

**Innovación y automatización de procesos como estrategias para el desarrollo de la
manufactura avanzada en Colombia: una revisión documental**

Cristian Andres Ocampo Rojas

Asesor

Luis Felipe Ríos Delgado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Industrial

2026

Resumen

La manufactura avanzada se ha consolidado a nivel mundial como un pilar estratégico para el fortalecimiento de la competitividad industrial, la sostenibilidad y el crecimiento económico, impulsada por la integración de tecnologías digitales, la automatización de procesos y modelos inteligentes de gestión productiva; Sin embargo, en Colombia, la adopción de estas tecnologías presenta avances desiguales y enfrenta múltiples desafíos estructurales, entre los que se destacan la limitada inversión en investigación y desarrollo, la fragmentación del ecosistema de innovación, las brechas en la formación de talento humano especializado y la persistencia de modelos productivos tradicionales con bajos niveles de automatización de la misma forma que esta situación restringe la capacidad del sector manufacturero nacional para responder de manera eficiente a las dinámicas de un mercado global cada vez más competitivo y orientado a la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad.

En este contexto, la presente monografía tiene como objetivo analizar cómo la innovación y la automatización de procesos pueden consolidarse como estrategias clave para fortalecer la manufactura avanzada en Colombia, contribuyendo a la reducción de la brecha tecnológica y al aumento de la competitividad nacional, con tal fin se adopta un enfoque de investigación aplicada con metodología mixta, fundamentado principalmente en una revisión documental crítica y comparativa de antecedentes nacionales e internacionales publicados en los últimos diez años, complementada con información secundaria proveniente de informes institucionales y publicaciones especializadas a partir de esta revisión, se identifican las principales tecnologías implementadas, las barreras que limitan su adopción y las oportunidades que ofrece el contexto colombiano para avanzar hacia modelos productivos más avanzados.

Los resultados evidencian que tecnologías como el Internet de las Cosas, la robótica industrial, el Big Data, la inteligencia artificial y las metodologías de mejora continua representan un alto potencial para transformar los procesos manufactureros en el país, asimismo, su implementación se ve condicionada por factores económicos, organizacionales, culturales y formativos; De la misma forma que se reconoce que la manufactura avanzada no constituye únicamente un cambio tecnológico, sino un proceso sistémico que requiere articulación entre empresa, academia y Estado, así como una visión estratégica de largo plazo, lo que finalmente la investigación propone lineamientos estratégicos orientados a fortalecer la innovación, la automatización y el desarrollo del talento humano, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, aportando insumos prácticos para la toma de decisiones en el ámbito empresarial, académico y de política pública.

Palabras clave: Manufactura avanzada, innovación, automatización de procesos, competitividad industrial, sostenibilidad.

Abstract

Advanced manufacturing has been consolidated worldwide as a strategic pillar for strengthening industrial competitiveness, sustainability and economic growth, driven by the integration of digital technologies, process automation and intelligent production management models. However, in Colombia, the adoption of these technologies presents uneven progress and faces multiple structural challenges, among which the limited investment in research and development, the fragmentation of the innovation ecosystem, the gaps in the training of specialized human talent and the persistence of traditional production models with low levels of automation stand out; This situation restricts the ability of the national manufacturing sector to respond efficiently to the dynamics of an increasingly competitive global market oriented towards efficiency, quality and sustainability.

In this context, this monograph aims to analyze how innovation and process automation can be consolidated as key strategies to strengthen advanced manufacturing in Colombia, contributing to the reduction of the technological gap and the increase in national competitiveness, to this end, an applied research approach with mixed methodology is adopted, based mainly on a critical and comparative documentary review of national and international precedents published in the last ten years, complemented with secondary information from institutional reports and specialized publications. From this review, the main implemented technologies are identified, the barriers that limit their adoption and the opportunities offered by the Colombian context to advance towards more advanced production models.

The results show that technologies such as the Internet of Things, industrial robotics, Big Data, artificial intelligence and continuous improvement methodologies represent a high potential to transform manufacturing processes in the country. However, its implementation is

conditioned by economic, organizational, cultural and training factors. Likewise, it is recognized that advanced manufacturing does not only constitute a technological change, but a systemic process that requires coordination between companies, academia and the State, as well as a long-term strategic vision. Finally, the research proposes strategic guidelines aimed at strengthening innovation, automation and the development of human talent, aligned with the Sustainable Development Goals, providing practical inputs for decision-making in the business, academic and public policy fields.

Keywords: Advanced manufacturing, innovation, process automation, industrial competitiveness, sustainability.

Tabla de contenido

Resumen.....	2
Introducción	12
Planteamiento del Problema	15
Pregunta de Investigación.....	17
Justificación	18
Objetivos	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos	20
Marco Referencial.....	21
Antecedentes de Investigación	21
Marco Conceptual.....	25
Innovación Tecnológica.....	26
Innovación Organizacional.....	26
Nivel de Automatización	26
Integración de Sistemas	27
Tecnologías de Industria 4.0.....	27
Digitalización de Procesos.....	27
Definición de Manufactura Avanzada	27
Perspectiva de Ingeniería Industrial.....	28
Tipo de Experiencia	28
Contexto de Aplicación	28
Barreras Tecnológicas.....	28

Barreras Organizacionales y Económicas.....	29
Competitividad y Productividad.....	29
Sostenibilidad	29
Marco Teórico	30
Desarrollo de la Manufactura Avanzada	31
Metodología	34
Tipo de Investigación	34
Enfoque de Investigación	34
Método de Investigación	34
Técnicas de Investigación.....	35
Instrumentos de Investigación.....	35
Operacionalización de Variables	35
Fases de la Investigación	37
Fase 1: Revisión Documental y Contextualización	37
Fase 2: Diseño Metodológico y Preparación de Instrumentos	38
Fase 3: Recolección de Información Primaria y Secundaria	38
Fase 4: Análisis de la Información	38
Fase 5: Formulación de Lineamientos Estratégicos	38
Fase 6: Redacción y Socialización de Resultados	38
Resultado.....	40
Revisión documental y contextualización	40
Diseño Metodológico y Preparación de Instrumentos.....	41
Proceso de Cribado, Criterios de Inclusión y Elegibilidad de los Estudios.....	41

Recolección de Información Primaria y Secundaria	44
Análisis de la Información.....	45
Formulación de Lineamientos Estratégicos.....	53
Discusión.....	57
Conclusiones	63
Recomendaciones	67
Referencias Bibliográficas	69

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Relación de Fases</i>	37
Figura 2 <i>Selección de Estudios</i>	43
Figura 3 <i>Resultados de Búsqueda</i>	52

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Operacionalización de Variables</i>	36
Tabla 2 <i>Cuadro Comparativo</i>	46
Tabla 3 <i>Cuadro de Tecnologías</i>	51
Tabla 4 <i>Lineamientos Estratégicos</i>	54

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Matriz Documental</i>	81
--	----

Introducción

La transformación de los sistemas productivos a nivel mundial ha estado marcada por la incorporación acelerada de tecnologías digitales, la automatización de procesos y la integración de modelos inteligentes de gestión industrial; En este contexto, la manufactura avanzada se ha consolidado como un eje estratégico para el crecimiento económico, la competitividad empresarial y la sostenibilidad, al permitir la optimización de recursos, el aumento de la productividad y la mejora continua de la calidad en los procesos productivos, es por eso, que algunos países con economías industrializadas han logrado fortalecer sus cadenas de valor mediante la adopción de tecnologías habilitadoras asociadas a la Industria 4.0, generando ventajas competitivas sostenibles y posicionándose con mayor solidez en los mercados globales (MinTIC, 2019).

En Colombia, aunque se han registrado avances en políticas públicas orientadas a la innovación, la digitalización y el fortalecimiento del sector industrial, persisten brechas significativas frente a economías más desarrolladas, estas brechas se evidencian en la limitada adopción de tecnologías avanzadas, la baja inversión en investigación y desarrollo, la fragmentación del ecosistema de innovación y la insuficiente formación de talento humano especializado, como resultado, gran parte del aparato productivo nacional continúa operando bajo esquemas tradicionales o con niveles reducidos de automatización, lo que restringe su capacidad de adaptación a un entorno económico cada vez más dinámico, competitivo y exigente (UNESCO, 2023).

La innovación y la automatización de procesos emergen, en este escenario, no solo como herramientas tecnológicas, sino como estrategias integrales de transformación organizacional. Su implementación implica cambios profundos en la cultura empresarial, en los modelos de gestión, en la estructura del talento humano y en la relación entre empresa, academia y Estado. Un ejemplo

claro se observa en empresas que han incorporado sistemas de control automatizado y análisis de datos para optimizar la toma de decisiones, logrando reducir desperdicios, mejorar la eficiencia operativa y responder con mayor agilidad a las demandas del mercado, estas experiencias demuestran que la manufactura avanzada no es un concepto aislado, sino un proceso sistémico que requiere articulación institucional, visión estratégica y compromiso sostenido (Kuno, 2025).

Desde una perspectiva social y ambiental, la transición hacia modelos de manufactura avanzada también plantea retos y oportunidades relevantes, La automatización redefine los perfiles laborales, demanda competencias técnicas y analíticas más avanzadas y abre espacios para la generación de empleo calificado; Al mismo tiempo, favorece prácticas productivas más eficientes, orientadas a la reducción de desperdicios y al uso responsable de los recursos, aspectos fundamentales para avanzar hacia un desarrollo sostenible; En este sentido, la manufactura avanzada se vincula directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente con el trabajo decente y crecimiento económico, la industria, la innovación y la infraestructura, y la producción y consumo responsables (Naciones Unidas, s.f.)

En este marco, la presente monografía tiene como propósito analizar cómo la innovación y la automatización de procesos pueden consolidarse como estrategias clave para fortalecer la manufactura avanzada en Colombia, partiendo de un enfoque de investigación aplicada y mixto, se examinan experiencias nacionales e internacionales, se identifican barreras y oportunidades existentes en el contexto colombiano y se proponen lineamientos estratégicos orientados a una transición productiva competitiva y sostenible, dado que el presente trabajo no solo busca aportar a la generación de conocimiento académico, sino también ofrecer insumos prácticos que apoyen la toma de decisiones de empresas, instituciones educativas y formuladores de políticas públicas,

reconociendo que la transformación industrial es un desafío complejo que exige una visión integral y de largo plazo.

Planteamiento del Problema

La industria colombiana enfrenta actualmente un escenario complejo, marcado por la presión de la globalización, la transformación digital y la acelerada evolución de los sistemas productivos a nivel internacional, mientras las economías industrializadas han integrado de manera estratégica la innovación y la automatización de procesos como pilares de la manufactura avanzada, en Colombia persiste una estructura productiva con predominio de procesos manuales o con bajos niveles de automatización, lo que incide directamente en la productividad, los costos operativos y la capacidad de respuesta de las empresas frente a mercados cada vez más exigentes en términos de calidad, flexibilidad y eficiencia (Robayo Acuña, 2016).

Diversos diagnósticos institucionales advierten que este rezago no se explica únicamente por la disponibilidad tecnológica, sino por debilidades estructurales del ecosistema de innovación, la limitada inversión en investigación y desarrollo, la baja articulación entre el Estado, la academia y el sector productivo, así como las brechas en la formación de talento humano especializado en automatización, ingeniería de procesos y analítica de datos, han restringido la capacidad del país para avanzar hacia modelos de manufactura avanzada de manera sostenida (Federación Colombiana de Gestión Humana, 2024). Estas problemáticas coinciden con los hallazgos de Llinares-Paternina et al. (2023), quienes evidencian que los principales obstáculos de innovación en la industria manufacturera colombiana afectan significativamente el desempeño innovador de las empresas, especialmente por limitaciones internas, falta de capacidades técnicas y dificultades para adoptar nuevos procesos y tecnologías. En este contexto, muchas empresas, en especial pequeñas y medianas, perciben la innovación como un riesgo más que como una oportunidad, debido a la falta de acompañamiento técnico, financiamiento y capacidades internas.

Diversos diagnósticos institucionales advierten que este rezago no se explica únicamente por la disponibilidad tecnológica, sino por debilidades estructurales del ecosistema de innovación, la limitada inversión en investigación y desarrollo, la baja articulación entre el Estado, la academia y el sector productivo, así como las brechas en la formación de talento humano especializado en automatización, ingeniería de procesos y analítica de datos, han restringido la capacidad del país para avanzar hacia modelos de manufactura avanzada de manera sostenida, en este contexto, muchas empresas, en especial pequeñas y medianas, perciben la innovación como un riesgo más que como una oportunidad, debido a la falta de acompañamiento técnico, financiamiento y capacidades internas (Federación Colombiana de Gestión Humana, 2024).

La magnitud de la brecha tecnológica se evidencia al comparar la realidad nacional con la de países que han consolidado la manufactura avanzada como eje de su competitividad industrial, economías como Alemania, Corea del Sur o México han fortalecido sus cadenas de valor mediante la adopción de robótica colaborativa, inteligencia artificial, sistemas ciberfísicos y modelos de producción flexibles, logrando mejoras sustanciales en eficiencia, trazabilidad y adaptación al mercado; En contraste, una proporción significativa de la industria colombiana continúa operando con tecnologías obsoletas, lo que limita su inserción en cadenas globales de valor y reduce sus oportunidades de crecimiento sostenible, incluso en sectores con tradición exportadora (Universidad Internacional de Valencia, 2025; Held, 2024).

Este rezago tecnológico también tiene implicaciones sociales y ambientales relevantes, la baja adopción de procesos innovadores restringe la generación de empleo calificado y perpetúa estructuras laborales de bajo valor agregado, afectando la calidad del empleo y las oportunidades de desarrollo profesional, de manera paralela, los esquemas productivos tradicionales suelen presentar mayores niveles de desperdicio, consumo ineficiente de recursos y mayores impactos

ambientales, lo que resulta contradictorio frente a los compromisos del país con el desarrollo sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el trabajo decente, la innovación industrial y la producción responsable (Garcés & Peña, 2020).

En consecuencia, la industria colombiana enfrenta el riesgo de profundizar su rezago y perder competitividad si no logra consolidar estrategias efectivas de innovación y automatización de procesos, adaptadas a sus condiciones económicas, sociales e institucionales, a lugar que la manufactura avanzada no puede entenderse únicamente como una solución técnica, sino como un desafío sistémico que exige políticas públicas coherentes, fortalecimiento del talento humano, acceso a financiamiento, transformación cultural en las organizaciones y una articulación más sólida entre los actores del ecosistema productivo, así que, la ausencia de acciones coordinadas y sostenidas puede traducirse en una pérdida progresiva de competitividad en un contexto global donde la innovación ha dejado de ser una opción para convertirse en una condición indispensable para la permanencia y el desarrollo industrial del país (Hansen, 2024; Cortés et al, 2021).

Pregunta de Investigación

A partir de lo expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación, la cual orienta el desarrollo y el enfoque del presente estudio: ¿Cómo puede Colombia fortalecer la innovación y la automatización de procesos para impulsar el desarrollo de la manufactura avanzada?

Justificación

La presente investigación se justifica por su aporte al análisis estratégico de la innovación y la automatización de procesos como ejes fundamentales para el fortalecimiento de la manufactura avanzada en Colombia, en un contexto donde la adopción tecnológica se ha convertido en un factor decisivo para la competitividad industrial. Más allá de describir las brechas existentes, el estudio busca comprender cómo estas estrategias pueden implementarse de manera gradual y contextualizada en el entorno productivo nacional, aportando una visión integradora que articula tecnología, gestión y desarrollo organizacional, en dicho sentido destacan que la modernización industrial no depende únicamente de la incorporación de tecnología, sino de la capacidad de las organizaciones para transformar sus procesos y modelos de gestión de forma coherente con su realidad económica y productiva (Maldonado Pinto & Portilla Barco, 2019).

Desde la perspectiva empresarial, la investigación adquiere relevancia al ofrecer lineamientos estratégicos que orientan la toma de decisiones frente a la adopción de soluciones de innovación y automatización acorde a Laguna y Lara (2024), quienes señalan que muchas organizaciones, especialmente pequeñas y medianas empresas, enfrentan dificultades para evaluar la viabilidad de estas tecnologías debido a la incertidumbre asociada a los costos, la falta de conocimiento especializado y el desconocimiento de experiencias aplicables a contextos similares. En este marco, el estudio aporta un análisis estructurado de experiencias, barreras y oportunidades, permitiendo a las empresas contar con criterios más claros para mejorar su eficiencia operativa, optimizar recursos y fortalecer su sostenibilidad a mediano y largo plazo (Laguna & Lara Martínez, 2024).

En el ámbito académico, esta investigación contribuye al fortalecimiento de la Ingeniería Industrial al integrar conceptos de innovación, automatización y manufactura avanzada desde un

enfoque aplicado. Garcés y Peña (2020) destacan la importancia de generar conocimiento que conecte la teoría con las dinámicas reales del sector productivo, de modo que la investigación académica no se limite a la descripción conceptual, sino que ofrezca herramientas analíticas útiles para la formación de profesionales y el desarrollo de nuevas líneas de investigación. En este sentido, el estudio se constituye como un referente para futuros trabajos académicos y procesos de docencia orientados a la transformación industrial. (Garcés & Peña, 2020).

La justificación del proyecto también se sustenta en su impacto social y laboral, al analizar la innovación y la automatización no como amenazas al empleo, sino como oportunidades para la generación de trabajo calificado y el fortalecimiento de competencias técnicas y analíticas. Cortés et al. (2021) sostienen que la transición hacia modelos productivos más avanzados requiere una evolución en los perfiles laborales, promoviendo empleos de mayor valor agregado y condiciones de trabajo más seguras y eficientes. Este enfoque permite comprender la manufactura avanzada como un proceso de transformación integral que incide directamente en la calidad del empleo y en el desarrollo del talento humano (Cortés et al, 2021).

Finalmente, desde una perspectiva de sostenibilidad, la investigación se alinea con la necesidad de promover modelos productivos más eficientes y responsables en el uso de los recursos. La innovación y la automatización de procesos facilitan la reducción de desperdicios, el control del consumo energético y la mejora en la trazabilidad de los procesos productivos, aspectos que, según diversos estudios, resultan fundamentales para avanzar hacia una industria más sostenible. De este modo, el trabajo se articula con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente con el ODS 8, el ODS 9 y el ODS 12, consolidando una visión de la manufactura avanzada como motor de desarrollo económico, social y ambiental.

Objetivos

Objetivo General

Fortalecer la manufactura avanzada en Colombia para aumentar la competitividad nacional y promover la sostenibilidad, mediante la consolidación de estrategias de innovación y automatización de procesos, analizando casos reales, identificando barreras y oportunidades, y proponiendo lineamientos estratégicos adaptados al contexto colombiano.

Objetivos Específicos

Identificar las barreras y oportunidades que enfrentan las empresas colombianas para diseñar recomendaciones viables que faciliten la adopción de tecnologías emergentes mediante entrevista a actores clave del sector industrial, encuestas análisis del entorno institucional, educativo y tecnológico.

Analizar experiencias nacionales e internacionales de innovación y automatización en manufactura avanzada para extraer buenas prácticas, lecciones aprendidas y modelos de éxito mediante revisión documental crítica, comparativa entre países y estudios de caso de empresas colombianas.

Proponer lineamientos estratégicos adaptados al contexto colombiano para orientar a una transición hacia un modelo de manufactura avanzada competitivo y sostenible mediante síntesis de los hallazgos, desarrollo de un marco de recomendaciones prácticas y escenarios de implementación para diferentes tipos de empresas.

Marco Referencial

El marco referencial tiene como propósito contextualizar y sustentar la presente investigación a partir del análisis de antecedentes relevantes, conceptos fundamentales y enfoques teóricos que permiten comprender la relación entre innovación, automatización de procesos y manufactura avanzada, en este apartado se integran estudios académicos, proyectos de investigación y aportes teóricos que evidencian el estado del conocimiento sobre el tema, tanto a nivel nacional como internacional; Asimismo, se establecen las bases conceptuales y teóricas que orientan el análisis del fenómeno de estudio, facilitando una comprensión sistemática de las variables involucradas y proporcionando un soporte sólido para la interpretación de los resultados y la discusión de los hallazgos en el contexto del sector industrial colombiano.

Antecedentes de Investigación

El presente apartado reúne los principales antecedentes de investigación relacionados con la innovación, la automatización de procesos y la manufactura avanzada, considerando estudios nacionales e internacionales publicados en los últimos diez años, entre 2015 y 2025. Se incluyen artículos científicos, proyectos de grado e investigaciones académicas consultadas en revistas indexadas y bases de datos especializadas indexadas como Scopus, Google Scholar, PublicIndex, Science Direct, entre otras, con el propósito de identificar enfoques metodológicos, resultados relevantes, barreras comunes y aportes significativos que permitan contextualizar el problema de investigación y sustentar teóricamente el estudio.

En la investigación realizada por Kagermann, Wahlster y Helbig (2013) se desarrolló un estudio estratégico de carácter descriptivo y prospectivo cuyo objetivo fue analizar el impacto de la digitalización y la automatización inteligente en los sistemas productivos industriales y proponer lineamientos para la transición hacia la manufactura avanzada en el contexto de la

Industria 4.0; a partir del análisis de experiencias industriales, políticas públicas y proyectos piloto del sector manufacturero alemán con participación de empresas, centros de investigación y entidades gubernamentales, los resultados evidenciaron que la integración de sistemas ciber físicos, automatización avanzada y conectividad digital mejora de manera significativa la eficiencia, la flexibilidad y la competitividad, por lo que se concluye que la adopción exitosa de la manufactura avanzada requiere una visión sistémica que articule tecnología, formación de talento humano, políticas públicas y cooperación entre industria y academia.

En continuidad con la necesidad de talento especializado, la investigación de la Universidad Pontificia Bolivariana (2020) desarrolló un estudio descriptivo con enfoque cualitativo cuyo objetivo fue analizar experiencias de evaluación de aprendizajes en programas vinculados a la manufactura avanzada; mediante el análisis de prácticas pedagógicas que integran metodologías híbridas, aprendizaje basado en problemas, rúbricas, coevaluación, heteroevaluación y evaluación multiagente con participación empresarial, se evidenció que estas estrategias favorecen un aprendizaje significativo y pertinente al permitir el desarrollo de prototipos reales que articulan diseño, electrónica y programación, aunque también se identificaron dificultades vinculadas con la coherencia entre instrumentos de evaluación, la disponibilidad de tiempo y la preparación de los evaluadores, de modo que se resalta que la innovación en la evaluación fortalece la formación siempre que exista compromiso institucional y planificación estructurada que garantice la sostenibilidad de las prácticas (Garrido & Rios, 2025).

