

LA TRANSICIÓN HACIA LA INDUSTRIA 5.0: CONCEPTUALIZACIÓN, BENEFICIOS OPERATIVOS Y DESAFÍOS EN LA INGENIERÍA CONTEMPORÁNEA

THE TRANSITION TOWARD INDUSTRY 5.0: CONCEPTUALIZATION, OPERATIONAL BENEFITS, AND CHALLENGES IN CONTEMPORARY ENGINEERING

Alexander José Rondón Suniaga¹

 <https://orcid.org/0009-0007-3756-0860>

Recibido: 12-05-2026

Aceptado: 29-05-2026

Resumen

El presente artículo de revisión documental analiza la conceptualización de la Industria 5.0, en un enfoque cuantitativo que reorienta los sistemas productivos hacia una orientación antropocéntrica, sostenible y resiliente. La investigación tiene como propósito fundamental examinar las definiciones fundamentales de este modelo, resaltar sus beneficios operativos y organizacionales, así como exponer de manera detallada los desafíos estructurales que afrontan los profesionales de la ingeniería para su efectiva implementación en el entorno fabril contemporáneo. Metodológicamente, el estudio se fundamenta en un análisis comparativo de fuentes científicas recientes que delimitan la evolución estratégica desde la automatización extrema previa hacia una relación simbiótica entre el ser humano y las tecnologías avanzadas, tales como la robótica colaborativa y los sistemas de análisis predictivo. Los hallazgos principales evidencian que, si bien la transición potencia la ventaja competitiva mediante la personalización masiva, la proactividad institucional, la reducción de costos operativos, persisten barreras críticas asociadas a la brecha de competencias digitales, dilemas éticos sobre la gobernanza de datos, la ciberseguridad industrial y las limitaciones de inversión financiera en las pequeñas unidades de producción, exigiendo una profunda reconfiguración académica y organizacional.

Palabras clave: industria 5.0; antropocentrismo; sostenibilidad; sinergia hombre-máquina; desafíos de la ingeniería.

Abstract

This paper review article analyzes the conceptualization of Industry 5.0, in a quantitative approach that reorients production systems towards an anthropocentric, sustainable and resilient orientation. The main purpose of the research is to examine the fundamental definitions of this model, highlight its operational and organizational benefits, as well as expose in detail the structural challenges faced by engineering professionals for its effective implementation in the contemporary manufacturing environment. Methodologically, the study is based on a comparative analysis of recent scientific sources that delimit the strategic evolution from previous extreme automation to a symbiotic relationship between humans and advanced technologies, such as collaborative robotics and predictive analysis systems. The main findings show that, although the transition enhances competitive advantage through mass customization, institutional proactivity, and the reduction of operating costs, critical barriers persist associated with the digital skills gap, ethical dilemmas on data governance, industrial cybersecurity and financial investment limitations in small production units. demanding a profound academic and organizational reconfiguration.

¹ Universidad Yacambú. Venezuela. Correo: ajrondons@gmail.com

Keywords: Industry 5.0; Human-centricity; Sustainability; Human-machine synergy; Engineering challenges.

Introducción

El devenir histórico de los sistemas de producción industrial ha estado marcado por transformaciones disruptivas que reconfiguran de manera sistemática no solo las capacidades técnicas de las sociedades, sino también sus estructuras sociolaborales, políticas y económicas. Desde la introducción de la máquina de vapor en el siglo dieciocho, que inauguró la primera revolución industrial mediante la mecanización del trabajo, hasta la consolidación de las líneas de montaje electromecánicas orientadas a la producción en masa durante el siglo diecinueve, cada etapa evolutiva ha perseguido de forma prioritaria la optimización del rendimiento operativo y la maximización de los excedentes financieros. A finales del siglo veinte, la incorporación de la informática, la electrónica y los controladores lógicos programables dio lugar a la tercera revolución, permitiendo una automatización flexible de los procesos fabriles y transformando la gestión de la información dentro del entorno de manufactura.

La llegada de la denominada Industria 4.0, acontecida en las primeras décadas del siglo veintiuno, acentuó esta tendencia al proponer una hiperconectividad fundamentada en los sistemas ciberfísicos, el Internet de las Cosas Industrial (IIoT) y la computación en la nube. Este modelo centró su atención en la digitalización absoluta y en la autonomía de los procesos de fabricación, buscando reducir al mínimo la variabilidad inherente asociada a la intervención humana mediante el despliegue de algoritmos avanzados de aprendizaje automático y sistemas de toma de decisiones descentralizados. No obstante, la experiencia operativa acumulada a nivel global ha evidenciado que una automatización extrema, desprovista de una dimensión social, ética y ecológica, genera externalidades negativas de consideración, tales como la despersonalización del entorno laboral, el incremento de la vulnerabilidad organizativa ante crisis sistémicas y una alarmante huella ecológica que contraviene los objetivos institucionales de desarrollo global.

