

Sostenibilidad en ingeniería industrial: integración de tecnología e innovación para un futuro sostenible.

Sustainability in industrial engineering: integration of technology and innovation for a sustainable future

Alexis Miguel Velásquez Jama, Rolando Adonis Valdivieso Piguave, Joyce Marcelo Arias Pereira & Marco Andrés Ramos Cadena.

**CIENCIA E INNOVACIÓN EN
DIVERSAS DISCIPLINAS
CIENTÍFICAS.**

Enero - junio, V°6-N°1; 2025

Recibido: 30-04-2025

Aceptado: 09-05-2025

Publicado: 30-06-2025

PAIS

- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil

INSTITUCION

- Universidad de Guayaquil
- Universidad de Guayaquil
- Universidad de Guayaquil
- Universidad de Guayaquil

CORREO:

- ✉ alexis.velasquezj@ug.edu.ec
- ✉ rolando.valdiviesop@ug.edu.ec
- ✉ joyce.arias@ug.edu.ec
- ✉ marco.ramosc@ug.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-2883-9022>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-7527-6691>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-9238-2557>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-0826-4006>

FORMATO DE CITA APA.

Velásquez, A., Valdivieso, R., Arias, J. & Ramos, M. (2025). Sostenibilidad en ingeniería industrial: integración de tecnología e innovación para un futuro sostenible. *Revista G-ner@ndo*, V°6 (N°1). 5352 – 5376.

Resumen

La integración de prácticas sostenibles en la ingeniería industrial es crucial para el desarrollo sostenible, pero identificar los factores clave que la impulsan sigue siendo un desafío. El objetivo de este estudio fue analizar las variables que contribuyen a la integración de la sostenibilidad en la ingeniería industrial, enfocándose en la capacitación, tecnologías emergentes y modelos de negocio sostenibles. Se empleó un enfoque mixto con un diseño no experimental y un alcance descriptivo. La recolección de datos se realizó mediante una encuesta con escala Likert dirigida a 103 profesionales en Guayaquil. Los resultados se analizaron con un modelo de regresión lineal múltiple. Los hallazgos indican que la "Capacitación y Conciencia" es el factor más influyente, seguido por los "Modelos de Negocio Sostenibles" y las "Tecnologías Emergentes". Aunque otros factores, como la "Economía Circular" y el "Ecodiseño", no mostraron una significancia estadística fuerte, siguen siendo relevantes para una estrategia de sostenibilidad integral. La investigación concluye que la educación y la innovación son esenciales para la sostenibilidad en la ingeniería industria.

Palabras clave: Ingeniería industrial, Sostenibilidad, Innovación tecnológica, Modelos de negocio sostenibles, Capacitación y Conciencia.

Abstract

The integration of sustainable practices in industrial engineering is crucial for sustainable development, yet identifying the key factors that drive it remains challenging. The objective of this study was to analyze the variables that contribute to the integration of sustainability in industrial engineering, focusing on training, emerging technologies, and sustainable business models. A mixed-methods approach was used with a non-experimental design and a descriptive scope. Data was collected through a Likert-scale survey directed at 103 professionals in Guayaquil. The results were analyzed using a multiple linear regression model. The findings indicate that "Training and Awareness" is the most influential factor, followed by "Sustainable Business Models" and "Emerging Technologies." Although other factors, such as "Circular Economy" and "Ecodesign," did not show strong statistical significance, they remain relevant for a comprehensive sustainability strategy. The research concludes that education and innovation are essential for sustainability in industrial engineering.

Keywords: Industrial engineering, Sustainability, Technological innovation, Sustainable business models, Training and Awareness.

Introducción

En la última década, la innovación tecnológica ha emergido como un elemento fundamental en prácticamente todos los aspectos de la vida humana, transformando sectores económicos, sociales y culturales de manera profunda y duradera. Según Ballesteros Mosquera y Rodríguez Holguín (2024), la innovación tecnológica se ha convertido en una fuerza impulsora que ha revolucionado cómo interactuamos, trabajamos y nos desarrollamos como sociedad. Este fenómeno ha despertado un interés generalizado debido a su capacidad para modificar radicalmente los paradigmas tradicionales, consolidándose como una constante en la evolución contemporánea.

Por otra parte, Tejada et al. (2019) subrayan que la innovación tecnológica no solo es un componente esencial en las estructuras organizativas modernas, sino que también desempeña un papel crucial en el progreso económico y social de las naciones. Uribe (2019) argumenta que para que la innovación florezca, es imperativo contar con ciertos requisitos fundamentales, tales como la colaboración entre los diversos actores del sistema de innovación, la presencia de talento humano capacitado, la formulación de políticas públicas efectivas, el desarrollo empresarial y la formación de alianzas público-privadas. Estos elementos son cruciales para crear un entorno propicio que permita el desarrollo y la implementación efectiva de nuevas tecnologías.

Asimismo, la importancia de la innovación tecnológica puede ser analizada desde múltiples sectores. En el ámbito educativo, Gómez (2023) encontró que la pandemia de COVID-19 obligó a transformar los procesos educativos para adaptarse a las nuevas exigencias, demostrando cómo la innovación puede ser un catalizador crucial para la resiliencia y la evolución del sector. En el ámbito industrial, especialmente en las compañías de manufactura de América Latina, la innovación se ha posicionado como una estrategia esencial para mantener la competitividad. Carpio et al. (2021) destacaron la importancia de la interrelación entre las

conexiones establecidas con clientes, proveedores, competidores e institutos de investigación, y cómo esta interacción puede potenciar la capacidad de absorción y el proceso de innovación tecnológica dentro de las empresas.