Alineado con ese marco de capacidades formativas, el estudio de Parra Gómez (2021), de carácter descriptivo basado en revisión documental, tuvo como objetivo conocer y comparar la adopción de la Industria 4.0 en siete países desarrollados —Alemania, China, Estados Unidos,

Japón, Corea del Sur, Reino Unido y Suiza— y en Colombia; el análisis de literatura científica y repositorios institucionales mostró que las naciones desarrolladas cuentan con infraestructuras, políticas públicas y proyectos consolidados que impulsan su competitividad tecnológica, por lo que se evidencia para Colombia la necesidad de atender estratégicamente políticas, inversiones y capacidades institucionales con el fin de cerrar la brecha y fortalecer su desarrollo industrial.

Profundizando en el plano nacional y organizacional, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, a través del laboratorio LAMDA (2021), desarrolló un estudio de enfoque mixto cuyo objetivo fue analizar la capacidad de innovación de las MIPYMES manufactureras colombianas y proponer un modelo de apoyo para fortalecer su competitividad y sostenibilidad; mediante encuestas, revisión documental y entrevistas a actores empresariales e institucionales, se evidenció una limitada cultura de innovación, restricciones de recursos y una débil articulación entre empresa, academia y Estado como barreras para la adopción de procesos innovadores, por lo cual se diseñó un modelo de innovación adaptado al LAMDA orientado a brindar estrategias prácticas y contextualizadas, concluyéndose que la academia puede desempeñar un rol estratégico en el ecosistema de innovación aunque se requiere validar el modelo en escenarios empresariales reales para asegurar su aplicabilidad y escalabilidad.

Complementariamente, en el ámbito de la gestión del conocimiento, la investigación realizada en el SENA, Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada (CTMA) – Antioquia (2022) desarrolló un estudio descriptivo aplicado cuyo objetivo fue diseñar una estrategia de difusión para el Archivo Histórico institucional orientada al rescate, conservación y visualización del patrimonio documental asociado a la manufactura avanzada; al considerar documentos históricos, procesos administrativos y actores vinculados a la gestión documental, se evidenciaron deficiencias en organización y valoración de la documentación, así como riesgos de

pérdida de información relevante, por lo que se propusieron mecanismos de organización, conservación, digitalización y difusión como puente entre el archivo y la ciudadanía, resaltándose la importancia del archivo como memoria institucional y cultural aunque con la necesidad de evaluar recursos para garantizar la viabilidad operativa y la sostenibilidad de la propuesta.

En línea con los desafíos de adopción a nivel empresarial, la investigación de Hurtado y Borjas (2023) consistió en un estudio exploratorio aplicado cuyo objetivo fue analizar la implementación de tecnologías 4.0 en PYMES del sector manufacturero de Bogotá para identificar niveles de incorporación y factores que influyen en su adopción; a partir de la revisión documental y entrevistas a empresarios, se evidenció un interés creciente por integrar soluciones tecnológicas, aunque persisten limitaciones en la capacitación del personal, el acceso a financiamiento y la adaptabilidad organizacional, de manera que se recomienda fortalecer incentivos, formación especializada y acompañamiento técnico con el fin de facilitar la transición efectiva hacia la Industria 4.0.

Finalmente, ampliando el alcance a varios sectores, la investigación de Muñoz-Pinzón, Valencia-Rivero, Caviativa-Castro y Castillo-Bustos (2024) fue un estudio cuantitativo descriptivo cuyo objetivo consistió en caracterizar el estado de adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en PYMES colombianas y analizar sus principales desafíos y oportunidades; con encuestas estructuradas tipo Likert aplicadas a 121 PYMES de los sectores manufacturero, de servicios y agrícola dirigidas a directivos y gestores clave, se evidenció una adopción baja con barreras comunes como la falta de infraestructura, los altos costos de inversión, los retos de ciberseguridad y la resistencia al cambio, además de desafíos específicos por sector, por lo que se concluye que avanzar en la transición hacia la Industria 4.0 exige estrategias adaptadas que

permitan superar dichas barreras y aprovechar de forma efectiva las oportunidades tecnológicas disponibles.

El análisis de los antecedentes investigativos permite evidenciar que la innovación y la automatización de procesos se han consolidado como ejes estratégicos para el desarrollo de la manufactura avanzada, tanto en contextos internacionales como en el ámbito nacional. Los estudios revisados coinciden en señalar que, aunque existen avances significativos en la adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, persisten brechas estructurales relacionadas con la articulación entre academia, empresa y Estado, la formación de talento humano especializado y el acceso a recursos tecnológicos y financieros. Asimismo, se identifica que la mayoría de las investigaciones destacan el papel fundamental de las instituciones académicas y de apoyo tecnológico en la transferencia de conocimiento y en el fortalecimiento de capacidades innovadoras, especialmente en las MIPYMES. Desde una perspectiva crítica, los antecedentes muestran que la implementación de la manufactura avanzada no depende únicamente de la incorporación de tecnología, sino de un enfoque sistémico que integre estrategias organizacionales, políticas públicas coherentes y una cultura de innovación sostenible. En este sentido, los estudios analizados sustentan la pertinencia de la presente investigación y aportan un marco de referencia sólido para profundizar en el análisis de la innovación y la automatización como estrategias clave para el fortalecimiento de la competitividad y el desarrollo sostenible de la industria colombiana.

Marco Conceptual

Este apartado presenta los principales conceptos que sustentan la investigación, con el fin de clarificar términos clave, establecer relaciones entre variables y delimitar el enfoque conceptual desde el cual se aborda la innovación y la automatización de procesos en la manufactura avanzada.

Innovación Tecnológica

Desde la perspectiva de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE (2005), la innovación tecnológica se entiende como la introducción de nuevos o significativamente mejorados productos, procesos o métodos organizacionales que generan valor y fortalecen el desempeño competitivo, en este sentido, la innovación tecnológica no se limita a la adopción de herramientas digitales, sino que implica un proceso continuo de aprendizaje, adaptación y mejora. Como señalan sus autores, este tipo de innovación permite a las organizaciones responder de manera más eficiente a los cambios del entorno productivo y a las exigencias del mercado, consolidándose como un factor clave para la sostenibilidad empresarial

Innovación Organizacional

De acuerdo con Lam (2011), la innovación organizacional se refiere a la implementación de cambios en la estructura, la cultura y las prácticas de gestión de una organización, orientados a mejorar su capacidad de adaptación y desempeño, en palabras del autor, este tipo de innovación facilita la integración de nuevas tecnologías y la reorganización de los procesos internos, lo que resulta fundamental para que los procesos de automatización sean sostenibles en el tiempo; Esta perspectiva, resalta que la transformación tecnológica debe ir acompañada de cambios organizacionales coherentes.

Nivel de Automatización

Según Groover (2016), el nivel de automatización hace referencia al grado en que un proceso productivo depende de sistemas automáticos en lugar de la intervención humana directa, el autor señala que a mayor nivel de automatización, se incrementan la precisión, la velocidad y la consistencia de los procesos productivos; Por tanto, esta idea permite comprender la

automatización como una variable clave en la manufactura avanzada, ya que influye directamente en la eficiencia operativa y la calidad del producto final.

Integración de Sistemas

Desde la perspectiva de Kagermann et al. (2013), la integración de sistemas consiste en la interconexión de máquinas, software y plataformas digitales que permiten el flujo de información en tiempo real a lo largo de toda la cadena productiva, en sus planteamientos, los autores destacan que esta integración es esencial para la toma de decisiones informadas y el control eficiente de los procesos, constituyéndose en un pilar fundamental de la Industria 4.0.

Tecnologías de Industria 4.0

Las tecnologías de la Industria 4.0 comprenden herramientas como el internet de las cosas, la analítica de datos, la inteligencia artificial, la robótica avanzada y los sistemas ciberfísicos. Según Schwab (2017), estas tecnologías permiten la creación de entornos productivos inteligentes, flexibles y altamente interconectados, esta visión resalta que la Industria 4.0 no solo transforma los procesos productivos, sino también los modelos de negocio y las dinámicas organizacionales.

Digitalización de Procesos

Para Porter y Heppelmann (2015), la digitalización de procesos se refiere a la transformación de actividades tradicionales mediante el uso de tecnologías digitales que permiten una mayor trazabilidad, control y eficiencia operativa; Los autores, señalan que la digitalización facilita la recopilación y análisis de datos en tiempo real, lo que mejora la toma de decisiones y optimiza el desempeño de los sistemas productivos.

Definición de Manufactura Avanzada

La manufactura avanzada se define como un modelo productivo que integra tecnologías digitales, automatización e innovación para alcanzar altos niveles de eficiencia, flexibilidad y

productividad. De acuerdo con el National Institute of Standards and Technology – NIST (2019), este enfoque busca fortalecer la competitividad industrial mediante la adopción de tecnologías emergentes y prácticas sostenibles, orientadas al mercado global.

Perspectiva de Ingeniería Industrial

Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, la manufactura avanzada se concibe como un sistema integral que articula personas, procesos, tecnología y entorno. Según Niebel y Freivalds (2009), el objetivo central de esta disciplina es optimizar el uso de los recursos y mejorar el desempeño organizacional, esta visión permite analizar la innovación y la automatización como estrategias sistémicas que impactan tanto la productividad como la sostenibilidad.

Tipo de Experiencia

El tipo de experiencia hace referencia al conjunto de prácticas, aprendizajes y resultados derivados de la implementación de procesos de innovación y automatización. Kolb (2015) sostiene que la experiencia es un elemento clave en la generación de conocimiento aplicado, ya que permite la retroalimentación entre la teoría y la práctica dentro de los entornos productivos.

Contexto de Aplicación

El contexto de aplicación se relaciona con las condiciones económicas, tecnológicas y organizacionales en las que se desarrollan los procesos de manufactura avanzada; Asimismo, Según Mintzberg (2009), comprender el contexto es fundamental para interpretar los resultados de una intervención, ya que las características del entorno influyen directamente en la efectividad de las estrategias implementadas.

Barreras Tecnológicas

Las barreras tecnológicas se refieren a las limitaciones asociadas al acceso, adopción e implementación de tecnologías avanzadas, De acuerdo con la OCDE (2020), estas barreras

incluyen altos costos de inversión, falta de infraestructura y carencia de capacidades técnicas, factores que dificultan la transición hacia modelos productivos más avanzados.

Barreras Organizacionales y Económicas

Según Damanpour y Aravind (2012), las barreras organizacionales y económicas están relacionadas con la resistencia al cambio, la falta de liderazgo, las restricciones presupuestales y la escasa planificación estratégica, en contexto estas barreras pueden ralentizar o impedir los procesos de innovación y automatización, especialmente en pequeñas y medianas empresas.

Competitividad y Productividad

Porter (2008) define la competitividad como la capacidad de una organización para generar valor de manera sostenida frente a sus competidores; En este sentido, la productividad se convierte en un factor determinante, ya que la optimización de procesos mediante la automatización y la innovación permite mejorar el desempeño económico y operativo de las empresas.

Sostenibilidad

Desde la perspectiva de Elkington (1997), la sostenibilidad implica un equilibrio entre el desarrollo económico, el bienestar social y la protección ambiental aplicada a la manufactura avanzada, esta noción resalta la importancia de implementar tecnologías y procesos que no solo mejoren la productividad, sino que también reduzcan impactos ambientales y promuevan un desarrollo industrial responsable.

El apartado de marco conceptual proporciona una base sólida para comprender los elementos que intervienen en la adopción de la innovación y la automatización, permitiendo un análisis coherente y estructurado del fenómeno de la manufactura avanzada en Colombia.

Marco Teórico

Esta sección tiene como finalidad sustentar la investigación a partir de enfoques, modelos y teorías que explican la relación entre innovación, automatización y desarrollo de la manufactura avanzada, permitiendo interpretar los hallazgos desde una perspectiva académica y aplicada.

Este apartado aborda la innovación y la automatización de procesos como ejes estratégicos para la transformación de los sistemas productivos en el contexto de la manufactura avanzada, su propósito es analizar cómo estas estrategias permiten mejorar la eficiencia operativa, optimizar recursos, fortalecer la competitividad y responder a las exigencias de un entorno industrial y dinámico; Asimismo, se exploran los fundamentos conceptuales que explican su papel dentro de la Industria 4.0 y su impacto en el desarrollo sostenible de las organizaciones.

La innovación en procesos se refiere a la introducción de mejoras significativas en las actividades productivas y operativas de una organización, mediante la incorporación de nuevas tecnologías, metodologías o formas de gestión. Este tipo de innovación busca aumentar la eficiencia, reducir costos, mejorar la calidad y disminuir tiempos de producción, permitiendo a las empresas adaptarse a los cambios del mercado y a las demandas de los clientes. En el contexto de la manufactura avanzada, la innovación en procesos no solo implica cambios técnicos, sino también transformaciones en la cultura organizacional y en la toma de decisiones, orientadas a la mejora continua y al aprendizaje organizacional.

La automatización de procesos se define como la aplicación sistemática de tecnologías, sistemas de control y software especializado para ejecutar tareas productivas con mínima intervención humana, con el objetivo de mejorar la eficiencia, la precisión y la consistencia de los procesos industriales. En el contexto de la manufactura avanzada, la automatización trasciende la

simple mecanización, integrando sensores, sistemas inteligentes y plataformas digitales que permiten la supervisión, el control y la optimización de los procesos en tiempo real.

Desde una perspectiva estratégica, la automatización de procesos contribuye a la reducción de errores, el aumento de la productividad, la mejora de la calidad y la optimización del uso de recursos, lo que se traduce en mayores niveles de competitividad organizacional; De la misma forma, su implementación exige cambios en la estructura organizacional, en las competencias del talento humano y en los modelos de gestión, lo que refuerza su estrecha relación con la innovación organizacional y el aprendizaje continuo, por tanto, la automatización se consolida como un elemento clave para el desarrollo sostenible y la adaptación de las empresas a los retos de la Industria 4.0.

Las tecnologías habilitadoras constituyen el soporte fundamental de la innovación y la automatización en la manufactura avanzada; Entre ellas, se encuentran el internet de las cosas, la analítica de datos, la inteligencia artificial, los sistemas ciberfísicos, la robótica avanzada y los gemelos digitales. Estas tecnologías permiten la integración de información en tiempo real, la optimización de procesos productivos y la toma de decisiones basada en datos, facilitando la creación de fábricas inteligentes, su adopción adecuada depende no solo de la infraestructura tecnológica, sino también del talento humano y de la capacidad organizacional para gestionar el cambio.

Desarrollo de la Manufactura Avanzada

Para esta sección se orienta al análisis y el desarrollo de la manufactura avanzada como un proceso integral que articula tecnología, organización y entorno. Se examinan los enfoques conceptuales que explican su evolución, las experiencias documentadas en diferentes contextos,

así como las barreras y oportunidades que condicionan su adopción, particularmente en países en desarrollo como Colombia.

Desde un enfoque conceptual, la manufactura avanzada se concibe como un modelo productivo que integra tecnologías digitales, automatización, innovación organizacional y gestión del conocimiento, con el propósito de alcanzar mayores niveles de eficiencia, flexibilidad y competitividad. Este enfoque reconoce que el desarrollo de la manufactura avanzada no depende exclusivamente de la incorporación tecnológica, sino de la capacidad de las organizaciones para adaptar sus estructuras, fortalecer el talento humano y articularse con su entorno institucional, académico y productivo; En este sentido, la manufactura avanzada se entiende como un sistema socio-técnico en constante evolución, influenciado por factores económicos, tecnológicos y culturales.

Las experiencias documentadas en estudios académicos y proyectos institucionales evidencian que la manufactura avanzada ha sido impulsada principalmente desde espacios de articulación entre la academia, los centros tecnológicos y el sector productivo, Investigaciones desarrolladas en universidades, laboratorios de manufactura y entidades de formación técnica muestran avances significativos en la adopción de tecnologías como la automatización, la digitalización de procesos y la integración de sistemas por eso estas experiencias resaltan el papel de los entornos de aprendizaje aplicado y los proyectos piloto como mecanismos para transferir conocimiento, validar modelos de innovación y fortalecer las capacidades productivas, especialmente en pequeñas y medianas empresas.

A pesar de los avances identificados, los antecedentes analizados coinciden en señalar diversas barreras que limitan la adopción de la manufactura avanzada entre las principales dificultades se encuentran la limitada disponibilidad de recursos financieros, la insuficiente

formación del talento humano, la resistencia al cambio organizacional y la baja articulación entre los actores del ecosistema de innovación; Asimismo, se identifican brechas tecnológicas y dificultades para acceder a infraestructura especializada, lo que afecta de manera particular a las MIPYMES y a las organizaciones ubicadas en contextos regionales con menor desarrollo industrial.

En contraste con las barreras, los estudios revisados evidencian importantes oportunidades para el desarrollo de la manufactura avanzada en Colombia. La presencia de instituciones de educación superior, centros de formación técnica y laboratorios especializados representa una base sólida para el fortalecimiento de capacidades tecnológicas e innovadoras. Además, la creciente disponibilidad de tecnologías digitales, junto con políticas orientadas a la transformación productiva y la innovación, abre posibilidades para la adopción progresiva de modelos de manufactura avanzada, estas oportunidades permiten vislumbrar escenarios de mejora en la productividad, la competitividad y la sostenibilidad del sector manufacturero.

En síntesis, el desarrollo de la manufactura avanzada constituye un proceso complejo que requiere la articulación equilibrada entre tecnología, organización y entorno, así las experiencias documentadas evidencian avances relevantes, pero también revelan barreras estructurales que condicionan su adopción, especialmente en países en desarrollo; No obstante, las oportunidades identificadas permiten afirmar que, mediante estrategias de innovación, formación del talento humano y fortalecimiento institucional, la manufactura avanzada puede consolidarse como un eje estratégico para el desarrollo productivo y la competitividad del país, aportando elementos clave para el análisis y la discusión de la presente investigación.

Metodología

La presente investigación se desarrolla con el propósito de analizar la innovación y la automatización de procesos como estrategias para fortalecer la manufactura avanzada en Colombia, mediante la identificación de barreras, oportunidades y lineamientos estratégicos adaptados al contexto nacional. Para ello, se adopta una metodología estructurada que permite integrar el análisis teórico con evidencia empírica, garantizando un abordaje sistemático, riguroso y pertinente frente a los objetivos planteados, de esa forma, la metodología se fundamenta en la combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos, lo que posibilita una comprensión amplia del fenómeno estudiado y la formulación de propuestas aplicables al sector productivo.

Tipo de Investigación

La investigación es de tipo documental, dado que busca mostrar lineamientos estratégicos y orientaciones prácticas que puedan ser utilizadas por empresas, instituciones académicas y entidades responsables de la formulación de políticas públicas, contribuyendo al fortalecimiento de la manufactura avanzada en el contexto colombiano.

Enfoque de Investigación

El enfoque es cualitativo con alcance descriptivo, apoyado en el análisis sistemático de información secundaria proveniente de literatura científica, informes técnicos, documentos institucionales y políticas públicas. Este enfoque permite comprender de manera integral las dinámicas, barreras y oportunidades asociadas a la adopción de la innovación y la automatización de procesos.

Método de Investigación

El método es descriptivo–exploratorio. Es descriptivo porque caracteriza el estado actual de la manufactura avanzada, la innovación y la automatización en diferentes contextos. Es

exploratorio porque, en el caso colombiano, existen vacíos de información que requieren aproximaciones iniciales que sirvan de base para futuras investigaciones de mayor alcance.

Técnicas de Investigación

Las técnicas utilizadas corresponden a:

Revisión documental sistemática de artículos científicos, libros, informes técnicos y normatividad.

Análisis comparativo de experiencias nacionales e internacionales.

Análisis de contenido para la identificación de patrones, barreras y oportunidades.

Instrumentos de Investigación

Los instrumentos empleados son:

Matriz de análisis documental.

Fichas bibliográficas y analíticas para la sistematización de la información.

Cuadros comparativos para el análisis de variables y dimensiones.

Operacionalización de Variables

La operacionalización de variables tiene como finalidad establecer un esquema analítico que permita organizar, clasificar y sistematizar la información obtenida a partir de la revisión documental.

En el marco de esta investigación, las variables no se abordan desde una medición empírica, sino como categorías de análisis que orientan la interpretación de los documentos, estudios e informes relacionados con la innovación, la automatización de procesos y el desarrollo de la manufactura avanzada. A través de la definición de dimensiones, subdimensiones y descripciones analíticas, se facilita la identificación de elementos conceptuales, experiencias

documentadas, barreras y oportunidades presentes en la literatura especializada, garantizando coherencia entre los objetivos de investigación, el marco teórico y el análisis de los resultados.

Tabla 1

Operacionalización de Variables

Variable	Dimensión	Subdimensión	Descripción analítica
Innovación y automatización de procesos	Innovación en procesos	Innovación tecnológica	Introducción de nuevas tecnologías o mejoras significativas en los procesos productivos.
		Innovación organizacional	Cambios en la gestión, estructura o cultura orientados a la mejora de procesos.
	Automatización de procesos	Nivel de automatización	Grado de sustitución o apoyo de tareas manuales por sistemas automáticos.
		Integración de sistemas	Articulación entre máquinas, software y sistemas de información.
	Tecnologías habilitadoras	Tecnologías de Industria 4.0	Uso de IoT, robótica, IA, analítica de datos, CPS, manufactura aditiva.
			Digitalización de procesos
Desarrollo de la manufactura avanzada	Enfoque conceptual	Definición de manufactura avanzada	Forma en que la literatura conceptualiza la manufactura avanzada.
		Perspectiva de Ingeniería Industrial	Relación con productividad, calidad, optimización y mejora continua.
	Experiencias documentadas	Tipo de experiencia	Estudios teóricos, casos de estudio, análisis sectoriales o políticas públicas.
		Contexto de aplicación	Nacional (Colombia) o internacional.

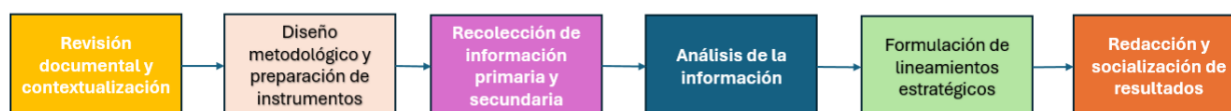
Variable	Dimensión	Subdimensión	Descripción analítica
	Barreras de adopción	Barreras tecnológicas	Limitaciones de infraestructura, madurez tecnológica o interoperabilidad.
		Barreras organizacionales y económicas	Resistencia al cambio, costos, talento humano, financiación.
	Oportunidades de desarrollo	Competitividad y productividad	Mejora del desempeño operativo y estratégico.
		Sostenibilidad	Impactos ambientales, eficiencia en uso de recursos.

Fases de la Investigación

El desarrollo de la presente investigación se estructura a partir de un conjunto de fases secuenciales e interrelacionadas que permiten organizar de manera sistemática el proceso investigativo. Estas fases orientan la revisión, el análisis y la síntesis de la información documental relacionada con la innovación y la automatización de procesos en la manufactura avanzada, garantizando coherencia metodológica y rigurosidad académica.

