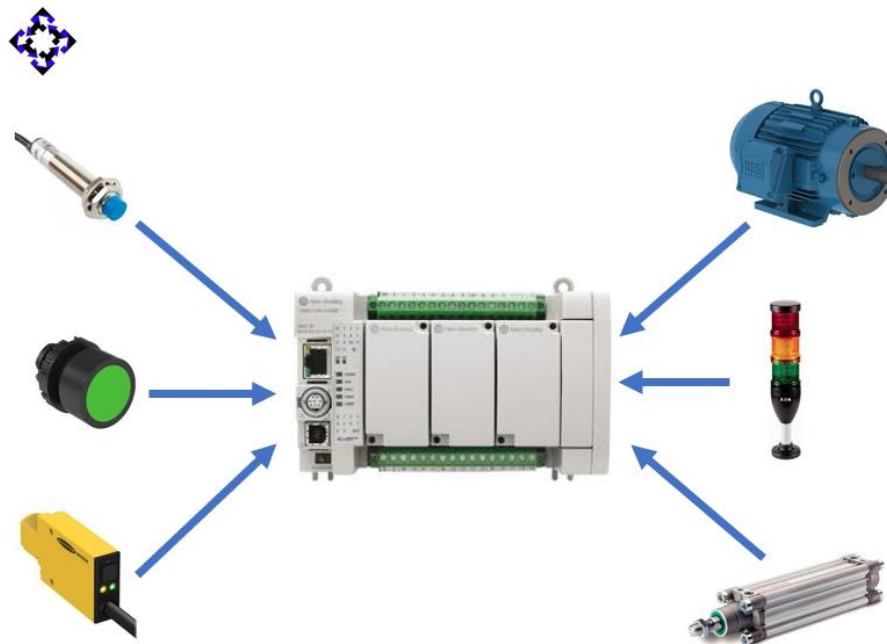


Fig. 30. Elementos de entrada y salida de un PLC

¿Qué partes conforman a un PLC?

Un PLC consta de tres partes fundamentales: Entradas, Procesador y Salidas. Estas tres partes están presentes en todos y cada uno de los controladores comerciales actuales. Algunos otros cuentan con más características novedosas, como puertos de comunicación distintos, control de movimiento, administración de seguridad de maquinaria, interfaces hombre-máquina, etc.

Las entradas pueden ser digitales a 24VDC o análogas, de 0 a 10VDC o 4 a 20mA. Estas, a su vez, pueden ser de tipo PNP o NPN, y varían en número. Es

muy importante haber dimensionado previamente el proceso a automatizar para tomar en cuenta qué PLC adquirir.

El procesador cuenta con direcciones de memoria para ejecutar contadores, temporizadores, comparadores, operaciones matemáticas, movimiento de registros, etc. Es muy importante saber los requerimientos de velocidad de respuesta del proceso a automatizar para saber elegir el controlador adecuado. Actualmente, dichas direcciones de memoria han sido reemplazadas en su mayoría, por TAGS o etiquetas en los cuales, únicamente se debe hacer referencia al tipo de dato que se vaya a crear y nombrarlo de acuerdo con la estrategia de control. Dichos TAGS pueden ser fácilmente encontrados y editados, siendo este un cambio muy útil en los controladores actuales.

Finalmente, las salidas pueden ser TTL o a relevador, además de que varían en número. Es muy importante haber dimensionado previamente el proceso a automatizar para tomar en cuenta qué PLC adquirir. Así mismo, es importante conocer el requerimiento de voltaje con que los actuadores responderán al PLC, y esta información está, por supuesto, disponible en las hojas de datos tanto del PLC como del dispositivo a controlar.

Algunos PLC's cuentan con fuente de voltaje integrada, o bien, ésta debe ser adquirida por separado. Esta característica es más comúnmente vista en dispositivos modulares. Por otro lado, la mayoría, ni no es que ya todos los PLC's cuentan con puertos Ethernet para su programación y diagnóstico, eliminando el RS-232 o RS-485 que se utilizaba anteriormente, y homologando la utilización de este tipo de tecnología, la cual era primordialmente utilizada en ambientes de oficina para la creación de redes locales (IT). Sin embargo, su robustez, facilidad y presencia han sido factores para que muchos fabricantes de PLC's lo adopten como su estándar de comunicación.