Además, la evolución de los modelos explicativos del proceso de innovación ha contribuido significativamente al desarrollo del conocimiento sobre cómo se lleva a cabo la innovación en el contexto organizacional. Rodríguez (2020) encontró que la creación de conocimiento innovador implica una colaboración estrecha entre el pensamiento humano y las demandas del entorno, junto con la asimilación de conocimientos previos. Esta dinámica resalta la importancia de un enfoque holístico y colaborativo para fomentar la innovación efectiva.

En términos de eficiencia y productividad, Yeverino et al. (2020) sostienen que la implementación de nuevas tecnologías puede mejorar significativamente estos aspectos, permitiendo a las empresas reducir costos y aumentar su capacidad para producir bienes y servicios. Morales et al. (2021) añadieron que la competitividad de las empresas que adoptan tecnologías innovadoras suele ser mayor, destacando la capacidad de adaptación y el uso de nuevas herramientas tecnológicas como diferenciadores clave en un entorno empresarial cada vez más dinámico. Mendoza (2021) resalta que la innovación tecnológica a menudo conduce a mejoras en la calidad de los productos y servicios, lo que a su vez genera una mayor satisfacción del cliente y fortalece la reputación de la empresa en el mercado.

Asimismo, la capacidad de acceder a nuevos mercados es otra ventaja significativa de la innovación tecnológica. Según Sánchez et al. (2022), las tecnologías emergentes abren oportunidades para que las empresas ingresen a nuevos mercados, como lo demuestra la expansión del internet, que ha permitido a las empresas llegar a clientes en todo el mundo. Además, Cantú (2019) destaca que la innovación tecnológica puede contribuir a prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, como el desarrollo de tecnologías verdes que reducen el impacto ambiental de las actividades humanas.

En este contexto, la industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, representa un paradigma innovador en la fabricación y los procesos industriales. Ortiz y Solano (2024) indican que esta revolución está orientada a la digitalización y la automatización de los sistemas de información y producción, promoviendo nuevas formas de colaboración e infraestructuras sociales. A pesar de estar en una fase de desarrollo, la industria 4.0 anticipa cambios significativos en la forma en que las empresas operan y se gestionan.

Desde la perspectiva educativa, González-Hernández et al. (2020) señalan que la alta intensidad de la competitividad empresarial actual y el desarrollo tecnológico asociado a la Industria 4.0 exigen una constante adaptación del profesional, tanto en el ámbito laboral como educativo. La Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, en su compromiso de formar profesionales competentes, busca determinar cuáles son las competencias más relevantes en el ejercicio actual de la ingeniería industrial. Tobón (2010) define las competencias como actuaciones integrales ante actividades y problemas del contexto, integrando el saber ser, el saber hacer y el saber conocer en una perspectiva de mejora continua.

Por otro lado, la gestión de la innovación es otro aspecto crucial para el desarrollo sostenible. Fernández (2024) determina que los modelos de gestión de la innovación deben adoptar enfoques holísticos, estratégicos y estructurados, integrando buenas prácticas y herramientas que favorezcan su adopción. La gestión eficaz de la innovación requiere comprender las complejidades del proceso, así como identificar y aprovechar las fortalezas y oportunidades dentro de las organizaciones.

En cuanto al ámbito universitario, Enríquez y Hernández (2023) describen que las universidades tienen una responsabilidad social en la formación de profesionales y en la investigación, siendo actores clave en la creación de conocimiento y en la vinculación con el entorno productivo. La relación universidad-empresa es fundamental para la transferencia de

conocimientos y tecnologías, lo que a su vez potencia la capacidad innovadora de ambos sectores.

Por tanto, los diálogos de saberes son una metodología importante para la sostenibilidad, facilitando la comunicación y colaboración entre diversos actores para diseñar, implementar y evaluar estrategias sostenibles. Según Osorio (2024), estos diálogos permiten el intercambio de conocimientos y la creación de soluciones colectivas que promueven el respeto por la diversidad cultural y los conocimientos tradicionales.

Asimismo, La sostenibilidad en el sector industrial se ha convertido en un tema central para las empresas y organizaciones que buscan equilibrar el crecimiento económico con la responsabilidad ambiental. Diversos modelos de gestión han sido propuestos para abordar los desafíos asociados a la sostenibilidad, adaptándose a las características y necesidades de diferentes sectores industriales. La siguiente tabla presenta una comparación de nueve modelos de gestión y su impacto en las industrias manufacturera, de procesos, tecnológica y alimentaria, respaldados por fuentes bibliográficas recientes.

Tabla 1.

Análisis comparativo de los diferentes modelos de gestión y su impacto en las industrias

Modelo	Industria Manufacturera	Industria de Procesos	Industria Tecnológica	Industria Alimentaria	Fuentes bibliográficas
Economía Circular	Reducción de residuos, reutilización de materiales.	Reciclaje de subproductos, minimización de residuos.	Gestión de desechos electrónicos, reutilización de componentes.	Reducción de desperdicio alimentario, reciclaje de subproductos.	(Almeida y Díaz, 2020)
Lean Manufacturing Verde	Optimización de recursos, reducción de desperdicios.	Mejora continua en la eficiencia de los procesos.	Reducción de consumo energético en la producción.	Optimización de recursos, reducción del desperdicio.	(Silva y de Sousa, 2024)
Gestión de la Cadena de Suministro Sostenible	Selección de proveedores sostenibles, reducción de costos.	Transporte eficiente, reducción de la huella de carbono.	Sourcing ético de materiales, eficiencia logística.	Cadenas de suministro sostenibles, reducción de emisiones.	(Mejía y Ayala, 2023)
Triple Bottom Line (TBL)	Balance entre eficiencia económica y sostenibilidad.	Mejora de la reputación y cumplimiento regulatorio.	Desarrollo de productos sostenibles, responsabilidad social.	Mejora de la sostenibilidad y la transparencia.	(Nogueira et al., 2023)
Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) - ISO 14001	Cumplimiento normativo, reducción de emisiones.	Gestión eficiente de recursos y minimización de impactos.	Implementación de políticas ambientales, y reducción de e-waste.	Reducción de residuos y emisiones en la producción.	(Hinojosa et al., 2023)
Análisis del Ciclo de Vida (ACV)	Mejora en el diseño de productos, reducción del impacto ambiental.	Optimización de procesos para reducir el impacto total.	Desarrollo de productos con menor impacto en el ciclo de vida.	Análisis de impactos ambientales, optimización de procesos.	(Sanes y García, 2023)
Ecodiseño	Desarrollo de productos reciclables y eficientes.	Selección de materiales y procesos menos contaminantes.	Diseño de productos más eficientes y reciclables.	Diseño de envases sostenibles y reducción de residuos.	(Marcel, 2023)
Innovación Abierta y Colaborativa	Desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles.	Colaboración en la innovación de procesos sostenibles.	Colaboración en la innovación y desarrollo sostenible.	Desarrollo de soluciones colaborativas para sostenibilidad.	(Díaz, 2023)
Modelo de Negocio de Servicios en Lugar de Productos (PSS)	Promoción de eficiencia y mantenimiento en lugar de propiedad.	Servicios de mantenimiento y actualización para eficiencia.	Ofrecimiento de servicios en lugar de productos (ej. SaaS).	Servicios de alimentación sostenible, como entrega de alimentos frescos.	(Castro et al., 2024)

