



*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.
José María Pino Suárez 460-2 esq a Lerdo de Tejada. Toluca, Estado de México. 7223898476*

RFC: ATI120618V12

Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.

<http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/>

Año: XIV Número: 1 Artículo no.:7 Período: 1 de septiembre al 31 de diciembre del 2026

TÍTULO: Educación y valores en la Industria 5.0: el papel de los sistemas de medición y Six Sigma en la sostenibilidad ambiental.

AUTORES:

1. Máster. Omar Celis-Gracia.
2. Dr. Jorge Luis García-Alcaraz.

RESUMEN: Este artículo propone un modelo conceptual para la Industria 5.0 que integra cuatro componentes clave: la confiabilidad de los sistemas de medición, la metodología Six Sigma, la sostenibilidad ambiental, y los valores humanos, con la educación como eje transversal. A partir de una revisión crítica de antecedentes teóricos y prácticos, se analiza cómo esta integración puede fortalecer la formación académica, promover procesos industriales más responsables y orientar políticas públicas hacia el desarrollo sostenible. La propuesta busca superar enfoques fragmentados al colocar a las personas y al medio ambiente en el centro de la transformación industrial; asimismo, plantea que la Industria 5.0 representa no solo un avance tecnológico, sino también un compromiso ético y social frente a los desafíos contemporáneos.

PALABRAS CLAVES: industria 5.0, sostenibilidad ambiental, sistemas de medición, Six Sigma, educación en valores.

TITLE: Education and Values in Industry 5.0: the role of measurement systems and Six Sigma in environmental sustainability.

AUTHORS:

1. Master. Omar Celis-Gracia.
2. PhD. Jorge Luis García-Alcaraz.

ABSTRACT: This article proposes a conceptual model for Industry 5.0 that integrates four key components: measurement system reliability, Six Sigma methodology, environmental sustainability, and human values, with education as a transversal axis. Based on a critical review of theoretical and practical background, it examines how this integration can strengthen academic curricula, support more responsible industrial processes, and guide public policies toward sustainable development. The proposal seeks to move beyond fragmented approaches by placing people and the environment at the center of industrial transformation. It also argues that Industry 5.0 should be understood not only as a technological advancement, but also as an ethical and social commitment required to address contemporary challenges.

KEY WORDS: Industry 5.0, environmental sustainability, measurement systems, Six Sigma, values education.

INTRODUCCIÓN.

Actualmente, el término Industria 5.0 se utiliza cada vez con mayor frecuencia para describir un cambio de paradigma en la relación entre tecnología, medio ambiente y personas (Prongphimai et al., 2021). A diferencia de la Industria 4.0, cuyo enfoque se centra en la digitalización, la automatización y el uso de datos, la Industria 5.0 coloca al ser humano como eje fundamental de la producción, incorporando una perspectiva ética, sostenible y socialmente responsable (Susawa et al., 2023). En este sentido, se reconoce que los avances tecnológicos, por sí solos, no garantizan un desarrollo equilibrado; por ello, resulta fundamental integrar valores humanos, sostenibilidad y políticas educativas que fortalezcan la formación de los futuros profesionistas (Duc et al., 2025).

En ese contexto, resulta importante analizar la confiabilidad de los sistemas de medición y las metodologías de mejora continua, como Six Sigma, entre otras (Jiménez-Delgado et al., 2023); por un

lado, los sistemas de medición confiables permiten garantizar la calidad de la información utilizada para la toma de decisiones dentro de la organización, desde la producción hasta la gestión ambiental (Macii, 2023). Un sistema de medición deficiente puede conducir a diagnósticos incorrectos, pérdida de recursos y políticas ineficaces; por otro lado, Six Sigma constituye una metodología estructurada orientada a disminuir la variabilidad de los procesos y mejorar la calidad. Este enfoque también puede adaptarse a los requerimientos de la sostenibilidad y contribuir a la reducción de la huella ambiental de los procesos productivos (Kollipara et al., 2021).

