

La adaptación de los ingenieros industriales frente a los retos de la sostenibilidad.

The adaptation of industrial engineers to the challenges of sustainability.

Cristina Zapien Guerrero

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

cristina.zapien@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4063-3027>

Resumen

La sostenibilidad es aquella que garantiza las necesidades presentes sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, garantizando un equilibrio entre el crecimiento económico, el respeto al medio ambiente y el bienestar social a través de las tecnologías. Cuando agregamos la tecnología como una variante inherente implica la adaptación por carreras universitarias tales como la ingeniería acorde a la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería en su publicación “Ingeniería industrial en México 2030: Escenarios de futuro” enmarca su escenario de tendencial hacia la conciencia sostenible con un escenario deseable a el compromiso del desarrollo sostenible y de manera futura ser innovador con capacidad de generar nuevos productos con una cultura de desarrollos sustentable aplicando nuevas prácticas de manufactura, elaboración esbelta y producción limpia adaptativo a las revoluciones industriales como lo es la Industria 5.0. A través de esa investigación se observan los antecedentes y perfiles de un ingeniero industrial así como su adaptación a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), se enunciaron competencias que se deben de incluir en la currícula y se identificaron iniciativas de afinidad de escuelas de educación superior y sus proyectos de aplicación en México.

Palabras claves: Educación Superior, Ingeniería Industrial, Sostenibilidad, Industria 5.0

Abstract

Sustainability is that which guarantees present needs without compromising the needs of future generations, ensuring a balance between economic growth, respect for the environment and social welfare through technologies. When we add technology as an inherent variant implies the adaptation of university careers such as engineering according to the National Association of Faculties and Schools of Engineering in its publication “Industrial Engineering in Mexico 2030: Scenarios of the future” frames its scenario of tendency towards sustainable awareness with a desirable scenario to the commitment of sustainable development and in the future to be innovative with the ability to generate new products with a culture of sustainable development by applying new manufacturing practices, lean manufacturing and clean production adaptive to industrial revolutions such as Industry 5.0. Through this research, the background and profiles of an industrial engineer are observed as well as their adaptation to the Sustainable Development Goals (SDGs), competencies that should be included in the curriculum were enunciated and affinity initiatives of higher education schools and their implementation projects in Mexico were identified.

Key words: Higher Education, Industrial Engineering, Sustainability, Industry 5.0.

Introducción

Debido al rápido desarrollo de sostenibilidad y el enfoque al medio ambiente en los procesos de fabricación donde se destaca la importancia de la participación y la interacción humana a la vez que se integran los sistemas robóticos, el Internet de las Cosas (IoT) y el uso de análisis de grandes volúmenes de datos (*Big data*), producción adaptativa a través de (*3D printed*), robots colaborativos (Co-Bot) y realidad virtual, en resumen la evolución industrial que ha llegado a la «Industria 5.0» este término apareció por primera vez en 2017 (Skobelev & Borovik, 2017).

Las cambiantes condiciones el uso y la aplicación de estas tecnologías emergentes implican en algunos casos un alto nivel de entendimiento y complejidad. Por lo que se requiere de un cierto nivel de competencias en la formación universitaria para los ingenieros industriales al fin de que sean capaces de enfrentar los desafíos de los nuevos sistemas de fabricación y la protección al medio ambiente que está generando la Industria 5.0 y el término sostenible (Broo, Kaynak & Sait, 2022).

Desde un enfoque multidisciplinario, un ingeniero industrial realiza una diversidad de tareas y funciones en la empresa sea de ámbito industrial o no (Zhuang & Newland, 2017). Mesquita et al. (2015) mencionan que las áreas de formación específicas para un ingeniero industrial comprenden funciones de la administración de los sistemas productivos, la automatización, aseguramiento y control de calidad, ingeniería económica, investigación de operaciones, administración de información, factores humanos y ergonómicos, control y logística, mantenimiento, administración y diseño de proyectos y productos entre otros.

En el ámbito académico, y en lo específico al currículo universitario de México la subsecretaría de Educación Superior (SES) es el área de la Secretaría de Educación Pública encargada de impulsar una educación de calidad que permita la formación de profesionistas competitivos y comprometidos con el desarrollo regional y nacional, y que contribuya a la edificación de una sociedad más justa (Ferrer, 2018).

Las industrias y su adaptación frente a la sostenibilidad establecen entonces una simbiosis natural que debe existir entre la universidad y la sociedad, donde todos los procesos educativos en particular la ingeniería industrial buscara responder eficazmente a sus expectativas y demandas a estas grandes transformaciones. De tal forma que la presente investigación tiene como objetivo la investigación documental de la alineación de competencias de un ingeniero industrial con los objetivos de desarrollo sostenible. Como primer capítulo se presenta la metodología se realizó una investigación documental de la formación y competencias del ingeniero industrial, se revisaron los objetivos de desarrollo sostenible definiendo cuales se alinean a la educación del programa, cuáles son las competencias a incluir en la currícula y por último cuales han sido los alcances de las universidades en México, para concluir la relevancia de la sostenibilidad en la formación del ingeniero industrial.