En consecuencia, la integración de la tecnología y la innovación en la ingeniería industrial es fundamental para el desarrollo sostenible. La innovación tecnológica no solo mejora la eficiencia y la competitividad de las empresas, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y social. A través de una colaboración estrecha entre los diversos actores del sistema de innovación, la formación de talento humano capacitado, y la implementación de políticas públicas efectivas, es posible crear un entorno propicio para el desarrollo de nuevas tecnologías que impulsen un futuro sostenible.

Métodos y Materiales.

La investigación empleó un enfoque mixto para explorar cómo los profesionales en ingeniería industrial integran la sostenibilidad y la tecnología en sus prácticas. Utilizando un diseño no experimental y un alcance descriptivo, el estudio se centró en describir las percepciones y prácticas actuales de sostenibilidad en el sector. Este enfoque permitió capturar una visión amplia y detallada de las actitudes y comportamientos de los ingenieros industriales en relación con la sostenibilidad.

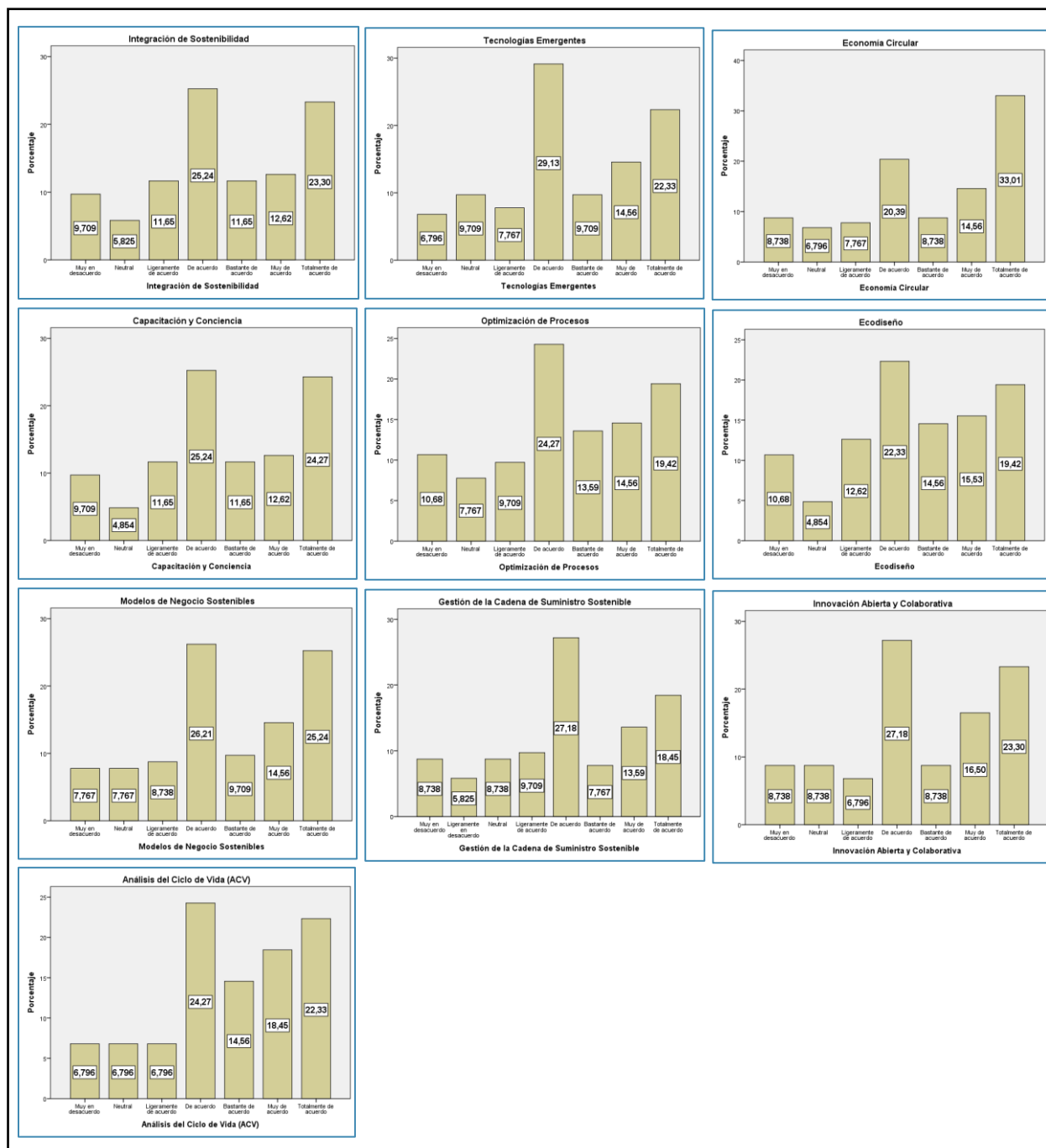
Para recopilar datos, se diseñó una encuesta estructurada con escalas de Likert, dirigida a 102 profesionales en ingeniería industrial de la ciudad de Guayaquil. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, eligiendo a participantes accesibles y relevantes para el estudio. La encuesta incluyó preguntas sobre la implementación de prácticas sostenibles, el uso de tecnologías innovadoras y la percepción de la importancia de la sostenibilidad en la industria. Esto permitió obtener una visión representativa de cómo se están incorporando estos conceptos en el ámbito laboral de los ingenieros industriales.