La combinación de estos enfoques con el sentido humanista de la Industria 5.0 permite plantear la siguiente pregunta: ¿cómo formar profesionales capaces de integrar la precisión de los sistemas de medición, el pensamiento crítico, la ética, y la conciencia ambiental en la práctica industrial? En este proceso, la educación superior se convierte en un agente de cambio, ya que permite integrar la formación en habilidades técnicas con la formación ética y social en el ámbito profesional (Afshari et al., 2020); por ello, resulta necesario incorporar la confiabilidad de los sistemas de medición, la mejora continua y la sostenibilidad ambiental en los procesos formativos, junto con valores como la responsabilidad, la equidad y la justicia intergeneracional, con el propósito de responder a los desafíos de la actual transición industrial (Cservenák, 2021).

Es importante mencionar, que la política industrial y educativa constituyen un factor determinante para impulsar esta transformación. El establecimiento de normas orientadas a garantizar mediciones confiables, la creación de incentivos para implementar metodologías de mejora sostenible y el fortalecimiento de la ética y los valores en la educación técnica y profesional son elementos fundamentales para que la Industria 5.0 deje de ser solo un concepto y se convierta en una realidad en las fábricas, las aulas y la comunidad (Kwong et al., 2021).

La presente investigación tiene como finalidad proponer un modelo de formación integral que combine la confiabilidad de los sistemas de medición y la metodología Six Sigma con el desarrollo de valores

humanos en el marco de la Industria 5.0. El propósito es integrar capacidades técnicas, ética y sostenibilidad en la formación de profesionales capaces de responder a las necesidades de la nueva industria.

DESARROLLO.

Antecedentes.

La industria manufacturera ha evolucionado en los últimos años mediante la incorporación de cambios tecnológicos que han transformado no solo la forma de producir bienes, sino también la vida cotidiana, la educación y la relación con el medio ambiente. A lo largo de la historia, diversos paradigmas han definido la economía mundial, desde la primera Revolución Industrial, caracterizada por el uso de la máquina de vapor, hasta la Industria 4.0, asociada con la digitalización, la automatización y el uso intensivo de datos (Erdei et al., 2024). Durante este proceso, la calidad, la confiabilidad de los procesos y la eficiencia han sido factores determinantes para la competitividad; sin embargo, el surgimiento de la Industria 5.0 representa un cambio significativo, ya que no se limita a incrementar la productividad o automatizar procesos, sino que busca integrar la tecnología con los valores humanos y la sostenibilidad (Madvari et al., 2020).

Industria 5.0: una perspectiva centrada en el ser humano.

La Industria 5.0 puede entenderse como una evolución de la Industria 4.0, en la cual tecnologías como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas y la automatización modificaron el papel del ser humano dentro de los sistemas productivos, particularmente ante desafíos relacionados con la pérdida de empleos y el impacto ambiental de los procesos industriales. En este sentido, la nueva visión de la Industria 5.0 propone colocar al ser humano como eje central de la innovación tecnológica, mediante un modelo en el que la inteligencia artificial y la creatividad humana colaboren de manera armónica. Esta perspectiva se fundamenta en valores como la justicia, la inclusión, la sostenibilidad y la ética profesional, los cuales

pueden actuar como precursores de una transformación positiva del sector industrial (Srbinovska et al., 2025).

La Comisión Europea señala que la Industria 5.0 no solo busca producir bienes y servicios de manera eficiente, sino también hacerlo dentro de los límites planetarios y contribuir positivamente al bienestar social; por ello, resulta necesario reformular los modelos educativos dirigidos a ingenieros y profesionales de la industria, de manera que integren habilidades sociales, pensamiento crítico y valores humanos como complemento de las competencias técnicas adquiridas en la formación profesional (Enis Isik et al., 2023).

Sostenibilidad ambiental como pilar estratégico.

La sostenibilidad se define como la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias. En el ámbito industrial, este concepto implica utilizar los recursos de manera más eficiente, reducir las emisiones contaminantes, disminuir la generación de residuos y diseñar productos con mayor eficiencia energética y facilidad de reciclaje. En este contexto, la confiabilidad de la información resulta clave para evaluar y asegurar el cumplimiento de dichos objetivos (Collins et al., 2025).

Uno de los aspectos más relevantes de la Industria 5.0 es que integra explícitamente la sostenibilidad dentro de su definición, vinculando de manera directa la innovación tecnológica con la responsabilidad ambiental. En este punto, los sistemas de medición se vuelven esenciales, ya que sin mediciones confiables, los indicadores ambientales pueden no representar adecuadamente la realidad, y como consecuencia, las estrategias de mejora pueden resultar ineficaces (Petaković, 2025).

Confiabilidad de los sistemas de medición.