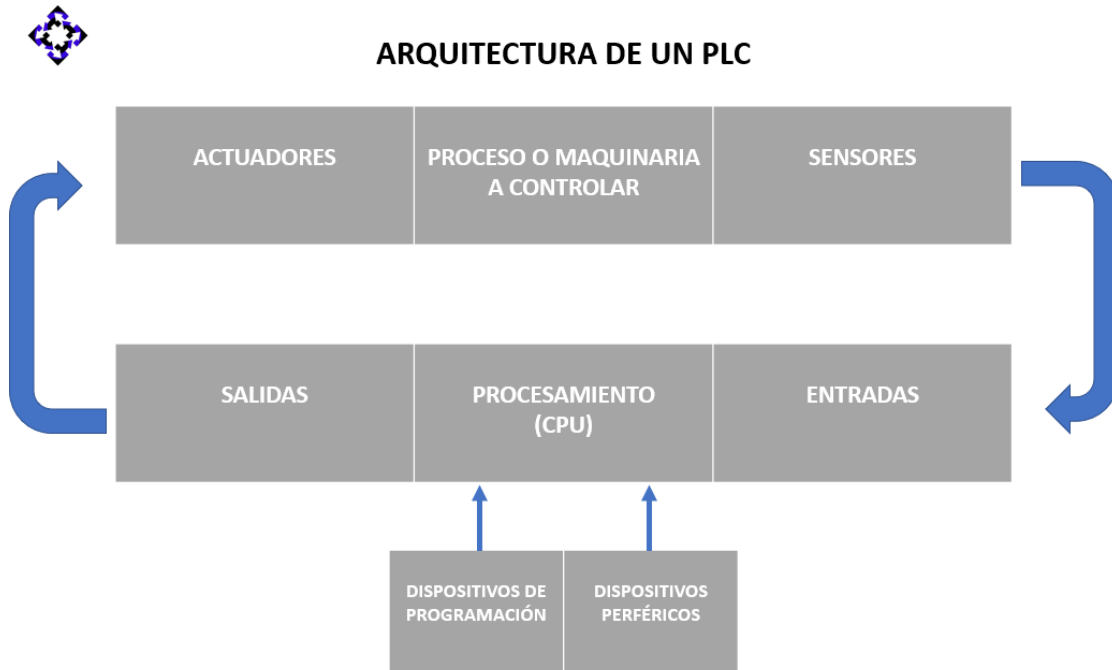


Fig. 31. Arquitectura básica de un PLC

¿Cómo interactúo con un PLC?

Esta pregunta parte del párrafo anterior, y aquí se va a tratar con más detalle. Los PLC's son controladores programables, valga la redundancia, que necesitan ser programados, en su mayoría, mediante una computadora. Algunos de ellos, los más pequeños, pueden ser programados desde su parte frontal o mediante algún accesorio extra, esto debido a su sencillez y porque serán utilizados en tareas básicas. Retomando lo anterior, entonces es necesario el uso de una computadora, y por lo tanto, el uso de un software de programación que permita diseñar la lógica necesaria para desempeñar la tarea. Este software generalmente es gratuito y forma parte del set necesario para configurar el PLC y debe ser instalado bajo las versiones adecuadas de firmware para evitar conflictos. Cada fabricante ofrece *datasheets* detallados para llevar a cabo el set-up. Ahora bien, este lenguaje de programación está basado en lenguaje de escalera o LADDER, más comúnmente conocido. Su uso es universal, y prácticamente cualquier persona del medio conoce o ha oído acerca de este lenguaje. ¿Qué características presenta este lenguaje? Su uso se basa en la utilización de contactos (entradas) y bobinas (salidas) (su simbología emula a los relevadores usados anteriormente en la automatización) conectados a su

vez en peldaños que van de izquierda a derecha y de arriba abajo, que es la forma en que el procesador ejecuta dicho código. Las entradas están asociadas a los sensores y las salidas, a los actuadores que se vayan a controlar. No obstante, se puede crear lógica interna con nuevos contactos y bobinas virtuales, además de integrar contadores, comparadores, temporizadores, etc. Al final, se trata de un lenguaje amigable hasta cierto punto, fácil de entender y de configurar, pero presenta inconvenientes: por ejemplo, existen funciones que se deben realizar que resultan un poco difíciles de implementar en LADDER, por lo que su uso se limita a aplicaciones sencillas, como control de motores, de actuadores neumáticos, etc. Para tareas más complicadas, existe otro tipo de controladores, los famosos PAC's o *Programmable Automation Controllers*, los cuales se describirán a continuación.

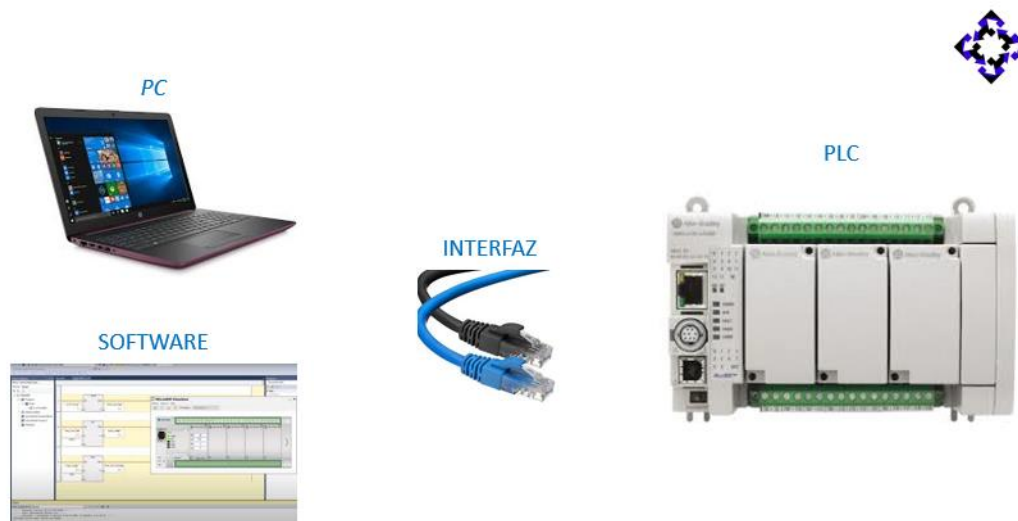


Fig. 32. Interacción con un PLC

Un PAC es un dispositivo bastante parecido al PLC, pero presenta varias mejoras, como por ejemplo, el uso de más de un lenguaje de programación. A la fecha, existen cinco lenguajes de programación para estos controladores:

- LADDER
- FUNCTION BLOCK DIAGRAM
- STRUCTURED TEXT
- LENGUAJE DE INSTRUCCIONES
- SEQUENCE FUNCTION CHART

Otra gran ventaja es que el programa de un controlador puede estar conformado por uno o todos estos lenguajes de programación, con lo que es decisión del programador cuales elegir, pues todos presentan opciones que ayudan a simplificar tareas que de otra manera serían imposibles de implementar con LADDER. Una ventaja más es que el código se puede “empaquetar”, por así decirlo, y reutilizarlo en el programa cuantas veces sea necesario, ahorrando significativamente tiempo de programación y de depuración.

En esencia, un PLC es casi igual a un PAC, y dependerá de la aplicación, expertise y gusto de cada programador cual elegir para su proyecto.

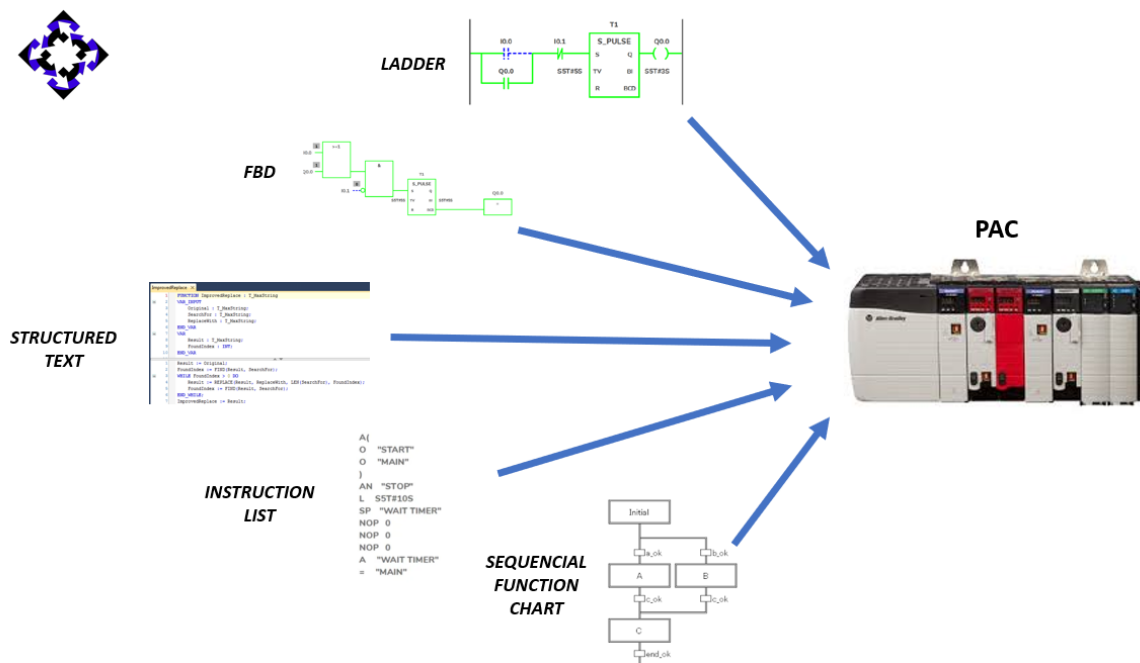


Fig. 33. Lenguajes de programación de un PAC

Tareas y procesos que puede realizar un PLC

Luego de explicar brevemente qué es un PLC, es tiempo de explicar para qué tareas y procesos puede emplearse. Si bien, se infiere que el PLC se puede utilizar para procesos de automatización, en donde el proceso es repetitivo, pero necesita ser robusto, preciso y constante y debe ir acompañado por elementos de entrada y salida, este también tiene otros usos que cada vez se han ido adoptando en plantas industriales dadas sus condiciones de

repetibilidad y confiabilidad. Tales usos van desde el monitoreo del proceso (en paralelo a la ejecución) mediante hardware dedicado a recabar información para compartir a servidores o sistemas de adquisición de datos, hasta la supervisión de la seguridad funcional, sistemas ANDON, sistemas de manufactura avanzada (robótica) y gestión de la información a nivel planta, en donde una red de PLC's se comparten la información requerida en tiempo real y se despliega y se comparte con las personas adecuadas de cada departamento predefinido, con el objetivo de poder tomar decisiones y prevenir cualquier tipo de problema. Estas tareas y procesos complejos forman parte de la industria 4.0, en donde la conectividad y manejo de la información son vitales para el manejo eficiente de un proceso productivo o cadena de procesos. En resumen, la industria está evolucionando y es necesario tener planes de expansión tecnológica para no dejar de ser competitivo. Como recomendación, existen grupos de consultoría externos, sumamente capaces y con conocimientos en este tipo de tecnologías que pueden hacer la diferencia en tu empresa o compañía. Al final de este ebook encontrarás la información de contacto de Synergy: *Mechatronics & more*.