Para el diseño de la encuesta se tomó como referencia el “Informe sobre Tecnología e Innovación 2023” de la (UNCTAD, 2023), que fundamenta el diseño de la encuesta al destacar la importancia de la innovación ecológica, la economía circular y el uso de tecnologías emergentes como elementos clave para un futuro sostenible. El informe enfatiza la necesidad de transformar procesos, gestionar la cadena de suministro de manera sostenible y desarrollar competencias digitales y ecológicas. Esto respalda la inclusión de ítems sobre Lean Manufacturing Verde, ecodiseño, análisis del ciclo de vida e innovación abierta en la encuesta, validando la relevancia de estos factores para evaluar la integración de tecnología e innovación en la ingeniería industrial

Asimismo, los resultados obtenidos a través de técnicas estadísticas descriptivas proporcionaron una visión clara de las tendencias y patrones en la integración de la sostenibilidad y la tecnología. Además, el análisis cualitativo de las respuestas abiertas enriqueció la comprensión de las experiencias y actitudes de los profesionales. La síntesis de los hallazgos muestra que existe una conciencia creciente sobre la importancia de la sostenibilidad y la necesidad de incorporar tecnologías innovadoras en el sector industrial. Este estudio contribuye al conocimiento sobre cómo los ingenieros industriales pueden desempeñar un papel clave en la transición hacia prácticas más sostenibles y tecnológicamente avanzadas, impulsando un futuro industrial más sostenible.

Análisis de resultados

El análisis descriptivo de los resultados de la encuesta revela las percepciones de los profesionales de la ingeniería industrial en relación con la integración de tecnología e innovación para un futuro sostenible. Los resultados sugieren una tendencia positiva hacia la adopción de prácticas y tecnologías sostenibles en el sector.

Figura 1
Análisis de la encuesta.


En cuanto a la Integración de Sostenibilidad, se observa que la mayoría de los encuestados tiene una percepción favorable sobre su implementación en las empresas. Un alto porcentaje de los participantes manifestó estar de acuerdo (25.24%) y totalmente de acuerdo

(23.30%) con las estrategias sostenibles adoptadas, lo que indica un aumento en la conciencia y la acción hacia la sostenibilidad en la industria.

La adopción de tecnologías emergentes, como la automatización y la inteligencia artificial, es vista de manera positiva por los encuestados. Un 25.13% está de acuerdo y un 22.33% totalmente de acuerdo en que estas tecnologías son cruciales para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones. Esto refleja una comprensión de la importancia de las tecnologías emergentes para la sostenibilidad industrial.

Respecto a la Economía Circular, los resultados muestran un fuerte apoyo, con el 33.01% de los encuestados totalmente de acuerdo con la implementación de estrategias de reutilización y reciclaje de materiales. Esto demuestra una inclinación significativa hacia prácticas que minimizan el desperdicio y promueven la reutilización de recursos.

La Capacitación y Conciencia en tecnologías y prácticas sostenibles es valorada por los profesionales, con un 24.27% totalmente de acuerdo en que esta formación es esencial para la integración efectiva de la sostenibilidad. Este hallazgo subraya la importancia de la educación continua para el éxito de las iniciativas sostenibles.

Los encuestados también muestran un reconocimiento considerable hacia la Optimización de Procesos a través de Lean Manufacturing Verde, con el 24.27% de acuerdo en que esta práctica contribuye significativamente a la reducción de desperdicios. Asimismo, el Ecodiseño y el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) son aspectos apreciados, con un 19.42% y 22.33% respectivamente, reflejando la relevancia de diseñar productos más sostenibles y evaluar su impacto ambiental.

Tabla 2*Estadísticos de fiabilidad*

Alfa de Cronbach	N de elementos
,867	10

El análisis del Alfa de Cronbach obtenido en la encuesta muestra un valor de 0.867 para los 10 ítems evaluados, lo que indica un alto nivel de fiabilidad interna del instrumento. Un Alfa de Cronbach superior a 0.8 sugiere que los ítems de la encuesta son consistentes y miden de manera fiable el constructo de interés, en este caso, la integración de tecnología e innovación para la sostenibilidad en ingeniería industrial. Este nivel de fiabilidad asegura que las respuestas de los encuestados son coherentes y que el cuestionario es un instrumento válido para el estudio.

Tabla 3*Correlación de Pearson*

Correlación de Pearson	Integración de Sostenibilidad	Sig. (unilateral)
Integración de Sostenibilidad	1,000	,000
Optimización de Procesos	,359	,028
Economía Circular	,189	,000
Tecnologías Emergentes	,485	,000
Gestión de la Cadena de Suministro Sostenible	,360	,001
Ecodiseño	,309	,000
Análisis del Ciclo de Vida (ACV)	,425	,041
Innovación Abierta y Colaborativa	,172	,000
Modelos de Negocio Sostenibles	,503	,000
Capacitación y Conciencia	,978	103

La correlación de Pearson realizada para evaluar la relación entre la “Integración de Sostenibilidad” y diversos factores en la ingeniería industrial muestra resultados significativos.