El análisis de los sistemas de medición, conocido como Measurement System Analysis, o MSA resulta fundamental en el ámbito de la calidad. Su finalidad es determinar la variación asociada al proceso de medición, con el propósito de garantizar que los datos recolectados sean confiables y reflejen adecuadamente la realidad del proceso o producto evaluado. En materia de sostenibilidad, contar con

sistemas de medición confiables permite cuantificar con mayor exactitud variables como el consumo energético, las emisiones de gases de efecto invernadero, y la eficiencia en el uso de los materiales (Lagorio et al., 2025).

Una medición errónea no solo compromete la calidad de los productos, sino que también puede conducir a decisiones estratégicas sesgadas en materia de sostenibilidad; por esta razón, asegurar la confiabilidad de los sistemas de medición resulta fundamental para desarrollar modelos productivos más responsables y alineados con los principios de la Industria 5.0 (Wu & Karanassios, 2025).

Six Sigma y su aplicación en la sostenibilidad.

Durante décadas, Six Sigma ha sido reconocida como una metodología sólida para la mejora de los procesos industriales, ya que mediante la reducción de la variabilidad, permite alcanzar altos niveles de calidad. Su énfasis en el análisis estadístico y en la toma de decisiones basada en datos la ha convertido en un referente para numerosas industrias a nivel global. Tradicionalmente, su aplicación se ha orientado a la disminución de defectos y al incremento de la eficiencia productiva (Bowler et al., 2020).

En la última década se ha fortalecido el concepto de “Six Sigma Verde”, el cual adapta los principios de Six Sigma mediante la incorporación de criterios de sostenibilidad. En términos generales, esta perspectiva no solo se enfoca en eliminar defectos en la producción, sino también en reducir el impacto ambiental de los procesos; de esta manera, Six Sigma, en el marco de la Industria 5.0, puede constituir un vínculo entre la eficiencia técnica y la responsabilidad ambiental, siempre que se articule con políticas educativas orientadas a fortalecer la ética y la conciencia ambiental en los profesionales (Duc et al., 2023).

Educación, valores humanos y política industrial.

Para que la Industria 5.0 pueda implementarse de manera exitosa, resulta necesario formar profesionales con una visión holística desde los sistemas educativos. La formación en habilidades técnicas, como los sistemas de medición y la mejora continua, debe complementarse con valores humanos como la

responsabilidad social, la justicia intergeneracional, la transparencia y el compromiso ético, entre otros (Virgara et al., 2021).

Asimismo, la política industrial y educativa desempeña un papel fundamental en la generación de incentivos y marcos regulatorios que orienten y apoyen esta transición. Ante la ausencia de marcos relacionados con la confiabilidad metrológica, la sostenibilidad y la integración de valores en la formación profesional, la Industria 5.0 corre el riesgo de permanecer como un concepto teórico, sin una aplicación efectiva en los entornos industriales y educativos; por ello, la vinculación entre instituciones educativas, gobierno y empresas resulta esencial para que la transformación sea eficiente, sostenible y perdurable en el tiempo (Najahudin & Shahrudin, 2022).

Metodología.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico conceptual y exploratorio, orientado a la construcción de un modelo educativo integral que articula la confiabilidad de los sistemas de medición, la metodología Six Sigma, los principios de sostenibilidad ambiental y los valores humanos en el marco de la Industria 5.0. La elección de este enfoque responde a la naturaleza emergente del tema, así como a la limitada disponibilidad de modelos consolidados que integren de manera conjunta los aspectos técnicos, sociales y educativos.

Diseño de la investigación.

La investigación se estructuró en tres fases complementarias:

- ***Revisión y análisis documental.***

Se realizó una consulta en bases de datos académicas con el propósito de identificar fuentes recientes relacionadas con la Industria 5.0, la sostenibilidad ambiental, la educación en ingeniería, los sistemas de medición y Six Sigma. Esta revisión permitió identificar oportunidades en la literatura y establecer los elementos clave para la construcción del modelo conceptual.

- ***Análisis comparativo de enfoques.***

Se realizó una comparación de los enfoques actuales relacionados con la sostenibilidad industrial, la mejora continua y la inclusión de valores en las competencias de la educación superior. Este contraste permitió identificar puntos de convergencia y divergencia entre los componentes analizados.