Ante estas limitaciones de carácter epistemológico y operacional, emerge en el escenario sociotécnico contemporáneo la conceptualización de la Industria 5.0. Este paradigma emergente no se articula como una ruptura radical o un reemplazo cronológico del modelo precedente, sino como un complemento estratégico y una evolución cultural indispensable que enmienda el sesgo estrictamente tecnocéntrico previo. Al respecto, las investigaciones de Romero y Osorio (2025) sostienen que este enfoque busca reorientar el núcleo del tejido productivo, situando de manera explícita al ser humano, la sostenibilidad ambiental y la resiliencia operativa en el centro de los sistemas de fabricación. De este

modo, el desarrollo tecnológico deja de ser concebido como un fin en sí mismo para transformarse en un vector de transformación social al servicio del bienestar colectivo y de la preservación del entorno natural.

El pilar del antropocentrismo dentro de esta nueva concepción filosófica y productiva reubica a los trabajadores en el eje motor de la fábrica inteligente. A diferencia de las posturas radicales de la automatización industrial, donde el operario humano con frecuencia es tipificado como un factor de riesgo o un eslabón ineficiente susceptible de ser erradicado, la Industria 5.0 preconiza una coexistencia simbiótica entre las capacidades de cómputo de la maquinaria y las facultades creativas, heurísticas, empáticas y éticas de los individuos. Herramientas avanzadas como los robots colaborativos, denominados habitualmente cobots, la Inteligencia Artificial (IA) distribuida y la modelación mediante gemelos digitales se despliegan con el propósito implícito de potenciar la seguridad en las plantas de producción, mitigar los riesgos ergonómicos tradicionales y liberar al personal de tareas monótonas o peligrosas, permitiéndoles abocarse al desarrollo de actividades intelectuales de alto valor agregado.

Por otra parte, la sostenibilidad y la resiliencia complementan esta visión integradora al exigir que las organizaciones de producción dejen de operar de manera aislada respecto a sus entornos ecológicos y comunitarios. La dimensión de la sostenibilidad impone la adopción obligatoria de principios de economía circular, el uso eficiente de los recursos energéticos, la minimización de residuos y la reducción sistemática de las emisiones de gases de efecto invernadero, garantizando que las exigencias económicas del presente no comprometan la viabilidad de las generaciones futuras. Asimismo, la resiliencia capacita a las estructuras fabriles para anticipar, absorber, mitigar y adaptarse con agilidad ante perturbaciones geopolíticas, climáticas o sanitarias imprevistas, asegurando la continuidad de las cadenas de suministro esenciales a través de una flexibilidad tecnológica y humana sin precedentes.

La transición hacia este modelo integral no se encuentra exenta de complejidades estructurales significativas, cuya resolución recae directamente sobre la praxis de la ingeniería contemporánea. Los profesionales de esta disciplina, formados tradicionalmente bajo esquemas analíticos orientados de forma exclusiva a la eficiencia técnica y a la maximización de variables cuantitativas, se enfrentan al desafío de ampliar su horizonte competencial. La implementación efectiva de la Industria 5.0 exige que el ingeniero actúe como un agente de cambio interdisciplinario, capaz de coordinar la convergencia de tecnologías digitales y físicas de alta complejidad mientras gestiona simultáneamente las implicaciones éticas del manejo de datos, los riesgos críticos de ciberseguridad industrial y las asimetrías organizacionales derivadas de la resistencia al cambio cultural dentro de las empresas.

Entre las barreras más pronunciadas que restringen esta evolución en el entorno corporativo se encuentra la denominada brecha de competencias digitales avanzadas. La velocidad exponencial con la

que se desarrollan los sistemas inteligentes y las plataformas de analítica predictiva supera con frecuencia los ritmos de actualización de los programas académicos universitarios y de los planes de capacitación interna de las organizaciones, generando un marcado déficit de capital humano cualificado para liderar entornos híbridos de trabajo. Adicionalmente, las asimetrías de carácter financiero representan un obstáculo crítico, especialmente para las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES), las cuales carecen habitualmente del músculo económico requerido para sufragar las costosas inversiones iniciales en infraestructura tecnológica y consultoría estratégica, viéndose relegadas a estadios de rezago digital básico que limitan su competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

Tomando en consideración el escenario anteriormente descrito, el presente artículo de revisión documental se plantea como propósito general examinar de manera sistemática la conceptualización de la Industria 5.0, desglosando con rigor científico los beneficios operativos, sociales y ambientales que este paradigma aporta a las organizaciones contemporáneas, al tiempo que se exponen de forma detallada los desafíos multifacéticos que los ingenieros deben afrontar para su materialización práctica en los entornos fabriles. La relevancia de esta investigación estriba en la necesidad apremiante de ofrecer un marco analítico integrado que sirva de orientación teórica y metodológica para académicos, estudiantes de ciencias de la ingeniería y gerentes del sector productivo, propiciando una reflexión profunda sobre el rumbo de la automatización industrial en la actual centuria.