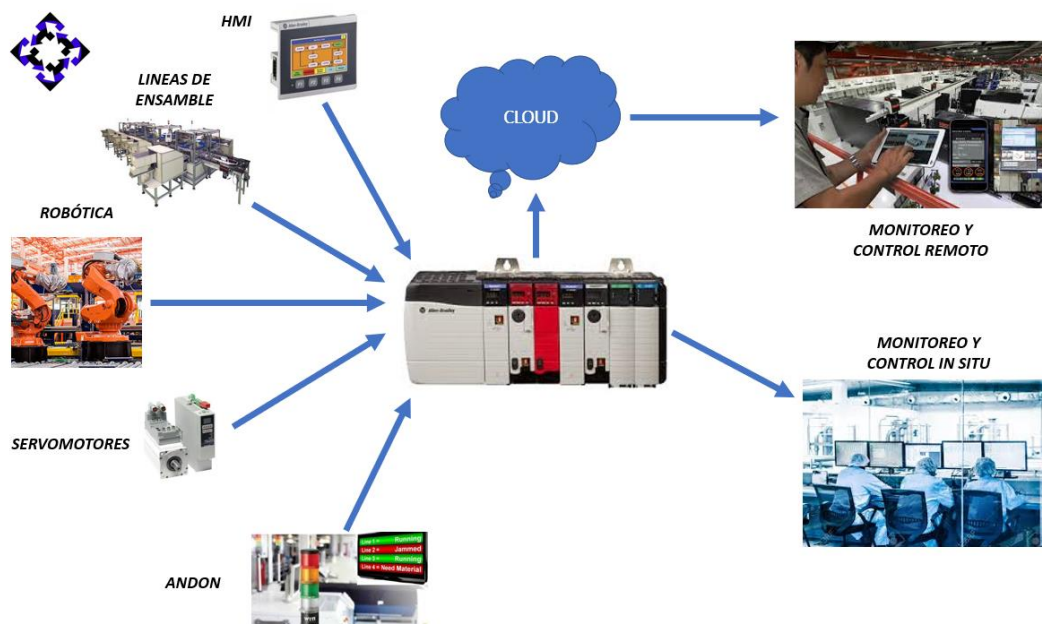


Fig. 34. Procesos de gestión de un PAC

3.6 El internet en la producción en sistemas robóticos

Mucho se ha mencionado acerca del potencial que representa el poder gestionar y monitorizar sistemas de producción desde la nube, y la robótica no queda exenta. En el futuro próximo, la robótica cambiará radicalmente los sistemas de producción e incrementará sobremanera su nivel de automatización. Para lograr este objetivo, se debe reducir el esfuerzo humano involucrado en la configuración de tareas automáticas, dando lugar a que los robots tendrán que “aprender” a resolver los problemas y adaptarse a entornos altamente dinámicos. Este avance puede ejecutarse al explotar el “internet de las cosas”, los servicios y las personas (IoTSP). Con esto se facilita el desarrollo de tecnologías y modelos de negocio novedosos que convierten en realidad la propagación de datos a gran escala, el análisis de corrientes y el aprendizaje automático. De acuerdo con un gigante de la robótica industrial, como lo es *ABB Group*, el uso de la robótica en los ámbitos de fabricación y automatización aumentará sustancialmente en un futuro próximo, impulsando con ello la expansión del mercado de los robots industriales. Estas expectativas indican que los robots industriales se podrán utilizar en varios escenarios de la automatización, en los que actualmente el ser humano desempeña un rol importante. Pero para que el uso de los robots se extienda a estos escenarios, estos deben ser más flexibles, más fáciles de programar y sobre todo, autónomos.

Inteligencia en los sistemas robóticos

Es necesario que los robots utilicen la información facilitada por los humanos y por el entorno, de un modo más inteligente y además transmitirla hacia estos del mismo modo. Pueden hacerlo al analizar información conocida, al extraer conocimientos de ella y poniendo esos conocimientos al alcance de no expertos. Todo esto es posible ahora gracias a las tecnologías basadas en la nube, pues se traslada grandes cantidades de datos de sensores y otra información del dispositivo en tiempo real con fines de filtrado, selección y agrupación. Dicha información, una vez analizada y debidamente procesada,

puede remitirse a distintos servicios basados en la nube, como herramientas de inteligencia comercial (*Business Intelligence, BI*), que convierten los datos brutos en tablas y gráficos y ofrecen información instantánea sobre situaciones de producción.

Sistemas robóticos conectados

Una manera de materializar los requisitos anteriores es propiciar el intercambio de información de robots conectados y otros dispositivos de una unidad o celda de producción. Otra es utilizar aplicaciones robóticas en tiempo real con latencia baja y predecible en la periferia de la red o en los controladores del robot. Otra manera es la de conectarse a un centro de datos remoto con el fin de obtener capacidades de análisis de datos y BI a gran escala. De esta forma, se puede ofrecer soluciones de servicio añadidas en la nube, como acceso sencillo y visualización de datos de producción en la nube. Además, con infraestructuras basadas en la nube capaces de proporcionar recursos de computación y almacenamientos elásticos, se pueden desarrollar nuevos servicios centralizados de robótica inteligente sobre BI y análisis de datos.