- ***Construcción del modelo conceptual.***

A partir de la información teórica y comparativa, se elaboró un esquema que integra los componentes técnicos, específicamente la confiabilidad de los sistemas de medición y la metodología Six Sigma, con los criterios de sostenibilidad y los valores humanos. El propósito fue proponer un marco referencial aplicable en contextos educativos, industriales y de política pública.

Enfoque metodológico para la integración de componentes.

Para construir el modelo se utilizó un método deductivo-inductivo. En primer lugar, se partió de teorías generales sobre sostenibilidad ambiental, calidad y educación en la era digital, correspondientes a la fase deductiva. Posteriormente, se integraron hallazgos de casos existentes y prácticas educativas observadas en distintos programas de formación, correspondientes a la fase inductiva.

La integración de los elementos del modelo se realizó con base en cuatro criterios principales:

- ***Sistemas de medición.***

Se consideran un eje inicial, debido a que su confiabilidad permite asegurar la validez de los datos tanto en los procesos industriales como en los ambientales.

- ***Six Sigma.***

Se incorpora como una metodología estructurada de mejora continua, acompañada de herramientas que pueden orientarse hacia objetivos de sostenibilidad.

- ***Sostenibilidad ambiental.***

Se integra mediante indicadores relacionados con la eficiencia energética, la reducción de contaminantes y residuos, así como la responsabilidad ecológica.

- ***Valores humanos y educación.***

Se consideran un eje transversal para mantener el enfoque propio de la Industria 5.0, incorporando la formación ética, el pensamiento crítico y la responsabilidad social.

Validación teórica del modelo.

Debido al carácter conceptual del presente estudio, la validación del modelo se realizó mediante un proceso de triangulación teórica, el cual consistió en los siguientes elementos:

1. Comparar el modelo propuesto con marcos previos relacionados con la Industria 5.0 y la sostenibilidad.
2. Verificar la coherencia interna entre los componentes técnicos, ambientales, sociales y educativos.
3. Contrastar los elementos del modelo con tendencias educativas y políticas reportadas en la literatura académica reciente.

Este proceso permitió fortalecer la coherencia interna del modelo y asegurar que la integración de sus componentes sea pertinente, articulada y aplicable a los contextos propuestos.

Consideraciones éticas y sociales.

Esta propuesta reconoce que cualquier modelo orientado a la Industria 5.0 debe contemplar una dimensión ética y social; por ello, el modelo se construyó con base en principios de responsabilidad social, justicia intergeneracional y compromiso con la sostenibilidad ambiental; asimismo, se procuró que la metodología no tuviera únicamente un valor técnico, sino también una orientación hacia el impacto humano y social.

Resultados.

Como resultado de la investigación, se construyó un modelo conceptual integral que articula cuatro ejes principales: (1) la confiabilidad de los sistemas de medición, (2) la metodología Six Sigma, (3) la sostenibilidad ambiental y (4) los valores humanos y la educación. La principal característica del modelo es que se enmarca en la filosofía de la Industria 5.0, cuyo fundamento consiste en situar al ser humano en

el centro de los procesos productivos y tecnológicos. Desde esta perspectiva, el progreso industrial no puede desligarse de la ética, la responsabilidad ambiental y el bienestar social.

A continuación, se presentan los componentes del modelo conceptual, así como la forma en que se interrelacionan para demostrar su coherencia, pertinencia y aplicabilidad.

1. La confiabilidad de los sistemas de medición como base para la generación de datos sólidos.

El primer componente del modelo se centra en los sistemas de medición, considerados como la base para la mejora continua, la innovación y la toma de decisiones. Contar con sistemas de medición confiables permite generar datos precisos y representativos de la realidad de los procesos; además, facilita la detección de desviaciones, la toma de decisiones basada en indicadores de desempeño y la evaluación del impacto ambiental con fundamentos objetivos.

En el contexto de la Industria 5.0, la medición adquiere una relevancia que trasciende su carácter técnico, al convertirse en una herramienta de transparencia, responsabilidad y toma de decisiones. Medir de manera incorrecta no representa únicamente un error estadístico; en algunos casos, también puede implicar una falla ética, ya que puede conducir a diagnósticos erróneos, decisiones gerenciales equivocadas e incluso políticas públicas ineficaces. Por estas razones, la confiabilidad de los sistemas de medición se propone como un fundamento transversal del modelo, al respaldar la validez de los demás componentes.

