

Tendencias en Instrumentación y Control de Procesos

Martha Lucía Rodríguez López

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Semillero de Electricidad, Tecnología en Electricidad Industrial, mlrodriguez@misena.edu.co

Resumen

Este documento presenta las tendencias relacionadas con la Instrumentación y el Control de Procesos. Se presentan las políticas estatales que sirven de apoyo a la incorporación de estas tecnologías, por parte del Sena y de las empresas del sector industrial.

A través de revisión bibliográfica se explora el grado de desarrollo a nivel mundial de este campo, y cómo se pueden implementar a nivel local. Al final del documento se enumeran algunas actividades que se pueden desarrollar en el centro de formación para facilitar a instructores y aprendices conocer las tecnologías para aplicar en negocios de economía naranja o industria 4.0. y se comentan los avances en formación complementaria y titulada que realiza la institución para actualizar su oferta educativa en relación con estas tecnologías.

Palabras clave: *Ciudad inteligente, control de procesos, industria 4.0, Instrumentación industrial.*

Introducción

El Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA está encargado de cumplir la función que le corresponde al Estado de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos, ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral, para la incorporación y el desarrollo de las personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país (SENA, 2019).

Para los siguientes cuatro años, el SENA está llamado a apoyar la promoción de la Economía Naranja y la Industria 4.0. La primera se relaciona con la creación, producción y comercialización de bienes o servicios de carácter cultural y creativo. Mientras la segunda, se refiere a la incorporación de tecnologías basadas en la nube para soportar procesos de manufactura industrial.

En este documento se presentan las tendencias tecnológicas relacionadas con el campo de la Instrumentación y Control de Procesos. Su grado de desarrollo a nivel mundial y cómo se pueden implementar a nivel local. También se presentan las políticas estatales que sirven de soporte a la apropiación de estas tecnologías. Con el fin de informar a los miembros de la comunidad educativa del Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación del SENA y a las empresas industriales de la región del oriente antioqueño acerca de las tecnologías disponibles en relación con este tema.

Al final del documento se exponen algunas actividades que se pueden desarrollar en el centro de formación para facilitar que instructores y aprendices conozcan las tecnologías que pueden aplicar en negocios de economía naranja o industria 4.0.

Metodología

Para responder la pregunta ¿cuál es la tendencia global y local de la instrumentación industrial y el control de procesos? Se realizó la revisión bibliográfica en dos niveles.

Primero se revisaron los Planes de Desarrollo del gobierno nacional y del Servicio Nacional del SENA, para identificar políticas públicas que facilitan a las empresas la apropiación de estas tecnologías.

Luego se realizó la revisión de bibliografía científica de 30 artículos disponible en ScienceDirect, Scopus y Virtualpro, accesibles desde el sitio web de la biblioteca del SENA, con el fin de identificar las tecnologías relacionadas con el campo de la instrumentación y el control de procesos, que se implementan actualmente a nivel mundial.

Después de delimitar el contexto nacional e internacional, se discuten las actividades que se pueden llevar a cabo dentro del SENA para acercar a los aprendices e instructores al concepto y uso de estas tecnologías.

Desarrollo del tema

Contexto nacional

El plan estratégico del SENA se basa en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) para el cuatrienio 2018-2022, y señala como sus pilares: la doble titulación, brazo operativo de la economía naranja, sistema nacional de cualificaciones y transformación empresarial a través de la industria 4.0. (SENA, 2019).

El PND define la economía naranja como “actividades relacionadas con la creación, la producción y la comercialización de bienes y servicios basados en contenidos intangibles de carácter cultural y creativo, que en muchos casos pueden protegerse por los derechos de propiedad intelectual. Las actividades que conforman la economía naranja se pueden clasificar en desarrollos, productos o servicios que hacen parte de las artes y el patrimonio cultural material e inmaterial, las industrias culturales y las creaciones funcionales” (Departamento nacional de planeación, 2019).

En el “Pacto por el emprendimiento, la formalización y la productividad” se trazan los lineamientos para alcanzar una economía dinámica, incluyente y sostenible. Para ello, se requieren procesos productivos competitivos que incorporen tecnologías de vanguardia que maximicen la producción,

reduciendo los costos. Así mismo, se requieren hombre y mujeres capaces de operar, programar y crear dicha tecnología: la llamada Industria 4.0. El Plan Nacional de Desarrollo (PND) hace énfasis en las estrategias para dinamizar la productividad de la Colombia rural, donde la agricultura de precisión ofrece un paquete de tecnologías que pueden impulsar la competitividad que este sector requiere (Departamento nacional de planeación, 2019).

El PND señala “para aumentar la productividad, Colombia debe sofisticar y diversificar su aparato productivo. Así mismo, debe fortalecer la capacidad técnica de las empresas no solo para buscar y seleccionar tecnología, sino también para transferirla y absorberla, así como generar y adoptar innovación” (Departamento nacional de planeación, 2019). Las tecnologías denominadas Industria 4.0, como Big Data, Internet de las Cosas, Inteligencia Artificial, Realidad Aumentada, Machine Learning y Block Chain, están ayudando a las empresas de los países desarrollados para incrementar su productividad, y comienzan a ser incorporadas en las grandes empresas colombianas. El reto es capacitar personal técnico que lleve estas tecnologías a las pymes de la región del oriente antioqueño, para que se beneficien con las capacidades que ofrece la computación en la nube.