Metodología

La metodología desarrollada en el presente trabajo de investigación incluye una investigación documental basada inicialmente en el marco teórico de la ingeniería industrial y sus competencias, después se realizó una revisión de los objetivos del desarrollo sostenible sobre el contexto que

involucra al perfil del ingeniero industrial, con el propósito de determinar las competencias que deben ser abordadas por los planes de estudio en ingeniería industrial a nivel nacional, así como cuáles son sus adaptaciones actuales en las universidades de México.

La Ingeniería industrial

La relevancia del objeto de estudio radica que en México existe un total de 1248 programas relacionados a la ingeniería industrial ofertados en 1,032 IES con una capacidad de matrícula de estudiantes alrededor de 1,015,939 estudiantes (Roldan, Hanel & Echeverría, 2019).

Acorde al IISE (*Institute of Industrial and Systems Engineers* por sus siglas en inglés) se define a la ingeniería industrial como “ lo concerniente con el diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipo y energía, soportado por el conocimiento especializado y la habilidad en las matemáticas, la física y las ciencias sociales que, junto con los principios y métodos de análisis de ingeniería y el diseño, especifican, predicen y evalúan los resultados que serán obtenidos de cada uno de los sistemas de la industria”.

Esta definición refleja la complejidad así como amplitud de aplicación en actividades económicas primarias, secundarias o terciarias y este puede a su vez desempeñar papeles en las organizaciones como operativo, táctico y directivo incluso como asesor o consultor independiente; a través de conocimientos en estadística, matemáticas, administración de la producción control de calidad, logística, sistemas de información, química, física, biología, psicología industrial, investigación de operaciones, evaluación de proyectos, ingeniería económica, ergonomía, simulación, robótica, manejo de materiales, mantenimiento, contaminación, liderazgo, visión de planeación y pronóstico (Baca et al., 2014).

Por lo tanto un ingeniero puede gestionar, evaluar, problemas empresariales en cualquier sistema como control de calidad, Finanzas, Recursos Humanos, Mantenimiento, Ventas, Producción, Almacén, Distribución, Seguridad, entre otros (UADY, 2004). En la última década la Ingeniería Industrial es relacionada con la tecnología en el surgimiento de la cuarta revolución industrial (Liboni et al., 2019). La digitalización y la robótica, los sistemas de fabricación global se están moviendo hacia esta revolución industrial, conocida como Industria 4.0. El concepto de Industria 4.0 tiene como objetivo crear empresas inteligentes donde se implementan e integran tecnologías de fabricación como sistemas cibernéticos, el Internet de las cosas (IOT, por sus siglas en inglés), Cómputo en la nube, Administración de datos o *Big data*, Analítica, transformando las cadenas de valor y los modelos de negocios como son las industrias las cuales se están volviendo inteligentes, al estar conectadas a e integradas a lo largo de la cadena de suministro (Cañas et al., 2021).

Actualmente en México casi todas las instituciones públicas de educación superior trabajan bajo el enfoque basado en competencias, respecto de la ingeniería industrial se dividen en básicas y específicas, estas en el entorno sostenido y cambiante del uso de tecnologías deben permitir diseñar, construir, manufacturar y operar bienes con alto valor agregado de tecnología y más eficientes en su función, a los menores costos posibles. Las competencias son un conjunto de atributos que una persona posee y le permiten desarrollar una acción efectiva en determinado ámbito; es la interacción armoniosa de las habilidades, conocimientos, valores, motivaciones, rasgos de personalidad y aptitudes propias de cada persona que determinan el comportamiento que conduce al logro de los objetivos a alcanzar en la organización (Fonck, Grandón & Niños, 2021).

Las competencias generales imponen habilidades y prácticas transversales apropiadas para la mayoría de las áreas de formación mientras que las competencias específicas garantizan la adquisición de conocimientos en cada área de estudio; por ejemplo, realizar la planeación y programación de la producción de una empresa es una competencia de dominio específico del ingeniero industrial, mientras que la capacidad de trabajar en equipo es una competencia general (Tuning-América Latina, 2007). Por lo tanto, las competencias que se desarrollan en las universidades son clave en los graduados, ya que les permite tener la capacidad de establecerse y afianzarse en campos profesionales en constante cambio para satisfacer plenamente las exigencias de los contextos sociales tal es el caso del objeto de estudio la adaptación a la industria sostenible.

Acorde a (López et al., 2014) algunas competencias específicas del ingeniero industrial en México son las siguientes: Dirige y administra organizaciones productoras de bienes y servicios; Analiza y optimiza procesos de producción de bienes y de servicios; Diseña, implementa, administra y mejora sistemas de calidad; Formula, evalúa y administra proyectos productivos de inversión; Diseña e implementa, sistemas de mantenimiento para maquinaria y equipo; Organiza y dirige grupos de trabajadores y empleados; Planea y administra sistemas logísticos para el suministro de insumos al proceso y de productos a los clientes; Diseña, implementa, administra y mejora sistemas de gestión ambiental; Conoce, opera y calibra equipos de medición y pruebas entre otros.