La literatura evidencia, que en distintas industrias y sectores productivos, persisten brechas recurrentes en la confiabilidad de los sistemas de medición, lo que genera inconsistencias tanto en el control de calidad como en los reportes de sostenibilidad. En este sentido, el modelo propuesto sitúa la confiabilidad como punto de partida, al reconocer que no es posible avanzar hacia una producción sostenible sin información precisa, verificable y representativa de aquello que se busca mejorar o reducir.

2. Six Sigma como metodología de mejora continua orientada a la sostenibilidad.

El segundo componente del modelo conceptual se basa en la metodología Six Sigma, reconocida internacionalmente como un enfoque de mejora continua orientado a la reducción de la variabilidad y al

fortalecimiento de la calidad de los procesos. Su integración en el modelo se justifica a partir de dos aspectos principales:

1. Proporcionar una estructura metodológica sólida para el análisis y la resolución sistemática de problemas.
2. Ampliar el alcance de la metodología hacia objetivos de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social.

La presente propuesta concibe Six Sigma más allá de su aplicación clásica, centrada en la reducción de defectos y la eficiencia operativa. En este modelo, se retoma el enfoque denominado “Six Sigma Verde”, en el cual la reducción de desperdicios se orienta al uso eficiente de recursos energéticos, agua, materias primas y emisiones contaminantes. En otras palabras, el ciclo DMAIC —Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar— se articula con criterios ambientales y sociales, constituyéndose como un marco robusto para la toma de decisiones dentro de la Industria 5.0.

La incorporación de Six Sigma en el modelo también cumple una función pedagógica, ya que puede integrarse en la formación académica de futuros ingenieros y profesionales. Su aplicación fomenta el pensamiento analítico, la cultura de datos confiables y la capacidad de emplear herramientas estadísticas orientadas a la sostenibilidad; de esta forma, la metodología se convierte en un recurso educativo, técnico y ético, alineado con la filosofía de la Industria 5.0.

3. La sostenibilidad ambiental como eje de convergencia.

La sostenibilidad ambiental se integra en el modelo como el objetivo hacia el cual convergen la confiabilidad de los sistemas de medición y la metodología Six Sigma.

Actualmente, la sociedad enfrenta desafíos ambientales como el cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales y la contaminación del agua y del aire. Estos desafíos son reconocidos en el modelo conceptual como factores que exigen a la industria asumir prácticas más responsables, medibles y verificables. En este sentido, el modelo no concibe la sostenibilidad únicamente como un discurso teórico,

sino como un componente que opera mediante indicadores clave y cuantificables, entre los cuales se encuentran:

- Reducción del consumo energético.
- Disminución de emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero.
- Optimización del uso del agua en los procesos productivos.
- Incremento de la eficiencia en el uso de materiales reciclables o biodegradables.

La evaluación de estos indicadores requiere sistemas de medición confiables, correspondientes al primer componente del modelo, así como metodologías estructuradas de mejora continua, representadas por Six Sigma; por ello, la sostenibilidad ambiental se plantea como un punto de convergencia del modelo, en la medida en que depende tanto de la calidad de los datos como de la capacidad para transformar dichos datos en acciones de mejora.

4. Valores humanos y educación como eje transversal.

El cuarto componente brinda el carácter distintivo del modelo, ya que lo enmarca dentro de la filosofía de la Industria 5.0. Este componente se centra en la formación en valores humanos y en el fortalecimiento educativo como eje transversal que conecta y otorga sentido a los demás elementos del modelo.

Actualmente, la educación superior en áreas de ingeniería y ciencias aplicadas enfrenta el reto de formar profesionistas, que además de ser técnicamente competentes, actúen con responsabilidad ética y social. En este sentido, el modelo propone que los programas de formación incluyan asignaturas, proyectos y casos de estudio en los que se integren de manera explícita los siguientes elementos:

- Ética profesional aplicada a la ingeniería y la sostenibilidad.
- Desarrollo de habilidades blandas, como liderazgo, comunicación asertiva y trabajo en equipo.
- Análisis de principios fundamentales, como equidad, justicia, transparencia y responsabilidad social.

Este componente resulta fundamental porque permite preservar el enfoque central de la Industria 5.0, sin desvincular los aspectos técnicos de los factores humanos, éticos y sociales; de esta manera, el modelo promueve una formación orientada no solo a la eficiencia productiva, sino también al bienestar social y a la responsabilidad ambiental.