Figura 1

Relación de fases



Nota.. Tareas asociadas a cada fase involucrada en la investigación documental. Autoría propia.

Fase 1: Revisión Documental y Contextualización

En esta fase inicial se busca construir un marco sólido de referencia que permita comprender el estado del arte en innovación y automatización aplicada a la manufactura avanzada,

tanto a nivel internacional como nacional, la revisión incluye políticas públicas, informes técnicos, artículos científicos y experiencias empresariales.

Fase 2: Diseño Metodológico y Preparación de Instrumentos

Consiste en la definición de los procedimientos y herramientas que guiarán la recolección de información. Aquí se determinan la población, la muestra y las técnicas de investigación a utilizar, garantizando validez y confiabilidad; De la misma forma, se incorpora el cribado de datos, entendido como el proceso sistemático de revisión, depuración y selección preliminar de la información antes de su análisis, con el fin de asegurar la calidad, pertinencia y consistencia de los datos que serán utilizados en la investigación

Fase 3: Recolección de Información Primaria y Secundaria

Esta etapa busca obtener datos que complementen la revisión documental con evidencia empírica. Se aplican encuestas, entrevistas y, cuando sea posible, observación directa en empresas manufactureras.

Fase 4: Análisis de la Información

Se procesan los datos recolectados con un enfoque mixto: cuantitativo para identificar patrones y tendencias, cualitativo para comprender percepciones, narrativas y barreras culturales.

Fase 5: Formulación de Lineamientos Estratégicos

A partir del diagnóstico, se construyen propuestas viables que sirvan de hoja de ruta para empresas, instituciones académicas y políticas públicas. Estos lineamientos estarán orientados a superar barreras, aprovechar oportunidades y alinearse con los ODS.

Fase 6: Redacción y Socialización de Resultados

Etapas final que consiste en plasmar los hallazgos de forma estructurada en la monografía y divulgar el conocimiento generado.

Cada fase cumple una función específica dentro del estudio, desde la contextualización teórica y conceptual hasta la formulación de lineamientos estratégicos, facilitando el cumplimiento de los objetivos propuestos y la generación de resultados pertinentes para el contexto colombiano.

Resultados

La presente sección expone el análisis y la discusión de los resultados obtenidos a lo largo de las diferentes fases de la investigación, con el propósito de interpretar los hallazgos de manera sistemática y coherente con los objetivos planteados. El análisis se estructura de acuerdo con las fases metodológicas desarrolladas, lo que permite evidenciar la evolución del estudio desde la revisión documental hasta la formulación de lineamientos estratégicos. También, los resultados se discuten a la luz del marco teórico y conceptual, facilitando la identificación de tendencias, barreras y oportunidades asociadas a la innovación y la automatización de procesos en el desarrollo de la manufactura avanzada en Colombia.

Revisión documental y contextualización

La Fase 1 de la investigación estuvo orientada a la revisión documental y a la contextualización del fenómeno de la manufactura avanzada, con énfasis en la innovación y la automatización de procesos. En esta etapa se analizaron cincuenta (50) antecedentes académicos y técnicos, entre artículos científicos, trabajos de grado, informes institucionales y documentos de organismos especializados, tanto de alcance nacional como internacional.

La información recopilada fue sistematizada mediante el uso de fichas bibliográficas y analíticas, así como a través de una matriz de análisis documental, lo que permitió organizar los estudios según variables, dimensiones y categorías previamente definidas. Este proceso facilitó la identificación de enfoques teóricos predominantes, experiencias documentadas, niveles de adopción tecnológica, así como las principales barreras y oportunidades asociadas al desarrollo de la manufactura avanzada.

La matriz de análisis documental, presentada en el Apéndice A, constituye un insumo clave para la interpretación de los resultados expuestos en esta sección.

El análisis de los antecedentes documentales revisados permitió identificar tendencias, coincidencias y vacíos relevantes en torno a la innovación y la automatización de procesos como estrategias para el desarrollo de la manufactura avanzada. La revisión incluyó estudios académicos, artículos científicos y trabajos de grado desarrollados entre 2015 y 2025, tanto en el contexto internacional como nacional, con énfasis en la realidad colombiana.

Diseño Metodológico y Preparación de Instrumentos

Para garantizar una recolección de información sistemática y confiable, la búsqueda documental se realizó en bases de datos indexadas y reconocidas, relacionando las siguientes etapas.

Proceso de Cribado, Criterios de Inclusión y Elegibilidad de los Estudios

Garantizando la rigurosidad metodológica y la trazabilidad del proceso de revisión documental, se aplicó un procedimiento sistemático de identificación, cribado, evaluación de elegibilidad e inclusión de los antecedentes, siguiendo criterios definidos previamente y alineados con los objetivos de la investigación.

Siguiendo los principios de las revisiones documentales de carácter sistemático y los lineamientos de la declaración PRISMA, se adoptó un protocolo de revisión riguroso orientado a garantizar la transparencia, trazabilidad y reproducibilidad del proceso de búsqueda y selección de la literatura, la revisión se fundamentó en un enfoque cualitativo–documental, apoyado en la metodología propuesta por Garrido y Rios (2024) la cual permite organizar y analizar de manera crítica la información proveniente de fuentes secundarias.

La estrategia de búsqueda se desarrolló a partir de la consulta de bases de datos académicas y repositorios científicos de amplio reconocimiento, tales como Scopus, Web of Science, Scielo, Redalyc y Dialnet, complementadas con Google Scholar con el fin de incorporar

literatura gris, informes técnicos y documentos institucionales relevantes para el contexto de la investigación.

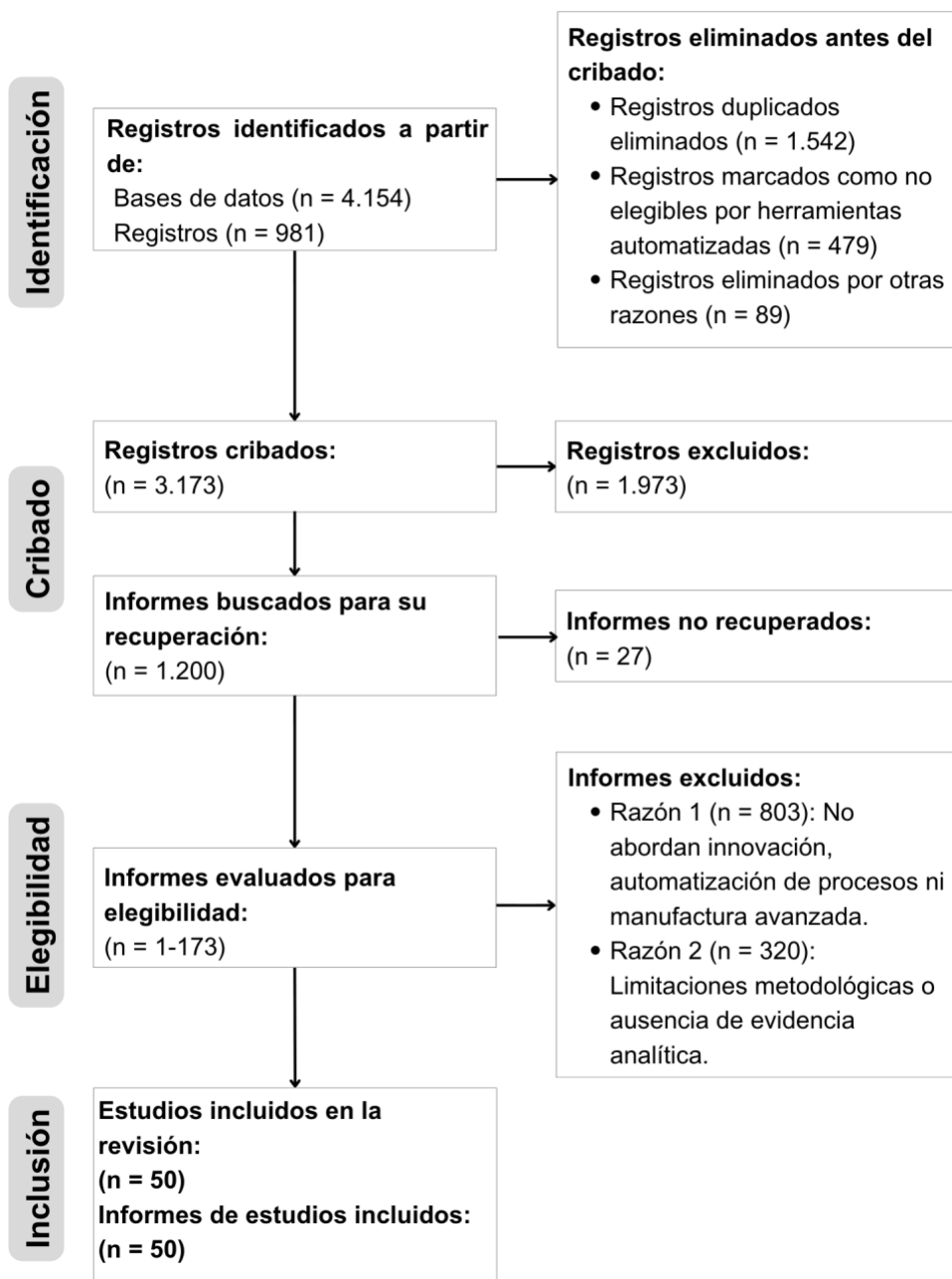
Para la identificación de los estudios se emplearon palabras clave y descriptores en español e inglés, combinados mediante operadores booleanos (AND, OR), con el propósito de ampliar y precisar los resultados obtenidos. Entre las combinaciones utilizadas se encuentran: “manufactura avanzada AND innovación”, “advanced manufacturing AND innovation”, “automatización de procesos AND competitividad industrial”, “process automation AND industrial competitiveness”, así como “manufactura avanzada AND sostenibilidad” y “advanced manufacturing AND sustainability”.

Los filtros aplicados incluyeron el tipo de publicación (artículos científicos, informes técnicos y documentos institucionales), el rango temporal de publicación y la pertinencia temática, excluyéndose documentos como patentes, resúmenes de conferencias sin texto completo y citas duplicadas, el proceso de cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios se presenta de manera detallada en el apéndice X, conforme al diagrama PRISMA.

Figura 2

Selección de Estudios

Identificación de estudios a través de bases de datos y registros



Nota. Proceso de identificación y selección de estudios para la revisión documental que sigue el protocolo PRISMA 2020.

El proceso de selección evidenciado en la figura permitió reducir de forma significativa el número inicial de registros, pasando de 4.154 documentos identificados a 50 estudios incluidos en la revisión documental final, esta depuración respondió a la aplicación rigurosa de criterios de exclusión relacionados con duplicidad, falta de pertinencia temática y ausencia de enfoque en la manufactura avanzada y su implementación en el contexto colombiano; de esta manera, se aseguró que los estudios finalmente analizados aportaran información relevante, confiable y alineada con los objetivos de la investigación, fortaleciendo la validez del diagnóstico realizado en la fase correspondiente.

Recolección de Información Primaria y Secundaria

En la Fase 3 se recopiló información secundaria complementaria mediante la revisión de artículos de prensa especializados y reportes recientes sobre la adopción de tecnologías avanzadas en la manufactura colombiana. Esta información permitió actualizar y contextualizar los hallazgos obtenidos en la revisión documental de la Fase 1, mostrando la situación actual del sector frente a la Industria 4.0 y la automatización de procesos.

Los artículos revisados destacan que la manufactura colombiana enfrenta un desafío crítico: adaptarse a la transformación digital o perder competitividad en un mercado global cada vez más exigente. Se evidencia que, aunque países como China, Alemania y Corea del Sur avanzan rápidamente en automatización, inteligencia artificial e Internet de las Cosas, Colombia registra un crecimiento anual limitado en productividad, lo que indica un rezago tecnológico preocupante. Sin embargo, también se identifican iniciativas prometedoras, como la implementación de sistemas inteligentes de manufactura en PYMES, la automatización de cadenas de suministro en empresas como Postobón y la incorporación de tecnologías de monitoreo en tiempo real en sectores agrícola e industrial.

Asimismo, los datos reflejan beneficios concretos de estas tecnologías: aumento de productividad hasta en un 40 %, reducción de errores en procesos en un 80 %, disminución de costos operativos en un 20 % y mayor capacidad de producción en un 50 %. A nivel estratégico, se resalta que la adopción gradual de la Industria 4.0 y la capacitación del talento humano son claves para cerrar la brecha tecnológica y aprovechar las oportunidades que ofrece la transformación digital. La evidencia también sugiere que la automatización no se limita a grandes corporaciones, sino que puede aplicarse de manera escalable en PYMES, favoreciendo la competitividad y la eficiencia en distintos sectores.

En conjunto, esta información secundaria complementaria refuerza la necesidad de que la industria manufacturera en Colombia adopte tecnologías avanzadas de manera planificada y estratégica. Además, aporta elementos actualizados sobre tendencias, oportunidades y barreras que enriquecen el análisis de la matriz documental de la Fase 1, sirviendo como insumo para la interpretación de resultados y la formulación de lineamientos estratégicos aplicables al contexto nacional.

Análisis de la Información

Para facilitar el análisis de los antecedentes revisados y visualizar de manera sintética las relaciones entre tecnologías, barreras y oportunidades en la implementación de la manufactura avanzada en Colombia, se construyó un cuadro comparativo. Este instrumento permite organizar los hallazgos de los estudios seleccionados, destacando la tecnología aplicada o propuesta, los principales obstáculos que enfrentan las organizaciones y las oportunidades identificadas para fortalecer la competitividad, eficiencia y sostenibilidad. El cuadro comparativo no solo evidencia patrones recurrentes en la adopción tecnológica, sino que también facilita la identificación de

tendencias y vacíos existentes en el contexto nacional, constituyéndose en un insumo clave para interpretar los resultados y fundamentar las reflexiones estratégicas de la investigación.

Tabla 2

Cuadro Comparativo

Autor / Año	Tecnología propuesta / aplicada	Barreras	Oportunidades
Becerra, Herrera, Morris, Toro (2024)	IoT, Robótica colaborativa, Big Data, Inteligencia Artificial	Rezago tecnológico en adopción	Mejora en productividad, eficiencia operativa, calidad
García-Arango, Echeverri, Echeverri, Duque (2021)	Revisión bibliométrica de tecnologías de manufactura avanzada	Brecha de información internacional	Identificación de tendencias, áreas de aplicación y países líderes
Logroño Pazmiño, Morales Tamayo, Trujillo Ronquillo (2025)	Automatización inteligente, digitalización de procesos	Resistencia al cambio, inversión limitada	Transformación de modelos de negocio, mejora competitividad
Forero Pastrán (2024)	Servicios en la nube en PYMES	Limitaciones económicas y de conocimiento	Escalabilidad operativa, mejora en gestión de información
Rojas-Berrio, Rincón-Novoa, Ascúa, Ravale (2020)	Tecnologías digitales emergentes	Falta de acompañamiento institucional, capacidades internas limitadas	Oportunidades para MiPymes, mejora productividad y competitividad
Lara Vargas, Esteban Villamizar, Tarazona Cáceres (2016)	Sistemas de ejecución de manufactura (MES)	Integración limitada con planificación	Puente entre automatización de planta y gestión estratégica
Cortez Gómez, López González (2023)	Manufactura aditiva con metales	Infraestructura técnica, capital humano, cultura organizacional	Consolidación de capacidades de innovación, mejora productividad

Autor / Año	Tecnología propuesta / aplicada	Barreras	Oportunidades
Sandoval Bolaños (2017)	Fabricación digital	Falta de articulación academia-industria-políticas	Aprendizajes, fortalecimiento de innovación sostenible
Chica Rodríguez, Aponte Chivirí (2023); Hurtado, Borjas (2023); Muñoz-Pinzón (2024)	Pilotos tecnológicos, automatización parcial	Falta de inversión, resistencia al cambio, formación limitada	Mejora de productividad, competitividad, adopción inicial de Industria 4.0
Parra Gómez (2021)	Industria 4.0 comparativa	Brecha en infraestructura e I+D	Referencias internacionales, guía de políticas públicas
Castillo (2017)	Plataformas de internet industrial	Rezago de América Latina frente a economías industrializadas	Identificación de estrategias competitivas regionales
Valencia-Ayala, Pincay-Lozada, Rodríguez-Villalobos (2025)	Industria 4.0	Falta de políticas públicas coherentes	Planeación estratégica, transformación digital sostenible
Valero (2021)	Tecnologías 4.0 en tintorería	Limitaciones económicas y técnicas	Mejora eficiencia y calidad en la industria textil
Ortega Cabrera (2016)	Sistemas flexibles de manufactura	Falta de formación práctica	Preparación de PYMES, fortalecimiento de capacidades técnicas
Ospina Lesmez (2020)	Tecnologías 4.0	Resistencia al cambio, inversión limitada	Mejora competitividad y productividad en PYMES
Ballesteros Mosquera, Rodríguez Holguín (2024)	Innovación tecnológica	Retos estructurales	Ventajas competitivas en sectores productivos
Carvajal Rojas (2017)	Industria 4.0 en educación superior	Falta de talento humano especializado	Formación de competencias para adopción tecnológica

Autor / Año	Tecnología propuesta / aplicada	Barreras	Oportunidades
Dutrénit (2016)	Manufactura avanzada	Dependencia tecnológica, uso de recursos naturales	Reflexión crítica, desarrollo sostenible de manufactura avanzada
Carrero Lugo, G. P., Sastre Ruidiaz, L. A. (2021)	RFID para control de inventarios	Costo de la tecnología, complejidad, infraestructura	Apoyo organizacional y gubernamental, modernización logística
Martín Bernal, J. E., Pérez Santana, M. D. (2025)	Robótica industrial, IoT, Inteligencia Artificial	Falta de infraestructura, inversión insuficiente, brechas de capital humano	Mejora de competitividad, optimización de recursos, desarrollo de competencias técnicas
Rodríguez-Castilla, M. M., Quintero-Quintero, W., Pacheco-Sánchez, C. A. (2020)	TIC aplicados a gestión de costos y prácticas innovadoras	Falta de formalización, resistencia a innovación	Integración de TIC y prácticas de gestión, mejora competitividad
Álvarez Acevedo, K. A. (2022)	Big Data, IoT, IA, Realidad Aumentada, Fabricación Aditiva, Robótica	Falta de madurez tecnológica, inversión insuficiente, brechas en competencias, resistencia	Integración de tecnologías emergentes, mejora competitividad y sostenibilidad
Álvarez Acevedo, K. A. (2022)	IoT, Big Data, Manufactura en la nube, Realidad Aumentada	Resistencia al cambio, falta de capacitación, inversión limitada, pandemia	Incremento de competitividad, eficiencia operativa, sostenibilidad

Nota. Cuadro comparativo, tomando los autores, tecnologías, oportunidad y brecha desde la matriz documental.

De los antecedentes, podemos observar que las tendencias tecnológicas en manufactura avanzada en Colombia se concentran en:

IoT (Internet de las Cosas): Presente en múltiples estudios, usado para interconectar máquinas, recopilar datos y optimizar procesos productivos.

Robótica y automatización industrial: Robots colaborativos, líneas de ensamblaje automatizadas, manufactura aditiva; frecuente en sectores automotriz, textil y de alimentos.

Big Data e Inteligencia Artificial: Para análisis de datos, optimización de procesos, predicción de demanda y control de calidad.

Sistemas de gestión digital y TIC: ERP, MES, RPA, control de inventarios vía RFID, automatización de tareas administrativas y operativas.

Tecnologías de la Industria 4.0 emergentes: Fabricación aditiva, realidad aumentada, ciberseguridad, simulación y digitalización de procesos.

Lean Manufacturing: Como enfoque organizacional y metodológico para mejorar la eficiencia antes de incorporar tecnologías avanzadas.

El análisis de los antecedentes evidencia que la adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, como la robótica, el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial, la automatización de procesos y la manufactura aditiva, se ha consolidado como un factor determinante para fortalecer la productividad, la eficiencia operativa y la competitividad de las empresas manufactureras en Colombia. Aunque la implementación varía según el tamaño de la organización y el sector, se observa una tendencia clara hacia la integración gradual de soluciones digitales que permiten optimizar procesos, reducir errores y generar valor agregado a partir de la información. Estos hallazgos confirman que la innovación tecnológica no solo transforma las operaciones productivas, sino que también constituye una plataforma estratégica para la modernización del sector industrial, estableciendo un camino hacia una manufactura más inteligente, sostenible y resiliente frente a los retos del mercado global.

Las barreras de mayor ocurrencia son:

Falta de infraestructura tecnológica: Equipos, conectividad, sistemas integrados insuficientes.

Inversión insuficiente: Limitaciones financieras que dificultan la adopción de tecnologías 4.0.

Resistencia al cambio: Cultural y organizacional; empleados y gerencia con baja disposición a nuevas tecnologías.

Brechas en competencias del personal: Falta de formación en digitalización, robótica, IA o gestión de datos.

Falta de madurez tecnológica: La empresa aún no tiene procesos estandarizados o datos confiables para automatizar.

Condiciones externas: Pandemias, regulación insuficiente, soporte gubernamental limitado.

La mayoría de las barreras combinan aspectos técnicos, económicos y humanos, lo que indica que la adopción no depende solo de la tecnología sino de la preparación organizacional y de la inversión en talento.

Las oportunidades más citadas incluyen:

Mejora de productividad y eficiencia operativa: Reducción de tiempos, errores y desperdicios.

Incremento de competitividad y capacidad de mercado: Mejor posicionamiento nacional e internacional.

Optimización de recursos y reducción de costos: Uso estratégico de datos, energía y materiales.

Desarrollo de competencias y talento humano: Formación en nuevas tecnologías, innovación y gestión de procesos.

Sostenibilidad y responsabilidad ambiental: Procesos más limpios, reducción de emisiones y eficiencia energética.

Escalabilidad y modernización de procesos: Posibilidad de replicar soluciones digitales y automatizadas en toda la organización.