Entre las competencias general que se han adaptado en la industria 4.0 Terrés et al., (2017) mencionan creatividad, aprendizaje, comunicación, trabajo en equipo multidisciplinarios, liderazgo, toma de decisiones, adaptabilidad y resiliencia, así como la capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

Con respecto a las competencias específicas, el Foro económico Mundial (2018) menciona que éstas deberán estar enfocadas en las tecnologías emergentes como: inteligencia artificial y robótica, internet de las cosas, realidad virtual y aumentada, manufactura aditiva, cadena de bloques y tecnología de registros distribuidos, materiales avanzados y nanomateriales, captura-almacenamiento y transmisión de energía, nuevas tecnologías informáticas, biotecnologías, geoingeniería, neurotecnología y tecnologías espaciales. Completando Coskun, Kayıkcı & Gencay (2019) mencionan; big data y análisis de datos, nuevas interfaces hombre-máquina, tecnologías de transferencia digital a física, comunicación y redes de datos, sistemas de posicionamiento global, sistemas de radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés), sistemas de planeación de recursos empresariales (ERP), la consigna electrónica (*e-consignee*), cómputo en la nube y sistemas logísticos autónomos. González-Hernández & Granillo-Macías, (2020) mencionan las competencias de la habilidad de interactuar con interfaces modernas y poseer conocimientos en tecnologías de la información, implantación de tecnologías 4.0, la seguridad de la información y la protección de datos. Quintero (2022) se enfoca al desarrollo de competencias digitales tales como seguridad digital, la digitalización como resolución de problemas, creación de contenido digital, responsabilidad digital entre otras ya mencionadas, por su parte Mendivil, González & Duarte (2024) mencionan la habilidad de diseñar compacto y desmontable, conocimiento en equipos con sensores y algoritmo de decisiones, habilidades de autoaprendizaje, enfocado a la sostenibilidad la descarbonización, energía renovable y economía circular.

Las competencias deben de adaptarse al nuevo modelo industrial, Industria 5.0, definido como una visión humanizada de las transformaciones tecnológicas en la industria, equilibrando las

necesidades actuales y futuras de los trabajadores y la sociedad con la optimización sostenible del consumo de energía, el procesamiento de materiales y los ciclos de vida de los productos (Leng et al., 2022).

Entre los casos de estudio de aplicación se encuentran la adaptación de una plataforma de IA para mejorar la eficiencia energética en sus operaciones (Redchuk et al., 2023), el desarrollo de tecnologías inteligentes en la cadena de suministros como inteligencia artificial y machine learning (Elorza et al., 2023) aportación de términos como Logística 5.0 (Amador, 2024), modelos de producción sostenibles (Reino-Cherrez et al., 2022), la combinación de software y tecnologías, impulsa la innovación y sostenibilidad de los proyectos, mejorando de manera significativa la industria a nivel mundial tal como menciona Herrera et al., (2024).

Desarrollo Sostenible

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas son un conjunto de metas globales diseñadas para abordar los mayores desafíos de la humanidad, incluyendo la erradicación de la pobreza, el cambio climático y la justicia social, todo en el marco de la sostenibilidad (Gil, 2018) tal como se muestra en la Figura 1, . El conocimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) asociados a la Agenda 2030 ayuda a evaluar el punto de partida de los países a analizar y formular los medios para alcanzar esta nueva visión del desarrollo sostenible, son una herramienta de planificación y seguimiento para los países, tanto a nivel nacional como local, gracias a su visión a largo plazo, constituirán un apoyo hacia un desarrollo sostenido, inclusivo y en armonía con el medio ambiente (Camarán et al., 2019).

Figura 1: Objetivos de desarrollo sostenible



Fuente : Cepal (2019)

El texto de Agenda del 2030 menciona las funciones de las Instituciones de IES en nueve de los objetivos (ODS 2, 3, 4, 7, 8, 9, 13, 14 y 17) y, en alguna medida las universidades de todo el mundo están trabajando en todos ellos (IAU, 2020). Dos son los desafíos que las universidades enfrentan en el marco de la Agenda 2030. Por un lado, formar profesionales capaces de proponer soluciones, fundamentadas en principios de sostenibilidad o en perspectiva de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), por otro lado, el desafío de incorporar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en ese mismo proceso de formación como un impulso para trabajar todos los aspectos de la sostenibilidad y como contribución al mismo tiempo al alcance e implementación de estos objetivos (UNESCO, 2014).

Realizando un análisis de los 17 objetivos basados en el perfil de ingeniería industrial presentado anteriormente se determinó que el objetivo 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12 y 13 son aplicables a la currícula, cada objetivo seleccionado son mostrados a continuación su título y objetivo son información obtenido por las Naciones Unidas (Cepal, 2019), la competencia es contribución del autor.

- **ODS 4: Educación de Calidad**

El ODS 4 busca “garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos”. Las universidades así como la currícula del ingeniero industrial tiene un rol fundamental al:

- **Fomentar el acceso universal:** Reduciendo barreras para la comunidad los estudiantes serán capaces de publicar sus contribuciones de investigación al fin de ofrecer apoyo al conocimiento del cambio climático y las adaptaciones de la ingeniería industrial, así como aspiren a instituciones educativas seguras, accesibles e inclusivas.
- **Innovación en enseñanza:** Promoviendo nuevas metodologías de enseñanza que prioricen habilidades para la sostenibilidad.
- **Investigación:** Liderando investigaciones sobre el impacto de la educación ambiental en la sociedad e industria.