Relación entre los componentes del modelo conceptual.

Los ejes presentados no funcionan de manera aislada; por el contrario, su interacción fortalece la coherencia, pertinencia y aplicabilidad del modelo conceptual. En este sentido, se plantea que:

- La confiabilidad de los sistemas de medición garantiza la validez de los datos.
- La metodología Six Sigma proporciona una estructura para transformar los datos en mejoras tangibles.
- Las mejoras derivadas del análisis se orientan hacia la sostenibilidad ambiental.
- Los valores humanos y la educación permiten que las decisiones sean responsables, éticas y socialmente pertinentes.

Esta interacción permite generar un ciclo virtuoso en el que los aspectos técnicos, ambientales, educativos y sociales se retroalimentan de manera continua. Como resultado, se propone un modelo holístico capaz de responder a las necesidades y demandas de la Industria 5.0.

Aportes del modelo propuesto.

El modelo propuesto presenta aportaciones en tres dimensiones principales:

- **Académica.** El modelo ofrece una base conceptual para fortalecer los programas de educación superior, al integrar competencias técnicas con valores humanos, ética profesional y sostenibilidad.
- **Industrial.** El modelo proporciona a las organizaciones un marco de referencia para mejorar la toma de decisiones mediante la integración de sistemas de medición confiables y herramientas Six Sigma orientadas a la sostenibilidad.

- ***Política y social.*** El modelo destaca la necesidad de impulsar políticas públicas e institucionales que respalden la transición hacia una Industria 5.0 centrada en las personas, la sostenibilidad y la responsabilidad social.

CONCLUSIONES.

El análisis realizado en este estudio permitió formular un modelo conceptual que integra la confiabilidad de los sistemas de medición, la metodología Six Sigma, la sostenibilidad ambiental y los valores humanos en el contexto de la Industria 5.0. La propuesta se diferencia de enfoques previos que han abordado estos elementos de manera aislada, al ofrecer una visión integral que articula dimensiones técnicas, éticas, productivas, sociales y ambientales.

En primer lugar, el modelo evidencia que la confiabilidad de los sistemas de medición constituye un componente fundamental para la mejora continua, la innovación y la sostenibilidad. Sin datos confiables, precisos y verificables, cualquier intento de transformación industrial puede carecer de fundamento técnico; por lo tanto, la garantía metrológica se plantea como un requisito esencial para fortalecer la confianza en los indicadores productivos y ambientales, tanto dentro de las organizaciones como en el diseño de políticas públicas.

En segundo lugar, la metodología Six Sigma, tradicionalmente utilizada en la gestión de la calidad, presenta un alto potencial para orientarse hacia objetivos de sostenibilidad. El enfoque denominado “Green Six Sigma” ofrece una estructura para reducir no solo los defectos en productos y procesos, sino también el desperdicio de energía, las emisiones contaminantes y el uso ineficiente de los recursos; de este modo, Six Sigma trasciende su aplicación exclusivamente productiva y se posiciona como una herramienta estratégica para la sostenibilidad y la responsabilidad social.

En tercer lugar, la sostenibilidad ambiental se establece como el eje de convergencia del modelo. Este componente no debe entenderse como un beneficio adicional, sino como el objetivo hacia el cual se orientan tanto la confiabilidad metrológica como la mejora continua. La Industria 5.0 plantea un escenario

en el que las decisiones industriales deberán considerar de manera explícita sus impactos ambientales, sociales y éticos. En consecuencia, los indicadores de sostenibilidad se convierten en herramientas clave para orientar la innovación y evaluar el desempeño de las organizaciones.

El modelo también reconoce que los valores humanos y la educación son condiciones esenciales para la integración efectiva de los componentes técnicos y ambientales. Sin una formación ética y responsable, la confiabilidad de las mediciones y el uso de metodologías sólidas podrían orientarse exclusivamente hacia fines económicos, sin considerar sus implicaciones sociales y ambientales; por ello, la Industria 5.0 exige replantear la educación superior como un espacio en el que se desarrollen no solo competencias técnicas, sino también habilidades sociales, pensamiento crítico y principios asociados con la justicia intergeneracional.