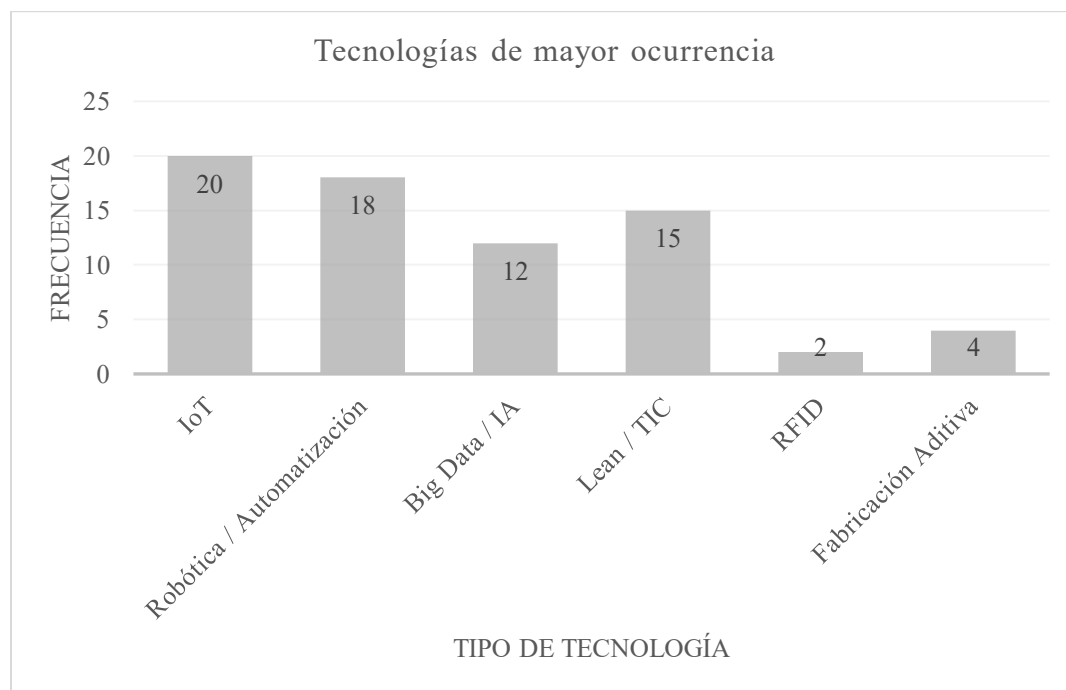
Las oportunidades apuntan a un impacto integral: no solo productividad, sino también sostenibilidad, capital humano y posicionamiento estratégico de las empresas.

Tabla 3

Cuadro de Tecnologías

Tecnología	Frecuencia
IoT	20
Robótica / Automatización	18
Big Data / IA	12
Lean / TIC	15
RFID	2
Fabricación Aditiva	4

Nota. Tecnologías aplicas en la manufactura de mayor ocurrencia.

Figura 3*Resultados de Búsqueda*

Nota. Tendencias de aplicación en tecnología para los procesos de manufactura avanzada.

El análisis de las tecnologías implementadas en los antecedentes revisados evidencia patrones claros sobre las preferencias y prioridades de las empresas manufactureras frente a la modernización de sus procesos. El Internet de las Cosas (IoT) se destaca como la tecnología más frecuente, con 20 menciones, lo que refleja su papel central en la interconexión de equipos, el monitoreo en tiempo real y la generación de datos inteligentes que apoyan la toma de decisiones estratégicas. Le sigue la robótica y la automatización, con 18 menciones, lo que indica que muchas organizaciones buscan mejorar la eficiencia operativa, reducir errores y optimizar tareas repetitivas a través de sistemas automáticos.

Por otro lado, el uso de Big Data e inteligencia artificial, con 12 menciones, revela un enfoque creciente hacia la analítica avanzada, el modelamiento predictivo y la optimización de procesos mediante algoritmos inteligentes, aunque su adopción aún no es tan masiva como IoT o

la robótica, posiblemente debido a requerimientos de infraestructura y capital humano especializado. Las metodologías Lean y las tecnologías de información y comunicación (TIC), mencionadas 15 veces, muestran la importancia de combinar innovación tecnológica con mejoras organizacionales y procesos más eficientes, subrayando que la automatización por sí sola no garantiza resultados sin una gestión adecuada.

Finalmente, tecnologías como RFID y la fabricación aditiva aparecen con menor frecuencia, 2 y 4 menciones respectivamente, lo que sugiere que su adopción está limitada a nichos específicos o a etapas iniciales de implementación. Esto evidencia que, aunque estas tecnologías ofrecen ventajas puntuales en control logístico o prototipado rápido, su penetración en la industria colombiana aún es incipiente. En conjunto, estas frecuencias reflejan una tendencia clara: la manufactura avanzada en Colombia se orienta principalmente hacia tecnologías que combinan conectividad, automatización y análisis de datos, estableciendo un camino hacia procesos más inteligentes, eficientes y competitivos, pero todavía con desafíos importantes para la integración total de herramientas emergentes.

Formulación de Lineamientos Estratégicos

La Fase 5 de la investigación se centra en la formulación de lineamientos estratégicos que permitan a las empresas, instituciones académicas y responsables de políticas públicas avanzar en la adopción de la manufactura avanzada en Colombia. Estos lineamientos se construyen a partir del análisis de las tecnologías implementadas, las barreras recurrentes y las oportunidades identificadas en la fase de diagnóstico. Su objetivo es ofrecer una hoja de ruta práctica y contextualizada, que no solo impulse la incorporación efectiva de herramientas como IoT, robótica, Big Data, Lean Manufacturing y fabricación aditiva, sino que también fortalezca la

eficiencia operativa, la competitividad y la sostenibilidad, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el desarrollo del talento humano en el país.

Tabla 4

Lineamientos Estratégicos

Línea estratégica	Objetivo	Acciones recomendadas	Acciones recomendadas	Oportunidades que potencia
Fortalecimiento de la infraestructura tecnológica	Mejorar la disponibilidad y capacidad de las tecnologías avanzadas en las empresas.	Invertir en IoT, robótica, Big Data y sistemas de integración; promover alianzas público-privadas para compartir recursos tecnológicos; incentivar el uso de plataformas de software accesibles	Limitaciones de infraestructura, alta inversión inicial, brechas tecnológicas.	Aumenta la eficiencia operativa, facilita la automatización y permite la integración de datos para la toma de decisiones.
Desarrollo del capital humano	Capacitar y formar talento especializado en tecnologías de manufactura avanzada.	Implementar programas de formación técnica y profesional en automatización, análisis de datos y Lean Manufacturing; promover la educación dual con empresas; talleres de actualización continua.	Escasez de personal capacitado, resistencia al cambio cultural.	Mejora la adopción tecnológica, fortalece la competitividad y prepara a las organizaciones para la Industria 4.0.

Línea estratégica	Objetivo	Acciones recomendadas	Acciones recomendadas	Oportunidades que potencia
Implementación gradual y escalable de tecnologías	Reducir riesgos de inversión y facilitar la transición hacia la manufactura avanzada.	Reducir riesgos de inversión y facilitar la transición hacia la manufactura avanzada.	Costos altos, incertidumbre en retorno de inversión.	Permite validar impacto, ajustarse a necesidades específicas y motivar confianza en los equipos de trabajo.
Gestión del cambio organizacional	Fomentar la aceptación y el uso efectivo de nuevas tecnologías.	Integrar estrategias de comunicación, liderazgo participativo y cultura de mejora continua; involucrar a todos los niveles en la adopción de herramientas digitales. Aplicar Lean Manufacturing para identificar desperdicios; combinar con automatización de procesos repetitivos; vincular indicadores de productividad y calidad.	Resistencia al cambio, desconocimiento de beneficios de las tecnologías.	Incrementa la eficiencia operativa, facilita la innovación y asegura sostenibilidad en la transformación digital.
Integración de metodologías Lean y prácticas de automatización	Optimizar procesos antes y durante la implementación tecnológica.	Aplicar Lean Manufacturing para identificar desperdicios; combinar con automatización de procesos repetitivos; vincular indicadores de productividad y calidad.	Procesos desorganizados, falta de estandarización previa.	Mejora la eficiencia, reduce errores, permite un mejor aprovechamiento de tecnologías avanzadas.
Sostenibilidad y alineación con ODS	Incorporar prácticas que reduzcan el impacto ambiental y promuevan	Implementar soluciones energéticamente eficientes; automatizar procesos de	Falta de conciencia ambiental y estándares sostenibles.	Mejora la imagen corporativa, reduce costos operativos y contribuye a los objetivos globales

Línea estratégica	Objetivo	Acciones recomendadas	Acciones recomendadas	Oportunidades que potencia
	responsabilidad social.	monitoreo ambiental; priorizar digitalización de flujos de trabajo.		de desarrollo sostenible.
Fomento de la colaboración y alianzas estratégicas	Fomento de la colaboración y alianzas estratégicas	Ampliar el acceso a conocimiento, recursos y mejores prácticas.	Aislamiento empresarial, falta de redes de apoyo.	Facilita transferencia de conocimiento, reduce costos de implementación y acelera la adopción tecnológica.

Nota. Lineamientos propuestos que orientan la transformación a nivel tecnológico. Diseño propio (2026).

Los lineamientos estratégicos propuestos representan un marco integral para orientar la transformación tecnológica y organizacional de la manufactura en Colombia. Al abordar las barreras más frecuentes y aprovechar las oportunidades identificadas, estas recomendaciones buscan no solo facilitar la adopción de tecnologías avanzadas, sino también generar cambios sostenibles en la gestión de procesos, la formación de capital humano y la cultura organizacional. Su implementación gradual y planificada puede posicionar a las empresas colombianas en un contexto de mayor competitividad, innovación y resiliencia, contribuyendo al fortalecimiento de la manufactura avanzada y al desarrollo industrial del país de manera coherente con las tendencias globales y las necesidades locales.

Discusión

El análisis de los antecedentes documentales, complementado con la revisión de información secundaria de medios especializados, permite observar de manera clara cómo la innovación y la automatización se han consolidado como ejes fundamentales de la manufactura avanzada, tanto a nivel global como en Colombia. Estudios internacionales, como los de Becerra, Herrera, Morris y Toro (2024) y García-Arango, Echeverri, Echeverri y Duque (2021), evidencian que tecnologías habilitadoras como IoT, robótica colaborativa, Big Data e inteligencia artificial no solo elevan la eficiencia operativa y la calidad de los procesos, sino que también redefinen los modelos de negocio y fortalecen la competitividad industrial.

En el contexto colombiano, los hallazgos muestran un panorama mixto: mientras algunas grandes empresas y sectores estratégicos han logrado avances significativos en la adopción de tecnologías 4.0, la mayoría de las PYMES aún se encuentra en etapas iniciales, enfrentando barreras como la limitada inversión, la resistencia al cambio, la falta de formación especializada y la insuficiente infraestructura tecnológica. Estudios como los de Forero Pastrán (2024), Rojas-Berrio, Rincón-Novoa, Ascúa y Ravale (2020), y Ladino Fernández y Briceño Barrero (2021) muestran que estas limitaciones pueden mitigarse mediante estrategias de capacitación, acompañamiento institucional y la adopción gradual de soluciones escalables, lo que evidencia la importancia de una hoja de ruta estratégica adaptada al contexto local.

Los patrones identificados a partir del cuadro comparativo y el análisis de frecuencia de tecnologías reflejan que IoT y robótica/automatización son los componentes más recurrentes en las iniciativas de manufactura avanzada, seguidos de Lean Manufacturing, TIC y Big Data/IA. Menos frecuentes, aunque igualmente relevantes, son la manufactura aditiva y la tecnología RFID. Este patrón sugiere que las empresas priorizan primero la automatización y la conectividad de

procesos, mientras que la digitalización avanzada y las soluciones de trazabilidad más específicas aún requieren mayor impulso. Las barreras más señaladas incluyen la inversión económica, la resistencia organizacional y la falta de competencias, mientras que las oportunidades se concentran en la optimización de procesos, la mejora de la productividad, la competitividad y la sostenibilidad.

Por otra parte, los casos de éxito analizados demuestran que la implementación de tecnologías avanzadas es más efectiva cuando se combina innovación tecnológica con estrategias organizacionales, capacitación del talento humano y articulación con actores académicos e institucionales. La experiencia de empresas colombianas que adoptan servicios en la nube, sistemas MES o manufactura aditiva evidencia que la transformación digital no solo depende de la tecnología, sino de un enfoque sistémico que integre procesos, personas y cultura organizacional. Este hallazgo valida la necesidad de lineamientos estratégicos claros y contextualizados que faciliten la transición hacia un modelo de manufactura avanzada competitivo y sostenible.

En síntesis, los resultados de la investigación muestran que la innovación y la automatización son motores esenciales para fortalecer la manufactura avanzada en Colombia. Sin embargo, su adopción efectiva requiere superar barreras económicas, organizacionales y formativas, al tiempo que se aprovechan las oportunidades de mejora operativa, competitividad y sostenibilidad. La evidencia documentada respalda la pertinencia de los lineamientos estratégicos formulados en la fase 5, orientados a guiar a las empresas, instituciones y formuladores de políticas en un camino gradual, estratégico y adaptado a las condiciones locales.

Desde una perspectiva global y conceptual, investigaciones como la de Becerra, Herrera, Morris y Toro (2024) realizan una revisión sistemática de las tecnologías de la cuarta revolución industrial empleadas en la manufactura, destacando su incidencia directa en indicadores de

productividad, eficiencia operativa y calidad. Este trabajo resulta especialmente relevante al establecer una relación clara entre tecnologías habilitadoras como IoT, robótica colaborativa, Big Data e inteligencia artificial y la mejora del desempeño industrial. De manera complementaria, el estudio bibliométrico desarrollado por García-Arango, Echeverri, Echeverri y Duque (2021) evidencia un crecimiento sostenido de la producción científica en torno a la fabricación avanzada, identificando tendencias temáticas, países líderes y áreas de aplicación predominantes, lo que permite contextualizar el desarrollo del campo a nivel internacional.

En la misma línea prospectiva, Logroño Pazmiño, Morales Tamayo y Trujillo Ronquillo (2025) analizan las innovaciones tecnológicas en los métodos de manufactura industrial, señalando que la automatización inteligente y la digitalización de procesos no solo transforman los sistemas productivos, sino que redefinen los modelos de negocio y las estrategias competitivas. Este enfoque resulta clave para comprender la manufactura avanzada como un fenómeno sistémico y no meramente tecnológico.

En el ámbito colombiano, varios estudios coinciden en que la adopción de tecnologías 4.0 presenta avances desiguales y se encuentra condicionada por factores estructurales. El trabajo de Forero Pastrán (2024) analiza la implementación de servicios en la nube en PYMES del sector manufacturero colombiano, evidenciando que estas tecnologías facilitan la gestión de la información y la escalabilidad operativa, aunque su adopción aún es limitada por barreras económicas y de conocimiento. De forma similar, Rojas-Berrio, Rincón-Novoa, Ascúa y Ravale (2020) destacan que, si bien las tecnologías digitales emergentes ofrecen oportunidades significativas para emprendimientos y MiPymes, su apropiación tecnológica requiere acompañamiento institucional y fortalecimiento de capacidades internas.

Desde un enfoque operativo y de control de la producción, Lara Vargas, Esteban Villamizar y Tarazona Cáceres (2016) analizan proyectos de implementación de sistemas de ejecución de manufactura (MES) en la industria colombiana, resaltando que estos sistemas constituyen un puente entre la automatización del piso de planta y la gestión estratégica de la producción. Este aporte resulta fundamental para comprender cómo la automatización se integra con la planificación y el control en entornos industriales reales.

La manufactura aditiva y la innovación tecnológica también ocupan un lugar relevante en la literatura. El estudio de caso desarrollado por Cortez Gómez y López González (2023) evalúa las capacidades de innovación necesarias para implementar manufactura aditiva con metales en un centro de productividad, evidenciando que el éxito de estas tecnologías depende tanto de la infraestructura técnica como del capital humano y la cultura organizacional. Este hallazgo se alinea con las conclusiones de Sandoval Bolaños (2017), quien analiza los aprendizajes, retos y perspectivas de la fabricación digital en Colombia, destacando la necesidad de articular academia, industria y políticas públicas para consolidar procesos de innovación sostenible.

En relación con el grado de adopción de la Industria 4.0 en el tejido empresarial colombiano, estudios como los de Chica Rodríguez y Aponte Chivirí (2023), Hurtado y Borjas (2023) y Muñoz-Pinzón (2024) evidencian que la mayoría de las PYMES se encuentran en etapas iniciales de implementación, caracterizadas por pilotos tecnológicos y automatización parcial de procesos. Estas investigaciones coinciden en que los principales desafíos radican en la falta de inversión, la resistencia al cambio y la escasa formación especializada, aunque también identifican oportunidades asociadas a la mejora de la productividad y la competitividad.

Desde una perspectiva comparativa e internacional, Parra Gómez (2021) analiza la implementación de la Industria 4.0 en países desarrollados y en Colombia, concluyendo que existe

una brecha significativa en términos de infraestructura, inversión en I+D y articulación institucional. Esta visión se complementa con el análisis estructural de Castillo (2017), quien aborda la competencia entre plataformas de internet industrial y el estado de la manufactura avanzada en América Latina, destacando el rezago relativo de la región frente a economías industrializadas. De manera similar, Valencia-Ayala, Pincay-Lozada y Rodríguez-Villalobos (2025) profundizan en las realidades y retos de la Industria 4.0 en Colombia y Latinoamérica, señalando que la transformación digital requiere políticas públicas coherentes y estrategias de largo plazo.

Otros antecedentes aportan una mirada desde sectores específicos. El plan de implementación de tecnologías 4.0 en el proceso de tintorería desarrollado por Valero (2021) evidencia cómo la automatización puede mejorar la eficiencia y la calidad en la industria textil. Asimismo, Ortega Cabrera (2016) analiza los sistemas flexibles de manufactura en entornos académicos como una respuesta al desarrollo tecnológico de las PYMES, resaltando la importancia de la formación práctica y experimental.

La competitividad y la gestión del cambio también emergen como ejes relevantes. Ospina Lesmez (2020) demuestran que la implementación de tecnologías 4.0, apoyada en metodologías de gestión de proyectos, fortalece la competitividad de las PYMES colombianas. En la misma línea, Ballesteros Mosquera y Rodríguez Holguín (2024) destacan que la innovación tecnológica constituye una fuente de ventajas competitivas para los sectores productivos, aunque su aprovechamiento en Colombia enfrenta desafíos estructurales.

Finalmente, desde una perspectiva crítica y formativa, Carvajal Rojas (2017) analiza el impacto de la Industria 4.0 en la educación superior en ingeniería, señalando que la formación del talento humano es un factor determinante para la adopción efectiva de tecnologías avanzadas. Este

enfoque se complementa con la reflexión de Dutrénit (2016), quien plantea que la manufactura avanzada en América Latina enfrenta dilemas asociados al modelo de industrialización, la dependencia tecnológica y el uso de recursos naturales.

En síntesis, el análisis detallado de los antecedentes documentales evidencia que, si bien existe un consenso amplio sobre el potencial de la innovación y la automatización como motores de la manufactura avanzada, persisten vacíos relacionados con la integración sistémica de estas dimensiones y con la medición empírica de su impacto en el contexto colombiano. Estos vacíos refuerzan la pertinencia de la presente investigación y justifican su aporte académico y aplicado.

Conclusiones

La manufactura avanzada en Colombia se consolida como una estrategia clave para incrementar la competitividad del sector industrial, especialmente al integrar innovación y automatización en los procesos productivos. Los antecedentes internacionales y nacionales evidencian que tecnologías como IoT, Big Data, inteligencia artificial y robótica no solo optimizan la eficiencia operativa, sino que transforman los modelos de negocio, mejoran la calidad de los productos y fortalecen la capacidad de adaptación a mercados globales altamente competitivos.

La adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en empresas colombianas, aunque en etapas iniciales en muchas PYMES, representa un potencial significativo para cerrar la brecha tecnológica frente a países líderes. Los estudios revisados muestran que la implementación parcial de automatización y digitalización ya ha comenzado a generar impactos positivos en productividad y gestión operativa, lo que sugiere que un enfoque estratégico y gradual puede acelerar la transición hacia procesos totalmente inteligentes.

La innovación tecnológica, entendida como la incorporación de herramientas digitales y sistemas automatizados, se consolida como el principal motor de transformación industrial; Se observó que la adopción de IoT y robótica colaborativa permite la integración de procesos, el control en tiempo real y la reducción de errores, mientras que Big Data e inteligencia artificial facilitan la toma de decisiones basada en información precisa y predictiva.

A pesar del potencial de la tecnología, la investigación confirma que existen barreras significativas que limitan la adopción plena. Entre estas, destacan la resistencia al cambio organizacional, la falta de capital humano especializado, las limitaciones financieras y la infraestructura tecnológica insuficiente. Estas dificultades requieren un abordaje integral que

combine formación, acompañamiento estratégico y políticas públicas coherentes para fomentar la innovación sostenible.

Los lineamientos estratégicos planteados muestran que la superación de barreras no depende únicamente de la inversión en tecnología, sino de la creación de un ecosistema industrial que articule academia, empresas y gobierno. Este enfoque integral promueve la transferencia de conocimiento, fortalece competencias técnicas y genera un entorno propicio para la implementación efectiva de tecnologías avanzadas.

La implementación de Lean Manufacturing y TIC en las PYMES colombianas evidencia que la eficiencia operativa y la estandarización de procesos son condiciones previas necesarias para la incorporación de tecnologías más avanzadas, la evidencia sugiere que la organización de los procesos, la reducción de desperdicios y la gestión sistemática de la producción preparan el terreno para la automatización y la digitalización integral.

La manufactura aditiva, aunque menos frecuente, representa un área de innovación estratégica, especialmente en sectores como el metalmecánico y farmacéutico. Los estudios de caso muestran que el éxito de esta tecnología depende no solo de la infraestructura técnica, sino también de la cultura organizacional y del capital humano, subrayando la importancia de la formación especializada y del desarrollo de capacidades internas para sostener la innovación.

La frecuencia de implementación de tecnologías indica que IoT, robótica y automatización son las más utilizadas, mientras que RFID y manufactura aditiva muestran un nivel inicial de adopción, puesto que este patrón revela áreas prioritarias para futuras inversiones, así como la necesidad de diseñar estrategias de difusión, capacitación y acompañamiento que promuevan la adopción progresiva de estas herramientas emergentes.

Los artículos periodísticos y fuentes secundarias revisadas refuerzan la idea de que la transformación digital no es opcional, sino una necesidad estratégica para la competitividad, la evidencia muestra que empresas colombianas que han adoptado soluciones digitales incrementan su productividad, optimizan la cadena de suministro y reducen tiempos operativos, destacando que la inversión temprana en tecnología genera ventajas competitivas significativas.

El análisis de barreras y oportunidades evidencia que la capacitación del personal es un factor crítico para la implementación tecnológica. La formación continua, combinada con metodologías de gestión de proyectos y acompañamiento institucional, permite reducir la resistencia al cambio, mejorar la integración de sistemas y maximizar los beneficios de la automatización en procesos productivos.

La investigación demuestra que la adopción tecnológica tiene un impacto directo en la sostenibilidad industrial, al permitir optimizar recursos, reducir desperdicios y disminuir la huella ambiental de los procesos productivos. Esto evidencia que la manufactura avanzada no solo contribuye a la competitividad, sino también al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con la producción responsable y la innovación industrial.