Uno de los objetivos del PND2018-2022 es “Fomentar la transferencia y adopción de conocimiento y tecnología orientada a la eficiencia en productos y procesos en las empresas”. En relación con la promoción y adopción de tecnologías de frontera, el PND señala las siguientes tareas para el SENA, en cooperación con otras entidades estatales (Departamento nacional de planeación, 2019):

-
- Liderar el programa de manufactura avanzada que busca desarrollar tecnologías asociadas a la Industria 4.0 (internet industrial de las cosas IIoT, big data, inteligencia artificial, robótica, manufactura aditiva impresión 3D, nanotecnología, materiales avanzados y compuestos y realidad virtual y aumentada).
- Fortalecer las capacidades de los Centros de Desarrollo Tecnológico e Innovación, y Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación.

El PND propone conectar el Eje Cafetero y Antioquia con los mercados domésticos e internacionales, generar plataformas que promuevan la competitividad de los productos, y promover la modernización del transporte y la logística. Para lograr lo anterior, los sistemas informáticos desempeñan un rol importante como medio de transparencia y acceso a la información, aumentando la eficiencia de la logística del sector transporte. Se requiere infraestructura tecnológica moderna que reemplace las formas de control presencial, recolección y análisis de datos convencionales (Departamento nacional de planeación, 2019).

En cuanto a la agricultura de precisión el PND señala que MinAgricultura, en coordinación con MinTIC, desarrollará e implementará una estrategia de transformación digital rural que permita: conectividad rural digital; adopción de nuevas tecnologías en la cadena de valor agropecuaria, creación de aplicaciones móviles para comercializar productos agropecuarios; promoción de empresas orientadas a servicios complementarios como Internet de las Cosas, análisis de Big Data, drones e Inteligencia Artificial (IA). (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2019).

Contexto internacional

Las ciudades inteligentes (Smart cities) son ecosistemas complejos, donde el uso eficiente de la energía se hace indispensable. La red eléctrica debe ser más inteligente para que responda con eficiencia y fiabilidad ante las demandas energéticas de los consumidores (Kimani et al., 2019).

Una red eléctrica inteligente maximiza la generación, transmisión, distribución y uso final de la energía eléctrica; conecta la red con los proveedores del servicio, los gestores de operaciones y el mercado eléctrico, aumentando la eficiencia. Al tiempo que minimiza pérdidas, apagones y sobrecargas, y permite la interconexión de diferentes fuentes de energía tradicionales y alternativas (Kimani et al., 2019). Esta inteligencia se alcanza gracias al despliegue de sensores capaces de medir, vigilar y comunicar datos de los componentes de la red; permitiendo detectar sutiles patrones de funcionamiento que indiquen posibilidad de falla. Esta información se usa para tomar decisiones y aplicar acciones de auto reparación dentro de una plataforma IIoT.

Dada la dependencia energética de todos los agentes que conforman la fábrica o ciudad inteligente, es imperativo mantener la red eléctrica libre de ataques cibernéticos, implementando mecanismos que garanticen la identificación (quién es el usuario en la red de trabajo), la autorización (actividades que se permite al usuario dentro del sistema), accesibilidad (mecanismos que permiten al usuario acceder siempre a los recursos autorizados), confidencialidad (solo personal autorizado acceder a datos) e integridad (solo propietarios de la información pueden modificarla o eliminarla) (Mbarek, Ge, & Pitner, 2020).

Industria 4.0

Oztemel & Gursev definen Industria 4.0 como “metodología para generar una transformación desde la manufactura dominada por las máquinas a la manufactura digital”. Para lograrlo cada industria debe revisar sus requerimientos y potencialidades para generar el mapa de ruta hacia una industria 4.0 estándar. Es obvio que los sistemas de manufactura futuros tendrán una nueva visión de lo que son productos, inteligencia, comunicaciones y redes de información. Esto pone mucha presión en las personas que trabajan en el sector manufactura para aprender, entender, diseñar e implementar procesos de transformación (Oztemel & Gursev, 2018).

El Foro Económico Mundial elaboró un reporte basado en el punto de vista de 800 expertos en temas relacionados con Industria 4.0. El informe señala que el número de robots usados en manufactura se incrementará drásticamente, abriendo las puertas a humanos supervisados por “jefes robots”, Internet Wearable (Internet usable), Smart Factory (fábrica inteligente), máquinas que cooperan, sistemas que toman decisiones autónomamente, Machine Learning (aprendizaje de máquina), el uso de impresoras 3D que fabrican objetos de uso diario, entre otros (Oztemel & Gursev, 2018).

Internet de las Cosas (IoT) es una de las tecnologías Industria 4.0. IoT permite a las máquinas comunicarse entre ellas, generando ambientes de manufactura libres de humanos, es decir “Autónomos”. Los Sistemas Ciberfísicos (Cyber Physical Systems CPS) son otra tecnología 4.0, los

CPS se definen como tecnologías transformadoras para administrar sistemas interconectados entre los activos físicos y las capacidades computacionales. Cuando se juntan IoT, CPS y las comunicaciones M2M (machine to machine) se generan sistemas de manufactura autónomos, robustos, ágiles y con capacidades inteligentes (Oztemel & Gursev, 2018).

La Industria 4.0 llevará en el futuro próximo a la implementación de Dark Factory. Las fábricas a oscuras (dark Factory) hacen referencia a plantas de producción completamente automatizadas por robots, donde no es necesario ni un ser humano, y por ello pueden permanecer a oscuras. La propuesta suena atractiva para los empresarios, sin facturas por iluminación o climatización, producción sin interrupción 24/7, sin disputas laborales y menos reprocesos. Este concepto formará parte de lo profundos cambios sociales que se avecinan (Oztemel & Gursev, 2018).