Capacitación y Conciencia presenta la correlación más alta (0.978), aunque no es estadísticamente significativa ($p > 0.05$). Esto indica que, aunque existe una fuerte relación, la evidencia no es suficiente para concluir que este factor influye directamente en la integración de sostenibilidad en este contexto.

Por otro lado, los Modelos de Negocio Sostenibles tienen una correlación considerable (0.503) y significativa, lo que implica que la adopción de estos modelos tiene un impacto relevante en la integración de prácticas sostenibles. Del mismo modo, las Tecnologías Emergentes (0.485) y el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) (0.425) muestran correlaciones significativas, lo que sugiere que la implementación de tecnologías avanzadas y la evaluación del ciclo de vida de los productos son componentes esenciales para lograr la sostenibilidad en la industria.

La Optimización de Procesos (0.359) y la Gestión de la Cadena de Suministro Sostenible (0.360) también muestran correlaciones moderadas, indicando que la mejora de la eficiencia y la elección de proveedores sostenibles son importantes, aunque su impacto es menos directo. Finalmente, factores como la Economía Circular (0.189) y la Innovación Abierta y Colaborativa (0.172) presentan correlaciones positivas, pero más bajas, sugiriendo que, aunque contribuyen a la sostenibilidad, lo hacen en menor medida.

Por tanto, los resultados de la correlación de Pearson identifican que los modelos de negocio sostenibles, las tecnologías emergentes y el análisis del ciclo de vida son los factores más influyentes en la integración de sostenibilidad en el ámbito de la ingeniería industrial.

Tabla 4

R cuadrado

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Cambio en R cuadrado	Estadísticos de cambio			Sig. Cambio en F
						Cambio en F	gl1	gl2	
1	,984 ^a	,967	,964	,440	,967	306,772	9	93	,000

El resumen del modelo de regresión lineal múltiple indica una fuerte capacidad predictiva en la integración de sostenibilidad en la ingeniería industrial. Con un coeficiente de correlación múltiple (R) de 0.984, el modelo demuestra una relación muy sólida entre las variables independientes y la variable dependiente. Este alto valor de R sugiere que los factores evaluados en la encuesta están altamente correlacionados con la integración de prácticas sostenibles.

El coeficiente de determinación (R^2) de 0.967 indica que el 96.7% de la variabilidad en la integración de sostenibilidad puede ser explicada por las variables independientes del modelo. Esto refleja que el conjunto de factores, como la “Capacitación y Conciencia”, “Tecnologías Emergentes” y “Modelos de Negocio Sostenibles”, son determinantes clave en la adopción de prácticas sostenibles. El R^2 ajustado de 0.964 confirma la precisión del modelo, incluso después de ajustar por el número de variables incluidas.

El error típico de la estimación, 0.440, es relativamente bajo, lo que indica que las predicciones del modelo son precisas y que hay poca dispersión alrededor de la línea de regresión. Esto refuerza la confiabilidad del modelo para predecir la integración de sostenibilidad en función de las variables identificadas.

La significancia estadística del cambio en R^2 ($p < 0.001$) demuestra que el modelo es válido y que las variables seleccionadas contribuyen significativamente a explicar la variación en la integración de sostenibilidad. En conjunto, estos resultados sugieren que el modelo es robusto y efectivo para comprender y predecir cómo se integran las prácticas de sostenibilidad en el ámbito de la ingeniería industrial.

Tabla 5

ANOVA

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	535,384	9	59,487	306,772	,000 ^b
Residual	18,034	93	,194		
Total	553,417	102			

El análisis ANOVA del modelo de regresión lineal múltiple revela que el modelo es altamente significativo, con un valor F de 306.772 y una significancia de 0.000. Esto indica que las variables independientes seleccionadas explican de manera significativa la variabilidad en la integración de sostenibilidad en la ingeniería industrial. La suma de cuadrados de regresión (535.384) es considerablemente mayor que la suma de cuadrados residual (18.034), lo que sugiere que el modelo tiene un buen ajuste y explica la mayor parte de la variabilidad en la variable dependiente. En conjunto, estos resultados confirman la validez y robustez del modelo para predecir la integración de prácticas sostenibles en el sector.

Tabla 6
Modelo de regresión

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B		Correlaciones			Estadísticos de colinealidad	
	B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior	Orden cero	Parcial	Semi parcial	Tolerancia	FIV
(Constante)	,180	,227		,792	,430	-,271	,632					
Optimización de Procesos	-,039	,025	-,039	-1,542	,126	-,089	,011	,359	-,158	-,029	,544	1,837
Economía Circular	-,022	,021	-,022	-1,020	,310	-,064	,021	,189	-,105	-,019	,726	1,378
Tecnologías Emergentes	,119	,041	,110	2,864	,005	,036	,201	,485	,285	,054	,236	4,244
Gestión de la Cadena de Suministro Sostenible	,025	,029	,025	,844	,401	-,033	,083	,360	,087	,016	,402	2,486
Ecodiseño	,024	,031	,024	,766	,445	-,038	,086	,309	,079	,014	,359	2,784
Análisis del Ciclo de Vida (ACV)	-,293	,067	-,269	-4,377	,000	-,426	-,160	,425	-,413	-,082	,093	10,742
Innovación Abierta y Colaborativa	,001	,021	,001	,062	,950	-,040	,042	,172	,006	,001	,845	1,183
Modelos de Negocio Sostenibles	,217	,060	,210	3,591	,001	,097	,336	,503	,349	,067	,103	9,714
Capacitación y Conciencia	,944	,023	,945	40,871	,000	,898	,990	,978	,973	,765	,655	1,527

El análisis de regresión lineal múltiple revela que Capacitación y Conciencia es el factor más influyente en la integración de sostenibilidad en la ingeniería industrial. Con un coeficiente estandarizado (β) de 0.945 y una significancia altamente significativa ($p < 0.001$), este resultado subraya la importancia de la formación continua en tecnologías y prácticas sostenibles. La capacitación no solo mejora la comprensión de la sostenibilidad, sino que también facilita su aplicación efectiva en las operaciones industriales.