Finalmente, el uso de la tecnología IoT para conectar cosas, servicios y personas, cambiará la vida cotidiana de los usuarios y propiciará operaciones industriales inteligentes. La idea central del IoTSP es obtener información sobre dispositivos y el entorno, analizar los datos del mundo físico y virtual para poder optimizar las operaciones y prestar mejores servicios a los usuarios.

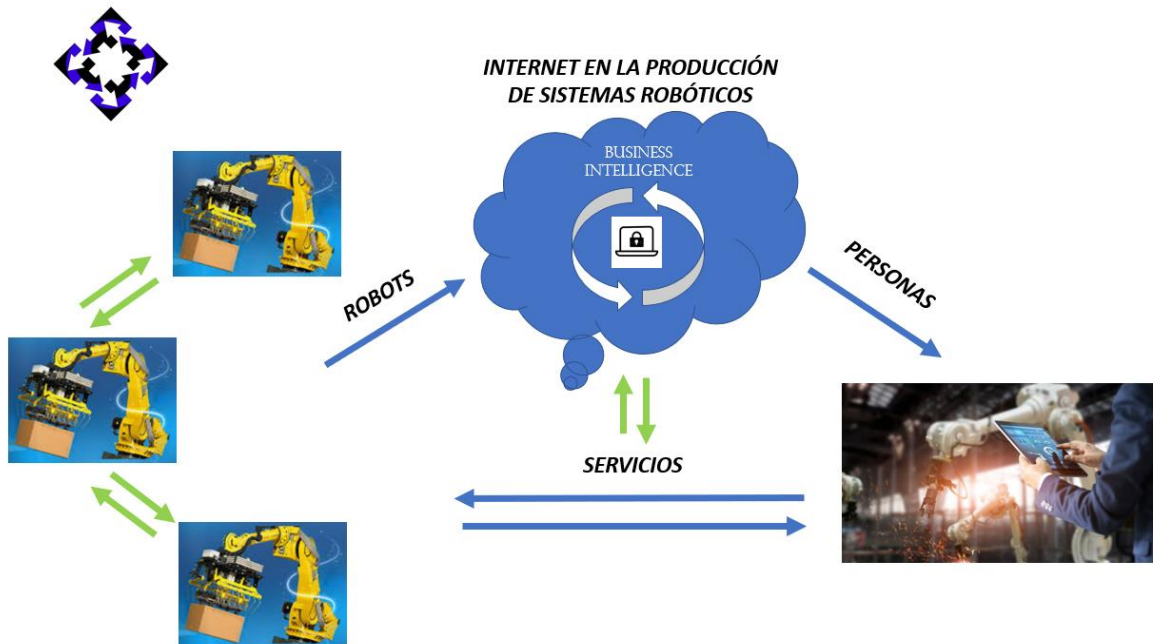


Fig. 35. Nube robótica industrial

3.7 ¿Cómo saber si debo o no automatizar mis procesos? (LEAN MANUFACTURING)

Dentro de la industria siempre se busca *eficientar* los procesos de fabricación, y de aquí surge ese dilema Automatizar o no.

Ahora bien, en este Ebook, te presentaremos las Herramientas Lean Manufacturing, las cuales te ayudarán a comprender tus procesos de producción. Te compartiré un enfoque que va más allá que solo herramientas para la mejora continua es toda una “filosofía” llevada a tu compañía, que te ayudará a comprender si es mejor *eficientar* tus procesos con una filosofía basada en Lean Manufacturing o en la Automatización.

Definición

El primer problema con el que nos encontramos a la hora de definir el significado de Lean Manufacturing es el elevado número de términos con los que las empresas se refieren a estas técnicas. Dependiendo de la industria o del autor se encontrarán traducciones como producción/ fabricación delgada,

ajustada, ágil, esbelta. Por otra parte, las empresas han adoptado como universales palabras en inglés o Japonés que han pasado a ser parte del vocabulario técnico de las empresas que adoptan metodología Lean.

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. Lean mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo.

Su objetivo final es el de generar una nueva CULTURA de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo; para ello es indispensable adaptar el método a cada caso concreto. La filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica.

Lean Manufacturing no es un concepto estático, que se pueda definir de forma directa, ni tampoco una filosofía radical que rompe con todo lo conocido. Su novedad consiste en la combinación de distintos elementos, técnicas y aplicaciones surgidas del estudio a pie de máquina y apoyadas por la dirección en el pleno convencimiento de su necesidad. El pensamiento Lean evoluciona permanentemente como consecuencia del aprendizaje, que se va adquiriendo sobre la implementación y adaptación de las diferentes técnicas a los distintos entornos industriales e, incluso, de servicios.