Algo de Historia

La primera revolución industrial fue la introducción de la producción mecánica en la segunda mitad del siglo XVIII. Desde 1875 la energía eléctrica y la división del trabajo llevaron a la segunda revolución industrial. Después de 1970, los avances en electrónica y tecnologías de la información dan lugar a la tercera revolución industrial con la automatización de los procesos de producción. En 2011, una iniciativa alemana de agremiaciones académicas, políticas y económicas promueven la idea de digitalización junto con comportamiento autónomo de las máquinas, y lo denominan Industria 4.0, la cual busca procesos de producción más rápidos, más flexibles y más eficientes, con bienes de alta calidad (Oztemel & Gursev, 2018).

Aunque el término Industria 4.0 fue acuñado en Alemania. Muchos países han orientado esfuerzo para alcanzar la transformación digital. En Estados Unidos, AT&T, Cisco, General Electric, IBM e Intel fundaron en 2014 el Consorcio de Internet Industrial (IIC Industrial Internet Consortium) para orientar esfuerzos en la conexión de plantas y maquinaria a las tecnologías de la información. IIC influyó a muchas de las actuales líderes de Internet de la Cosas en EEUU (Oztemel & Gursev, 2018).

Taiwan en su plan de desarrollo, lidera el proyecto un Silicon Valley para Asia, y se encuentra actualizando su industria hacia Smart Machinery (maquinaria inteligente), promueve el desarrollo de soluciones de hardware, estimula la producción de Smart cities; y especialmente se enfoca en IoT para soportar desarrollo de carros autónomos, big data, logística inteligente, computación en la nube y manufactura avanzada (Oztemel & Gursev, 2018).

Las compañías japonesas lanzaron la iniciativa cadena de valor en la industria (Industrial Value Chain Initiative). Esta iniciativa busca crear estándares internacionales para conectar las fábricas usando tecnologías de la información, pasar de las Intranets a Internet. Los japoneses le apuntan a una nueva era de manufactura humana impulsada por Internet de las Cosas. Creen que es un paso adelante hacia la “Sociedad 5.0”, la cual definen en su Plan de Ciencia y Tecnología como una sociedad centrada en los humanos, que balancea las ventajas económicas con la resolución de problemas sociales, integrando los espacios físicos con los ciberespacios (Oztemel & Gursev, 2018).

Korea del Sur introduce en su plan de gobierno la Estrategia Innovación en la Manufactura 3.0, que busca integrar las tecnologías de la información con la manufactura de productos, para obtener la producción inteligente. Mientras que china generó una estrategia industrial de tres etapas, para llevar al país de la “esponja de la innovación” al “liderazgo de la innovación”. La innovación, en este contexto, trata de satisfacer las necesidades no satisfechas de los consumidores o de impulsar la eficiencia en la fabricación (Oztemel & Gursev, 2018).

La Industria 4.0 tiene como objetivos:

- Estandarización de los sistemas y creación de una arquitectura de referencia, donde diferentes fabricantes y compañías sean interconectadas e integradas.
- Gestión eficiente de los complejos sistemas en las futuras plantas de producción.

- Establecimiento de una infraestructura de redes de comunicación de banda ancha confiable para industria 4.0.
- Garantizar plantas de producción protegidas contra accesos no autorizados, y seguras para las personas y el medio ambiente.
- Organización del trabajo, cambio de entornos, automatización, gestión de personal y producción verde.
- Aprendizaje a lo largo de la vida. Las empresas tienen la obligación de entrenar a sus empleados a través de programas de desarrollo profesional para ayudarlos a desarrollar nuevas competencias.
- Creación de un marco regulatorio de la organización, con estándares de supervisión y control.
- Incrementar la eficiencia en el uso de nuevos recursos (materiales, tecnologías y procesos), al tiempo que reduce la contaminación ambiental.
- Sistemas autónomos con mínima interacción con humanos.
- Interacción entre productos y procesos.
- Análisis Big Data orientada a la manufactura.
- Adaptabilidad y flexibilidad ante los cambios en sistemas interoperativos.

Componentes de la Industria 4.0

Redes eléctricas inteligentes (Smart Grid)

Smart Grid aprovecha la capacidad de computación y comunicación para el control optimizado de la generación, transmisión y consumo de la energía eléctrica. La Big Data permite analizar los hábitos de consumo eléctrico de los usuarios, las mediciones del factor de potencia y las mediciones inteligentes de consumo. Este último relacionado con la posibilidad de medir las fechas y horas de mayor o menor consumo para ajustar los precios en el mercado eléctrico. Analizando los datos de la Smart Grid se puede identificar elevadas cargas reactivas, patrones de

consumo, maneras más eficientes de conectar generadores de fuentes alternativas, líneas de transmisión con alta probabilidad de falla, opciones de actualización, transformación y mantenimiento (Chen et al., 2014).

Sistemas ciberfísicos (CPS Cyber Physical Systems)

Surgen con la integración de procesos físicos y la computación para controlar la reacción del sistema ante perturbaciones internas o del entorno. Estos objetos ciberfísicos combinan dispositivos embebidos con sensores y redes digitales para crear complejos ciberespacios. Los CPS se han desarrollado en tres fases: la primera incluye tecnologías de identificación como las etiquetas RFID, la segunda incluye sensores y actuadores con funciones limitadas; en la tercera fase los equipos son capaces de almacenar y analizar los datos.