Otro factor destacado es la implementación de Modelos de Negocio Sostenibles, que muestra una contribución positiva significativa ($\beta = 0.210$, $p = 0.001$). Esto indica que las empresas que adoptan modelos de negocio orientados hacia la sostenibilidad, como la oferta de servicios en lugar de productos, tienen más éxito en integrar prácticas sostenibles.

La variable Tecnologías Emergentes también demuestra un impacto positivo y significativo ($\beta = 0.110$, $p = 0.005$). Esto refleja la relevancia de incorporar tecnologías como la automatización y la inteligencia artificial para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones, contribuyendo a un enfoque más sostenible.

Curiosamente, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) presenta un coeficiente negativo significativo ($\beta = -0.269$, $p < 0.001$). Este resultado podría indicar que, aunque el ACV es esencial para evaluar el impacto ambiental, su implementación puede estar asociada con desafíos o costos adicionales que afectan la percepción general de sostenibilidad.

Otros factores como la Optimización de Procesos, Economía Circular, y Ecodiseño no muestran una influencia significativa en el modelo, lo que sugiere que su impacto en la integración de sostenibilidad es menos directo en este contexto. Con base en los resultados de la regresión lineal múltiple, el modelo de regresión que describe la relación entre la variable dependiente “Integración de Sostenibilidad” (Y) y las variables independientes sería el siguiente:

$$Y=0.180+(-0.039) \cdot X1+(-0.022) \cdot X2+0.119 \cdot X3+0.025 \cdot X4+0.024 \cdot X5+(-0.293) \cdot X6+0.001 \cdot X7+0.217 \cdot X8+0.944 \cdot X9$$

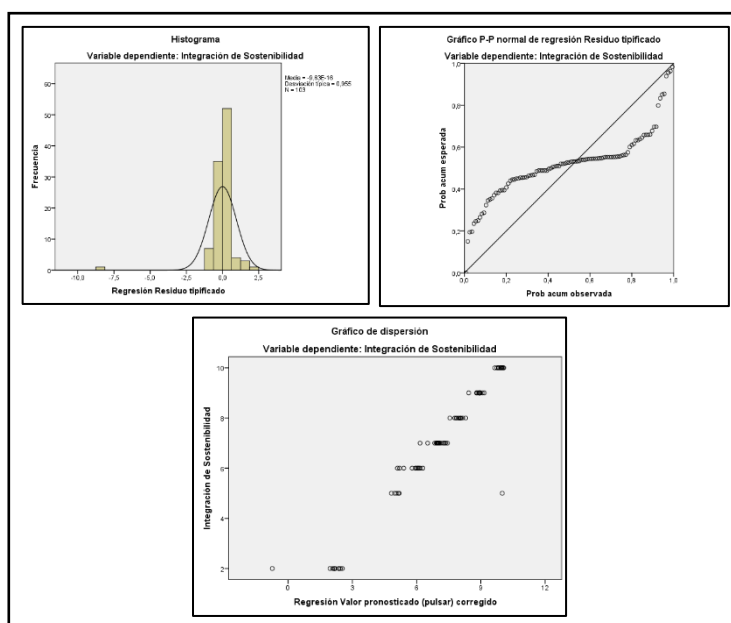
Donde:

- Y = Integración de Sostenibilidad
 - X1 = Optimización de Procesos
 - X2 = Economía Circular
 - X3 = Tecnologías Emergentes
 - X4 = Gestión de la Cadena de Suministro Sostenible
 - X5 = Ecodiseño
 - X6 = Análisis del Ciclo de Vida (ACV)
 - X7 = Innovación Abierta y Colaborativa
 - X8 = Modelos de Negocio Sostenibles
 - X9 = Capacitación y Conciencia
-

Este modelo muestra cómo cada variable independiente (factor) se relaciona con la integración de sostenibilidad en la ingeniería industrial, reflejando la influencia positiva o negativa de cada factor según sus coeficientes. Por ejemplo, “Capacitación y Conciencia” (X9) tiene el coeficiente más alto (0.944), indicando que es el factor que más contribuye a la integración de la sostenibilidad.

Figura 2

Evaluación del Modelo de Regresión Lineal Múltiple



Los gráficos analizados confirman la validez y adecuación del modelo de regresión lineal múltiple. El histograma de residuos muestra una distribución aproximadamente normal, con la media cercana a cero y una desviación típica cercana a uno, lo que sugiere que los residuos cumplen con la normalidad. El gráfico P-P refuerza esta conclusión, ya que los puntos se alinean bien a lo largo de la línea diagonal, indicando que los residuos siguen una distribución normal. Por último, el gráfico de dispersión revela una tendencia lineal entre los valores observados y pronosticados de la “Integración de Sostenibilidad”, validando el uso del modelo de regresión lineal para este análisis.

Hipótesis Nula (H_0): No existe una relación significativa entre las variables independientes (Capacitación y Conciencia, Innovación Abierta y Colaborativa, Economía Circular, Ecodiseño, Optimización de Procesos, Modelos de Negocio Sostenibles, Gestión de la Cadena de Suministro Sostenible, Tecnologías Emergentes, Análisis del Ciclo de Vida) y la variable dependiente (Integración de Sostenibilidad) en la ingeniería industrial.

Hipótesis Alternativa (H_1): Existe una relación significativa entre las variables independientes (Capacitación y Conciencia, Innovación Abierta y Colaborativa, Economía Circular, Ecodiseño, Optimización de Procesos, Modelos de Negocio Sostenibles, Gestión de la Cadena de Suministro Sostenible, Tecnologías Emergentes, Análisis del Ciclo de Vida) y la variable dependiente (Integración de Sostenibilidad) en la ingeniería industrial.