Para dar cumplimiento cabal al objetivo propuesto, el estudio se circunscribe a una metodología de revisión analítica de la literatura científica reciente, seleccionando de forma rigurosa fuentes documentales indexadas que abordan la transición socio-tecnológica desde diversas perspectivas geográficas e institucionales. El alcance de la investigación comprende la delimitación conceptual de las tecnologías habilitadoras esenciales, la evaluación de las dinámicas de interacción entre operarios y sistemas autónomos, y la identificación pormenorizada de las restricciones financieras, éticas, normativas y de seguridad que condicionan el éxito de estos proyectos de modernización. A través de este abordaje metodológico, se pretende estructurar una discusión lógica, coherente y crítica que culmine en el planteamiento de directrices claras para la formación académica y el desempeño profesional del ingeniero ante las demandas complejas de la sociedad global.

Evolución Epistemológica y Ruptura Teórica con la Industria 4.0

El análisis crítico de la literatura científica revela que el tránsito hacia la Industria 5.0 no constituye un mero agregado tecnológico periférico, sino un cambio paradigmático profundo que redefine los fundamentos epistemológicos de los sistemas de producción. Para comprender la ontología de este nuevo

modelo, resulta metodológicamente indispensable examinar las características y falencias estructurales heredadas de la cuarta revolución industrial. Al respecto, Chiatchoua (2022) caracteriza a la Industria 4.0 como un ecosistema de digitalización integral fundamentado en sistemas ciberfísicos, el Internet de las Cosas (IoT) y la gestión masiva de datos (Big Data), cuyo norte exclusivo radicó en la automatización extrema y en la interconexión de los procesos de manufactura para elevar los índices de competitividad global. Este enfoque marcadamente tecnocéntrico subordinó las dinámicas laborales a los imperativos de la eficiencia algorítmica.

Esta priorización irrestricta de la inversión tecnológica y la optimización de los procesos mecánicos generó, según expone Chiatchoua (2022), severas asimetrías organizacionales y un evidente desinterés por el bienestar de la fuerza laboral, configurando un escenario de deshumanización operativa. Es precisamente ante esta desatención de la dimensión social que la Industria 5.0 emerge como un correctivo estratégico e institucional de primer orden. En sintonía con este planteamiento, Romero y Osorio (2025) sustentan que el nuevo modelo no busca el reemplazo o la desestimación de los logros técnicos precedentes, sino su integración dentro de un marco cultural y operativo renovado, donde la tecnología deja de fungir como el fin supremo de la corporación para posicionarse como un instrumento supeditado al desarrollo humano.

La delimitación conceptual de esta transición de valores encuentra un asidero robusto en las formulaciones de Pérez-Domínguez (2024), quien asevera que, a diferencia de las revoluciones industriales anteriores abocadas de forma casi exclusiva a la celeridad del procesamiento y a la estandarización rígida, la era actual promueve la reintroducción explícita del factor humano en la ecuación fabril. De esta manera, el núcleo metodológico se desplaza desde la simple maximización cuantitativa de los volúmenes de producción hacia un equilibrio dinámico centrado en la personalización de los bienes, la proactividad institucional y el resguardo integral de la dignidad del trabajador.

No obstante, este ritmo acelerado de mutaciones doctrinales e industriales suscita debates epistemológicos profundos sobre la madurez real de los entornos productivos para asimilar tales transformaciones. Frente a las posturas marcadamente optimistas del sector corporativo, De Val Pardo (2021) introduce una mirada crítica y filosófica de alta relevancia al examinar este fenómeno bajo el concepto de la evolución exosomática del ser humano, entendida como la creación e implementación de herramientas externas destinadas a superar las limitaciones biológicas naturales. Desde esta perspectiva analítica, el autor manifiesta serias reservas sobre la velocidad con la que las estructuras académicas y empresariales pretenden validar estos estadios evolutivos:

El avance tecnológico y la premura generalizada de los tiempos enumeran las revoluciones industriales con gran rapidez, de aquí la superposición que se observa, todo en aras de que los últimos avances sean pioneros y punto de arranque de la siguiente. (p. 1).