- **ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento**

El ODS 6 busca “garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”. La gestión del agua en procesos industriales es otra área donde los programas de ingeniería industrial están enfocados en la sostenibilidad, estos toman un rol fundamental a través de:

- **Optimización del uso del agua:** Aplicar técnicas para minimizar el uso del agua en la manufactura y en los procesos industriales, reutilizando y reciclando agua cuando sea posible así como la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH).
- **Tratamiento de aguas residuales:** Los ingenieros industriales también estudian cómo mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales para reducir la contaminación y el impacto ambiental, con el fin de comprender el agua como una condición fundamental de la vida, la importancia de la calidad y la cantidad de agua y las causas, efectos y consecuencias de la contaminación y la escasez de agua.

- **ODS 7: Energía Asequible y No Contaminante**

El ODS 7 busca “garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos”. Los programas de ingeniería industrial también están adoptando iniciativas que promueven el uso de energías limpias en los procesos industriales así como la administración y control:

- **Eficiencia energética:** Los ingenieros industriales deben de aprender técnicas para reducir el consumo de energía en procesos industriales, incluyendo el uso de tecnologías más eficientes y

renovables, como la energía solar, eólica y otras fuentes sostenibles. Comprende el concepto de eficiencia y suficiencia energética, y sabe sobre las estrategias y políticas para alcanzarlas.

- **Auditorías energéticas:** Los ingenieros industriales deben de aprender a realizar auditorías energéticas en industrias y procesos, buscando oportunidades de ahorro energético y reducción de emisiones. Deben de conocer sobre los impactos negativos de la producción de energía no sostenible, comprende cómo las tecnologías de energía renovable pueden ayudar a impulsar el desarrollo sostenible, y entiende la necesidad de tecnologías nuevas e innovadoras.

- **ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico**

El ODS 8 busca “promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos”. En este caso la ingeniería industrial también está relacionada con la creación de entornos de trabajo más eficientes, seguros y ergonómicos sin riesgo a la salud. Los programas deberán promover:

- **Condiciones laborales justas:** Los ingenieros industriales pueden desempeñar un papel en el diseño de lugares de trabajo más seguros y eficientes, lo que contribuye a mejores condiciones laborales así como ergonómicas por ende un mayor bienestar de los trabajadores.
- **Automatización responsable:** Aunque la automatización y la digitalización están transformando la industria, las universidades deben de formar ingenieros para que entiendan cómo estas tecnologías pueden ser implementadas de manera responsable, asegurando que el empleo humano no se vea comprometido y colaboren con entornos de avance tecnológico.

➤

- **ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura**

El ODS 9 busca “construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación”. Este objetivo es especialmente relevante para la ingeniería industrial, ya que se enfoca en la promoción de infraestructuras sostenibles, la industrialización inclusiva y la innovación. Las universidades en sus programas deben de:

- **Incorporar manufactura sostenible:** Los planes de estudio incluyan cursos que enseñan a los estudiantes a diseñar procesos de manufactura eficientes en el uso de recursos, minimizar los residuos y las emisiones, así como eco diseño y manufactura flexible.
- **Fomentar la innovación tecnológica:** Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia de las industrias, como la automatización, la inteligencia artificial y el Internet de las cosas (*IoT*), *Big Data*, aplicado a la optimización de procesos industriales.
- **Desarrollar infraestructura sostenible:** Participar en proyectos que se centran en el diseño de infraestructuras más resilientes, utilizando materiales reciclados y tecnologías limpias. Así como la disponibilidad de energía renovable para las TIC, opciones de transporte, opciones sanitarias, rutas de materiales adecuadas para el tratamiento de materiales peligrosos o tóxicos.

➤

- **ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles**

El ODS 11 busca “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”. La currícula de esta carrera deben de:

- **Optimizar sistemas urbanos:** Desarrollo de soluciones para mejorar el transporte público, a través de la optimización de rutas de transporte para la comunidad en entornos industriales, minimizando las emisiones de carbono.
- **Planificar sostenible:** Colaborar en proyectos que integren tecnologías inteligentes para hacer que las industrias sean más sostenibles, seguras y con eficiencia energética.
- **Gestión de residuos** administración y optimización de desechos sólidos urbanos generados en la industria.

- **ODS 12: Producción y Consumo Responsables**

El ODS 12 busca “garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”. La ingeniería industrial está directamente vinculada con la mejora de los procesos productivos para hacerlos más eficientes y menos dañinos para el medio ambiente. En este sentido, los programas deben de:

- **Promover la economía circular:** Los programas de ingeniería industrial deberá formar profesionales que entiendan cómo los productos pueden diseñarse para ser reciclables, reutilizables o biodegradables, fomentando la economía circular. Esto incluye el diseño de sistemas que minimicen los residuos desde la fase de producción hasta el fin del ciclo del producto, conocido como Evaluación del Ciclo de Vida, o ACV, es una técnica sistemática que se utiliza para evaluar el impacto ambiental de un producto, proceso o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida.
- **Optimizar la cadena de suministro:** El análisis de las cadenas de suministro desde una perspectiva de sostenibilidad es otro componente clave. Los estudiantes aprenden a optimizar la logística y la distribución de productos para reducir las huellas de carbono y los costos asociados, aplicar la cadena de suministro verde *Green Supply Chain*; así como la logística inversa es un tipo de gestión de la cadena de suministro que traslada los productos de los clientes a los fabricantes.