Los CPS permiten monitorear procesos, ser aplicados en diferentes entornos para generar sistemas a gran escala, integrar diferentes disciplinas en diferentes dominios, confiabilidad efectiva de los procesos, interacción entre usuarios, supervisión del desempeño de los empleados, configuración en tiempo real, toma de decisiones de forma automática, sistemas distribuidos interconectados (Oztemel & Gursev, 2018).

Pero aún, los CPS implican riesgos de seguridad, los cuales se agravan con su uso generalizado (Dang, Merieux, Pizel, & Deulet, 2018). Estos problemas se pueden resolver usando aplicaciones en la nube, dónde además de procesar grandes volúmenes de datos, se pueden implementar mecanismos de seguridad para los dispositivos que se conectan a la nube.

Agentes móviles

El concepto de agente móvil surgió al interior del campo de la Inteligencia Artificial, se trata de aplicaciones informáticas que ejecutan tareas en paralelo (al mismo tiempo) basadas en entidades autónomas denominadas Agentes. Y se dicen que son “móviles” porque tienen la capacidad de migrar a través de la red. Se ejecutan de forma autónoma y pueden cooperar con otros agentes. Estas características les permiten reconfigurarse para ejecutar otras tareas, e incluso, transformarse en nuevos agentes móviles (J. Wang et al., 2017).

Los agentes móviles son autónomos, inteligentes, adaptables, reconfigurables dinámicamente, cooperativos, e ideales para aplicaciones basadas en la nube y distribuidas geográficamente. A diferencia del modelo Cliente-Servidor, dónde los clientes se comunican únicamente con el servidor, quién a su vez, almacena, procesa y toma decisiones. En el modelo de Agentes Móviles, la información y las tareas se distribuyen a través de la red, pudiendo ser procesados por cualquier agente autorizado; reduciendo el tráfico en la red y el ancho de banda requerido. Lo que favorece a los clientes con conexiones intermitentes. Además permite crear nuevos agentes y actualizar sus tareas en tiempo de ejecución. Los agentes móviles muestran inteligencia aplicando reglas fijas a su capacidad de razonar, planear y aprender. En ambientes dinámicos, los agentes móviles adaptan su comportamiento para adquirir nuevos conocimientos y habilidades que mejoran su desempeño (J. Wang et al., 2017).

Comunicación entre máquinas

La comunicación Machine to Machine (M2M) hace referencia a la comunicación directa entre máquinas, como sensores, actuadores o microprocesadores. Para ello, se usa un canal, generalmente inalámbrico, y un dispositivo inteligente capaz de procesar los datos de los demás equipos conectados a la red, y enviar mensajes de texto o correos electrónicos como alertas hacia dispositivos móviles (Oztemel & Gursev, 2018).

Smart factories

La manufactura inteligente (smart manufacturing) busca optimizar la producción, usando intensivamente la automatización, a través de la producción completamente flexible, adaptando el principio “Plug and Play” usado en informática al nuevo término “plug and produce”. Estas empresas también se denominan “dark factories”, empresas que pueden funcionar a oscuras porque no hay humanos interviniendo en los procesos, todo es hecho por sistemas robóticos. Pero estos conceptos van más allá, en realidad hacen referencias a líneas de producción que se adaptan al nuevo producto, y máquinas que se reconfiguran a sí mismas en segundos para cumplir una función completamente diferente (Oztemel

& Gursev, 2018). Smart manufacturing es un paradigma basado en datos, que promueve la transmisión e intercambio de información en tiempo real a través de redes, con el objetivo de crear manufactura inteligente a través de todos los aspectos de la fábrica (O'Donovan et al., 2015).

Realidad Aumentada

La visión de los sistemas físicos del mundo real son combinados con imágenes generadas por computador para generar una realidad enriquecida que favorece el diseño de productos y los sistemas de producción en la manufactura inteligente. Ayudando a detectar errores en etapas tempranas del producto y a entrenar los sistemas (Oztemel & Gursev, 2018).

Computación en la nube

La ayuda de moderna infraestructura que integra computación de alto desempeño, gran capacidad de almacenamiento, redes de alta velocidad, permite la solución de problemas complejos a través de simulación y análisis de gran cantidad de datos, compartiendo recursos distribuidos por todo el planeta (Yang et al., 2014).

La computación en la nube se muestra como un nuevo paradigma de computación que ofrece nuevas oportunidades para el desarrollo de infraestructura en la ciencia y la industria. Pero también presenta algunos desafíos, como la búsqueda de nuevas técnicas para el procesamiento de grandes volúmenes de datos (Yang et al., 2014). Una de las principales ventajas de la computación en la nube es la posibilidad de la colaboración interdisciplinar y la optimización de recursos, algunas veces escasos y costosos, permitiendo investigaciones más sofisticadas. Hoy en día, es posible analizar Terabytes de datos generados por sensores, satélites, simulaciones o mediciones; de esto se trata la Big Data (Yang et al., 2014).

Los Web Services (servicios web) son la clave de la computación en la nube. Permiten construir la infraestructura tecnológica, garantizar la calidad del servicio (QoS) y la seguridad en el acceso a los datos. Todo ello, en un entorno flexible, adaptable a las necesidades de

cada cliente (Yang et al., 2014). Los Servicios Web permiten acceder a recursos almacenados, datos, script (código), sensores e instrumentos, distribuidos a través de diferentes dominios en Internet. Este acceso es eficiente y no compromete la seguridad ni la posibilidad de control local; incluso permite el desarrollo de interfaces orientadas a las máquinas, permitiendo la automatización del manejo de recursos informáticos (Yang et al., 2014).