Esta premura comercial, advierte De Val Pardo (2021), puede responder con mayor frecuencia a estrategias de posicionamiento de mercado y primicia tecnológica que a una decantación consciente, estructural y asimilada de las dinámicas sociolaborales y productivas. Por consiguiente, la confrontación teórica obliga a los investigadores y profesionales de la ingeniería a discernir entre el deseo idealizado de una simbiosis perfecta y la realidad empírica de unas plantas industriales que, en gran medida, aún experimentan dificultades sustantivas para consolidar la infraestructura básica de la automatización digital previa

La Tríada Paradigmática: Antropocentrismo, Sostenibilidad y Resiliencia Operativa

La arquitectura conceptual de la Industria 5.0 se erige sobre tres pilares fundamentales indisolubles cuya validez ha sido refrendada tanto por organismos multilaterales como por la investigación científica aplicada: el antropocentrismo, la sostenibilidad ecológica y la resiliencia ante entornos de volatilidad sistémica. De acuerdo con datos e hitos históricos compilados por la corporación multinacional ABB (2022), esta conceptualización trinitaria fue adoptada y estructurada formalmente por la Comisión Europea en el año 2021, adquiriendo un impulso definitivo a escala global tras la crisis sanitaria y los confinamientos derivados de la pandemia de la enfermedad por coronavirus (COVID-19). Dicho acontecimiento histórico desveló la fragilidad extrema de las cadenas de suministro hiperautomatizadas pero rígidas, forzando una aceleración digital que evidenció la urgencia de reorientar los vectores tecnológicos hacia la preservación de la vida y la adaptabilidad comunitaria.

El primer pilar, referido al enfoque antropocéntrico, plantea una reconfiguración radical de los roles sociotécnicos dentro de la planta de producción. En lugar de percibir al operario como una fuente inevitable de error o un componente rezagado susceptible de sustitución, la Industria 5.0 propugna lo que Moreno et al. (2025) denominan un equilibrio simbiótico. Este concepto postula la interconexión armónica entre la inteligencia, la intuición, la empatía y la capacidad heurística del ser humano con la precisión geométrica, la fuerza mecánica y las facultades analíticas de los sistemas inteligentes de fabricación. En este orden de ideas, Romero y Osorio (2025) puntualizan en una definición del paradigma dentro de los parámetros de la paráfrasis académica:

La Industria 5.0 es un paradigma productivo emergente que integra la tecnología avanzada y el talento humano en una relación simbiótica y armoniosa, con el propósito de crear valor a través

de la sostenibilidad, la resiliencia sistémica y la personalización masiva. Alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, esta industria transforma los sistemas de producción en ecosistemas éticos y adaptativos... (p. 79).

Bajo esta concepción, el trabajador deja de ser un mero apéndice de la maquinaria para investirse con el rol de cocreador estratégico del proceso industrial. El despliegue de las tecnologías denominadas habilitadoras, tales como la robótica colaborativa, los entornos de realidad virtual e inmersiva y los algoritmos de inteligencia artificial distribuida, asume la función explícita de potenciar las capacidades superiores del individuo, proveyéndole de plataformas interactivas para testear, visualizar y perfeccionar ideas complejas en tiempo real, lo que cataliza la innovación disruptiva dentro de la organización.

El segundo pilar, consagrado a la sostenibilidad ambiental, exige un compromiso vinculante con el respeto a los límites biofísicos del planeta. Las evidencias aportadas por los reportes técnicos de ABB (2022), demuestran que la convergencia de herramientas digitales de gestión energética inteligente y esquemas de descarbonización industrial no colisiona con el rendimiento financiero de las empresas; por el contrario, la aplicación de estos sistemas de monitoreo continuo arroja reducciones comprobadas de un veinte por ciento en el consumo de vectores energéticos y disminuciones de hasta un quince por ciento en los costos operativos diarios de infraestructuras comerciales e industriales. La sostenibilidad se viabiliza mediante el empleo de sensores interconectados que optimizan el uso de materias primas y reducen la generación de efluentes y desechos, consolidando los preceptos de la economía circular dentro de la manufactura moderna.

Finalmente, la resiliencia social y operativa se define como la capacidad inherente de las estructuras industriales para absorber perturbaciones externas severas, mantener la continuidad de los servicios esenciales y salvaguardar la integridad de las personas. La investigación de Tato (2023), asocia este pilar a la implementación de planes proactivos de gestión de crisis respaldados por la analítica de datos a gran escala y la modelación mediante gemelos digitales. Al monitorear la salud de la infraestructura física de manera predictiva, los ingenieros pueden recibir notificaciones previas a las alarmas tradicionales, planificar paradas de mantenimiento programadas con precisión matemática y mitigar drásticamente los tiempos de inactividad no planificados, transformando la resiliencia en un escudo estratégico ante entornos de alta volatilidad macroeconómica o geopolítica.

Beneficios Estratégicos y Competitividad Proactiva en el Entorno Corporativo

La asimilación de los postulados de la Industria 5.0 genera una serie de ventajas operacionales y corporativas que resignifican el concepto tradicional de éxito empresarial, demostrando que el

humanismo organizacional resulta altamente rentable a largo plazo. Uno de los beneficios más evidentes se materializa en la flexibilización de la oferta y en la capacidad de responder con agilidad a las demandas cambiantes del mercado global. Con respecto a esto, Travez y Villafuerte (2023) introducen la noción de la "Empresa 5.0", concebida como una entidad productiva e inteligente que evoluciona los entornos de hiperautomatización previa para transitar desde la producción rígida en masa hacia esquemas avanzados de personalización masiva. Esta cooperación simbiótica faculta a las organizaciones para modificar las especificaciones de un producto de forma casi instantánea sin incurrir en penalizaciones económicas severas ni alterar la estructura de costos marginales de la planta.