ODS 13: Acción por el Clima

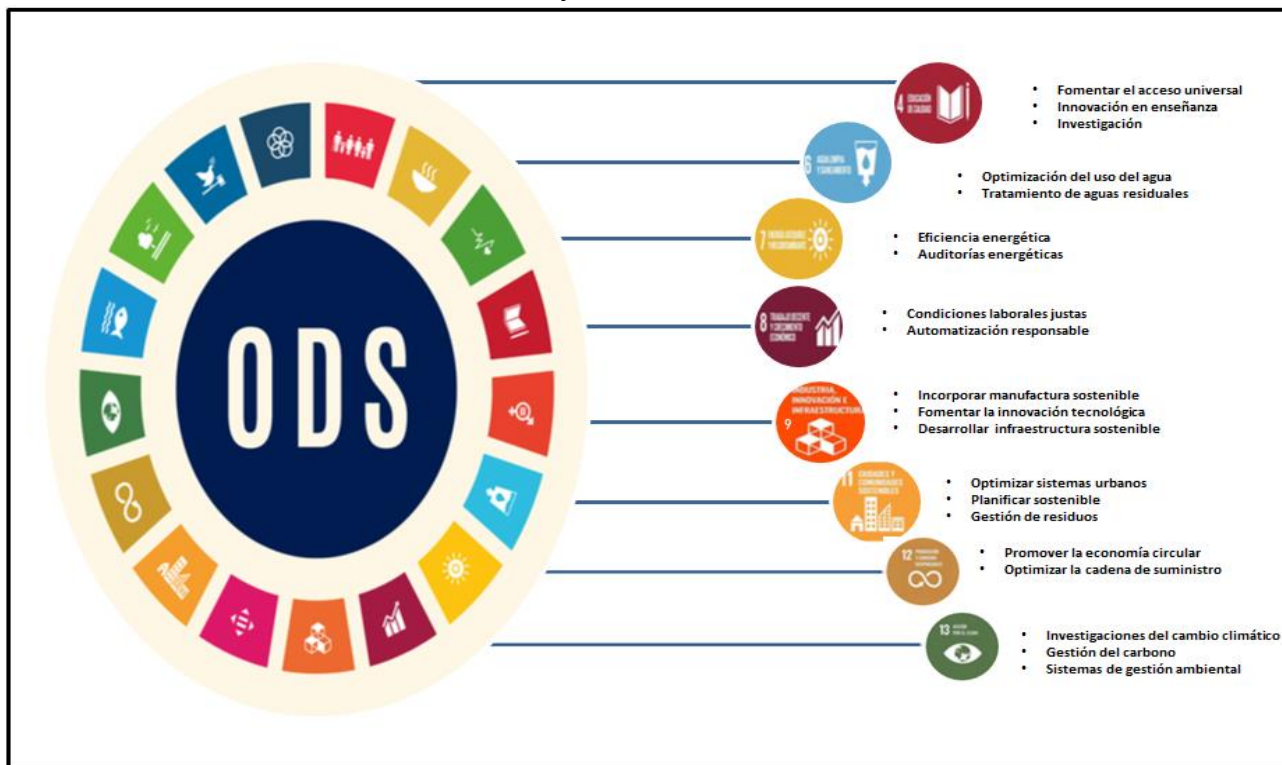
El ODS 13 busca “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”. En este sentido el programa de ingeniería industrial así como todos los programas de educación superior deben de:

- **Desarrollar investigaciones orientadas al cambio climático.**
- **Gestión del carbono:** Los programas de ingeniería industrial deben incluir cursos que enseñan a los estudiantes a medir la huella de carbono y a implementar prácticas para reducir las emisiones en la producción, transporte y distribución de bienes.
- **Sistemas de gestión ambiental:** Los ingenieros industriales deben de aprender a diseñar e implementar sistemas de gestión ambiental (SGA) que garanticen que las operaciones industriales cumplan con las normativas ambientales y minimicen los impactos ecológicos acorde a normas internacionales como ISO 14000.

Resultados

A continuación, se presenta la Figura 2, el modelo basado en la investigación presentando los ODS que son impactados directamente en la formación del Ingeniero Industria y enunciando sus competencias formativas propuestas para la adaptación de industrias sostenibles.