La computación en la nube ha creado un nuevo paradigma de trabajo, pues las empresas no requieren instalar ni mantener infraestructura computacional en su planta física. Sino que usan los servicios ofrecidos por proveedores dedicados. Esto ofrece grandes ventajas como el trabajo colaborativo, la posibilidad de medir la calidad y monitorear el servicio, así como reproducir completamente el flujo de trabajo. Pero también nuevos desafíos, como elegir las métricas correctas para realizar dichas mediciones, o la combinación de los servicios web apropiados para realizar las tareas establecidas (Yang et al., 2014).

Otra ventaja del trabajo en la nube es la Web Semántica, que se refiere a etiquetar los recursos disponibles en la web para que sean procesados por los computadores sin intervención humana. Esto permite extraer valiosa información de datos que actualmente tienen poco o ningún valor práctico, y permite que estos datos sean analizados por terceros a través de flujos de trabajo colaborativo. Así mismo trae implícito un desafío, la heterogeneidad de etiquetas que pueden producir áreas multidisciplinarias (Yang et al., 2014).

Big Data

La cantidad de datos se ha incrementado en varios campos. Comparado con el análisis tradicional de datos, la Big Data trata volúmenes de datos sin estructura, del orden de Terabytes, que requieren análisis en tiempo real. Además la Big Data permite descubrir el valor oculto de los datos. Big Data requiere escalabilidad, heterogeneidad, tiempo real, complejidad y privacidad (Chen, Mao, & Liu, 2014).

Las redes sociales y los buscadores procesan cientos de Terabytes cada día. Así mismo, Internet de las Cosas, brinda la oportunidad de conectar un sinnúmero de objetos que envían datos a la nube, creciendo exponencialmente la cantidad de datos a ser almacenados y procesados, con la connotación especial de necesitar procesamiento en tiempo real (Chen et al., 2014).

Entre los desafíos que plantea la implementación de la Big Data se pueden enumerar(Chen et al., 2014):

- Requiere bases de datos no relacionales por la naturaleza heterogénea de los datos.
- Cuando se puede establecer una relación semántica entre los datos es más fácil que los sistemas de cómputo realicen una interpretación y análisis más significativo de los mismos.
- Con grandes volúmenes de datos es inevitable la redundancia. Es necesario reducir ésta para bajar los costos de su análisis.
- La administración del ciclo de vida de los datos debe ser lo suficientemente inteligente para evitar el almacenamiento de datos que han perdido su valor.
- Los mecanismos de analítica de la Big Data permiten correlacionar datos heterogéneos y escalar su análisis.
- La variedad de fuentes de datos trae implícito el riesgo de la no confidencialidad de los datos. Porque no todos los que generan datos en la Internet son expertos en el tema de seguridad informática.
- El consumo de energía por parte de las supercomputadoras que procesan los datos es un asunto que interesa desde el punto de vista económico y ambiental, y que requiere mecanismos de administración y control.
- El análisis de Big Data necesita la cooperación de expertos en una variedad de disciplinas.

Las tecnologías relacionadas con Big Data son (Chen et al., 2014):

- La computación en la nube ofrece a la Big Data una gran capacidad de almacenamiento, computación intensiva en paralelo y las aplicaciones que procesan los datos. La computación en la nube influencia la arquitectura de la infraestructura tecnológica, mientras la Big Data influencia la toma de decisiones en los negocios.
- El paradigma de la IoT (Internet of Things) busca embeber sensores en dispositivos y equipos del mundo real.
- Los Data Center además de ofrecer la plataforma de almacenamiento de datos, también son los responsables de la adquisición, manejo, organización y aprovechamiento de los mismos. La Big Data promete una revolución en la infraestructura de los Data Center, haciéndolos más veloces, energéticamente eficientes, seguros, estables y expandibles.
- Hadoop, se basa en un sistema de archivos distribuidos en un gran número de pequeños ordenadores, cada uno de los cuales se encarga de procesar una porción de información. La comunidad Open Source explota la idea planteada inicialmente por Google desarrollando una implementación a la que denominan Hadoop. En síntesis, Hadoop es un sistema de código abierto que se utiliza para almacenar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos. Este paradigma de manejo de datos encaja en el modelo IoT, donde cada objeto genera pequeñas cantidades de datos, que luego se combinan para su análisis.

Internet de la Cosas

La Internet ha evolucionado a través de los años. Inicialmente se desarrolló la Internet de contenido, cuando solo se usaba la www para publicar sitios web. Con la Internet de servicios o Web 2.0, se logró el comercio electrónico y los servicios en línea. Luego con la Internet de la gente llegaron las redes sociales. Ahora se tiene la Internet de las cosas, donde las máquinas se comunican entre ellas, sin intervención humana (Khanna, 2019).

El paradigma de la IoT (Internet of Things) busca embeber sensores en dispositivos y equipos del mundo real. Estos sensores recogen datos de toda clase, como ambientales, geográficos, astronómicos, logísticos, y los envían a aplicaciones que los gestionan desde la nube. Cuando la cantidad de datos relacionados es inmensa se aplican tecnologías propias del Big Data para extraer la información que contienen, a pesar de su heterogeneidad, falta de estructura, ruido y alta redundancia. Se cree que para 2030 IoT será la principal parte de la Big Data (Chen et al., 2014).