“La cultura Lean no es algo que empiece y acabe, es algo que debe tratarse como una transformación cultural si se pretende que sea duradera y sostenible, es un conjunto de técnicas centradas en el valor añadido y en las personas”

Lean supone un cambio cultural en la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo

Una forma tradicional de mostrar las herramientas Lean se ha recurrido al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema.

En este E-book solo mencionaremos las técnicas no entraremos en detalle en cada una de ellas, ya que si se requiere el perfecto uso de una Cultura Lean tienen que estar enfocadas en un proceso en particular.

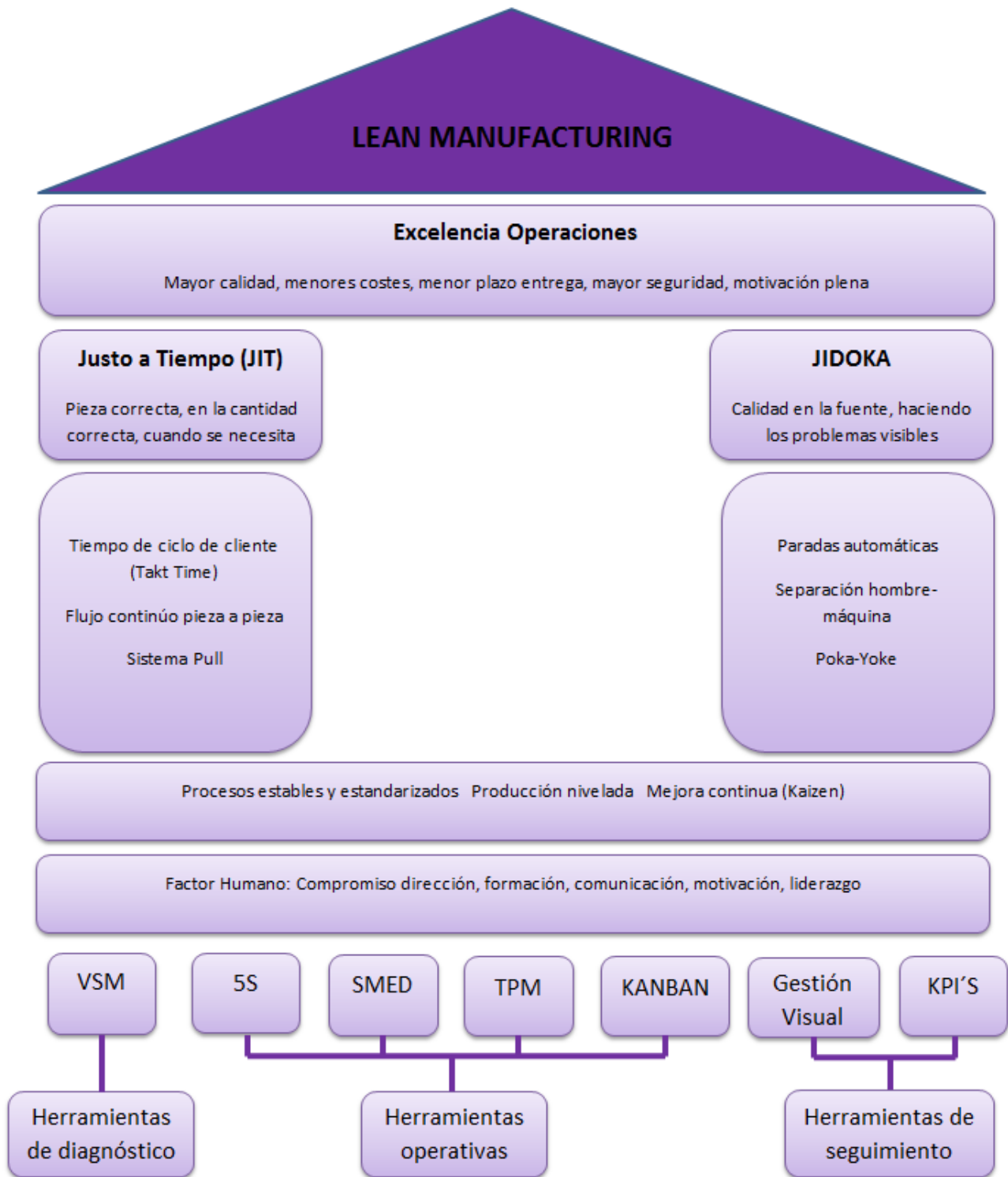


Fig. 36 Concepto de Lean Manufacturing

Principios del sistema Lean

Además de la casa Toyota los expertos recurren al sistema identificando los principios sobre los que se fundamenta el Lean Manufacturing. Los principios más frecuentes asociados al sistema, desde el punto de vista del “factor humano” y de la manera de trabajar y pensar, son:

- Trabajar en la planta y comprobar las cosas *in situ*.
- Formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
- Interiorizar la cultura de “parar la línea”.
- Crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua.
- Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- Respetar a la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles retos.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Promover equipos y personas multidisciplinares.
- Descentralizar la toma de decisiones.
- Integrar funciones y sistemas de información.
- Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.

A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar.

- Crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie.
- Utilizar sistemas “Pull” para evitar la sobreproducción.
- Nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción.
- Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.
- Utilizar el control visual para la detección de problemas.
- Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT.
- Reducir los ciclos de fabricación y diseño.
- Conseguir la eliminación de defectos.