Figura 2: Modelo de competencias del ingeniero industrial ante la adopción de la sostenibilidad alineado a los objetivos de desarrollo sostenible



Fuente: Elaboración propia

Acorde a lo revisado en cada uno de los ODS las IES en México y en particular en la ingeniería industrial deben de realizar una transformación curricular adaptando programas educativos para incluir materias relacionadas con la sostenibilidad, como la gestión ambiental, las energías renovables y la responsabilidad social. Ser líderes en investigaciones hacia el aseguramiento de la protección al medio ambiente y cambio climático al mismo tiempo de fomentar un sentido de responsabilidad cívica y ética en los estudiantes, alentándolos a ser agentes de cambio en sus comunidades o futuros empleos

En México, ya se han comenzado a integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en sus programas, especialmente en áreas como la ingeniería industrial, adoptando enfoques que promueven la sostenibilidad, la innovación y la responsabilidad social (Roldan, Hanel & Echeverría, 2019). Aquí se presentan algunas de las universidades que están destacando en este aspecto:

- Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ): Los estudiantes de Ingeniería Industrial tienen la oportunidad de participar en proyectos de investigación aplicada, centrados en la sostenibilidad industrial, la automatización de procesos y la mejora de la cadena de suministro a través de cursos como producción más limpia, logística verde, sostenibilidad industrial (Zapien-Guerrero et al, 2021). Estos proyectos son parte integral de su formación y muchos de ellos están directamente relacionados con el cumplimiento de los ODS, su programa está alineado con las demandas actuales de la industria, centrándose en la optimización de procesos, sostenibilidad y la implementación de nuevas tecnologías (Argüelles, Torres & Noriega, 2022). Al formar ingenieros industriales conscientes del impacto ambiental y social, la UACJ se asegura de que sus egresados estén bien preparados

para enfrentar los desafíos industriales del futuro. A su vez cuenta con un departamento para promover la sostenibilidad en el campo SUSAU Sustentabilidad Ambiental Universitaria.

- **Tecnológico de Monterrey (ITESM):** El Tecnológico de Monterrey ha integrado los ODS en varios de sus programas académicos, incluyendo la ingeniería industrial y de sistemas. Cuenta con una dependencia el Centro de Sostenibilidad e Innovación Social: Este promueve proyectos que alinean la investigación y el desarrollo con los ODS, especialmente en las áreas de innovación industrial, eficiencia energética y gestión ambiental (Pérez, 2021). A su vez incorpora cursos sobre producción sustentable, eficiencia energética, responsabilidad social corporativa y economía circular. La institución se esfuerza por reducir su huella ambiental en sus campus mediante políticas sostenibles en energía y agua, promoviendo un entorno coherente con los principios que enseñan.
- **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM):** La UNAM es una de las universidades más grandes de América Latina y ha integrado los ODS en su plan estratégico de desarrollo institucional. Además, cuenta con programas de ingeniería industrial que enfatizan la sostenibilidad. Así como un Centro de Investigaciones en Ingeniería y Tecnología Industrial (CITEDI): dedicada a la investigación aplicada en áreas relacionadas con la eficiencia de procesos industriales, la gestión de residuos y la optimización de recursos. Los estudiantes de ingeniería industrial pueden participar en proyectos de investigación relacionados con la optimización de la cadena de suministro, producción limpia y gestión de recursos (Ocampo & Lazaro, 2024). La UNAM promueve la energía limpia y la eficiencia energética en sus campus, impulsando a los estudiantes a proponer soluciones innovadoras que puedan ser replicadas en la industria.
- **Universidad Autónoma Metropolitana (UAM):** La UAM se caracteriza por su fuerte compromiso con la sostenibilidad y los ODS. Su enfoque está en formar ingenieros industriales que comprendan la necesidad de una producción responsable y una gestión eficiente de los recursos. Incluyendo asignaturas como eco eficiencia, gestión ambiental y economía circular, y la participación en proyectos que fomentan el uso de tecnologías limpias en los procesos industriales (Gutiérrez et al., 2024). También promueve la investigación en áreas como la producción limpia, el uso eficiente de recursos energéticos y la reducción de desechos industriales, trabajando en colaboración con organismos nacionales e internacionales (García, 2021).
- **Instituto Politécnico Nacional (IPN):** El IPN tiene una reputación sólida en cuanto a la formación de ingenieros, y en los últimos años ha adoptado una política institucional alineada con los ODS, promoviendo el uso de tecnologías sostenibles y prácticas responsables en su Programa de Ingeniería Industrial y Sostenibilidad este incluyen asignaturas sobre procesos industriales sustentables, eficiencia en el uso de materiales y energías renovables en la industria (Silva, 2020). A su vez promueve la colaboración entre estudiantes y empresas para el desarrollo de soluciones innovadoras que reduzcan el impacto ambiental de las actividades industriales, contribuyendo directamente a los ODS.
- **Universidad de Monterrey (UEM):** La UEM también ha incorporado los ODS en su currícula, con un fuerte enfoque en la sostenibilidad, especialmente en su programa de

ingeniería industrial y de sistemas donde ha desarrollado programas académicos enfocados en la optimización de procesos industriales sostenibles, incluyendo la gestión eficiente de recursos, el uso de tecnologías limpias y el cuidado del medio ambiente. Al igual que otras instituciones, la UDEM promueve un enfoque integral de sostenibilidad en sus campus, impulsando prácticas como la eficiencia energética y el uso de energías renovables.