La comparación entre experiencias nacionales e internacionales revela que Colombia tiene oportunidades para aprender de modelos exitosos, adaptando buenas prácticas a su contexto productivo, económico y cultural. La evidencia indica que la integración de tecnología, talento humano y políticas públicas es un factor diferenciador que determina el éxito en la transición hacia la manufactura avanzada.

El desarrollo de esta investigación evidencia que se alcanzaron los objetivos propuestos. El objetivo general, de fortalecer la manufactura avanzada en Colombia mediante estrategias de innovación y automatización, se cumplió al identificar los elementos clave para mejorar la

competitividad y promover la sostenibilidad, basándose en un diagnóstico amplio y contextualizado. Los objetivos específicos también se lograron: se identificaron barreras y oportunidades para la adopción tecnológica, se analizaron experiencias nacionales e internacionales que permitieron extraer buenas prácticas y lecciones aprendidas, y se formularon lineamientos estratégicos adaptados al contexto colombiano, constituyendo una guía práctica para empresas, instituciones académicas y formuladores de políticas. Así, la investigación no solo aporta conocimiento académico, sino herramientas aplicables para impulsar la transformación de la manufactura en el país.

Recomendaciones

Planificación estratégica de la transformación tecnológica: Las empresas deben diseñar un plan de adopción tecnológica gradual y estructurado, priorizando proyectos piloto que permitan medir impactos y ajustar estrategias antes de realizar inversiones significativas. Esto facilita la adaptación operativa y minimiza riesgos financieros y organizacionales.

Fortalecimiento del capital humano: Implementar programas de formación continua en competencias digitales, gestión de datos, robótica, IoT y Big Data para todos los niveles de la organización, asegurando que el personal comprenda y aproveche plenamente las tecnologías emergentes.

Promoción de la cultura de innovación: Fomentar una cultura organizacional orientada a la mejora continua, donde la creatividad, el aprendizaje y la colaboración sean reconocidos y recompensados, reduciendo la resistencia al cambio y favoreciendo la adopción de nuevas prácticas.

Integración tecnológica de procesos: Asegurar que los sistemas de manufactura, gestión de inventarios, planificación y control estén interconectados, permitiendo la automatización de flujos de trabajo y el aprovechamiento de información en tiempo real para la toma de decisiones estratégicas.

Apoyo institucional y alianzas estratégicas: Las empresas, universidades, centros de investigación y organismos públicos deben crear alianzas que promuevan transferencia de conocimiento, asesoría técnica, programas de certificación y acompañamiento en la implementación de tecnologías avanzadas.

Fomento de la investigación aplicada y casos de éxito: Incentivar la documentación y difusión de experiencias exitosas en la adopción de Industria 4.0, Lean Manufacturing y

automatización en Colombia, como modelo para replicar buenas prácticas en sectores similares y reducir la incertidumbre en las PYMES.

Optimización de recursos y sostenibilidad: Incorporar criterios de sostenibilidad ambiental y eficiencia energética en la implementación tecnológica, considerando reducción de desperdicios, optimización de consumos y prácticas de manufactura responsable.

Monitoreo y evaluación de resultados: Definir indicadores claros de desempeño tecnológico, productividad y calidad que permitan evaluar el impacto de la automatización y la innovación, generando retroalimentación para mejorar continuamente los procesos.

Inversión estratégica en infraestructura digital: Evaluar y modernizar la infraestructura tecnológica existente, garantizando compatibilidad, escalabilidad y seguridad en los sistemas de información, sensores, equipos y redes de comunicación industrial.

Promoción de la adopción tecnológica en PYMES: Desarrollar políticas de apoyo financiero y técnico que reduzcan las barreras económicas y de conocimiento para la implementación de tecnologías de manufactura avanzada en pequeñas y medianas empresas.

Fomento del uso de Lean Manufacturing y metodologías ágiles: Complementar la digitalización con la implementación de prácticas de mejora continua, optimización de procesos y eliminación de desperdicios, sentando la base para la automatización avanzada.

Desarrollo de competencias en gestión de proyectos tecnológicos: Capacitar líderes y gerentes en planificación, seguimiento y control de proyectos de transformación digital, asegurando que la innovación esté alineada con objetivos estratégicos y con el crecimiento sostenible de la empresa.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo Sierra, L. (s.f.). Proyecto de investigación: propuesta de difusión para el Archivo Histórico del Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada – CTMA, Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA y Regional Antioquia. Obtenido de 1Libray.co: <https://1library.co/document/zlell72q-investigacion-difusion-historico-tecnologia-manufactura-avanzada-aprendizaje-antioquia.html>
- Álvarez Acevedo, K. A. (2022). Análisis del estado actual de la implementación de tecnologías 4.0 en las grandes empresas de Pereira [Trabajo de grado, Universidad Católica de Pereira]. Recuperado de: <https://repositorio.ucp.edu.co/entities/publication/6379613f-7ba3-4051-811e-6f1ffc56ca>
- Anónimo. (20 de febrero de 2025). Industria 4.0: La apuesta que Colombia no puede seguir ignorando. *LatinPyme*, págs. 1-3. Obtenido de <https://latinpyme.com/industria-4-0-la-apuesta-que-colombia-no-puede-seguir-ignorando/#:~:text=Colombia%20en%20el%20contexto%20de,de%20decisiones%C2%B%2C%20explica%20Midence>.
- Arias Pinzón, C. M., & Briñez Castillo, V. E. (2024). Propuesta de implementación del modelo Lean Management básico para el desarrollo de la mejora continua en las MiPymes de manufactura en Colombia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 8858–8878. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14281
- Aristizábal Gómez, L. M., & Cardona Osorio, O. J. (2022). Coevaluación y heteroevaluación para el desarrollo de competencias en diseño, fabricación digital, manufactura avanzada y dispositivos inteligentes [Capítulo de libro]. Universidad Pontificia Bolivariana. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/10561>

Arroyave Martínez, D. (2022). Implementación de la tecnología blockchain dentro de la cadena de suministro: caso aplicado a proceso de importación de una empresa de manufactura

[Trabajo de grado de maestría, Universidad EAFIT]. Recuperado de:

<https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/d51f37f3-aadc-4d05-89dd-93e94b4aef85/content>

Ávila Mojica, J. S., & Parra, J. (2024). Pharma 4.0: Explorando la transformación digital en la industria farmacéutica a través del aprendizaje automático, Big Data y realidad aumentada en la industria colombiana (Trabajo de grado). Universidad El Bosque, Repositorio Institucional. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/b4d68973-fb49-464f-8c7e-1761fb982d8d>

Ballesteros Mosquera, G., & Rodríguez Holguín, G. S. (2024). Ventajas competitivas de la implementación de innovación tecnológica en los sectores productivos: desafíos para Colombia (Trabajo de grado – Ingeniería Industrial). Universidad Libre – Seccional Cúcuta. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/10901/29350>

Becerra, L., Herrera, J., Morris, L., Toro, A. (2024). Tecnologías de la cuarta revolución industrial utilizadas en la manufactura para mejorar los indicadores de productividad: Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*. Vol 8 (35). Doi: <https://doi.org/10.31908/19098367.3149>.

Bermúdez Holguín, B. Y., Hernández Arévalo, J. A., & Ocampo Orozco, J. D. (2025). Transformación del empleo por adopción de inteligencia artificial en los sectores manufactura, salud y financiero en Colombia (2020–2024): Un análisis desde la ingeniería industrial (Trabajo de grado). Universidad Politécnico Grancolombiano. <http://hdl.handle.net/10823/7965>

- Camargo, A. F., Ahumada, L. (2021). Tecnologías 4.0: El desafío de la educación media en Colombia. *Societas*, 25(2), 1-29. Recuperado de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/1942>
- Carrero Lugo, G. P., & Sastre Ruidiaz, L. A. (2021). Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID para el control de inventarios en las PyMEs de manufactura de Bogotá [Trabajo de grado de maestría, Universidad EAN]. Recuperado de: <https://repository.universidadean.edu.co/items/edc6ffcd-aa1d-493c-8d60-989e42bff929>
- Carvajal Rojas, J. H. (2017). La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su impacto en la educación superior en ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. *Work in Progress*, 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, Boca Raton, FL, Estados Unidos. Recuperado de: https://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/work_in_progress/WP386.pdf
- Castañeda Gómez, I. M. (2025). Estudio sobre las prácticas de enseñanza en los tiempos de pandemia en el Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada del SENA (Tesis de maestría). Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/188652>
- Castillo, M. (2017). El estado de la manufactura avanzada: competencia entre las plataformas de la Internet industrial (Serie Desarrollo Productivo N° 217). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/b8c84695-8a75-401d-a386-0201f68e3fbc/content>
- Castillón, M. (2015). Implementación y desarrollo de la industria 4.0 en siete países desarrollados y Colombia (Trabajo de grado, Programa de Administración de Empresas).

Universidad Cooperativa de Colombia. 7(12). 105-119. Recuperado de:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5192207>

Chica Rodríguez, C. A., & Aponte Chivirí, D. O. (2023). Exploración de la implementación de las tecnologías 4.0 en las industrias colombianas del sector manufacturero. Encuentro de Investigación Científica y Formativa, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de:

<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/0773efee-6ad6-45be-b722-0f888b61bccd/content>

Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar, F. P., & Larios Osorio, M. (26 de Noviembre de 2021). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*(54). Obtenido de

<https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/html/>

Cortez Gómez, W. A., & López González, C. (2023). Evaluación de capacidades de innovación para la implementación de la Manufactura Aditiva con Metales en un Centro de Productividad: un estudio de caso. *Revista Ad-Gnosis*, 12(12), 1–18.

<https://doi.org/10.21803/adgnosis.12.12.608>

Cuervo Fuentes, C. C. (2025). Influencia de la tecnología en la industria colombiana 4.0: una revisión sistemática de literatura (Trabajo de modalidad de grado para optar al título de Ingeniero Industrial). Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial, Neiva, Huila. Recuperado de:

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/205b39d4-533d-4d18-a8fd-93aad2475fe0/content>

- Daza Cantor, M. J., Orjuela Mahecha, C. A., Paredes Castaneda, D., Salamanca Cubillos, D., & San Martín Rincón, Y. P. (2021). Impacto de la inteligencia artificial en las empresas manufactureras en Colombia [Seminario de investigación, Universidad EAN]. Repositorio Universidad EAN. Recuperado de:
<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/32241d9b-da13-4391-8ea9-07317398d7bf/content>
- Dutrénit, G. (2016). Innovación, recursos naturales y manufactura avanzada: nuevos dilemas de la industrialización en América Latina. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, 89, 56–85. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5487063>
- Forero Pastrán, H. D. (2024). Análisis de la implementación de servicios en la nube para las PYMES de la industria manufacturera colombiana: facilitando la comprensión y adopción tecnológica (Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD). Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/66925>
- Garcés, G., & Peña, C. (10 de Mayo de 2020). Ajustar la Educación en Ingeniería a la Industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio. (U. C. Concepción, Ed.) *REXE, Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 19(40), págs. 129-148.
doi:<https://doi.org/10.21703/rexe.20201940garces7>
- García-Arango, D., Echeverri, C., Echeverri, M., Duque, A. (2024). Fabricación avanzada: estudio bibliométrico de tendencias en aplicación de la tecnología al campo de la manufactura. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*. Vol 68. Páginas: 638 - 655. Recuperado de:
https://media.proquest.com/media/hms/PFT/1/zEUJZ?_s=n3yLQQn%2BSm4oT0TmFojhruBwdmY%3D

- Garrido Raad, D., Rios Delgado, L. (2024). Obstáculos de implementación del diseño instruccional e impacto en el aprendizaje en la educación a distancia: una revisión sistemática. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 26(3), 1007-1020. www.doi.org/10.36390/telos263.14
- Garrido Raad, D. R., & Rios Delgado, L. F. (2025). Convergencia Intersectorial: El enfoque de Organizaciones Intergubernamentales y No Gubernamentales sobre el trabajo saludable en la era del cambio climático. *ACADEMO Revista De Investigación En Ciencias Sociales Y Humanidades*, 12(1), 1-15. <https://doi.org/10.30545/academo.2025.n1.1091>
- González, H. H., Marulanda, N., & Echeverry Correa, F. J. (2018). Diagnóstico para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, desde la estrategia de operaciones en algunas empresas del sector textil confección de Colombia: reporte de caso. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 85, 199-218. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9384725>
- González Rubio, N. (2021). Análisis de los avances tecnológicos en la Industria 4.0 en países desarrollados y Colombia [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Recuperado de: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/60791210-1758-40f7-ade2-305dcf8c7592/content>
- Herrera-Vidal, G., Olarte-Jiménez, L., Blanco-Camacho, J., & Marriaga-González, C. (2025). La automatización en Pymes: brechas tecnológicas en la Industria 4.0 en Cartagena – Colombia. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 7(1), 80–91. <https://doi.org/10.17981/bilo.7.1.2025.08>

- Hurtado, M. F., & Borjas, H. J. (2023). Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá (Trabajo de grado – Maestría). Universidad EAN. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10882/12906>
- Jurado Moreira, L. E., Cedeño Campuzano, M. G., Minaya Hernández, J. M., & Vivas Vivas, F. E. (2025). Tecnologías emergentes en la manufactura ecuatoriana. *Revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología (RIEMAT)*, 10(1). <https://doi.org/10.33936/riemat.v10i1.7217>
- Ladino Fernández, J. M., & Briceño Barrero, D. L. (2021). Industria 4.0: el reto para las pymes manufactureras de Bogotá [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Recuperado de: <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/6b284011-cf0d-41dc-a3d6-4e3efc867c65/content>
- Laguna, A. G., & Lara Martínez, O. R. (23 de Octubre de 2024). La importancia del uso de las tecnologías en las. *Redilat LATAM*, págs. 1-13. doi:DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2933>
- Lara Vargas, F. A., Esteban Villamizar, L. A., & Tarazona Cáceres, R. L. (2016). Proyectos de implementación de sistemas de ejecución de manufactura MES: modelo de planificación de alcance aplicado en la industria colombiana. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 1(27), 1–6. <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i27.303>
- Logroño Pazmiño, G. J., Morales Tamayo, Y., & Trujillo Ronquillo, D. F. (2025). Innovaciones tecnológicas en métodos de manufactura industrial, tendencias y perspectivas futuras. *Bastcorp International Journal*, 4(1), 104–120. <https://doi.org/10.62943/bij.v4n1.2025.167>

- Maldonado Pinto, J. E., & Portilla Barco, L. F. (15 de Octubre de 2019). Procesos de Innovación en la Industria Manufacturera Colombiana. (I. T. Metropolitano, Ed.) *Revista CEA*, 6(11), 147-163. doi:<https://doi.org/10.22430/24223182.1395>
- Martín Bernal, J. E., & Pérez Santana, M. D. (2025). Impacto de la automatización en el sector automotriz: un enfoque en Colombia [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)]. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/68679>
- MinAmbiente. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/planeacion-y-seguimiento/objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods/>
- Mora Camacho, L. A., Monroy, R. (2024). La innovación tecnológica en las empresas industriales en Colombia (Artículo académico). Universidad Libre – Seccional Cúcuta. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/10901/30075>
- Muñoz-Pinzón, D. S., Valencia-Rivero, K. T., Caviativa-Castro, Y. P., & Castillo-Bustos, J. S. (2024). Estado actual de la adopción de la Industria 4.0 en PYMES colombianas: desafíos y oportunidades. *Revista Politécnica*, 20(39), 99–118. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v20n39a7>
- Naciones Unidas. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/> [un.org]
- Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. . Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Ospina Lesmez, D. E., Cifuentes Rodríguez, D. A., Higuera Camargo, G. A., Jiménez Achuri, M., & Quintero Álvarez, J. D. (2020). La competitividad de las PYMES colombianas al implementar tecnologías 4.0, usando metodologías de proyectos. Universidad EAN.

Repositorio Institucional. Recuperado de:

<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/f7245318-c030-408a-a599-feb110187ba8/content>

Ortega Cabrera, J. B. (2016). Sistemas flexibles de manufactura para entornos académicos como respuesta al desarrollo tecnológico de las PYMES en Colombia. *CITAS*, 2(1), 81-88.

<https://doi.org/10.15332/24224529.5188>

Parra Gómez, C. M. (2021). Implementación y desarrollo de la industria 4.0 en siete países desarrollados y Colombia (Trabajo de grado, Programa de Administración de Empresas).

Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias Administrativas,

Económicas y Contables, Cali, Colombia. Recuperado de:

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/4dd69483-610d-4997-8058-f3607fa97108/content>

Peña Galvis, O. L., & Palacio Osorio, G. J. (2018). Impacto de las nuevas tecnologías de “Industry 4.0” en Colombia. *LOGINN: Investigación Científica y Tecnológica*, 2(2), Art. 2007. <https://doi.org/10.23850/25907441.2007>

Robayo Acuña, P. (26 de Abril de 2016). La innovación como proceso y su gestión en la organización: una aplicación para el sector gráfico colombiano. doi:<http://doi.org/>

Rodríguez-Castilla, M. M., Quintero-Quintero, W., & Pacheco-Sánchez, C. A. (2020). Costos de producción: innovaciones y prácticas estratégicas de las MiPymes manufactureras. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 8(1), 131–139.

<https://doi.org/10.15649/2346030X.720>

Rodríguez Feliciano, C. C. (2025). Modelo de innovación para el servicio de apoyo a MiPymes del laboratorio de manufactura y diseño avanzado (lamda) de la Universidad Distrital

- Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/items/cb9a51ea-3103-4423-9f52-6ba6c034a0b9>
- Rojas-Berrio, S., Rincón-Novoa, J. L., Ascúa, R. A., & Ravale, H. (2020). Tecnologías digitales emergentes en emprendimientos y MiPymes (Colombia). Documentos FCE-CID Escuela de Administración y Contaduría Pública N.º 39. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=3712627>
- Sánchez, C. W., Ordóñez, J. E., Vanegas Ipiá, P. C., & Viera Balanta, V. (2020). Implementación del brazo robótico RACSu como enfoque para el aprendizaje de procesos manufactura avanzada. En E. Serna M. (Ed.), *Investigación formativa en ingeniería* (pp. 530–542). Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8716476>
- Sánchez, J. L. (2023). Industria 4.0: Qué es, beneficios y ejemplos. *IEBS*, 1-3. Obtenido de <https://www.iebschool.com/hub/industria-cuarta-revolucion-industrial-business-technologica/>
- Sandoval Bolaños, R. D. (2017). *Aprendizajes, retos y perspectivas de la fabricación digital en Colombia* (Trabajo de grado de maestría). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/items/bf986a17-ec40-4ba6-b393-1f50c4c4e2c1>
- Sandoval Carrero, N. S., Acevedo Quintana, N. M., & Santos Jaimes, L. M. (2022). Lineamientos desde la Industria 4.0 a la Educación 4.0: caso tecnología IoT. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 1(39), 81-92. <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i39.1379>

SAP. (s.f.). ¿Qué es la automatización de procesos? *SAP*, 1-3. Obtenido de

<https://www.sap.com/latinamerica/products/technology-platform/process-automation/what-is-process-automation.html>

Soriano Morales, G. F. (2023). Sistemas de producción flexibles basados en la industria 4.0 para la manufactura personalizada. *Ibero-American Journal of Economics & Business Research*, 4(2). <https://doi.org/10.56183/iberocb.v4i2.31>

TheoryHub. (s.f.). Technology-Organization-Environment Framework. *TheoryHub*, 1-3.

Obtenido de <https://open.ncl.ac.uk/academic-theories/23/technology-organization-environment-framework/>

Valencia-Ayala, H., Pincay-Lozada, J. L., & Rodríguez-Villalobos, R. (2025). La Industria 4.0 en Colombia y Latinoamérica, realidades y retos. *Revista Fidélitas*, 6(2), 37-49.

<https://doi.org/10.46450/revistafidelitas.v6i2.128>

Valero Portilla, C. A., Casas Sánchez, I. M., Fagua Torres, L., & Mendoza Galindo, P. A. (2021). Plan de implementación de tecnologías 4.0 en el proceso de tintorería para tejido de punto de fibra sintética en Encajes S.A. Colombia (Proyecto de grado, Especialización en Gerencia de Producción y Productividad). Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia.