Uso de las técnicas

Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementado con éxito en empresas de muy diferentes sectores.

El número de técnicas es muy elevado y los expertos en la materia no se ponen de acuerdo a la hora de identificarlas, clasificarlas y proponer su ámbito de aplicación. En muchos casos hay un falso debate entre si pertenecen al área de la Calidad Total, al JIT, o a las nuevas técnicas organizativas. Lo verdaderamente importante es tener los conceptos claros y la firme voluntad de cambiar las cosas a mejor.

La mejor manera de obtener una visión simplificada, ordenada y coherente de las técnicas más importantes es agruparlas en tres grupos distintos.

EL Primer Grupo está formado por aquellas cuyas características, claridad y posibilidad real de implantación las hacen aplicables a cualquier casuística de empresas/ producto/ sector. Su enfoque práctico y en muchas ocasiones, el sentido común, permite sugerir que deberían ser de “obligado cumplimiento” en cualquier empresa que pretenda competir en el mercado actual, independientemente de si tiene formalizada la aplicación sistemática del Lean.

Estas técnicas son: **Las 5S, SMED, Estandarización, TPM, Control visual.**

EL Segundo Grupo está formado por aquellas técnicas que, aunque aplicables a cualquier situación, exigen un mayor compromiso y cambio cultural de todas las personas, tanto directivos, mandos intermedios y operarios.

Estas técnicas son: **Jidoka, técnicas de calidad, Sistema de participación del personal (SPP).**

En el Tercer Grupo se encuadrarían técnicas más específicas que cambian la forma de planificar, programar y controlar los medios de producción y la cadena logística. Precisamente son aquellas que se han asociado al éxito de las técnicas JIT en la industria automotriz y que, poco a poco, dependiendo de la tipología de producto y sistema productivo, van aplicándose a otros sectores. En comparación con las técnicas anteriores son técnicas más avanzadas, en

tanto en cuanto exigen de recursos especializados para llevarlas a cabo y suponen la máxima aplicación del paradigma JIT.

Estas técnicas son: **Heijunka, Kanban.**

Más allá del poder de estas técnicas, las acciones para su implementación deben centrarse en el compromiso de la empresa en invertir en su personal y promover la cultura de la mejora continua.

INDUSTRI4.0

INTEGRACIÓN 4 MÉXICO

Conclusiones

4.1 ¿Para quién es adecuada la industria 4.0?

Si puede marcar la mayoría de los elementos de esta lista, es probable que sea conveniente comenzar a evaluar las tecnologías y los proveedores de soluciones de Industria 4.0 y asignar los recursos necesarios para su implementación:

- Se encuentra en una industria particularmente competitiva con muchos competidores familiarizados con la tecnología de la Industria 4.0.
- Tiene dificultades para incorporar personal para cubrir los puestos vacantes en su organización.
- Quiere mayor visibilidad en toda la cadena de suministro.
- Quiere identificar y abordar las cuestiones antes de que se conviertan en problemas más graves.
- Quiere aumentar la eficiencia y la rentabilidad en toda su organización.
- Quiere que todos en su equipo tengan visiones informadas, actualizadas y relevantes de los procesos de producción y comerciales.
- Quiere una analítica más enriquecedora y oportuna.
- Necesita ayuda para digitalizar y comprender la información.
- Quiere mejorar la satisfacción y la experiencia del cliente.
- Quiere mejorar la calidad del producto o mantenerla intacta.
- Quiere un sistema de Planificación de Recursos Empresariales más integrado que abarque no solo inventario y planificación, sino también cuestiones financieras, relaciones con clientes, administración de la cadena de suministro y ejecución de manufactura.
- Quiere tener una visión coherente y flexible de las operaciones comerciales y de producción que esté adaptada a áreas o usuarios específicos en su organización.
- Quiere tener percepciones en tiempo real que lo ayuden a tomar mejores decisiones y más rápidas sobre su empresa todos los días.

Beneficios de adoptar un modelo de Industria 4.0

La industria 4.0 abarca todo el ciclo de vida del producto y la cadena de suministro-diseño, ventas, inventario, planificación, calidad, ingeniería y servicio al cliente y servicio de campo. Todos comparten visiones informadas, actualizadas y relevantes sobre los procesos comerciales y de producción, y una analítica más enriquecedora y oportuna.

La siguiente es una lista rápida y no exhaustiva de algunos de los beneficios de adoptar un modelo de Industria 4.0 para su compañía:

- La industria 4.0 lo hace más competitivo, especialmente contra disruptores como Amazon

A medida que compañías como Amazon siguen optimizando la logística y la administración de la cadena de suministro, usted necesita invertir en tecnología y soluciones que lo ayuden a mejorar y optimizar su operación propia. Para permanecer competitivo, tiene que tener sistemas y procesos en funcionamiento que le permitan brindarles a sus consumidores y clientes el mismo nivel de servicio (o mejor) que podrían obtener de una compañía como Amazon.

- La industria 4.0 lo hace más atractivo para la fuerza de trabajo más joven

Las compañías que invierten en tecnologías modernas e innovadoras de industria 4.0 están mejor posicionadas para atraer y retener a los nuevos trabajadores.