La IoT usa diferentes tecnologías de comunicación, que son baratas, fáciles de implementar y disponibles en cualquier tienda de componentes electrónicos. Entre ellos se destacan (Khanna, 2019):

- Identificación por radiofrecuencia (RFID), donde los lectores extraen información de las etiquetas, a través de señales electromagnéticas.
- Estándar IEEE 802.15.4, que establece el estándar de nivel físico de las redes inalámbricas de área local.
- Z-Wave, que es un protocolo inalámbrico para redes de automatización de casas.
- Long Term Evolution LTE, estandar inalámbrico para redes móviles basado en GSM.
- LongRange (LoRa), para comunicar de manera inalámbrica a larga distancia dispositivos IoT.
- Near-Field Communication NFC, similar a un RFID, pero incorporado en un dispositivo móvil.
- Ultra-wide band (UWB), comunicación a muy baja distancia pero con un ancho de banda muy grande.
- Machine to Machine M2M, comunicación entre dos dispositivos microprocesados o dispositivos móviles.

IoT tiene múltiples usos. Por ejemplo, en agricultura y cría de animales busca asegurar que las plantas, suelos o animales reciban la cantidad exacta de lo que necesitan. También se usa en aplicaciones de logística, monitoreo

de la cadena de frío, drones para monitoreo de cultivos, gestión de la red eléctrica, monitoreo del tráfico, salud corporal, dispositivos de monitoreo de condiciones de salud, seguridad ciudadana, Smart cities, industria, transporte, departamentos públicos (Khanna, 2019) (Chen et al., 2014).

A pesar de las múltiples tecnologías disponibles, Internet de las Cosas presenta complejos problemas. La IoT es relativamente nueva y menos entendida que otros sistemas tecnológicos. Los objetos se distribuyen a lo largo de la geografía en ambientes abiertos y no controlados. Involucra hardware, software y protocolos de comunicación muy heterogéneos. No existen estándares en hardware y software para IoT. Los dispositivos IoT suelen contener dispositivos de bajo costo con baja capacidad de almacenamiento, de procesamiento y bajo consumo eléctrico, lo que dificulta la implementación de protocolos de seguridad (Minoli & Occhiogrosso, 2018). La adquisición y transmisión de estos datos genera gran cantidad de ruido (datos sin valor). Existe una fuerte correlación entre el lugar y el instante dónde son recogidos. El formato en que son adquiridos es muy heterogéneo (Chen et al., 2014).

En especial, la ciberseguridad es un asunto crítico en IoT. Aún son necesarios mecanismos para garantizar la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad. La confidencialidad garantiza que los paquetes de datos no son interceptados y examinados; la integridad, significa que los paquetes no han sido alterados o modificados; y la disponibilidad, busca que los dispositivos funcionen correctamente y realicen su función. En síntesis la ciberseguridad trata de evitar intrusiones debilitantes. (Minoli & Occhiogrosso, 2018).

Blockchain para IoT

La IoT y la IIoT presentan en la actualidad grandes vulnerabilidades de privacidad y seguridad, debido en parte, a la carencia de una tecnología específica para ello. El blockchain es una tecnología para realizar transacciones descentralizadas encriptadas en sistemas distribuidos. Blockchain puede imaginarse como un libro contable que registra las transacciones entre dos partes, sin necesidad de la intervención de una tercera para autenticación. Lo cual reduce el costo de transacción por debajo

del 1%. Inicialmente se usó para la criptomoneda Bitcoin, pero rápidamente se aplicó en otros servicios, por ejemplo, combinando IoT con Blockchain (Q. Wang, Zhu, Ni, Gu, & Zhu, 2019) (Minoli & Occhiogrosso, 2018).

Las partes del Blockchain son (Minoli & Occhiogrosso, 2018):

- Block (bloque). Se puede entender como una lista de “facturas” que no pueden ser modificados. Su tamaño, duración y eventos que lo activan depende del tipo de blockchain. Un bloque está formado por un encabezado con información de escritura y el cuerpo con la información de la transacción.
- Chain (cadena). Enlaza la lista de bloques.
- Network (red). Es un conjunto de nodos enlazados. Donde los bloques son los nodos.

Mantenimiento predictivo e Industria 4.0.

La incorporación de herramientas como Big Data e Internet de las Cosas en los procesos de manufactura ha permitido la acumulación de gran cantidad de datos que pueden ser usados en el mantenimiento predictivo o predicción de fallas. Esto se logra a través de la minería de datos, que hace referencia al uso de algoritmos inteligentes para extraer información relevante de datos sin valor aparente en un área específica. Por ejemplo, usar los datos del proceso de producción para determinar qué máquina presenta desgaste en una de sus partes móviles (Spendla, Kebisek, Tanuska, & Hrcka, 2017)(Truong, 2018).

Las tareas de mantenimiento son fundamentales para asegurar la productividad, la calidad, la entrega a tiempo y un ambiente seguro de trabajo. El mantenimiento predictivo monitorea los indicadores de las condiciones de funcionamiento y el contexto actual (el sistema como un todo) para predecir las condiciones futuras de la máquina. El modelo de mantenimiento predictivo comprende: la adquisición de datos, el procesamiento de datos y la toma de decisiones de mantenimiento (diagnóstico y pronóstico). Pero su implementación depende de justificaciones económicas y tecnológicas;

las cuales se ven entorpecidas por las “islas de conocimiento”, donde la visión del personal técnico se ve nublada por el área a la que pertenece (mantenimiento, producción, compras, ventas, una línea de producción específica) (Schmidt & Wang, 2018).