Recuperado de: <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/5281ed9c-96c9-4ab2-8657-f1e33c559930/content>

Viloria Amaya, R. R. (2024). Evaluación del rol del IoT en la transformación digital en una organización de manufactura [Trabajo de grado de maestría, Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Bucaramanga]. Recuperado de:

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a8cd9fdf-0eb4-4cff-ae03-a3ca2f7811d9/content>

VIU. (4 de febrero de 2025). Inteligencia artificial en Colombia: una realidad de oportunidades y desafíos. *VIU*, págs. 1-9. Obtenido de

<https://www.universidadviu.com/co/actualidad/nuestros-expertos/inteligencia-artificial-en-colombia-realidad-oportunidades-desafios>

Vizcaíno Ballesteros, K., Brito Otero, R. A., & Cruz Guerrero, D. M. (2023). Análisis del avance tecnológico en la industria manufacturera colombiana y su impacto en la productividad del 2005 al 2021. Artículo de revisión bibliográfica, Fundación Universitaria del Área Andina. Recuperado de:

<https://digitk.areandina.edu.co/server/api/core/bitstreams/8e014375-848b-4bbd-9e99-b13be4b5532a/content>

Apéndices

Apéndice A

Matriz Documental

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación– automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
1	Tecnologías de la cuarta revolución industrial utilizadas en la manufactura para mejorar los indicadores de productividad: Una revisión	2024	Becerra, L., Herrera, J., Morris, L., Toro, A. (2024). <i>Tecnologías de la cuarta revolución industrial utilizadas en la manufactura para mejorar los indicadores de productividad: Una revisión</i> . Entre Ciencia e Ingeniería. Vol 8 (35). Doi: https://doi.org/10.31908/19098367.3149 .	Tecnologías de la Industria 4.0 aplicadas a procesos industriales, con énfasis en adaptación y modernización de manufactura mediante tecnologías digitales.	El artículo destaca cómo las tecnologías digitales (características de la Industria 4.0) transforman los procesos productivos hacia una manufactura más automatizada e innovadora.	Tecnologías digitales de Industria 4.0; Automatización de procesos industriales y Sistemas inteligentes y conectividad (presumiblemente IoT, datos, sensores, etc.)	Revisión/carátula de tecnologías aplicadas en industria — evidencia secundaria basada en conceptos y aplicación de tecnologías 4.0 en manufactura.	De forma implícita el artículo sugiere obstáculos tecnológicos y organizacionales al adoptar tecnologías avanzadas en manufactura (como integración de sistemas, adaptabilidad, inversión tecnológica), típico en este tipo de estudios de Industria 4.0.	Modernización de procesos productivos; Incremento de competitividad industrial y Avances hacia flexibilización y digitalización de manufactura gracias a nuevas tecnologías.	Permite comprender cómo las tecnologías emergentes (Industria 4.0) pueden integrarse a procesos industriales colombianos, impulsando eficiencia y competitividad; Contribuye a la formación de enfoques tecnológicos para ingenieros industriales enfocados en transformación digital de manufactura.
2	Fabricación avanzada: estudio bibliométrico de tendencias en aplicación de la tecnología al campo de la manufactura	2021	García-Arango, D., Echeverri, C., Echeverri, M., Duque, A. (2024). <i>Fabricación avanzada: estudio bibliométrico de tendencias en aplicación de la tecnología al campo de la manufactura</i> . Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação. Vol 68. Páginas: 638 - 655. Recuperado de: https://media.proque	El artículo aborda la fabricación avanzada desde una perspectiva tecnológica y estratégica, entendida como la integración de tecnologías digitales, automatización y herramientas inteligentes en los procesos	La investigación evidencia que la automatización es un eje central de la innovación en la manufactura avanzada. A través del análisis bibliométrico, se identifican tendencias donde la adopción de tecnologías automatizadas y digitales impulsa nuevos modelos productivos, mejora la toma de decisiones y	Tecnologías digitales aplicadas a manufactura; Automatización industrial; Transformación digital; Sistemas inteligentes de producción; Análisis de datos aplicado a procesos industriales y Industria 4.0.	Estudio bibliométrico y documental, basado en el análisis de 2.366 publicaciones indexadas en la base de datos Scopus, mediante técnicas de análisis descriptivo, coautoría, co-ocurrencia de palabras clave, citación, emparejamiento	Brecha tecnológica entre industrias tradicionales y avanzadas; Dificultades en la adopción de tecnologías digitales en contextos productivos convencionales; Dificultades en la adopción de tecnologías digitales en contextos productivos convencionales;	Identificación de tendencias emergentes en manufactura avanzada; Orientación estratégica para la adopción tecnológica en empresas industriales; Fortalecimiento de procesos de innovación basados en evidencia científica; Apoyo a la toma de	Este estudio aporta un marco analítico sólido para que la Ingeniería Industrial en Colombia comprenda las tendencias globales de la fabricación avanzada, facilitando la adaptación de tecnologías emergentes al contexto nacional. Además, sirve como insumo para el diseño de estrategias de automatización, innovación y transformación digital en empresas manufactureras colombianas, fortaleciendo el rol del ingeniero industrial como

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
			st.com/media/hms/PFT/1/zEUJZ?_s=n3yLQQn%2BSm4oT0TmFoqhruBwdmY%3D	productivos, orientadas a lograr sistemas de manufactura más flexibles, eficientes y competitivos, en el marco de la transformación digital industrial.	favorece la innovación continua en los sistemas de manufactura.		bibliográfico y co-citación.	Limitaciones organizacionales y de capacidades técnicas para la transformación digital	decisiones para la modernización de sistemas productivos	gestor del cambio tecnológico.
3	Innovaciones tecnológicas en métodos de manufactura industrial, tendencias y perspectivas futuras	2025	Logroño Pazmiño, G. J., Morales Tamayo, Y., & Trujillo Ronquillo, D. F. (2025). Innovaciones tecnológicas en métodos de manufactura industrial, tendencias y perspectivas futuras. <i>Bastcorp International Journal</i> , 4(1), 104–120. https://doi.org/10.62943/bij.v4n1.2025.167	El artículo se centra en las innovaciones tecnológicas aplicadas a los métodos de manufactura industrial, evaluando cómo estas tecnologías están cambiando la eficiencia, sostenibilidad y competitividad dentro de la producción industrial moderna.	El estudio muestra que tecnologías como la inteligencia artificial, robótica avanzada e Internet de las Cosas (IoT) impulsan la automatización de procesos y constituyen pilares de la innovación en manufactura.	Inteligencia artificial (IA); Robótica avanzada; Internet de las Cosas (IoT); Fabricación aditiva; Gestión energética y prácticas de sostenibilidad y Tendencias futuras como Blockchain y gemelos digitales (Digital Twins)	Este es un estudio de revisión bibliográfica, que recoge y analiza tendencias tecnológicas a partir de literatura académica existente para identificar innovaciones clave en la manufactura industrial.	Se señalan desafíos de implementación, tales como: Altos costos de adopción tecnológica, Complejidad técnica y Limitaciones especialmente en pequeñas y medianas empresas (PYMES) para adaptarse a tecnologías avanzadas.	Incremento en eficiencia y productividad; Mayor sostenibilidad y reducción de huella de carbono; Proyección de tecnologías emergentes para cadenas de suministro más seguras y eficientes; Futuras adopciones de Blockchain y gemelos digitales para trazabilidad y optimización industrial.	Este artículo ofrece una base científica que puede apoyar a los ingenieros industriales en Colombia para: Entender las tendencias tecnológicas globales en manufactura avanzada, Identificar tecnologías clave que aportan a la automatización, sostenibilidad y competitividad, Diseñar estrategias de adopción tecnológica fundamentadas en evidencia académica y Apoyar la toma de decisiones orientada a la transformación digital de procesos productivos locales.
4	Análisis de la implementación de servicios en la nube para las PYMES de la industria manufacturera	2024	Forero Pastrán, H. D. (2024). Análisis de la implementación de servicios en la nube para las PYMES de la industria manufacturera colombiana: facilitando la comprensión y	Este trabajo se relaciona con la adopción de tecnologías digitales clave (servicios en la nube) que pueden apoyar la	Aunque el foco principal no es la automatización física, el uso de servicios en la nube impulsa la innovación digital al ofrecer soluciones que mejoran la eficiencia,	Servicios en la nube (Cloud Computing); Infraestructura digital para soporte de procesos productivos; Integración de tecnologías digitales para	Trabajo de grado de carácter aplicado y analítico, con enfoque en el estudio de tecnologías emergentes (servicios en la nube) y su	Barreras organizacionales en PYMES por estructuras simples que dificultan la adopción de tecnologías en la nube; Limitaciones de capacidad	Mejorar la agilidad operativa y capacidad de respuesta ante cambios del mercado mediante infraestructura tecnológica flexible;	Este trabajo brinda insights aplicados para que los ingenieros industriales comprendan cómo los servicios en la nube pueden apoyar la transformación digital de manufactura en PYMES colombianas. Contribuye a mostrar estrategias para integrar soluciones

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	colombiana : facilitando la comprensión y adopción tecnológica		adopción tecnológica (Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD). Repositorio Institucional UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/66925	modernización de procesos y la conectividad tecnológica en las PYMES manufactureras, un componente fundamental dentro de la manufactura avanzada.	colaboración y gestión de información en manufactura, habilitando entornos más conectados y digitales.	PYMES manufactureras; Plataformas colaborativas y de almacenamiento en nube	implementación en empresas pequeñas y medianas del sector manufacturero colombiano.	técnica y de recursos para implementar soluciones digitales avanzadas.	Optimizar recursos y procesos colaborativos a través de plataformas cloud; Optimizar recursos y procesos colaborativos a través de plataformas cloud.	digitales que impacten positivamente la competitividad, gestión de información y procesos dentro de las empresas del sector manufacturero.
5	Proyectos de implementación de sistemas de ejecución de manufactura a MES modelo de planificación de alcance aplicado en la industria colombiana	2016	Lara Vargas, F. A., Esteban Villamizar, L. A., & Tarazona Cáceres, R. L. (2016). Proyectos de implementación de sistemas de ejecución de manufactura MES: modelo de planificación de alcance aplicado en la industria colombiana. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA), 1(27), 1–6. https://doi.org/10.24054/rcta.v1i27.303	Analiza la planificación y ejecución de sistemas de ejecución de manufactura (MES), los cuales son una pieza clave dentro de la manufactura avanzada porque integran procesos de producción, automatización y reporte de datos en tiempo real para optimizar operaciones industriales.	Los sistemas MES son herramientas directamente relacionadas con la automatización y la innovación en manufactura, pues permiten coordinar distintas fases de producción con énfasis en eficiencia, transparencia y control de procesos.	Sistemas MES (Manufacturing Execution Systems); Planificación de recursos (integración con ERP); Gestión de proyectos de automatización industrial; Estándares y mejores prácticas en implementación tecnológica	Estudio aplicado y teórico centrado en la planificación de proyectos tecnológicos con enfoque de implementación de MES, basándose en modelos de gestión de proyectos, metodologías y estándares de implementación de manufactura avanzada.	Deficiencia en la definición de alcance y requerimientos en proyectos MES, lo cual puede generar retrasos o fallas en la implementación; Posibles limitaciones organizacionales y falta de claridad metodológica para implementar sistemas MES en industrias convencionales.	Mejora en la gestión operativa y en tiempo real de procesos productivos; Integración más efectiva entre sistemas de planificación y ejecución (ERP + MES), aumentando productividad e interoperabilidad; Uso de un modelo de planificación del alcance sirve de guía para futuras implementaciones en la industria.	Este artículo ofrece una base conceptual y metodológica que apoya la formación de ingenieros industriales en Colombia orientados a la implantación de tecnologías digitales de manufactura, destacando la importancia de una adecuada planificación para proyectos de automatización y gestión de producción.
6	Evaluación de capacidades de innovación para la implementación	2023	Cortez Gómez, W. A., & López González, C. (2023). Evaluación de capacidades de innovación para la implementación de	El artículo analiza la implementación de la manufactura aditiva con metales	El estudio demuestra cómo las capacidades de innovación organizacional impactan la implementación	Manufactura aditiva con metales (Additive Manufacturing of Metals – AMM); Tecnologías habilitadoras de la	Estudio de caso aplicado, donde se realiza una evaluación de capacidades de innovación en un Centro de	Falta de estructura organizacional formal y procedimientos definidos para AMM en el	Identificación de áreas clave para fortalecer capacidades organizacionales y de innovación;	Ofrece una visión aplicada de cómo evaluar e implementar tecnologías avanzadas dentro de organizaciones productivas en Colombia; Permite comprender la

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	ción de la Manufactura Aditiva con Metales en un Centro de Productividad. Un Estudio de Caso		la Manufactura Aditiva con Metales en un Centro de Productividad: un estudio de caso. Revista Ad-Gnosis, 12(12), 1-18. https://doi.org/10.21803/adgnosis.12.12.608	(AMM) como una tecnología habilitadora de la Manufactura Avanzada, enfocándose en los retos de incorporar esta tecnología disruptiva en un Centro de Manufactura Avanzada y en una empresa del sector metalmeccánico.	de tecnologías avanzadas. La manufactura aditiva (especialmente con metales) es una forma de automatización y modernización tecnológica que permite procesos productivos más flexibles y eficientes, alineada con las tendencias de la Industria 4.0.	Cuarta Revolución Industrial; Evaluación de capacidades de innovación organizacional; Impresión 3D industrial avanzada.	Manufactura Avanzada (CTMA del SENA) y una empresa metalmeccánica con enfoque en tecnologías emergentes.	Centro evaluado; Dificultades en la madurez de capacidades de innovación y disponibilidad de recursos tecnológicos especializados; Estado incipiente de estrategias institucionales para incorporar tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0.	Propuesta de plan de acción para consolidar capacidades tecnológicas y estratégicas; Potencial para articular entidades académicas, productivas y de formación técnica hacia la adopción de tecnologías avanzadas.	interrelación entre capacidades de innovación, automatización y transformación digital, aspectos esenciales para la formación profesional del ingeniero industrial; Sirve como referente metodológico y estratégico para futuros proyectos de adopción tecnológica en el sector manufacturero colombiano.
7	Tecnologías Digitales Emergentes en Emprendimientos y Mipymes (Colombia) (Emergent Digital Technologies in Sme's and Startups (Colombia))	2020	Rojas-Berrio, S., Rincón-Novoa, J. L., Ascúa, R. A., & Ravale, H. (2020). Tecnologías digitales emergentes en emprendimientos y MiPymes (Colombia). Documentos FCE-CID Escuela de Administración y Contaduría Pública N.º 39. SSRN. https://ssrn.com/abstract=3712627	El documento analiza los factores que influyen en la adopción de tecnologías digitales emergentes (Industria 4.0) en procesos productivos de MiPymes manufactureras y emprendimientos, evidenciando cómo estas tecnologías se integran en actividades centrales – core – de manufactura y servicios en	El estudio muestra que la adopción de tecnologías 4.0 (como IoT, analítica de datos y automatización avanzada) es un motor de innovación y modernización de procesos, donde la automatización emerge como un componente clave para la transformación digital de PYMES manufactureras.	Sensores e Internet of Things (IoT); Analítica de grandes datos (Big Data); Inteligencia artificial; Impresión aditiva / 3D; Computación en la nube; Robots y automatización avanzada.	Estudio cualitativo basado en 22 casos de emprendimientos y MiPymes colombianas, con análisis contextual de la situación de adopción de tecnologías 4.0 y entrevistas para identificar factores facilitadores e inhibidores de la implementación tecnológica.	Rezago tecnológico en la adopción masiva de tecnologías 4.0 en PYMES manufactureras; Desconocimiento de beneficios y falta de capacidades técnicas internas; Limitaciones de financiación y apoyo institucional para la incorporación tecnológica.	Modernización de procesos productivos y competitividad de PYMES; Crecimiento de la oferta de valor digital frente a competidores; Iniciativas gubernamentales y programas de apoyo que incentivan la adopción de tecnologías 4.0.	Este documento aporta una visión aplicada y contextualizada para ingenieros industriales interesados en la adopción de tecnologías digitales, destacando cómo estas tecnologías emergentes pueden transformar procesos manufactureros y de servicios en empresas colombianas, y qué factores internos y externos influyen en su implementación.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación- automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				el contexto colombiano.						
8	Exploración de la implementación de las tecnologías 4.0 en las industrias colombianas del sector manufacturero	2023	Chica Rodríguez, C. A., & Aponte Chivirí, D. O. (2023). Exploración de la implementación de las tecnologías 4.0 en las industrias colombianas del sector manufacturero. Encuentro de Investigación Científica y Formativa, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de: https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/0773efee-6ad6-45be-b722-0f888b61bccd/content	El trabajo se centra en la adopción progresiva de las tecnologías 4.0 en el sector manufacturero colombiano, abordando la manufactura avanzada como un proceso de transición tecnológica que integra herramientas digitales, nuevas prácticas organizacionales y cambios en la gestión de procesos productivos y administrativos.	El estudio evidencia que la innovación tecnológica y la automatización están estrechamente vinculadas, pero su implementación en las industrias colombianas aún es desigual. Mientras algunas empresas avanzan hacia modelos más digitalizados, otras mantienen enfoques conservadores que limitan la automatización y reducen la eficiencia operativa, especialmente en procesos administrativos y de gestión.	Tecnologías de la Industria 4.0; Digitalización de procesos administrativos; Herramientas tecnológicas para la gestión organizacional; Nuevas prácticas empresariales basadas en tecnología.	Investigación de tipo documental y exploratoria, basada en una revisión exhaustiva de literatura y en el análisis de tendencias de desarrollo tecnológico en la industria manufacturera colombiana.	Resistencia al cambio organizacional en empresas con enfoques tradicionales; Falta de familiaridad con tecnologías 4.0 en muchas organizaciones; Enfoques conservadores que afectan la efectividad de procesos administrativos y productivos; Limitaciones en la comprensión del fenómeno de transición tecnológica.	Adaptación progresiva a la transformación digital industrial; Mejora de la eficiencia organizacional mediante la adopción de tecnologías 4.0; Mejora de la eficiencia organizacional mediante la adopción de tecnologías 4.0; Uso del análisis documental para orientar decisiones estratégicas futuras.	Este trabajo aporta una visión contextualizada del estado actual y las tendencias de adopción de tecnologías 4.0 en la industria manufacturera colombiana, brindando a la Ingeniería Industrial insumos clave para comprender los retos de la transformación digital. Además, contribuye a la formación de ingenieros industriales capaces de analizar procesos de cambio tecnológico, gestionar la innovación y proponer estrategias de modernización acordes con la realidad empresarial del país.
9	Publicación : Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá.	2023	Hurtado, M. F., & Borjas, H. J. (2023). Estudio de la implementación actual de las tecnologías 4.0 en las Pymes del sector manufacturero de Bogotá (Trabajo de grado – Maestría). Universidad EAN. Repositorio institucional. http://hdl.handle.net/10882/12906	Este estudio investigó el estado actual de adopción de tecnologías 4.0 en PYMES manufactureras de Bogotá, con un enfoque en comprender cómo estas empresas se integran a los	La investigación muestra que, aunque las tecnologías 4.0 están disponibles y pueden ser implementadas por las PYMES, la innovación y la automatización aún se encuentran en fases iniciales o moderadas, con brechas importantes en la adopción real de	Tecnologías 4.0 (general, no detalladas específicamente, pero incluidas en alcance del estudio); Digitalización de procesos; Herramientas tecnológicas para gestión y producción industrial.	Trabajo de grado de tipo aplicado y exploratorio que documenta el nivel de implementación de tecnologías 4.0 en pequeñas y medianas empresas del sector manufacturero de Bogotá, aportando datos actuales sobre la	Escasa adopción de tecnologías 4.0 por parte de múltiples PYMES manufactureras; Falta de estudios previos que documenten el nivel real de implementación; Obstáculos organizacionales y limitaciones de recursos que	Base de conocimiento para futuros estudios sobre adopción tecnológica en PYMES; Identificación de espacios de mejora que apoyen proyectos tecnológicos y de innovación; Relevancia de desarrollar	Este trabajo ofrece una perspectiva empírica sobre cómo las PYMES manufactureras están integrando (o no) tecnologías de la Industria 4.0. Contribuye a la Ingeniería Industrial al proporcionar evidencia concreta de las brechas actuales en adopción tecnológica, lo que permite formular estrategias de intervención, capacitación y diseño de políticas que

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				procesos tecnológicos emergentes asociados a la Manufactura Avanzada y la transformación digital industrial moderna.	tecnologías avanzadas que impulsen transformaciones profundas.		adopción tecnológica en el contexto empresarial local.	frenan la modernización tecnológica.	estrategias específicas para acelerar la transformación digital local.	ayuden a fortalecer la competitividad del sector productivo colombiano.
10	Influencia de la Tecnología en la Industria Colombiana 4.0: Una revisión sistemática de literatura	2025	Cuervo Fuentes, C. C. (2025). Influencia de la tecnología en la industria colombiana 4.0: una revisión sistemática de literatura (Trabajo de modalidad de grado para optar al título de Ingeniero Industrial). Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial, Neiva, Huila. Recuperado de: https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/205b39d4-533d-4d18-a8fd-93aad2475fe0/content	El trabajo aborda la manufactura avanzada desde la perspectiva de la Industria 4.0, enfocándose en la integración de tecnologías digitales y de información en los procesos productivos de la industria colombiana, con énfasis en la eficiencia, modernización y reestructuración de los sistemas de producción.	La investigación evidencia que la automatización y la innovación son componentes centrales de la Industria 4.0, impulsadas principalmente por el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Estas tecnologías facilitan la mejora de procesos productivos, promueven la innovación en los sistemas de producción y fortalecen la competitividad industrial en Colombia.	Tecnologías de la Industria 4.0; Tecnologías de la información y la comunicación (TIC); Digitalización de procesos productivos; Innovación en sistemas de producción; Automatización basada en tecnologías digitales	Revisión sistemática de la literatura, desarrollada bajo los lineamientos de la Declaración PRISMA, con búsqueda y selección de artículos científicos indexados en la base de datos Scopus, lo que garantiza rigor metodológico y confiabilidad en los resultados.	Retos asociados a la adopción efectiva de tecnologías 4.0 en estructuras organizacionales tradicionales; Necesidad de mayor claridad estratégica en la implementación tecnológica; Desafíos en la reestructuración de procesos productivos existentes para incorporar tecnologías avanzadas.	Impulso significativo a la innovación en los sistemas de producción; Mejora en la eficiencia de los procesos industriales; Fortalecimiento de la competitividad de la industria colombiana mediante la adopción de tecnologías 4.0; Base sólida para orientar decisiones estratégicas y políticas de transformación digital.	Este trabajo aporta un estado del arte actualizado y metodológicamente riguroso sobre la adopción de tecnologías 4.0 en la industria colombiana, brindando a la Ingeniería Industrial una base científica para comprender los avances, desafíos y oportunidades de la transformación digital. Además, fortalece la formación del ingeniero industrial como agente clave en la gestión de la innovación, la automatización y la modernización de procesos productivos.
11	Estado actual de la adopción de la Industria 4.0 en PYMES colombianas: desafíos y	2024	Muñoz-Pinzón, D. S., Valencia-Rivero, K. T., Caviativa-Castro, Y. P., & Castillo-Bustos, J. S. (2024). Estado actual de la adopción de la Industria 4.0 en PYMES	El artículo examina el nivel de adopción de herramientas y tecnologías de la Industria 4.0 en las PYMES colombianas	Se analiza cómo la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 impulsa la innovación y la automatización de procesos productivos y organizativos	Impresión 3D industrial; Almacenamiento de datos en la nube y bases de datos digitales; Tecnologías digitales y sensores asociados a	Estudio empírico cuantitativo aplicado, que utilizó encuestas con escala Likert para medir la implementación de tecnologías	Baja implementación de tecnologías avanzadas como impresión 3D en los procesos productivos; Limitaciones significativas de almacenamiento	Identificación clara del potencial de adopción tecnológica en sectores industriales, con espacio significativo para avanzar en	Este estudio aporta evidencia cuantitativa sobre cómo está evolucionando la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en PYMES colombianas, ofreciendo a los ingenieros industriales información sobre los