Asimismo, la adopción proactiva de este enfoque robustece la posición competitiva de las empresas en sus respectivos sectores económicos. Moreno et al. (2025) sostienen que la transición tecnológica guiada por valores sociales incrementa la capacidad de previsión institucional, permitiendo a las organizaciones anticiparse a las tendencias regulatorias ambientales y colonizar nichos de mercado emergentes orientados al consumo responsable. El comportamiento laboral experimenta una transformación positiva debido a que la inversión deliberada en las personas, en sus destrezas digitales y en su bienestar socioemocional reduce el ausentismo laboral, eleva los índices de satisfacción interna y optimiza la retención del talento humano técnico altamente cualificado, factor que se erige como la ventaja competitiva insustituible de la presente era.

Desde la perspectiva puramente técnico-operativa de la ingeniería de planta, los beneficios adquieren una dimensión tangible mediante la optimización de los entornos de trabajo y la reducción de la siniestralidad laboral. El análisis de las tecnologías de robótica colaborativa efectuado por Pérez-Domínguez (2024) pone de relieve cómo los cobots transforman la seguridad ergonómica de los operarios. Al respecto, el autor destaca el impacto de esta interacción en el siguiente pasaje:

Los cobots están diseñados para trabajar de manera segura y cercana con los operarios humanos, asumiendo tareas repetitivas o físicamente exigentes. Al liberar a los trabajadores de estas labores monótonas, la robótica colaborativa les permite centrarse en actividades que requieren habilidades humanas únicas, como la resolución de problemas, la creatividad y la toma de decisiones complejas. (p. 62).

De esta manera, la automatización avanzada absorbe la carga física pesada, insalubre o peligrosa, mitigando las enfermedades profesionales asociadas a movimientos repetitivos o posturas forzadas. Al liberar tiempo intelectual valioso del personal directivo y operativo, la organización maximiza su rendimiento global, pues orienta sus capacidades humanas hacia funciones de alta planificación estratégica, control de calidad analítico y diseño creativo de procesos.

Desafíos Tecnológicos, Ciberseguridad y Gobernanza Ética de Datos

A pesar de las notables prerrogativas operacionales descritas, la materialización práctica de la Industria 5.0 impone a los ingenieros y diseñadores de sistemas una serie de retos estructurales y dilemas éticos de compleja resolución. La raíz de estas problemáticas yace en la intensificación exponencial de la interconectividad digital que caracteriza a las plantas modernas. Zambrano y Pilco (2023) advierten que la convergencia de sensores inalámbricos, plataformas analíticas en la nube e interfaces robóticas colaborativas amplía de manera alarmante la superficie de vulnerabilidad de las empresas ante ciberataques organizados. Un fallo de ciberseguridad industrial en un entorno híbrido no solo compromete la confidencialidad de la propiedad intelectual de la corporación, sino que pone en riesgo inminente la integridad física de los operarios humanos si los algoritmos de control de un cobot o los sistemas de parada de emergencia son manipulados de forma malintencionada a distancia.

Esta preocupación es refrendada por Pérez-Domínguez (2024), quien prescribe la urgencia de estructurar e implementar marcos normativos y protocolos de seguridad digital rígidos que protejan tanto el flujo de datos operativos como el correcto funcionamiento de las redes neuronales artificiales. La gobernanza de la información adquiere tintes éticos sumamente espinosos cuando las tecnologías de IoT y los dispositivos usables (wearables) se despliegan dentro del espacio fabril con el propósito de monitorear variables fisiológicas de los trabajadores, tales como la frecuencia cardíaca, los niveles de sudoración o los patrones de fatiga cognitiva, con miras a prevenir accidentes o mitigar el estrés laboral.

Al respecto, las investigaciones de Romero y Osorio (2025) señalan que esta hipervigilancia digital despierta debates encendidos en torno al derecho a la privacidad de los empleados, el riesgo de persecución corporativa basada en perfiles biométricos y la pérdida progresiva de autonomía en el puesto de trabajo. El ingeniero de la era 5.0 se ve compelido a diseñar arquitecturas informáticas bajo principios éticos restrictivos, asegurando que el tratamiento de los datos individuales se realice de forma anónima, transparente y consensuada, evitando que los sistemas de inteligencia artificial operen como mecanismos de opresión panóptica dentro de la organización.