El modelo conceptual propuesto tiene implicaciones académicas, industriales y sociales. En el ámbito académico, puede servir como base para el diseño o actualización de planes de estudio en programas de ingeniería y ciencias aplicadas. En el ámbito industrial, ofrece un marco de referencia para equilibrar eficiencia, calidad, sostenibilidad y responsabilidad social. Finalmente, en el ámbito político y social, permite destacar la necesidad de políticas públicas que respalden la transición hacia una Industria 5.0 centrada en el bienestar de las personas y el cuidado del planeta.

Es importante reconocer, que este estudio presenta limitaciones, dado que se basa en una propuesta conceptual; por ello, futuras investigaciones deberán orientarse a la validación empírica del modelo mediante estudios de caso, su integración en planes de estudio y el desarrollo de iniciativas piloto en organizaciones que busquen adoptar el paradigma de la Industria 5.0; asimismo, será necesario analizar la aplicabilidad del modelo en distintos contextos socioculturales, considerando que los valores humanos, las políticas industriales y las prioridades de sostenibilidad pueden variar entre regiones.

En conclusión, los resultados indican que la transición hacia una Industria 5.0 sostenible y humanista requiere de la integración efectiva de dimensiones técnicas, ambientales, educativas y sociales. El modelo

propuesto constituye un marco conceptual inicial para avanzar en esa dirección, al demostrar que los desafíos de la nueva era industrial deben abordarse mediante la combinación de sistemas de medición confiables, metodologías de mejora continua, sostenibilidad ambiental y formación en valores humanos; de esta manera, la Industria 5.0 puede consolidarse como un paradigma orientado no solo a la innovación tecnológica, sino también al bienestar social, la responsabilidad ética y el cuidado del medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Afshari, D., Shirali, G. A., Amiri, A., Rashnuodi, P., Raesi Zadeh, M., & Sahraneshin Samani, A. (2020). Evaluation of metabolic syndrome frequency and its association with effecting demographic factors among workers of a petrochemical industry. *Iran Occupational Health*, 17(1).
<https://www.scopus.com/pages/publications/85104309499?origin=resultslist>
2. Bowler, A. L., Bakalis, S., & Watson, N. J. (2020). Monitoring mixing processes using ultrasonic sensors and machine learning. *Sensors (Switzerland)*, 20(7). <https://doi.org/10.3390/s20071813>
3. Collins, J. W., Francis, N., Haddad, F., Coleman, M., Stamenkovic, S., Arora, A., Wijnhoven, B., Awan, A., Cecil, T., Gul, N., Ahmad, J., Vasudevan, S., Challacombe, B., & Yassin, N. A. (2025). Digital transformation of robotic surgery train the trainer ‘TTT’ courses: training the trainer in technique and technology (the 4Ts course). *Journal of Robotic Surgery*, 19(1).
<https://doi.org/10.1007/s11701-025-02685-8>
4. Cservedák, Á. (2021). Creating Voltage, Current and Navigation Measurement System on an AGV for motion controlling. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 19(2), 31–38.
<https://www.scopus.com/pages/publications/85123314412?origin=resultslist>
5. Duc, M. L., Bilik, P., & Martinek, R. (2025). Six Sigma model with implement SAPF to enhance power quality and product quality at induction heat treatment process. *Scientific Reports*, 15(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-03787-x>

6. Duc, M. L., Nedoma, J., Bilik, P., Martinek, R., Hlavaty, L., & Thao, N. T. P. (2023). Application of Fuzzy TOPSIS and Harmonic Mitigation Measurement on Lean Six Sigma: A Case Study in Smart Factory. *IEEE Access*, 11, 81577–81599. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3299326>
7. Enis Isik, A., Koseoglu, I., & Oner, R. (2023). Fall Detection and Efficiency Enhancement via Wearable Technology. 9th International Conference on Engineering and Emerging Technology, ICEET 2023. <https://doi.org/10.1109/ICEET60227.2023.10525997>
8. Erdei, T. I., Nusser, D. P., & Husi, G. (2024). Cyber-physical recreation of six DOF industrial robot arm. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 15(2), 147–160. <https://doi.org/10.1556/1848.2023.00660>
9. Jiménez-Delgado, G., Quintero-Ariza, I., Romero-Gómez, J., Montero-Bula, C., Rojas-Castro, E., Santos, G., Sá, J. C., Londoño-Lara, L., Hernández-Palma, H., & Campis-Freyle, L. (2023). Implementation of Lean Six Sigma to Improve the Quality and Productivity in Textile Sector: A Case Study. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 14028 LNCS, 395–412. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35741-1_30
10. Kollipara, U., Rivera-Bernuy, M., Putra, J., Burks, J., Meyer, A., Ferguson, S., Nelson, C., Mutz, J., Mirfakhraee, S., Bajaj, P., Kermani, A., Fish, J. S., & Ali, S. (2021). Improving diabetes control using lean six sigma quality improvement in an endocrine clinic in a large accountable care organization. *Clinical Diabetes*, 39(1), 57–63. <https://doi.org/10.2337/cd20-0048>
11. Kwong, Q. J., Yang, J. Y., Ling, O. H. L., Edwards, R., & Abdullah, J. (2021). Thermal comfort prediction of air-conditioned and passively cooled engineering testing centres in a higher educational institution using CFD. *Smart and Sustainable Built Environment*, 10(1), 18–36. <https://doi.org/10.1108/SASBE-08-2019-0115>