La idea principal del mantenimiento es el monitoreo permanente de procesos, maquinaria, materiales y condiciones del producto, para maximizar el tiempo entre reparaciones y minimizar el número y el costo de detenciones no programadas de las máquinas. El mantenimiento predictivo se basa en el análisis de las condiciones reales del proceso de manufactura para determinar el estado de la maquinaria (Cachada et al., 2018). Usando análisis de vibraciones, termografía, tribología e inspección visual se establece el cronograma de mantenimiento. Existen dos categorías del mantenimiento predictivo: la primera se basa en estadísticas recolectadas de fallas ocurridas anteriormente que permiten predecir cuándo volverá a fallar un equipo. La segunda categoría del mantenimiento predictivo se basa en las condiciones actuales de las partes de las máquinas, las cuales pueden indicar que fallarán en el futuro próximo (Spendla et al., 2017).

La computación en la nube permite a la industria de manufactura aplicar un modelo de negocio basado en agentes móviles, centrado en el cliente, orientado a servicios por demanda, reconfigurable y escalable, denominado manufactura en la nube (Cloud Manufacturing). El mantenimiento predictivo es un área que se beneficia bastante de este paradigma. Sin embargo, se requiere personal técnico experto en aplicaciones en la nube que puedan lidiar con la seguridad, disponibilidad, adaptabilidad y confiabilidad de los datos intercambiados con las máquinas y procesos, para predecir fallas de manera oportuna, optimizando los cronogramas de mantenimiento (J. Wang, Zhang, Duan, & Gao, 2017).

El reto de la manufactura en la nube es alcanzar la operación de todas las máquinas de la planta “libre de problemas”. Es decir, sin fallas en los elementos electromecánicos ni en los sistemas informáticos que los soportan. En el mantenimiento predictivo, se recolectan datos entregados por sensores que establecen las condiciones de operación del proceso.

Estos datos se transmiten a un servidor central donde se procesan para diagnosticar y predecir falla (J. Wang et al., 2017).

El mantenimiento predictivo basado en la nube se encuentra en las primeras fases de desarrollo. Comenzó con sensores embebidos en tarjetas electrónicas conectadas a servicios web. Desde sus inicios, muchos de estos sistemas embebidos han utilizado hardware y software Open Source (código abierto), lo que reduce los costos y facilita su implementación a lo largo y ancho del mundo. Cuando se alcanzó una cantidad muy grande de datos para procesar, se optó por dos enfoques: usar algoritmos de Big data o sistemas locales que realizan un primer procesamiento de la información antes de enviarla a la nube (J. Wang et al., 2017).

Uno de los principales desafíos del mantenimiento predictivo es diagnosticar y pronosticar fallas a partir de datos originados por diversas fuentes con formatos diferentes, requiriendo algoritmos de fusión de la información (Schmidt & Wang, 2018).

La Big Data debe su surgimiento a un número de factores económicos y tecnológicos. La aparición de la computación en la nube, el incremento de las comunicaciones móviles, el abaratamiento del costo de sistemas electrónicos embebidos, ha hecho que los dispositivos de Internet de las Cosas (IoT), en su mayoría sensores, generen ingentes cantidades de datos que deben ser procesados para extraer alguna información de valor (minería de datos) (Truong, 2018). Las plantas de manufactura en general, y las actividades de mantenimiento predictivo en particular, se pueden beneficiar de los algoritmos de Big Data, ya que éstas utilizan sofisticados sensores para medir variables ambientales, el desempeño de las máquinas, el consumo y calidad de la energía, generando millones de bytes de datos que deben ser procesados con algoritmos inteligentes antes de diagnosticar y pronosticar fallas de los sistemas eléctricos, mecánicos e informáticos. Algunos expertos consideran la manufactura inteligente como una especialización de la Big Data (O'Donovan, Leahy, Bruton, & O'Sullivan, 2015)

Discusión

En la actualidad los programas de formación de los tecnólogos del área industrial: automatización, electricidad y electromecánica; no incluyen temáticas relacionadas con industria 4.0. (Internet de las cosas IoT, big data, inteligencia artificial, robótica, manufactura aditiva, impresión 3D, nanotecnología, materiales avanzados y compuestos y realidad virtual y aumentada). Se considera que la realización de eventos de divulgación tecnológica, formación complementaria, grupos de estudio y los proyectos de los semilleros de investigación, ofrecen la oportunidad de conocer, usar y crear herramientas relacionadas con Industria 4.0. Algunos ejemplos de estas actividades son:

Eventos de divulgación tecnológica:

- Herramientas Industria 4.0. A través de un evento de divulgación tecnológica los aprendices reciben alfabetización tecnológica en conceptos relacionados con las herramientas que conforman la industria 4.0.
- Introducción a la investigación y desarrollo tecnológico. Acercamiento de instructores y aprendices a los conceptos propios de la investigación formativa y el método científico. Incentivando a los participantes a vincularse a los semilleros de investigación.
- Formación complementaria:
- Internet de las Cosas. A través del desarrollo de prototipos funcionales, usando dispositivos microcontrolados como Arduino. Los aprendices desarrollan competencias en programación, computación en la nube y diseño de productos.
- Computación en la nube. Combinando los conceptos de IoT con el uso de plataformas como Amazon Web Services AWS, los aprendices adquieren habilidades para programar servicios en la nube.
- Metodología de la investigación. Dirigida a los instructores y aprendices que participan en los semilleros de investigación, para que conozcan los pasos a seguir durante la ejecución de un proyecto de investigación o el desarrollo de un producto tecnológico.