Por otra parte, los límites intrínsecos de las tecnologías computacionales actuales representan un desafío epistemológico insoslayable. De Val Pardo (2021) objeta de forma severa el discurso tecno-optimista dominante que atribuye capacidades empáticas o juicios morales autónomos a los sistemas mecánicos. El autor argumenta que, aun cuando las redes neuronales artificiales avanzadas demuestren una competencia superior en el procesamiento estadístico y en la resolución de tareas lógicas complejas, carecen por completo de conciencia y de respuestas afectivas auténticas, dado que el cerebro biológico opera bajo un diseño evolutivo multifactorial que la tecnología digital no puede replicar fielmente. Por lo

tanto, delegar decisiones organizacionales con profundas implicaciones morales o de seguridad humana exclusivamente a algoritmos de libre albedrío simulado constituye un riesgo técnico y ético de incalculable magnitud que la ingeniería contemporánea debe restringir mediante una supervisión humana rigurosa.

La Transformación Curricular y la Brecha de Competencias de la Ingeniería

La transición hacia la Industria 5.0 altera de forma irreversible los perfiles profesionales requeridos en el mercado laboral, trasladando el foco de atención desde la mera pericia técnica hacia una formación holística e interdisciplinaria. Esta metamorfosis en las demandas sociotécnicas plantea un desafío colosal para las instituciones de educación universitaria, las cuales enfrentan la exigencia perentoria de actualizar sus estructuras curriculares con una celeridad acorde al dinamismo tecnológico actual. En el ámbito de la educación superior, Mujica (2024), desde la perspectiva de la Universidad de Carabobo, sostiene que el advenimiento de este paradigma exige una reconfiguración inmediata de los programas académicos de las ciencias de la ingeniería. Los ingenieros ya no pueden ser instruidos únicamente bajo esquemas analíticos estancos orientados a la optimización matemática de variables físicas aisladas, sino que deben desarrollar capacidades para liderar ecosistemas híbridos donde coexisten personas y sistemas autónomos.

Este escenario académico demanda la amalgamación equilibrada entre las competencias denominadas duras y las habilidades blandas o transversales. De acuerdo con Mujica (2024), el profesional de la ingeniería en la era contemporánea debe poseer un dominio robusto de disciplinas de vanguardia como la programación avanzada, la analítica predictiva de datos, la robótica colaborativa y la simulación virtual; no obstante, dicho bagaje instrumental resulta inocuo si no se complementa con competencias relativas al pensamiento crítico, la adaptabilidad al cambio, la inteligencia emocional, la negociación de conflictos y un profundo sentido de responsabilidad social y ética. La ausencia de este equilibrio formativo da origen a una marcada brecha de competencias digitales en las organizaciones, donde el personal técnico capacitado presenta dificultades severas para comunicarse de forma asertiva con los equipos de operarios, o viceversa, entorpeciendo los canales de interacción hombre-máquina requeridos por el paradigma.

La gravedad de este desafío es igualmente subrayada por Zambrano y Pilco (2023), quienes enfatizan que la planificación estratégica y la inclusividad deben constituir el eje motor de cualquier proyecto de modernización fabril. Los autores explicitan la naturaleza bidimensional de este reto en su formulación textual:

A medida que avanza la tecnología surge Industria 5.0, la misma que fomenta una integración estrecha entre humanos, máquinas y robots, redefiniendo los procesos de producción. El objetivo principal de este artículo es explorar y analizar los desafíos que enfrentan las empresas en los ámbitos tecnológicos y humanos a medida que hacen la transición hacia la Industria 5.0. (p. 1).

En consecuencia, el éxito del proceso no se circunscribe a la adquisición e instalación de plataformas de software o módulos mecánicos autónomos, sino al diseño sociotécnico de programas de formación continua y reconversión profesional dentro de las propias corporaciones industriales. Las organizaciones se ven en la obligación de capacitar a su personal de manera permanente para asimilar la automatización heredada, erradicando el arraigado temor psicológico y empresarial que asocia de forma directa la robotización con el desempleo forzado, demostrando en su lugar que los entornos digitales maduros tienden a registrar menores tasas de desocupación al desplazar a los trabajadores hacia funciones de supervisión intelectual de mayor valor añadido.

Asimetrías Socioeconómicas, Democratización y la Realidad de las PYMES

Uno de los debates más complejos y de mayor trascendencia regional en torno a la viabilidad de la Industria 5.0 se vincula con las marcadas asimetrías de carácter financiero, infraestructural y socioeconómico que condicionan su adopción, especialmente en los contextos geográficos de economías emergentes o en vías de desarrollo. La literatura científica analizada advierte sobre el peligro inminente de que la revolución digital profundice las brechas de desigualdad existentes en el tejido productivo si no se implementan políticas públicas de democratización tecnológica. Carro y Sarmiento (2022), en sus investigaciones auspiciadas por la Universidad Nacional Autónoma de México, alertan sobre los impactos sociales implícitos en la transición, señalando el riesgo latente de polarización del empleo y exclusión sistemática de aquella fuerza laboral rezagada que carece de acceso a planes equitativos de capacitación, afectando de forma particular a los trabajadores de menor nivel educativo o de edad avanzada.