- **Universidad Anáhuac:** La Universidad Anáhuac ha trabajado en la integración de los ODS en sus programas de ingeniería, específicamente en su ingeniería industrial para la dirección, promoviendo el desarrollo de habilidades gerenciales con una visión sustentable, incorporando elementos de responsabilidad social empresarial, gestión ambiental y liderazgo para la sostenibilidad (Vázquez & García, 2018). A su vez fomenta la investigación aplicada en eficiencia en procesos industriales, con el objetivo de reducir el impacto ambiental y optimizar los recursos energéticos.
- **Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL):** La UANL ha sido reconocida por su trabajo en temas de sostenibilidad, y sus programas de ingeniería industrial reflejan un enfoque alineado con los ODS a través del Desarrollo de tecnologías limpias y la gestión sostenible de recursos en sus programas de ingeniería industrial (Villanueva et al., 2021). Los estudiantes son capacitados en técnicas de producción que minimizan el uso de recursos naturales y reducen la generación de residuos.

Conclusión

El impacto del desarrollo sostenible en la educación superior es inherente al avance de la sociedad, las universidades están evolucionando para ser no solo centros de conocimiento, sino también agentes activos en la transformación hacia un mundo más sostenible y alineado a la tendencia de industria 5.0 Mian et al., (2020). Al adoptar e integrar los ODS en sus investigaciones y programas, las IES están moldeando a las generaciones futuras y contribuyendo al logro de estos objetivos (González-Campo, Ico-Brath, & Murillo-Vargas, 2022). Muchas universidades en México están adoptando los ODS en sus programas de ingeniería industrial, formando profesionales con una visión integradora que abarca la sostenibilidad, la innovación y la responsabilidad social y ambiental (Roldan, Hanel & Echeverría, 2019). Estas instituciones están preparando a sus estudiantes para enfrentar los desafíos globales en escenarios hasta el 2030 y generar soluciones que promuevan una producción y consumo responsable, el uso de energías limpias y la optimización de energía en procesos industriales está transformando las cadenas de valor de la industria y le modelo de negocio en beneficio del medio ambiente y la sociedad.

Tal como se mencionó en los ejemplos actualmente algunas IES desarrollan soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en sistemas industriales. Los estudiantes participan en proyectos que fomentan prácticas sostenibles dentro de las industrias, desde la mejora de la eficiencia energética hasta la reducción de residuos y la adopción de prácticas de economía circular. Por lo tanto, los ingenieros industriales que se están formando hoy en día deben de estar más conscientes de su rol en la creación de un mundo más sostenible y equitativo, lo que los convierte en piezas clave en la implementación de soluciones innovadoras y aplicaciones de prácticas en el ámbito industrial.

Referencias

- Amador Matute, A. M. (2024). Logística 5.0: Tendencias y Desafíos para la Industria.
- Argüelles, C. G. A., Torres, V., & Noriega, S. (2022). Metodología para la integración de prácticas sostenibles en plantas de la Industria 4.0: 4CP22-33. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 1(1), 63-64.
- Baca, G., Cruz, M., Crstóbal, M., Baca-C, G., Gutiérrez, J., Pacheco, A., Rivera, A., Rivera, I., & Obregón, M. (2014) *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Grupo Editorial Patria, México.
- Bilbao-Ubillos, J., Camino-Beldarrain, V., Intxaurburu-Clemente, G., & Velasco-Balmaseda, E. (2023). Industry 4.0 and potential for reshoring: A typology of technology profiles of manufacturing firms. *Computers in Industry*, 148, 103904.
- Broo, D. G., Kaynak, O., & Sait, S. M. (2022). Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. *Journal of Industrial Information Integration*, 25, 100311.
- Camarán, M. L., Méndez, L. A. B., & Rueda, M. P. (2019). La Responsabilidad social empresarial y los objetivos del desarrollo sostenible (ODS). *Revista Científica Teorías, Enfoques y Aplicaciones en las Ciencias Sociales*, 11(24), 41-52.
- Cañas, H., Mula, J., Díaz-Madroñero, M., & Campuzano-Bolarín, F. (2021). Implementing industry 4.0 principles. *Computers & industrial engineering*, 158, 107379.
- Cepal, N. U. (2019). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales*.
- Coskun, S., Kayıkcı, Y. y Gencay, E. (2019). Adapting engineering education to Industry 4.0 Vision. *Technologies*, 7(1), 1-10.
- Elorza López, N., Vázquez Alonso, C. A., González Rodríguez, C., González Villela, V. J., Macedo Chagolla, F., & Sánchez Ruiz, L. A. (2023). Development of Intelligent Systems in 5.0 Supply Chains using Unmanned Aerial Vehicles. *LACCEI*, 1(8).
- Ferrer, A. E. E. (2018). ¿Políticas educativas a favor de la calidad de la educación superior? Análisis de un caso. *Atenas*, 1(41), 181-197.
- Fonck, M. M., Grandón, J. M., & Niños, C. (2021). Aprendizaje integral y desarrollo de competencias en el auditor. *CAPIC REVIEW*, 19, 1-14.
- Foro Económico Mundial. (2018). *Readiness for the Future of Production Report 2018*. <https://www.weforum.org/reports/readiness-for-the-future-of-production-report-2018>
- García Galindo, A. (2021). The Role of Latin American Universities in the Face of the Environmental Crisis and Climate Change. In *Handbook of Climate Change Management: Research, Leadership, Transformation*, 1-23.
- Gil, C. G. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, (140), 107-118.
- González-Campo, C. H., Ico-Brath, D., & Murillo-Vargas, G. (2022). Integración de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) para el cumplimiento de la agenda 2030 en las universidades públicas colombianas. *Formación universitaria*, 15(2), 53-60.
- González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista electrónica de investigación educativa*, 22.
- Gutiérrez, S. K. V., Olivares, J. C., Guerrero, A. R., Reyes, E. A., Pichardo, J. F. B., Silva, R. L., & Alonso, C. P. (2024). Economía circular como medio para alcanzar la seguridad alimentaria. *South Florida Journal of Development*, 5(7), 1-15.
- Herrera, R. G., Ríos, J. C., & Cepeda, M. C. (2024) *Educación en Ingeniería Civil y la Industria 5.0. Transforming Education*, 187-198.