Los resultados del análisis de regresión lineal múltiple y el ANOVA proporcionan suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. El coeficiente de correlación múltiple ($R=0.984$) y el coeficiente de determinación ($R^2=0.967$) indican una fuerte relación entre las variables independientes y la variable dependiente. Además, el valor de significancia del modelo ($p < 0.001$) en el ANOVA confirma que el modelo es altamente significativo, lo que respalda la hipótesis alternativa.

La significancia estadística de varias variables independientes, como “Capacitación y Conciencia,” “Modelos de Negocio Sostenibles,” y “Tecnologías Emergentes,” sugiere que estas variables tienen un impacto significativo en la “Integración de Sostenibilidad”. Por lo tanto, se puede concluir que existe una relación significativa entre las variables estudiadas, aceptando la hipótesis alternativa (H_1) y rechazando la hipótesis nula (H_0).

Los resultados obtenidos en esta investigación corroboran la relevancia de la innovación tecnológica y la integración de prácticas sostenibles en el ámbito de la ingeniería industrial, como se destaca en la literatura previa. Ballesteros Mosquera y Rodríguez Holguín (2024) señalaron

la importancia de la innovación tecnológica como una fuerza impulsora en la transformación de sectores económicos y sociales. Los hallazgos de este estudio refuerzan esta idea al mostrar que la “Capacitación y Conciencia” es el factor más influyente en la integración de sostenibilidad. Esta relación significativa indica que la formación continua en tecnologías y prácticas sostenibles es esencial para que las empresas evolucionen y se adapten a las demandas contemporáneas de sostenibilidad.

La innovación tecnológica, como se menciona en la introducción, tiene un impacto directo en el progreso económico y social de las naciones (Tejada et al., 2019). Los resultados muestran que las “Tecnologías Emergentes” y los “Modelos de Negocio Sostenibles” también son factores clave en la integración de sostenibilidad, lo que coincide con las afirmaciones de Uribe (2019) sobre la importancia de la colaboración entre diversos actores y la implementación de tecnologías avanzadas. Estos factores contribuyen significativamente a la eficiencia, competitividad y sostenibilidad de las empresas, alineándose con las ideas de Yeverino et al. (2020) y Morales et al. (2021) sobre el papel de las nuevas tecnologías en mejorar la eficiencia y productividad.

La literatura también destaca el papel crucial de la Gestión de la Innovación y la importancia de modelos de gestión que adopten enfoques holísticos (Fernández, 2024). Los resultados muestran que aunque algunas variables, como la “Economía Circular” y el “Ecodiseño”, no tuvieron una significancia estadística tan fuerte, siguen siendo importantes en la estrategia global de sostenibilidad. Esto sugiere que, mientras ciertos factores son más dominantes en la integración de sostenibilidad, otros contribuyen a crear un marco integral que permite a las organizaciones abordar la sostenibilidad desde múltiples ángulos.

La relación entre las universidades y las empresas, enfatizada por Enríquez y Hernández (2023), también se refleja en la importancia de la “Capacitación y Conciencia” identificada en el estudio. Las universidades tienen un papel crucial en la formación de profesionales competentes

que pueden liderar la innovación y la sostenibilidad en sus organizaciones. La educación superior, al proporcionar conocimientos y habilidades en tecnologías emergentes y prácticas sostenibles, contribuye a que los ingenieros industriales estén mejor preparados para enfrentar los desafíos actuales.

En cuanto a la relación con la industria 4.0 y la innovación, los hallazgos confirman las afirmaciones de Ortiz y Solano (2024) sobre la importancia de la digitalización y la automatización en la transformación industrial. La alta correlación de las “Tecnologías Emergentes” con la integración de sostenibilidad destaca cómo la industria está adoptando tecnologías avanzadas para mejorar sus procesos y reducir su impacto ambiental.

Conclusiones y recomendaciones

La presente investigación ha demostrado la importancia de la integración de la tecnología y la innovación en la ingeniería industrial para el desarrollo sostenible. Los resultados confirman que la “Capacitación y Conciencia” es el factor más influyente en la integración de prácticas sostenibles dentro de las organizaciones. Este hallazgo subraya la necesidad de una formación continua y una mayor concienciación entre los profesionales de la ingeniería industrial, lo que permitirá a las empresas adoptar de manera efectiva tecnologías y estrategias sostenibles. La educación superior y la formación en el lugar de trabajo desempeñan un papel crucial en preparar a los ingenieros para liderar estos cambios.

Otro aspecto clave identificado en este estudio es la relevancia de los “Modelos de Negocio Sostenibles”. La adopción de modelos de negocio orientados hacia la sostenibilidad, como la oferta de servicios en lugar de productos, ha demostrado ser fundamental para reducir el impacto ambiental y promover la eficiencia de los recursos. Las empresas que adoptan estos modelos son más capaces de mantenerse competitivas y adaptarse a las cambiantes demandas

del mercado, lo que confirma las afirmaciones de autores como Carpio et al. (2021) sobre la importancia de la innovación en la competitividad empresarial.

La “Tecnologías Emergentes”, incluyendo la automatización y la inteligencia artificial, también juega un papel significativo en la integración de la sostenibilidad. La adopción de estas tecnologías permite a las empresas mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones y optimizar los procesos. Este resultado está en línea con la literatura previa que destaca el impacto positivo de las tecnologías emergentes en la mejora de la productividad y la reducción de costos (Yeverino et al., 2020; Morales et al., 2021).

Por otro lado, aunque factores como la “Economía Circular” y el “Ecodiseño” no mostraron una influencia tan significativa en el modelo de regresión, su papel en la estrategia global de sostenibilidad no debe ser subestimado. Estos factores contribuyen a un enfoque integral que aborda la sostenibilidad desde múltiples perspectivas, complementando los esfuerzos de las organizaciones para reducir su impacto ambiental y optimizar el uso de los recursos.