Esta asimetría se proyecta con idéntica rigurosidad sobre la estructura empresarial, manifestándose en la denominada paradoja estructural de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES). Investigadores como Romero y Osorio (2025) señalan que, si bien el discurso corporativo global presenta a la Industria 5.0 como un modelo universalmente accesible, la realidad empírica latinoamericana denota severas barreras de inversión financiera que restringen la adopción de infraestructura avanzada en las unidades productivas de menor escala. Los elevados costos iniciales de equipamiento, la consultoría estratégica especializada y la reconversión de plantas representan obstáculos financieros casi insalvables

para empresas que operan en mercados con severas restricciones de crédito o que arrastran notables rezagos de digitalización básica y conectividad homogénea, tal como documenta Chiatchoua (2022).

Frente a este panorama restrictivo, emergen posturas teóricas que buscan desmitificar el carácter elitista del paradigma para proponer una adopción democrática, transversal y de baja intensidad de capital. Naranjo (s.f.) sostiene de forma categórica que la Industria 5.0 no constituye una revolución exclusiva para los conglomerados transnacionales hiperpotentes. Desde la óptica del autor, la esencia del modelo radica en una transformación cultural y ética orientada por valores, lo que faculta a las micro, pequeñas y medianas empresas, a los profesionales independientes e incluso a los centros educativos para implementar sus principios fundamentales tales como la economía circular doméstica, la ergonomía laboral, la personalización artesanal-digital y la colaboración directa hombre-máquina sin la obligación de sufragar inversiones multimillonarias en hardware de última generación.

Esta viabilidad operativa y la resolución equilibrada de la transición empresarial encuentran una síntesis argumentativa precisa en los planteamientos metodológicos de Zambrano y Pilco (2023), quienes compendian las directrices estratégicas indispensables para el éxito institucional en el siguiente bloque de texto:

La planificación estratégica y consideraciones éticas son clave, al igual que el enfoque en la inclusividad y la adaptabilidad mediante tecnologías avanzadas. Aunque existen desafíos financieros y preocupaciones de seguridad, la reconfiguración rápida y la colaboración humano-máquina destacan como elementos clave para el éxito... (p. 1).

Se deduce, por tanto, que la gestión de ingeniería aplicada a la era de la Industria 5.0 demanda un ejercicio profundo de contextualización sociotécnica. El profesional de la ingeniería no debe actuar como un mero implantador acrítico de modas tecnológicas foráneas, sino como un estratega capaz de diagnosticar con rigor las capacidades digitales internas de la organización, diseñando rutas de transición progresivas donde la inversión económica se sincronice de forma milimétrica con el desarrollo cultural, la inclusión laboral de los trabajadores y el respeto irrestricto al entorno ambiental donde se circunscribe la actividad industrial.

Conclusiones o Reflexiones

La revisión sistemática y el análisis crítico de la literatura científica especializada permiten concluir de manera categórica que la Industria 5.0 no representa una simple iteración tecnológica o una moda corporativa pasajera, sino una evolución doctrinal e infraestructural impostergradable que enmienda el sesgo estrictamente tecnocéntrico de la transformación digital precedente. Al desplazar el núcleo estratégico

desde la automatización irrestricta hacia un modelo fundamentado en la centralidad humana, la sostenibilidad ecológica y la resiliencia operativa, el nuevo paradigma redefine el concepto global de éxito industrial, supeditando el despliegue de los sistemas ciberfísicos e inteligentes al bienestar colectivo y a la preservación biofísica del entorno. De este modo, la tecnología deja de ser concebida como un fin autónomo para erigirse en un catalizador ético y social del progreso productivo.

En el ámbito netamente operativo, las evidencias analizadas desmitifican la premisa de que los enfoques humanistas y ecológicos colisionan con los rendimientos financieros de las organizaciones. La consolidación de la denominada "Empresa 5.0" demuestra que la cooperación simbiótica entre el talento humano y los sistemas robóticos colaborativos (cobots) no solo resguarda la salud ergonómica de los operarios al liberarlos de tareas monótonas o peligrosas, sino que además provee a las industrias de una flexibilidad y agilidad sin precedentes para migrar hacia esquemas avanzados de personalización masiva sin incurrir en penalizaciones económicas severas. Asimismo, la integración inteligente de plataformas de monitoreo energético y análisis predictivo robustece la resiliencia de la cadena de valor ante perturbaciones macroeconómicas o geopolíticas, transformando el respeto a los límites del planeta y la proactividad institucional en ventajas competitivas insustituibles a largo plazo.