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	oportunidades		colombianas: desafíos y oportunidades. Revista Politécnica, 20(39), 99–118. https://doi.org/10.33571/rpolitec.v20n39a7	de diversos sectores, incluido el manufacturero, con énfasis en identificar su grado de implementación y las barreras que enfrentan estas empresas para avanzar hacia una manufactura más avanzada y digitalizada.	dentro de las PYMES, destacando que la introducción de técnicas como modelado, impresión 3D y almacenamiento digital de datos contribuye a la transformación productiva, aunque aún con niveles bajos de implementación general.	Industria 4.0; Herramientas de recolección y análisis de datos para manufactura avanzada.	de Industria 4.0 en 121 PYMES colombianas, analizando además las barreras y características de adopción en cada sector económico.	digital y uso de datos en muchos casos; Obstáculos relacionados con confidencialidad de información, recursos y capacitación tecnológica.	digitalización; Aplicación de tecnologías emergentes como herramientas de diferenciación competitiva; Potencial mejoramiento de procesos mediante la integración de soluciones tecnológicas avanzadas.	niveles actuales de digitalización y automatización de procesos. Sirve como diagnóstico para identificar brechas tecnológicas, orientar estrategias de innovación y proponer acciones concretas para fortalecer la competitividad del sector productivo colombiano.
12	Plan de implementación de tecnologías 4.0 en el proceso de tintorería para tejido de punto de fibra sintética en Encajes S.A. Colombia	2021	Valero Portilla, C. A., Casas Sánchez, I. M., Fagua Torres, L., & Mendoza Galindo, P. A. (2021). Plan de implementación de tecnologías 4.0 en el proceso de tintorería para tejido de punto de fibra sintética en Encajes S.A. Colombia (Proyecto de grado, Especialización en Gerencia de Producción y Productividad). Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia. Recuperado de: https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/5281ed9c-96e9-4ab2-8657-f1e33c559930/content	El proyecto se enmarca en la manufactura avanzada aplicada a procesos productivos textiles, específicamente en la tintorería industrial, mediante la incorporación de tecnologías de la Industria 4.0 orientadas a la digitalización, monitoreo y optimización de procesos. El enfoque prioriza la mejora de la productividad, la reducción de tiempos	La innovación se materializa a través de la automatización inteligente del proceso de tintorería, apoyada en tecnologías digitales que permiten capturar, procesar y analizar datos en tiempo real. La automatización no se limita a la mecanización, sino que integra analítica de datos y conectividad, fortaleciendo la toma de decisiones y la gestión eficiente del proceso productivo.	Industria 4.0; Internet de las Cosas (IoT); Computación en la nube; Analítica de datos; Monitoreo de procesos productivos; Gestión de tiempos improductivos; Evaluación económica de proyectos tecnológicos.	Estudio aplicado tipo proyecto de grado, con enfoque práctico y metodológico, que combina revisión de literatura académica, caracterización del proceso productivo real, diseño de un plan de implementación tecnológica y análisis económico de factibilidad.	Presencia de tiempos improductivos asociados a paros no programados; Necesidad de inversión inicial para la implementación de tecnologías 4.0; Requerimientos de adaptación organizacional y tecnológica en un proceso tradicional del sector textil.	Incremento de la productividad mediante monitoreo y control en tiempo real; Reducción de paros no programados y tiempos improductivos; Mejora en la toma de decisiones basada en datos; Modernización del proceso de tintorería y fortalecimiento de la competitividad empresarial.	El proyecto aporta un caso aplicado y contextualizado al sector manufacturero colombiano, demostrando cómo la Ingeniería Industrial puede liderar la implementación de tecnologías 4.0 en procesos tradicionales. Además, proporciona una metodología replicable para la caracterización de procesos, selección tecnológica y evaluación económica, fortaleciendo el rol del ingeniero industrial como gestor de productividad, innovación y transformación digital.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				improductivos y la modernización del sistema productivo.						
13	Sistemas flexibles de manufactura para entornos académicos como respuesta al desarrollo tecnológico de las pymes en Colombia	2016	Ortega Cabrera, J. B. (2016). Sistemas flexibles de manufactura para entornos académicos como respuesta al desarrollo tecnológico de las PYMES en Colombia. CITAS, 2(1), 81-88. https://doi.org/10.15332/24224529.5188	Este artículo explora los sistemas flexibles de manufactura (FMS) como una estrategia pedagógica y tecnológica para preparar profesionales en manufactura avanzada, utilizando el Laboratorio de CNC y Robótica como entorno real de aprendizaje. El enfoque es entender cómo los sistemas flexibles responden a los retos tecnológicos y productivos que enfrentan las PYMES colombianas en contextos dinámicos de producción.	El estudio destaca la importancia de integrar automatización y flexibilidad en los procesos productivos a través de sistemas de manufactura flexibles (FMS), que incorporan tecnologías como control numérico computarizado (CNC), robótica y sistemas automatizados para responder a variaciones de producción y mejorar las capacidades tecnológicas de las PYMES.	Sistemas Flexibles de Manufactura (FMS); CNC (Control Numérico Computarizado); Robótica aplicada a manufactura; Integración hombre-máquina en estaciones de trabajo; Diseño ergonómico de estaciones flexibles.	Estudio aplicado con carácter descriptivo y tecnológico, que propone el uso de entornos reales de trabajo educativo para vincular teoría y práctica en manufactura avanzada, preparando a futuros profesionales para enfrentar los retos tecnológicos de la industria.	Dificultades de las PYMES para adoptar tecnologías avanzadas de producción debido a limitaciones tecnológicas y educativas; Necesidad de formación especializada y actualización de infraestructuras.	Preparación de profesionales con competencias en sistemas flexibles y automatización; Integración de tecnologías avanzadas desde el ámbito académico hacia las PYMES manufactureras; Mejor desempeño productivo mediante flexibilidad, adaptabilidad y automatización de procesos.	El artículo aporta una visión educativa y práctica sobre cómo los futuros ingenieros industriales pueden interactuar con tecnologías avanzadas (CNC, robótica, FMS) desde ambientes académicos para luego transferir ese conocimiento a las empresas manufactureras. Esto permite fortalecer la formación profesional, la innovación tecnológica y la competitividad del sector productivo colombiano.
14	Implementación y desarrollo de la industria 4.0 en siete	2021	Parra Gómez, C. M. (2021). Implementación y desarrollo de la industria 4.0 en siete países desarrollados	El estudio aborda la manufactura avanzada desde una perspectiva	La investigación destaca que la innovación tecnológica y la automatización son pilares	Industria 4.0; Digitalización de procesos; Automatización industrial; Innovación	Revisión de literatura con enfoque comparativo internacional, apoyada en	Brecha tecnológica entre países desarrollados y Colombia; Limitaciones en	Aprendizaje y transferencia de buenas prácticas desde países líderes en Industria 4.0;	Este trabajo aporta una visión estratégica y comparativa que permite a la Ingeniería Industrial comprender el estado actual de la Industria 4.0

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	países desarrollados y Colombia		y Colombia (Trabajo de grado, Programa de Administración de Empresas). Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables, Cali, Colombia. Recuperado de: https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/4dd69483-610d-4997-8058-f3607fa97108/content	comparativa internacional, analizando cómo la Industria 4.0 se ha convertido en un eje estratégico para el desarrollo tecnológico, productivo y económico de países industrializados, contrastando estos avances con el proceso de adopción en Colombia.	fundamentales de la Industria 4.0, al permitir la digitalización de procesos, el aumento de la eficiencia productiva y la competitividad global. En los países desarrollados, esta relación se consolida mediante fuertes inversiones y proyectos estratégicos, mientras que en Colombia aún se encuentra en una fase de transición y adaptación.	tecnológica; Transformación digital; Estrategias nacionales de desarrollo tecnológico.	fuentes académicas indexadas en Scopus y Google Académico, que permite identificar tendencias, estrategias y resultados de la implementación de la Industria 4.0 en diferentes contextos nacionales.	inversión, infraestructura y políticas de innovación en contextos latinoamericanos; Dificultades para adoptar tecnologías avanzadas de manera homogénea en el tejido empresarial colombiano.	Fortalecimiento de políticas públicas y estrategias empresariales orientadas a la transformación digital; Incremento del desarrollo económico y tecnológico mediante la adopción progresiva de tecnologías 4.0.	en Colombia frente a economías avanzadas. Además, brinda insumos para la formulación de planes de mejora, proyectos de automatización e innovación, y toma de decisiones orientadas al cierre de brechas tecnológicas y al fortalecimiento de la competitividad industrial del país.
15	Implementación de tecnologías estrategia para fortalecer la productividad y competitividad de las Pymes de la confección en Medellín	2015	Castillón, M. (2015). Implementación y desarrollo de la industria 4.0 en siete países desarrollados y Colombia (Trabajo de grado, Programa de Administración de Empresas). Universidad Cooperativa de Colombia. 7(12). 105-119. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5192207	El trabajo aborda la Industria 4.0 desde un enfoque comparativo internacional y tecnológico, examinando cómo la adopción de procesos digitalizados e integrados con tecnologías avanzadas ha evolucionado en naciones desarrolladas y cómo este fenómeno tecnológico se está	La investigación resalta que la Industria 4.0 se configura como una estrategia de innovación tecnológica y automatización de procesos productivos y administrativos, siendo un motor para modernizar sistemas y prácticas de manufactura en países con altos niveles de digitalización, lo que contrasta con las condiciones actuales de adopción en Colombia.	Internet de las Cosas (IoT); Digitalización de procesos; Automatización industrial; Tecnologías de información y comunicación aplicadas a manufactura.	Se trata de una revisión documental comparativa respaldada por búsqueda bibliográfica en bases académicas (como Scopus y Google Académico) para analizar la implantación de tecnologías 4.0 en economías avanzadas frente al contexto colombiano.	Diferencias estructurales en capacidad tecnológica entre países desarrollados y Colombia; Falta de estrategias claras de implementación en el contexto colombiano; Limitada inversión estatal y empresarial en tecnologías avanzadas.	Transferencia de modelos de adopción de tecnologías desde economías líderes; Generación de políticas públicas y acciones estratégicas para fortalecer la transformación digital nacional; Impulso a la competitividad mediante el aprovechamiento de tecnologías avanzadas en sectores productivos.	El estudio ofrece una mirada estratégica y comparativa que permite a la Ingeniería Industrial en Colombia entender el grado de desarrollo y aplicación de tecnologías 4.0 a nivel global y nacional. Esto ayuda a definir líneas de acción, estrategias de innovación y automatización de procesos, y proporciona criterios para la formulación de proyectos que impulsen la modernización de la manufactura nacional.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				desplegando en Colombia. El estudio enfatiza la necesidad de integrar tecnologías digitales en procesos productivos para aumentar competitividad y respuesta a la globalización.						
16	La competitividad de las PYMES colombianas al implementar tecnologías 4.0, usando metodologías de proyectos	2020	Ospina Lesmez, D. E., Cifuentes Rodríguez, D. A., Higuera Camargo, G. A., Jiménez Achuri, M., & Quintero Álvarez, J. D. (2020). La competitividad de las PYMES colombianas al implementar tecnologías 4.0, usando metodologías de proyectos. Universidad EAN. Repositorio Institucional. Recuperado de: https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/f7245318-c030-408a-a599-feb110187ba8/content	El estudio se orienta a comprender cómo la adopción de tecnologías 4.0 impacta la competitividad de las PYMES del sector manufacturero colombiano, tomando como eje principal la aplicación de metodologías de gestión de proyectos para facilitar la implementación de tecnologías emergentes, digitales y conectadas.	La investigación identifica que la innovación (mejoras tecnológicas y organizacionales) y la automatización (uso de tecnologías digitales integradas) se combinan para incrementar la eficiencia operacional y competitiva de las PYMES. La adopción de tecnologías 4.0 se concibe no solo como automatización aislada, sino como un proceso gestionado estratégicamente mediante metodologías de proyectos.	Dentro de las tecnologías y prácticas que se examinan o configuran en la investigación están: Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial (IA), Almacenamiento en la nube, Tecnologías de gestión de datos, Métodos de gerencia de proyectos aplicados a tecnologías 4.0.	Investigación mixta (exploratoria y descriptiva) que combina: Revisión documental, Encuestas a PYMES manufactureras, Análisis estadístico de adopción de tecnologías y metodologías de gestión de proyectos en estos procesos productivos.	El estudio evidencia varias barreras a la implementación de tecnologías 4.0 en PYMES colombianas, tales como: Bajo nivel de conocimiento sobre tecnologías de la Industria 4.0 entre empresas manufactureras, poca experiencia en el uso de metodologías de gestión para proyectos tecnológicos, recursos financieros y humanos limitados para adoptar e integrar tecnologías emergentes y falta de políticas públicas que	Entre las oportunidades identificadas se encuentran: Capacitación y formación tecnológica de PYMES para elevar el nivel de adopción de tecnologías 4.0; Potencial para mejorar la competitividad mediante la integración de metodologías de proyectos que faciliten la implementación ordenada de tecnología; Uso de proyectos piloto y metodologías ágiles (como Scrum) para reducir riesgos y aumentar la eficiencia en la adopción tecnológica.	Muestra la relación entre gestión de proyectos y adopción tecnológica en el contexto de PYMES manufactureras; Ofrece evidencia empírica sobre niveles de conocimiento y uso de tecnologías 4.0 en el sector productivo colombiano; Identifica estrategias y metodologías que pueden facilitar la modernización de procesos productivos mediante tecnología avanzadas; Proporciona indicaciones para desarrollar políticas institucionales y programas de apoyo que fortalezcan la competitividad nacional mediante tecnologías digitales.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
								incentiven la modernización tecnológica.		
17	El estado de la manufactura avanzada: competencia entre las plataformas de la Internet industrial	2017	Castillo, M. (2017). El estado de la manufactura avanzada: competencia entre las plataformas de la Internet industrial (Serie Desarrollo Productivo N° 217). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/b8c84695-8a75-401d-a386-0201f68e3fbc/content	Este documento presenta un análisis global y estratégico de la manufactura avanzada, enmarcando la integración de tecnologías digitales, automatización y servicios avanzados dentro de un nuevo ecosistema productivo impulsado por la Internet industrial. Describe cómo la manufactura avanzada redefine la producción, interconectando máquinas, sistemas y procesos para crear industrias más eficientes e innovadoras	La obra resalta que la innovación tecnológica y la automatización profunda son motores de la manufactura avanzada. A través del uso de plataformas, sistemas ciberfísicos, análisis intensivo de datos, redes de alta velocidad y sensores inteligentes, se potencia la productividad, la capacidad de adaptación y la creación de nuevos servicios dentro de las cadenas productivas.	Internet industrial y sistemas ciberfísicos; Sensores inteligentes y redes IoT; Analítica de grandes datos (Big Data); Cloud computing y plataformas digitales; Robots interconectados y automatización avanzada; Plataformas integradas de producción y servicios.	El documento es un informe analítico y estratégico basado en datos cuantitativos y cualitativos agregados por CEPAL y fuentes internacionales, con enfoque en conceptualizar la manufactura avanzada dentro de un nuevo modelo productivo y competitivo a nivel global.	La brecha tecnológica entre países avanzados y economías emergentes; Limitaciones en infraestructura de red y capacidades digitales; Dificultades para desarrollar e integrar plataformas digitales en industrias tradicionales; Falta de políticas públicas concertadas que impulsen la digitalización industrial.	Desarrollo de políticas industriales y tecnológicas robustas que faciliten la adopción de sistemas ciberfísicos; Fomento de capacidades locales en tecnologías digitales y automatización; Integración entre sectores de manufactura y servicios avanzados para mejorar competitividad; Promoción de plataformas regionales y cooperación internacional para compartir conocimiento tecnológico.	Ofrece un marco conceptual sólido sobre manufactura avanzada y sus componentes tecnológicos clave; Permite a ingenieros industriales comprender los retos y oportunidades que trae la convergencia entre automatización industrial, analítica de datos y servicios avanzados; Sirve como base para proponer estrategias educativas, organizativas y políticas que fortalezcan la introducción de tecnologías avanzadas en procesos productivos colombianos; Apoya la formulación de propuestas para cerrar brechas tecnológicas y mejorar la competitividad local.
18	Impacto de las nuevas tecnologías de "industry	2018	Peña Galvis, O. L., & Palacio Osorio, G. J. (2018). Impacto de las nuevas tecnologías de "Industry 4.0" en	El artículo describe cómo la Industria 4.0 está transformand	El estudio evidencia que la Industria 4.0 está impulsada por innovación tecnológica y	Internet de las Cosas (IoT); Análisis de datos en la nube (Big Data); Ciberseguridad;	Este es un artículo descriptivo y analítico, que combina revisión	Resistencia al cambio y falta de preparación tecnológica en muchas industrias	Mayor eficiencia productiva y uso optimizado de recursos; Incremento de	El artículo describe cómo la Industria 4.0 está transformando el sector productivo colombiano mediante la introducción de tecnologías digitales

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación- automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	4.0 ^o en Colombia.		Colombia. LOGINN: Investigación Científica y Tecnológica, 2(2), Art. 2007. https://doi.org/10.23850/25907441.2007	o el sector productivo colombiano mediante la introducción de tecnologías digitales avanzadas. Estas tecnologías buscan fortalecer la productividad, eficiencia y competitividad del país frente a los retos de la cuarta revolución industrial.	automatización de procesos productivos. Tecnologías como IoT y big data permiten automatizar tareas, recopilar y analizar datos, y así generar mejoras en la eficiencia operativa y toma de decisiones estratégicas.	Manufactura adaptable; Automatización y robotización de procesos.	conceptual con ejemplos prácticos, incluido un caso de desarrollo de un dispositivo IoT para la medición de temperatura en granjas avícolas, demostrando la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 en contextos reales.	tradicionales; Limitaciones de infraestructura y capacitación técnica para integrar tecnologías avanzadas; Necesidad de políticas más claras para apoyar la adopción de tecnologías de la Industria 4.0.	la rentabilidad y competitividad industrial; Potencial para desarrollar soluciones tecnológicas propias (como IoT aplicados); Impulso a nuevos modelos de producción y servicios en diversos sectores.	avanzadas. Estas tecnologías buscan fortalecer la productividad, eficiencia y competitividad del país frente a los retos de la cuarta revolución industrial.
19	Sistemas de producción flexibles basados en la industria 4.0 para la manufactura personalizada.	2023	Soriano Morales, G. F. (2023). Sistemas de producción flexibles basados en la industria 4.0 para la manufactura personalizada. Ibero-American Journal of Economics & Business Research, 4(2). https://doi.org/10.56183/iberoecb.v4i2.31	El artículo se centra en la manufactura avanzada orientada a la personalización, analizando el diseño e implementación de sistemas de producción flexibles basados en los principios de la Industria 4.0. El enfoque destaca la transición progresiva de las empresas hacia mayores	La investigación muestra que la innovación tecnológica y la automatización flexible son fundamentales para lograr manufactura personalizada. A través de la digitalización y la adopción de tecnologías clave, las empresas pueden adaptar rápidamente sus procesos productivos, mejorar la eficiencia y responder a las demandas específicas de los clientes, sin	Industria 4.0, Sistemas de producción flexibles; Digitalización de procesos; Impresión 3D; Tecnologías habilitadoras de manufactura personalizada; Evaluación de madurez digital; Evaluación de madurez digital.	Investigación analítica y comparativa, que evalúa niveles de madurez digital y compara cuatro tecnologías esenciales de la Industria 4.0, considerando variables como inversión inicial, tiempo de recuperación de la inversión y aplicabilidad estratégica en sistemas de producción flexibles.	Altos costos iniciales de algunas tecnologías avanzadas; Diferencias en los niveles de madurez digital entre empresas; Necesidad de una visión estratégica clara para seleccionar tecnologías acordes a los objetivos empresariales; Limitaciones presupuestales y organizacionales para esperar retornos de inversión a mediano y largo plazo.	Implementación progresiva de tecnologías con retornos rápidos, como la impresión 3D; Priorización estratégica de tecnologías según objetivos, presupuesto y urgencia de resultados; Incremento de la flexibilidad productiva y capacidad de personalización masiva; Mejora de la toma de decisiones basada en análisis de madurez digital	Este estudio aporta a la Ingeniería Industrial una visión estratégica y técnica sobre cómo diseñar e implementar sistemas de producción flexibles basados en la Industria 4.0. Sus análisis de madurez digital, retorno de inversión y priorización tecnológica brindan herramientas prácticas para que el ingeniero industrial lidere procesos de transformación productiva orientados a la personalización, la eficiencia y la competitividad en contextos empresariales similares al colombiano.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				niveles de madurez digital como elemento clave para responder a mercados altamente personalizados.	sacrificar competitividad ni rentabilidad.				y viabilidad económica.	
20	La Automatización en Pymes: Brechas Tecnológicas en la Industria 4.0 en Cartagena - Colombia	2025	Herrera-Vidal, G., Olarte-Jiménez, L., Blanco-Camacho, L., & Marriaga-González, C. (2025). La automatización en Pymes: brechas tecnológicas en la Industria 4.0 en Cartagena – Colombia. Boletín de Innovación, Logística y Operaciones, 7(1), 80-91. https://doi.org/10.17981/bilo.7.1.2025.08	Este artículo analiza la adopción de automatización como parte de la Industria 4.0 en las Pymes colombianas, con énfasis en identificar las brechas tecnológicas que limitan la transformación digital de estas empresas en la ciudad de Cartagena, afectando especialmente sectores como manufactura, logística y petroquímica.	La investigación evidencia que la automatización y la innovación tecnológica son factores clave para la competitividad en la Industria 4.0, pero que su adopción en las Pymes presenta barreras significativas debido a limitaciones de infraestructura, financiamiento y capital humano especializado.	Automatización industrial y digitalización; Tecnologías de información y comunicación (TIC) implícitas en procesos digitales; Instrumentos de evaluación de estrategias de adopción tecnológica.	Estudio empírico con enfoque mixto que combina: revisión documental de literatura, aplicación de encuestas a 87 Pymes y análisis de estrategias de adopción tecnológica para automatización y digitalización en el marco de la Industria 4.0	Infraestructura digital insuficiente; Acceso restringido a financiamiento tecnológico; Escasez de talento especializado en tecnologías avanzadas.	Alianzas público-privadas para facilitar la modernización tecnológica; Incentivos fiscales que pueden estimular la inversión tecnológica; Fortalecimiento de capacidades técnicas y formación especializada para promover la adopción de automatización.	La situación actual de la automatización en Pymes dentro de un contexto industrial colombiano; El papel estratégico de la automatización como eje de innovación tecnológica para mejorar la eficiencia y competitividad industrial; La identificación de brechas que pueden orientar políticas públicas, estrategias empresariales y programas formativos que apoyen la transformación digital del sector productivo nacional.
21	La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en	2017	Carvajal Rojas, J. H. (2017). La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su impacto en la educación superior en ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. Work in Progress, 15th	Este trabajo combina el análisis conceptual de la Industria 4.0 como fenómeno tecnológico y educativo con un enfoque en cómo las	El documento destaca que la Industria 4.0 implica la integración sinérgica de tecnologías como automatización, robótica avanzada e ICT (Tecnologías de	Automatización industrial avanzada; Robotización; Integración de sistemas ciberfísicos (CPS); Tecnologías de información y telecomunicación (ICT);	Análisis conceptual y revisión exploratoria de la Industria 4.0 como fenómeno tecnológico y educativo en ingeniería, presentada como Trabajo	Desfase entre educación superior e innovación tecnológica, limitando la preparación de profesionales para la nueva industria; Retos en integrar	Fortalecimiento de la formación interdisciplinaria en Ingeniería que integre automatización, TIC, análisis de datos y diseño de procesos inteligentes; Desarrollo de	Aunque el estudio no se centra exclusivamente en Colombia, ofrece conceptos clave que son transferibles al contexto colombiano, especialmente en: La necesidad de adaptar programas educativos y entrenamiento para responder a los avances