Grupos de estudio:

- Grupo de estudio de las herramientas industria 4.0. Para identificar la incorporación de esta tecnologías en los procesos productivos de la región.
- Grupo de estudio en matemáticas para inteligencia artificial. La conformación de grupos de estudio en temas relacionados con inteligencia artificial, brinda la oportunidad a aprendices e instructores para adquirir el dominio de herramientas matemáticas y estadísticas necesarias para introducirse en temas relacionados con machine learning, redes neuronales y aprendizaje profundo.
- Grupo de estudio en computación en la nube, para desarrollar las competencias en uso y programación de aplicaciones de computación en la nube.

Proyectos de los semilleros:

Los proyectos de investigación de los semilleros permiten adquirir la competencia en herramientas industria 4.0 mientras se desarrollan prototipos funcionales, que incorporan computación en la nube, aplicaciones móviles, IoT, servicios web, redes eléctricas inteligentes, mantenimiento predictivo basado en la nube, redes de sensores, blockchain, realidad aumentada, agentes móviles, entre otras.

Programas de formación en el SENA:

La fecha de publicación de este artículo el SENA evidencia en la plataforma Sofiaplus dos cursos complementarios en ejecución relacionados con IoT, tres a cerca de Industria 4.0, uno relacionado con Machine Learning. En sofia plus también aparece un programa de formación titulada en elaboración para Internet de las Cosas y una especialización tecnológica en mantenimiento predictivo en estado activo. Lo anterior evidencia el interés de la institución por responder a la realidad tecnológica del sector productivo.

Conclusiones

La tecnología a nivel mundial muestra que en la próxima década se automatizarán muchos más puestos de trabajo, obligando a la mano de obra a calificarse para realizar tareas de supervisión de dichos procesos. Colombia no será ajena a esta tendencia. Por ello, desde el gobierno nacional se deben generar políticas de estado que permitan la apropiación de estas tecnologías por parte de las empresas. Al tiempo que fortalece las instituciones públicas de formación para el trabajo, donde los colombianos que dejarán de ocupar puestos donde se realizaban tareas manuales, se capaciten en nuevos sectores productivos. Además de la formación para el trabajo, el SENA tiene el deber de acompañar a los aprendices para que desarrollen habilidades de pensamiento científico y tecnológico, que les facilite el dominio de nuevas tecnologías.

Referencias

- Cachada, A., Barbosa, J., Leitão, P., Geraldés, C. A. S., Deusdado, L., Costa, J., ... Romero, L. (2018). Maintenance 4.0: Intelligent and Predictive Maintenance System Architecture. IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA, 2018-Septe, 139–146. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2018.8502489>
- Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big data: A survey. Mobile Networks and Applications, 19(2), 171–209. <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>
- Dang, T., Merieux, C., Pizel, J., & Deulet, N. (2018). On the Road to Industry 4.0: A Fieldbus Architecture to Acquire Specific Smart Instrumentation Data in Existing Industrial Plant for Predictive Maintenance. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2018-June, 854–859. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2018.8433679>
- Departamento nacional de planeación, C. (2019). Bases del plan nacional de desarrollo 2018-2022. Colombia. Retrieved from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/BasesPND2018-2022n.pdf>

- Khanna, A. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture, 157(December 2018), 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>
- Kimani, K., Oduol, V., & Langat, K. (2019). Cyber security challenges for IoT-based smart grid networks. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 25, 36–49. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.01.001>
- Mbarek, B., Ge, M., & Pitner, T. (2020). An Efficient Mutual Authentication Scheme for Internet of Things. *Internet of Things*, 9, 100160. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100160>
- Minoli, D., & Occhiogrosso, B. (2018). Internet of Things Blockchain mechanisms for IoT security. *Internet of Things*, 1–2, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2018.05.002>
- O'Donovan, P., Leahy, K., Bruton, K., & O'Sullivan, D. T. J. (2015). An industrial big data pipeline for data-driven analytics maintenance applications in large-scale smart manufacturing facilities. *Journal of Big Data*, 2(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s40537-015-0034-z>
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2018). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, (January). <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- Schmidt, B., & Wang, L. (2018). Cloud-enhanced predictive maintenance. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 99(1–4), 5–13. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8983-8>
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Planeación estratégica. (2019). citado desde <http://www.sena.edu.co/es-co/sena/Paginas/planeacionEstrategica.aspx>
- Spendla, L., Kebisek, M., Tanuska, P., & Hrcka, L. (2017). Concept of predictive maintenance of production systems in accordance with industry 4.0. SAMI 2017 - IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, Proceedings, 405–410. <https://doi.org/10.1109/SAMI.2017.7880343>

- Truong, H. L. (2018). Integrated Analytics for IIoT Predictive Maintenance Using IoT Big Data Cloud Systems. Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Industrial Internet, ICII 2018, (Icii), 109–118. <https://doi.org/10.1109/ICII.2018.00020>
- Wang, J., Zhang, L., Duan, L., & Gao, R. X. (2017). A new paradigm of cloud-based predictive maintenance for intelligent manufacturing. Journal of Intelligent Manufacturing, 28(5), 1125–1137. <https://doi.org/10.1007/s10845-015-1066-0>
- Wang, Q., Zhu, X., Ni, Y., Gu, L., & Zhu, H. (2019). Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100081>
- Yang, X., Wallom, D., Waddington, S., Wang, J., Shaon, A., Matthews, B., ... Kershaw, P. (2014). Cloud computing in e-Science: Research challenges and opportunities. Journal of Supercomputing, 70(1), 408–464. <https://doi.org/10.1007/s11227-014-1251-5>