En consecuencia, la integración efectiva de prácticas sostenibles en la ingeniería industrial depende en gran medida de la capacitación continua, la adopción de modelos de negocio sostenibles y la implementación de tecnologías emergentes. Las organizaciones que invierten en estos aspectos están mejor posicionadas para impulsar la sostenibilidad, mejorar su competitividad y contribuir al desarrollo económico y social de manera responsable. Estos hallazgos ofrecen valiosas implicaciones para las políticas y estrategias empresariales enfocadas en la sostenibilidad.

Referencias bibliográficas

- Almeida-Guzmán, M., & Díaz-Guevara, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. *Avances en Ecuador. Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, (8), 34-56.
- Ballesteros Mosquera, G., & Rodríguez Holguín, G. S. (2024). Ventajas competitivas de la implementación de innovación tecnológica en los sectores productivos: Desafíos para Colombia.
- Cantú, P. (2019). Ciencia y tecnología para un desarrollo perdurable. *Scielo*, XXIV(55). Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/eys/v24n55/2215-3403-eys-24-55-92.pdf>
- Carpio, M., Torres, J., & López, R. (2021). La innovación en las compañías de manufactura de América Latina. *Revista de Innovación Tecnológica*, 17(3), 45-60.
- Castro-Quelal, L. R., Herrera-Tapia, E. H., & Castro-Quelal, D. A. (2024). Modelos de Negocios Circulares: Hacia una Economía Sostenible en el Sector Emprendedor. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(1), 122-148.
- Díaz Delgado, M. F. (2023). Modelo multidimensional para la construcción y desarrollo de la capacidad de innovación abierta en pymes (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Enríquez-Hernández, D. M., & Hernández-González, A. (2023). Una visión de la relación universidad-empresa desde el proceso de formación del profesional. *Ingeniería Industrial*, 44(2), 20-36. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362023000200020&lng=es&tlng=es
- Fernández, M. D. (2024). Modelos de gestión de la innovación: Conceptos, enfoques, normas y tendencias. *Ingeniería Industrial*, 45(1), 1-10.
- Gómez, M. (2023). La innovación y la tecnología como elementos claves en el contexto de educación superior. *Redalyc*(69). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1942/194274896001/html/>
- González-Hernández, I. J., Granillo-Macías, R., González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>
- Hinojosa, L. Á. V., Uribe, J. J. T., Salinas, C. A. A., & Reboloso, A. Z. (2023). Estudio de factibilidad de la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental basado en la norma ISO-14001: 2015 en la empresa Boon Tec International. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 6999-7014.
- Marcel, M. V. (2023). Ecodiseño como método aplicable a la didáctica del Diseño Industrial de Productos en Chile. *Proyecta56, an Industrial Design Journal*, (3), 4-40.
-

- Mejía Salazar, I., & Ayala Soto, S. (2023). Revisión de literatura sobre gestión de cadenas de suministro sostenibles e innovaciones disruptivas en Pymes. *Revista Universidad y Empresa*, 25(44).
- Mendoza, U. (2021). Calidad, conocimiento e innovación de procesos de manufactura en Ciudad Juárez, México. *Redalyc*, XII(23). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5045/504570360005/html/>
- Morales, G., López, J., & Sánchez, P. (2021). La innovación tecnológica: Creando competitividad en las empresas desarrolladoras de software. *Scielo*(39). http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S258809692021000100139
- Nogueira, E., Gomes, S., & Lopes, J. M. (2023). Triple bottom line, sustainability, and economic development: What binds them together? A bibliometric approach. *Sustainability*, 15(8), 6706.
- Ortiz Martínez, J. R., & Solano Silva, P. L. (2024). Oportunidades de las pymes en la implementación de la industria 4.0.
- Osorio, G. M. O. (2023). Educación para la sostenibilidad bajo un enfoque de diálogo de saberes entre una comunidad indígena colombiana y estudiantes de ingeniería industrial de una institución de educación superior ubicada en el Valle del Cauca. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.
- Rodríguez, Y. (2020). La importancia de la ciencia, la tecnología y la innovación en la gestión empresarial. *Redalyc*, XII(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5604/560465477001/560465477001.pdf>
- Sánchez, L., Torres, M., & Ríos, A. (2022). La innovación administrativa y tecnológica como estrategia para enfrentar los retos actuales del mercado inmobiliario en vertical: Una revisión teórica. *Scielo*, XXX(57). Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/etp/n57/2448-7481-etp-57-71.pdf>
- Sanes, A., & Amante García, B. (2023). Revisión bibliográfica del análisis del ciclo de vida (ACV) en el sector energético. In *Comunicaciones presentadas al XXVII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos*, celebrado del 10 al 13 de julio de 2023 (pp. 1274-1284). Asociación Española de Ingeniería de Proyectos (AEIPRO).
- Silva, J. I. A. O., & de Sousa, J. P. (2024). O lean manufacturing e sua relação com a sustentabilidade. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 22(4), e4265-e4265.
- Tejada, G., González, L., & Pérez, M. (2019). Innovación tecnológica: Reflexiones teóricas. *Redalyc*, XXIV(85). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29058864011>
- UNCTAD. (2023). "Informe sobre Innovación y Sostenibilidad: Ventanas de Oportunidad Verdes a través de la Tecnología." Naciones Unidas. Disponible en: https://unctad.org/system/files/official-document/tir2023overview_es.pdf
-

Uribe, J. (2019). Una perspectiva de la innovación tecnológica en Latinoamérica. Redalyc, XI(20). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5343/534367764005/534367764005.pdf>

Yeverino, J., Gómez, R., & Luna, M. (2020). Eficiencia y productividad en las unidades de transferencia de resultados de investigación científica en México. Scielo, LXIV(3). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018610422019000400001