- La industria 4.0 hace que su equipo se fortalezca y sea más colaborativo

Las compañías que invierten en soluciones de industria 4.0 pueden aumentar su eficiencia, impulsar la colaboración entre departamentos, permitir la analítica predictiva y prescriptiva, y permitirles a las personas, incluidos los operadores, los gerentes y los ejecutivos que se beneficien aún más de los datos en tiempo real y la inteligencia para tomar mejores decisiones mientras administran sus responsabilidades diarias.

- La industria 4.0 le permite abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en problemas graves

La analítica predictiva, los datos en tiempo real, la maquinaria conectada a internet y la automatización pueden ayudarlo a ser más proactivo cuando se trata de abordar y resolver problemas potenciales de mantenimiento y administración de la cadena de suministro. **La industria 4.0 le permite recortar los costos, mejorar los beneficios y fomentar el crecimiento**

La tecnología de la Industria 4.0 lo ayuda a gestionar y optimizar todos los aspectos de los procesos de manufactura y cadena de suministro. Le brinda acceso a datos y perspectivas en tiempo real que necesita para tomar decisiones más inteligentes y rápidas sobre su empresa, que, en última instancia, puedan fomentar la eficiencia y la rentabilidad de toda su operación.

Fuentes

1. (2020)“Industria manufacturera en México: lo que debes saber”. México: UNEA. Disponible en:
<https://www.unea.edu.mx/blog/index.php/industria-manufacturera-en-mexico/>
2. Asadul MD, Hamzah Amer Hashim, Hashilda (2018) “Fourth Industrial Revolution in developing countries: a case on Bangladesh”. Malaysia: ResearchGate. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/327954073_Fourth_industrial_revolution_in_developing_countries_A_case_on_Bangladesh
3. Kagermann Henning, Lukas Wolf-Dieter, Wahlster Wolfgang (2011) “Industrie 4.0:Mit der Internet der Dinge auf dem Weg zur 4: Industriellen Revolution”. Deutschland: VDI Nachrichten. Disponible en:
https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf
4. Rihel, Autfrag (2014) “Industrie 4.0-Forschung auf den betrieblichen Hallenboden”. Deutschland: Bundesanzeiger. Disponible en:
https://www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/files/PDF_BK_BK2014_B_Industrie%204-0_Mittelstand.pdf
5. Portella, Anna (2018) “Industria 4.0, una revolución que se retrasa en México”. México: Forbes. Disponible en:
<https://www.forbes.com.mx/industria-4-0-una-revolucion-que-se-retrasa-en-mexico/>
6. (2019) “La fabricación aditiva en la industria 4.0”. España: Grupo IGN. Disponible en: <https://ignsl.es/fabricacion-aditiva/>
7. (2020) “¿Qué es la fabricación aditiva mecánica?”. España: Renishaw. Disponible en: <https://www.renishaw.es/es/que-es-la-fabricacion-aditiva-metalica-->
8. (2018) “¿Qué importancia tiene el mantenimiento predictivo 4.0 (PdM) para la fábrica inteligente?. España: Abas Erp. Disponible en:
<https://abas-erp.com/es/news/mantenimiento-predictivo-40-para-la-fabrica-inteligente>
9. Marinescu,Victor (2018) “Los procesos industriales se acercan a la nube”. Argentina: Editorial Control. Disponible en:

- <http://www.edcontrol.com/index.php/instrumentacion/instrumentacion-186/item/40-los-procesos-industriales-se-acercan-a-la-nube>
10. (2020) “Transformará Internet de las cosas producción robótica”. The Logistics World. Disponible en:
<http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/77183-transformara-internet-las-cosas-produccion-robotica->
 11. (2016) “Machinery Safebook 5”. USA: Rockwell Automation”. Disponible en:
https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/safebk-rm002_-en-p.pdf
 12. Matías Hernández, Juan Carlos, Vizán Idoipe, Antonio (2013) “Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación”. España: EOI. 978-84-15061-40-3 Disponible en:
<https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

Propósito del ebook

El presente ebook es un trabajo recopilado por tres ingenieros mecatrónicos mexicanos que han tenido la fortuna de haber participado en proyectos de automatización, mejora continua y capacitación técnica involucrada en el desarrollo y mejora de procesos de producción en distinto tipos de industrias. Así mismo, y gracias a esa experiencia adquirida, se han propuesto diseñar estrategias y apoyar a pequeñas y medianas empresas en la conceptualización, integración y puesta en marcha de la tecnologías de la industria 4.0, con el fin de ponerlas en el contexto mundial incrementando su competitividad y calidad dentro no solo del mercado nacional, sino también del internacional.

El servicio de consultoría que Synergy: Mechatronics and more, abarca lo siguiente:



En caso de estar interesado en recibir consultoría, o bien, tienes alguna duda y/o comentario, por favor, contáctanos al siguiente email:

EMAIL: synergy.industry4.0@gmail.com

Sigue nuestras redes sociales:



Synergy: Mechatronics and more



synergy_industry4.0



Synergy: Mechatronics and more



Synergy: Mechatronics and more