12. Lagorio, A., Piffari, C., & Cimini, C. (2025). Developing warehouse management skills through Learning Factories: a use case. *IFAC-PapersOnLine*, 59(10), 1986–1991.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2025.09.334>
13. Macii, D. (2023). Basics of Industrial Metrology. *IEEE Instrumentation and Measurement Magazine*, 26(6), 5–12. <https://doi.org/10.1109/MIM.2023.10217023>
14. Madvari, R. F., Dehghan, S. F., Abbasi, M., Laal, F., Madvari, A. F., Moradi, F. H., Balochkhaneh, F. A., & Torshizi, Y. F. (2020). The relationship between sound pressure level with cognitive failure indicators and noise annoyance in a ceramic industry. *Iran Occupational Health*, 17(1).
<https://www.scopus.com/pages/publications/85104343086?origin=resultslist>
15. Najahudin, L., & Shahrudin, S. M. S. (2022). Assessing the Industrial Training Items for Muamalat Students Using Rasch Measurement Model. *Global Journal Al-Thaqafah*, (Special Issue).
<https://www.scopus.com/pages/publications/85152220455?origin=resultslist>
16. Petaković, E. (2025). Key success factors of continuous improvement implementation in the hospitality industry. *Tourism and Hospitality Management*, 31(1), 169–171.
<https://doi.org/10.20867/thm.31.1.13>
17. Prongphimai, P., Chaiwas, S., & Ruangsiri, K. (2021). Inspection system and 3-phase electric energy value measurement by the internet of things for industrial education. *ECTI-CON 2021 - 2021 18th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology: Smart Electrical System and Technology, Proceedings*, 981–984.
<https://doi.org/10.1109/ECTI-CON51831.2021.9454928>
18. Srbinovska, M., Kokolanski, Z., Dimcev, V., & Demerdziev, K. (2025). Enhancing Measurement Science Education: Integrating Emerging Technologies and Modern Pedagogies Based on Student Feedback. *60th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy*

<https://doi.org/10.1109/ICEST66328.2025.11098279>

19. Susawa, Y., Murai, K., & Kawada, K. (2023). A Study of the Education of Model Based Development Thinking in Junior High School Technology Education. IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, 143(3), 289–296. <https://doi.org/10.1541/ieejieiss.143.289>
20. Virgara, R., Phillips, A., Lewis, L. K., Baldock, K., Wolfenden, L., Ferguson, T., Richardson, M., Okely, A., Beets, M., & Maher, C. (2021). Interventions in outside-school hours childcare settings for promoting physical activity amongst schoolchildren aged 4 to 12 years. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2021(9). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013380.pub2>
21. Wu, S. R., & Karanassios, V. (2025). Portable tribo-electric nano-generators (TENGS) for miniaturized sensors. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 13449. <https://doi.org/10.1117/12.3053875>

DATOS DE LOS AUTORES.

1. **Omar Celis-Gracia.** Máster en Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Correo electrónico: al232735@alumnos.uacj.mx
2. **Jorge Luis García-Alcaraz.** Doctor en Ciencias de la Ingeniería Industrial, Departamento de ingeniería Industrial y Manufactura, Profesor-Investigador de Tiempo Completo, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Correo electrónico: jorge.garcia@uacj.mx

RECIBIDO: 10 de mayo del 2026.

APROBADO: 15 de junio del 2026.