No obstante, la materialización práctica de este ecosistema híbrido impone a la praxis de la ingeniería contemporánea un conjunto de desafíos multidimensionales que restringen su adopción homogénea. El incremento exponencial de la interconectividad digital amplía drásticamente la superficie de vulnerabilidad ante ciberataques industriales, exigiendo arquitecturas de seguridad informática sumamente rígidas. Paralelamente, la gobernanza ética de los datos plantea debates complejos en torno a la privacidad y el riesgo de hipervigilancia digital sobre las variables fisiológicas de los trabajadores, obligando al diseñador técnico a estructurar sistemas de control transparentes que eviten la despersonalización o la opresión panóptica en el puesto de trabajo. Desde una perspectiva epistemológica, se resalta la necesidad de mantener una supervisión humana estricta sobre las redes neuronales, entendiendo que las facultades morales, heurísticas y empáticas del individuo son biológicamente irreplicables por algoritmos de libre albedrío simulado.

Finalmente, la investigación pone de manifiesto que el verdadero factor limitante para la transición hacia la Era 5.0 no reside en la disponibilidad del hardware o del software, sino en la dimensión cultural, educativa y socioeconómica del capital humano. Las instituciones de educación universitaria se enfrentan a la exigencia perentoria de reconfigurar de inmediato sus planes de estudio en las ciencias de la ingeniería, amalgamando de forma equilibrada las competencias técnicas duras con habilidades blandas transversales como el pensamiento crítico, la adaptabilidad y la responsabilidad social. Asimismo, en los

contextos de economías emergentes —como el latinoamericano—, el éxito del paradigma dependerá de la capacidad política y corporativa para democratizar el acceso tecnológico y diseñar planes estratégicos inclusivos de reconversión profesional, derribando las barreras crediticias e infraestructurales que marginan a las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) e impidiendo que la brecha digital se traduzca en una nueva fuente de exclusión y polarización laboral.

Referencias

- ABB. (octubre de 2022). *La Industria 5.0, el nuevo paradigma de la transformación digital*. ABB Electrification. https://aristosindustrial.es/wp-content/uploads/2022/10/ABB_NDP_Industria-5.0.pdf
- Carro, J. y Sarmiento, S. (2022). El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 10(24). <https://revistas.unam.mx/index.php/entreciencias/issue/view/6001>
- Chiatchoua, C. (2022). Hacia una Industria 4.0 en México: potencialidades, desafíos y necesidades. *Tecnotrend*, 7(12), 1-8. <https://tecnotrend.lasallebajio.edu.mx/?n=12&p=129>
- De Val Pardo, I. (2021). Más allá de la Industria 5.0: realidad y deseo. *Encuentros Multidisciplinares*, (68). <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/revista-68/isabel-de-val.pdf>
- Moreno, A., Moreno, P., Bueno, M. y Mendoza, G. (2025). Evolución de la industria 5.0 y su efecto en la proactividad. *Polo del Conocimiento*, 10(1). <https://doi.org/10.23857/pc.v10i1.8945>
- Mujica, V. (2024). El rol del ingeniero industrial en la industria 5.0: Desafíos curriculares y habilidades requeridas. *Revista FACES*, 6(1), 93-114. <https://servicio.bc.uc.edu.ve/faces/revista/>
- Naranjo, J. (s.f.). *El camino hacia la Industria 5.0*. Oficina Acelera Pyme, Diputación de Soria. Open-Ideas. <https://acelerapyme.dipsoria.es/storage/2025/04/EL-CAMINO-HACIA-LA-INDUSTRIA-5.0.pdf>
- Pérez-Domínguez, L. A. (2024). Las principales tecnologías de la era de la industria 5.0. *Revista Ingenio*, 21(1), 60-70. <https://doi.org/10.22463/2011642X.4352>
- Romero, M. y Osorio, J. (2025). *Industria 5.0: Un Paradigma Centrado en el Ser Humano para la Sostenibilidad y Resiliencia Productiva*. *Innovaciones de Negocios*, 22(44), 71-96. <https://doi.org/10.29105/in22.44-481>
- Tato, J. (2023). *Análisis del nuevo paradigma de la industria 5.0 y su efecto en la estrategia de una empresa tecnológica*. [Trabajo de Fin de Máster, Universidad Católica de Murcia]. <https://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/7678/TATO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Travez, A. y Villafuerte, C. (2023). Industria 5.0, revisión del pasado y futuro de la producción y la industria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7(1). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4457
- Zambrano, C. y Pilco, R. (2023). *Preparando a las Empresas para la Revolución Industrial 5.0: Un Análisis Teórico sobre su Preparación y Desafíos*. Samborondón. Posgrado Online, Universidad Espíritu Santo. <https://repositorio.uees.edu.ec/items/6a2ada3d-f51e-4c44-acb5-9fbbd7d931f1>