- IAU. (2020). Higher Education and the 2030 Agenda: Moving into the 'Decade of Action and Delivery for the SDGs'. Paris: International Association of Universities (IAU) / International Universities Bureau.
- Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., ... & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal of manufacturing systems*, 65, 279-295.
- Liboni, L. B., Cezarino, L. O., Jabbour, C. J. C., Oliveira, B. G. y Stefanelli, N. O. (2019). Smart industry and the pathways to HRM 4.0: implications for SCM. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 124-146.
- Mendívil, B. C., González, A. A., & Duarte, M. D. P. L. (2024). Ingeniería industrial y de sistemas: Una breve introducción. Editorial Fontamara SA de CV.
- Mesquita, D., Lima, R. M., Flores, M. A., Marinho-Araujo, C., & Rabelo, M. (2015). Industrial engineering and management curriculum profile: developing a framework of competences, 6 (3), 121-131.
- Mian, S. H., Salah, B., Ameen, W., Moiduddin, K., & Alkhalefah, H. (2020). Adapting universities for sustainability education in industry 4.0: Channel of challenges and opportunities. *Sustainability*, 12(15), 6100.
- Ocampo Cantillo, J. J., & Lazaro, L. L. B. (2024). Transforming education or transforming the fourth Sustainable Development Goal (SDG 4)? *International Review of Education*, 70(4), 575-601.
- Pérez, L. R. (2021). Linking Learning to Jobs and Service Delivery in the Public Sector—The Tec de Monterrey Experience. In *Reimagining Digital Learning for Sustainable Development*, 147-158.
- Quintero, W. R. (2022). Digital competences of the industrial engineer in industry 4.0 a systematic vision. *Production*, 32, 1-15.
- Redchuk, A., Walas Mateo, F., Pascal, G., & Tornillo, J. E. (2023). Adoption case of IIoT and machine learning to improve energy consumption at a process manufacturing firm, under Industry 5.0 model. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(1), 42, 1-10.
- Reino-Cherrez, F., Mosquera-Gutierrez, J., Tigre-Ortega, F., Peña, M., Córdova, P., Sucozhañay, D., & Naranjo, I. (2022). Model Production Based on Industry 5.0 Pillars for Textile SMEs. In *International Conference on Computer Science, Electronics and Industrial Engineering (CSEI)* (pp. 602-624). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Roldan, R., Hanel, M., & Echeverría, J. (2019). Ingeniería industrial en México 2030: Escenarios de futuro. *ANFEI*, 1-55.
- Silva, J. A. (2020). Societal relevance of a Master of Science degree in environmental studies and sustainability at CIEMAD-IPN, Mexico. *Revista ESPACIOS*. ISSN, 798, 1015, 41 (39), 135-148.
- Skobelev, P. O., & Borovik, S. Y. (2017). On the way from Industry 4.0 to Industry 5.0: From digital manufacturing to digital society. *Industry 4.0*, 2(6), 307-311.
- Terrés, J. I., Viles, E., Lleó, Á. y Santos, J. (2017). Competencias Profesionales 4.0. Tecnum Universidad de Navarra.
- Tuning-América Latina. (2007). Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. P. Beneitone, C. Esquetini, J. González, M. M. Maletá, G. Siufi y R. Wagenaar (Eds.). Publicaciones de la Universidad de Deusto.
- UADY Universidad Autónoma de Yucatán (2004). Plan de Estudios de Nueva Creación de la Licenciatura en Ingeniería Industrial Logística, 1-171.
- UNESCO. (2014). Unesco roadmap for implementing the Global Action Programme on Education for Sustainable Development. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230514>
- UNESCO. (2017). Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivos de aprendizaje. [Tabla]. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>

- Vázquez Maguirre, M., & García de la Torre, C. (2018). Diagnosis of sustainability practices in MSMEs in Nuevo León. *The Anáhuac journal*, 18(1), 27-44.
- Villanueva Hernández, H., Jáuregui Díaz, J. A., & Avila Sánchez, M. D. J. (2021). La huella hídrica histórica de las principales industrias de Nuevo León, XXXII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. *Asociación Latinoamericana de Sociología*, Lima, 483-494.
- Zapien-Guerrero, C., Torres-Argüelles, V., Noriega, S., Hernández-Gómez, A., & Romero, R. Critical Factors on Sustainable Management in Smart Manufacturing Plants of Ciudad Juárez. *Smart Industry: The 4.0 Data Centric Revolution*, 131-134.
- Zhuang, K. H., & Newland, F. (2017). Engineering the Future: A Conceptual Framework for Evolving Engineering Education. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*, 20, 1-6.