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación- automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	Latinoamérica y el Caribe		LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, Boca Raton, FL, Estados Unidos. Recuperado de: https://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/work_in_progress/WP386.pdf	tecnologías habilitadoras de la manufactura avanzada (automatización, robótica, sistemas ciber-físicos) están influyendo en los sistemas productivos y requieren transformaciones en la formación de ingenieros. Se ubica la Industria 4.0 no solo como un cambio en los procesos productivos tradicionales, sino también como un paradigma integrado que impacta procesos, sistemas y educación técnica.	Información y Comunicación) tanto en la empresa como en la educación. Esta convergencia permite procesos productivos más eficientes y capacidades innovadoras en la formación ingeniería, mostrando una relación directa entre automatización tecnológica y capacidades de innovación educativa e industrial.	Tecnologías de información y telecomunicación (ICT).	“Work in Progress” en una conferencia internacional. El documento combina revisión teórica con perspectivas de impacto y tendencias sobre la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en el sector productivo y educativo.	contenidos y competencias de tecnologías emergentes en la formación de ingenieros; Necesidad de actualización de currículos y prácticas pedagógicas para responder a la complejidad de la Industria 4.0.	competencias avanzadas para nuevos perfiles profesionales requeridos por la manufactura avanzada y sectores tecnológicos; Fomento de la investigación colaborativa entre industria y academia para impulsar proyectos de innovación y transferencia tecnológica.	tecnológicos de la Industria 4.0.; Proveer un marco de referencia para diseñar estrategias de formación que integren automatización avanzada, robótica e ICT en el currículo de Ingeniería Industrial; Aproximar a las facultades colombianas a modelos educativos que preparen ingenieros con competencias robustas para la modernización productiva.
22	La Industria 4.0 en Colombia y Latinoamérica, realidades y retos	2025	Valencia-Ayala, H., Pincay-Lozada, J. L., & Rodríguez-Villalobos, R. (2025). La Industria 4.0 en Colombia y Latinoamérica, realidades y retos. Revista Fidélitás, 6(2), 37-49. https://doi.org/10.46450/revistafidelitas.v6i2.128	El artículo presenta un análisis de la Industria 4.0 en el contexto de Colombia y América Latina, explorando las características, el impacto y la adopción	Se destaca que la Industria 4.0 es un factor clave para generar innovación tecnológica y automatización de procesos, lo que puede mejorar la eficiencia productiva y competitividad. El artículo resalta la	Aunque el artículo es de carácter descriptivo y no exhaustivo en tecnologías, menciona y contextualiza la importancia de: Internet de las Cosas (IoT); Automatización inteligente; Automatización	Estudio descriptivo y cualitativo, que realiza un análisis comparativo entre países de América Latina y Colombia, con enfoque en contextos organizativos, económicos y	Escasa inversión en digitalización y tecnologías avanzadas en Colombia; Limitaciones en educación y formación que dificultan la adopción tecnológica; Falta de	Potencial de crecimiento tecnológico, especialmente en países con inversión y presencia de multinacionales tecnológicas; Oportunidad de diseñar políticas públicas y estrategias	Una visión integrada de cómo las tecnologías avanzadas se relacionan con eficiencia, competitividad y economía regional; Evidencia de desafíos comunes que enfrenta la adopción tecnológica en entornos productivos colombianos y latinoamericanos; Base conceptual para diseñar

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación– automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				de tecnologías avanzadas en organizaciones y economías regionales. Se abordan realidades comparativas entre países y se discute cómo estas tecnologías influyen en procesos productivos, competitividad y crecimiento económico.	necesidad de integrar tecnologías como IoT, analítica de datos y automatización inteligente para responder a los retos actuales del desarrollo productivo en la región.	inteligente; Analítica de datos y digitalización.	tecnológicos para comprender las realidades y retos de la Industria 4.0 en la región	coordinación entre gobiernos, empresas y academia para implementar estrategias de transformación digital.	conjuntas que promuevan la modernización productiva; Incentivar la educación y formación especializada para responder a las necesidades de Industria 4.0.	estrategias de automatización, digitalización y formación técnica en procesos productivos locales.
23	Innovación, recursos naturales y manufactura avanzada nuevos dilemas de la industrialización en América Latina	2016	Dutrénit, G. (2016). Innovación, recursos naturales y manufactura avanzada: nuevos dilemas de la industrialización en América Latina. <i>Ekonomiaz: Revista vasca de economía</i> , 89, 56–85. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5487063	Este artículo examina desde una perspectiva económica y estructural las relaciones entre la manufactura avanzada, la innovación y los recursos naturales en el contexto latinoamericano, enfocándose en cómo la generación de valor y la modernización industrial se articulan con estrategias de desarrollo económico. El análisis	El trabajo conceptualiza la manufactura avanzada como un componente clave de la innovación estructural del sector industrial, resaltando que la transición hacia una industria más moderna implica no solo mejoras tecnológicas (incluida automatización), sino también cambios institucionales y estratégicos que favorezcan la acumulación de capacidades tecnológicas e industriales en la región.	Manufactura avanzada como conjunto de competencias productivas; Integración de tecnología y procesos innovadores; Estrategias vinculadas a conocimiento e innovación como factor central de competitividad.	Revisión analítica y crítica basada en evidencia histórica y estadísticas económicas sobre los procesos de industrialización en América Latina, con enfoque en las dificultades y oportunidades para incorporar manufactura avanzada como estrategia de desarrollo.	Modelos de desarrollo basados en recursos naturales que limitan inversiones en capacidades tecnológicas; Dificultades para articular políticas públicas con estrategias de innovación industrial; Restricciones estructurales que dificultan el salto hacia procesos productivos modernos.	El potencial de generar valor añadido mediante la adopción de manufactura avanzada; La posibilidad de aprender de modelos industriales exitosos para diseñar estrategias de desarrollo regional; Incentivar capacidades tecnológicas para reducir la brecha entre economías tradicionales y emergentes.	Este artículo proporciona a la Ingeniería Industrial en Colombia una visión estratégica, contextualizada y crítica de la transformación productiva en la región, enfocándose en cómo los procesos de innovación y manufactura avanzada pueden contribuir a superar barreras estructurales en economías basadas en recursos naturales. También ofrece fundamentos para el diseño de políticas, estrategias empresariales y planes de formación que permitan a los ingenieros industriales liderar la modernización tecnológica e industrial en contextos latinoamericanos, incluidos los procesos de

N.	Titulo	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación- automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				pone en el centro la manufactura avanzada como parte de un modelo de industrialización que busca superar modelos tradicionales basados en recursos naturales.						automatización, reestructuración productiva y mejora de competitividad.
24	Aprendizajes, retos y perspectivas de la fabricación digital en Colombia	2017	Sandoval Bolaños, R. D. (2017). Aprendizajes, retos y perspectivas de la fabricación digital en Colombia (Trabajo de grado de maestría). Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/items/bf986a17-ec40-4ba6-b393-1f50c4c4e2c1	El trabajo se enmarca en la fabricación digital como antecedente y componente clave de la manufactura avanzada, analizando la implementación de tecnologías CAD, CAE y CAM en el sector de la construcción en Colombia. El enfoque destaca la transición desde métodos tradicionales hacia procesos digitalizados de diseño y manufactura, evidenciando cómo estas tecnologías permiten	La investigación muestra que la fabricación digital constituye una forma temprana y estructural de automatización del diseño y la manufactura, donde la innovación se materializa en la integración entre diseño computacional y procesos productivos. CAD, CAE y CAM permiten automatizar etapas críticas del ciclo de diseño- producción, reduciendo errores, tiempos y costos, y abriendo la posibilidad de procesos constructivos más inteligentes y adaptativos.	Diseño Asistido por Computador (CAD); Ingeniería Asistida por Computador (CAE); Manufactura Asistida por Computador (CAM); Fabricación digital; Integración diseño- manufactura; Digitalización de procesos productivos en construcción.	Revisión histórica y conceptual de la fabricación digital; Revisión histórica y conceptual de la fabricación digital; Entrevistas semiestructuradas a actores de la academia, el diseño y la industria El estudio combina evidencia documental y empírica para identificar aprendizajes, barreras y perspectivas futuras.	Bajo nivel de adopción tecnológica en el sector construcción colombiano; Falta de formación especializada y transferencia de conocimiento; Escasa articulación entre academia, industria y diseño; Resistencia al cambio frente a métodos constructivos tradicionales; Limitaciones económicas y tecnológicas para una adopción acelerada.	Potencial de la fabricación digital para modernizar los procesos constructivos; Integración temprana de tecnologías digitales en etapas de diseño y manufactura; Fortalecimiento del vínculo academia- industria para acelerar la adopción tecnológica; Escenarios de aplicación a mediano plazo en proyectos de mayor complejidad y personalización.	Este trabajo aporta a la Ingeniería Industrial una visión aplicada y contextualizada de la fabricación digital como base de la manufactura avanzada en Colombia. Proporciona elementos clave para comprender cómo la digitalización del diseño y la manufactura impacta la eficiencia productiva, la gestión de procesos y la innovación tecnológica. Además, ofrece aprendizajes relevantes para que el ingeniero industrial lidere procesos de transformación digital, automatización temprana y articulación entre tecnología, diseño y producción en sectores industriales y constructivos del país.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación- automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				mayor precisión, integración y eficiencia productiva.						
25	Ventajas competitivas de la implementación de innovación tecnológica en los sectores productivos : Desafíos para Colombia.	2024	Ballesteros Mosquera, G., & Rodríguez Holguín, G. S. (2024). Ventajas competitivas de la implementación de innovación tecnológica en los sectores productivos: desafíos para Colombia (Trabajo de grado – Ingeniería Industrial). Universidad Libre – Seccional Cúcuta. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/10901/29350	Este trabajo aborda la innovación tecnológica como factor estratégico de competitividad en distintos sectores productivos, considerando cómo la adopción de tecnologías relacionadas con Industria 4.0 promueve mejoras en productos, servicios y procesos, situándola como una pieza fundamental para la modernización industrial y empresarial en Colombia.	La investigación realiza que la innovación tecnológica, incluyendo herramientas digitales y sistemas automatizados, es un componente clave para generar ventajas competitivas, mejorar la eficiencia operativa y responder a las exigencias del mercado. La automatización se percibe como una manifestación de esa innovación que, al integrarse, puede transformar las prácticas productivas tradicionales.	Plataformas tecnológicas emergentes; Herramientas digitales que soportan procesos productivos; Software y sistemas de apoyo; Tecnologías de información y comunicación.	Revisión documental con análisis descriptivo e interpretativo, sustentado en artículos extraídos de bases de datos académicas como Scielo, Redalyc, Dialnet y Google Académico. Se sintetiza evidencia científica sobre los impactos de la innovación tecnológica a nivel global y su relación con la competitividad empresarial.	Falta de una cultura de innovación consolidada en Colombia; Débil articulación entre empresa y estado para promover esfuerzos conjuntos; Escasa flexibilidad y adaptabilidad tecnológica dentro de la estructura productiva nacional.	Reconocer el rol de la innovación como motor de competitividad; Fomentar alianzas académicas, industriales y gubernamentales que impulsen la adopción tecnológica; Identificar prácticas exitosas a nivel global que puedan inspirar estrategias locales de implementación	Este trabajo brinda a la Ingeniería Industrial un enfoque integral sobre la importancia de la innovación tecnológica como ventaja competitiva, con elementos conceptuales que pueden orientar el diseño de estrategias de transformación digital, automatización de procesos y planificación estratégica en empresas y sectores productivos colombianos. Además, ofrece una base bibliográfica para futuros estudios aplicados en la implementación de tecnologías 4.0 en contextos nacionales.
26	Pharma 4.0: Explorando la Transformación Digital en la Industria Farmacéutica a través del Aprendizaje	2024	Ávila Mojica, J. S., & Parra, J. (2024). Pharma 4.0: Explorando la transformación digital en la industria farmacéutica a través del aprendizaje automático, Big Data y realidad	El trabajo se centra en Pharma 4.0 como aplicación sectorial de la Industria 4.0, explorando cómo la digitalización y la incorporación	La investigación evidencia la convergencia entre innovación tecnológica y automatización avanzada: mecanismos de aprendizaje automático, análisis de datos y realidad	Aprendizaje automático (Machine Learning) aplicado a procesos de producción y control de calidad; Aprendizaje automático (Machine Learning)	Investigación aplicada con enfoque documental y conceptual, apoyada en un análisis bibliográfico dirigido a comprender tendencias tecnológicas	Necesidad de alta inversión en tecnologías avanzadas, especialmente para datos masivos y automatización; Cultura organizacional y habilidades técnicas	Optimización de procesos de producción farmacéutica con análisis predictivo; Mayor eficiencia y control de calidad mediante aprendizaje	Este estudio aporta a la Ingeniería Industrial una visión específica de transformación digital aplicada a un sector crítico como el farmacéutico, destacando: Cómo integrar tecnologías avanzadas (AI, big data y realidad aumentada) en sistemas productivos complejos;

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	Automático, Big Data y Realidad Aumentada en la Industria Colombiana		aumentada en la industria colombiana (Trabajo de grado). Universidad El Bosque, Repositorio Institucional. https://repositorio.unbosque.edu.co/items/b4d68973-fb49-464f-8c7e-1761fb982d8d	de tecnologías emergentes transforman los procesos productivos en la industria farmacéutica colombiana, integrando herramientas inteligentes para diseño, producción, control y distribución en un entorno altamente regulado.	aumentada permiten automatizar tareas complejas de producción, análisis de calidad y planificación, generando decisiones predictivas y procesos más eficientes y resilientes en toda la cadena farmacéutica.	aplicado a procesos de producción y control de calidad; Big Data para analizar grandes volúmenes de datos de manufactura y gestión de producción; Concepto de Pharma 4.0, que adapta Industria 4.0 al contexto farmacéutico.	actuales (aprendizaje automático, big data, realidad aumentada) y su integración en los procesos productivos farmacéuticos dentro de un marco de transformación digital e Industria 4.0.	limitadas para adoptar tecnologías emergentes; Complejidad de integrar sistemas legacy con tecnologías digitales avanzadas.	automático y big data; Capacitación del talento humano a través de realidad aumentada para tareas especializadas.	Posibles mejoras en procesos de calidad, productividad y cumplimiento regulatorio mediante automatización inteligente; Base conceptual para formular estrategias orientadas a la Industria 4.0 en entornos industriales especializados y altamente regulados.
27	La innovación tecnológica en las empresas industriales en Colombia	2024	Mora Camacho, L. A., Monroy, R. (2024). La innovación tecnológica en las empresas industriales en Colombia (Artículo académico). Universidad Libre – Seccional Cúcuta. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/10901/30075	El artículo aborda la innovación tecnológica como motor de competitividad en las empresas industriales colombianas, destacando su papel en la transformación de procesos productivos y su impacto estratégico en la eficiencia, crecimiento y generación de valor agregado dentro del mercado local.	Aunque no se centra exclusivamente en automatización, el estudio reconoce que la innovación tecnológica, incluyendo métodos, herramientas y sistemas digitales, contribuye indirectamente a la automatización de procesos, facilitando que las industrias adopten tecnologías más eficientes y adaptativas para mejorar su rendimiento y competitividad.	Transformación de ideas en productos, procesos o servicios innovadores; Incorporación de sistemas tecnológicos para mejorar productividad.	Revisión documental y analítica, con una revisión de 40 artículos recientes que permiten sintetizar el estado actual, aportes, beneficios y desafíos de la innovación tecnológica en las industrias colombianas.	Falta de gestión tecnológica efectiva en las empresas; Obstáculos para integrar tecnología con continuidad estratégica; Dificultades para transformar procesos productivos a nuevos modelos tecnológicos.	Posibilidad de mejorar competitividad mediante innovación tecnológica; Incremento de valor agregado económico y creación de empleo; Mayor entendimiento estratégico de cómo adoptar tecnologías emergentes en procesos industriales.	Este artículo brinda a la Ingeniería Industrial una perspectiva integral sobre la innovación tecnológica como un factor clave para la competitividad empresarial. Proporciona una visión estratégica sobre cómo procesos y métodos innovadores pueden transformar las industrias y ofrecer ventajas competitivas, sirviendo de base para el diseño de estrategias industriales, planes de automatización y formulación de proyectos de modernización productiva a nivel nacional.
28	Tecnologías 4.0: El	2021	Camargo, A. F., Ahumada, L.	Este artículo no tiene un	La relación radica en cómo las	El artículo menciona	Se trata de una investigación	El artículo destaca barreras	Se identifican oportunidades	Aunque el artículo no aborda directamente la

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	Desafío De La Educación Media En Colombia		(2021). Tecnologías 4.0: El desafío de la educación media en Colombia. <i>Societas</i> , 25(2), 1-29. Recuperado de https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/1942	enfoque directo en manufactura avanzada; se centra en el análisis de las tecnologías 4.0 aplicadas al sector educativo, específicamente en los retos que representan para la educación media en Colombia al incorporar herramientas tecnológicas emergentes.	tecnologías digitales emergentes, propias de la llamada Industria 4.0, influyen en la transformación de los métodos educativos y la preparación de estudiantes. El trabajo evidencia que la innovación tecnológica obliga a una actualización de los procesos de enseñanza, lo cual podría incentivar la adopción de prácticas automatizadas y digitales dentro del contexto formativo, aunque no profundiza en automatización industrial tradicional.	tecnologías 4.0 relevantes (como plataformas digitales, herramientas de interacción virtual, sistemas de información educativa y demás entornos tecnológicos aplicados a educación) que, aunque no son tecnologías de manufactura industrial, representan nuevos horizontes de digitalización y conectividad que influyen las competencias necesarias en futuros ingenieros e industriales.	teórica y analítica, probablemente con revisión bibliográfica y discusión conceptual, enfocada en los desafíos que enfrentan los sistemas educativos frente a transformaciones tecnológicas, más que en un estudio experimental o de caso.	como la baja preparación tecnológica de estudiantes y docentes, la falta de infraestructura adecuada, y la resistencia al cambio pedagógico tradicional, lo cual limita la adopción efectiva de tecnologías 4.0 en la educación media	en el potencial de las tecnologías 4.0 para enriquecer los procesos de aprendizaje, mejorar la inclusión digital, y preparar mejor a los jóvenes frente a los retos de la economía digital y las industrias emergentes.	ingeniería industrial, su análisis es valioso porque matiza el rol de las tecnologías 4.0 en la formación de capital humano competitivo, que en el futuro puede ser pieza clave en procesos de manufactura avanzada, automatización y gestión de sistemas productivos. Esto aporta a la discusión sobre la necesidad de un currículo educativo que contemple habilidades tecnológicas y adaptabilidad al cambio para futuros profesionales en Colombia.
29	Tecnologías emergentes en la manufactura ecuatoriana	2025	Jurado Moreira, L. E., Cedeño Campuzano, M. G., Minaya Hernández, J. M., & Vivas Vivas, F. E. (2025). Tecnologías emergentes en la manufactura ecuatoriana. <i>Revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología (RIEMAT)</i> , 10(1). https://doi.org/10.33936/riemat.v10i1.7217	Este artículo se orienta a comprender las tecnologías emergentes que están irrumpiendo en la industria manufacturera de Ecuador y su potencial para transformar los procesos productivos. Aunque no se enfoca en un	La investigación destaca que la innovación tecnológica representa una oportunidad crucial para elevar la productividad, pero que su incorporación no está exenta de desafíos. En este sentido, automatización e innovación se presentan como elementos complementarios:	Se exploran tecnologías avanzadas como Inteligencia Artificial (IA) y otras herramientas digitales que han empezado a influir en las operaciones y estructura de la industria. Además, el análisis aborda cómo estas tecnologías se posicionan como factores transformadores	El estudio es de tipo revisión documental y análisis cualitativo, con un diseño no experimental que sintetiza información secundaria para comprender patrones, beneficios y limitaciones de la adopción de tecnologías emergentes en	Entre los principales desafíos señalados están la resistencia al cambio, la insuficiente inversión en infraestructura tecnológica, y la falta de formación especializada que frena la adopción generalizada de tecnologías emergentes en	El documento enfatiza que, para mantener o incrementar la competitividad en una economía globalizada, las empresas deben priorizar la inversión en tecnologías emergentes, mejorar habilidades del capital humano y crear un entorno	Aunque el estudio está enfocado en Ecuador, su análisis es pertinente para la Ingeniería Industrial en Colombia, ya que evidencia tendencias y desafíos comunes en procesos de modernización productiva. Esto ayuda a comprender cómo la integración de tecnologías emergentes puede incidir sobre la productividad, gestión de operaciones e innovación tecnológica en industrias latinoamericanas,

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				caso de adopción específica, su revisión conceptual ubica herramientas que forman parte del ecosistema de manufactura avanzada, como la inteligencia artificial y la digitalización industrial, vinculándolas con la competitividad empresarial.	la automatización (promovida por tecnologías emergentes) puede potenciar procesos, mientras que la innovación se perfila como la base de esa transición, especialmente en el contexto manufacturero ecuatoriano.	en competitividad y productividad.	las empresas manufactureras.	la industria ecuatoriana. Estos factores son particularmente críticos en pequeñas y medianas empresas (PYMES).	regulatorio y organizacional favorable que facilite la incorporación de innovaciones.	aportando insumos para estrategias de desarrollo competitivo en el contexto colombiano.
30	Evaluación del rol del IoT en la transformación digital en una organización de manufactura	2024	Viloria Amaya, R. R. (2024). Evaluación del rol del IoT en la transformación digital en una organización de manufactura [Trabajo de grado de maestría, Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Bucaramanga]. Recuperado de: https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a8cd9fdf-0eb4-4cff-ae03-a3ca2f7811d9/content	El trabajo se enmarca claramente dentro del enfoque de manufactura avanzada, al analizar cómo la transformación digital apalancada por el Internet de las Cosas (IoT) permite modernizar procesos productivos tradicionales. El estudio enfatiza la integración de tecnologías digitales en operaciones de	La investigación evidencia una relación directa entre innovación y automatización, mostrando que la adopción del IoT impulsa nuevas formas de automatizar procesos industriales mediante la interconexión de dispositivos, sistemas y datos en tiempo real. La innovación tecnológica se traduce en automatización inteligente, especialmente en estrategias de mantenimiento preventivo, lo que	El estudio se centra principalmente en el Internet de las Cosas (IoT) aplicado a entornos industriales, destacando prácticas como el mantenimiento preventivo basado en sensores, la recolección y análisis de datos en tiempo real, la interconectividad de equipos productivos y la optimización de la cadena de suministro mediante sistemas inteligentes.	La investigación presenta un enfoque cualitativo, sustentado en una revisión de literatura especializada y el análisis de casos de estudio en organizaciones manufactureras. La evidencia se construye a partir del análisis teórico y práctico de experiencias reales de implementación de IoT en la industria, lo que permite validar	Entre las principales barreras identificadas se encuentran la complejidad tecnológica, la necesidad de inversión inicial, la resistencia al cambio organizacional y las limitaciones en capacidades técnicas del talento humano. Además, se reconocen desafíos asociados a la integración de sistemas existentes y a la gestión	El trabajo destaca oportunidades significativas como el incremento de la productividad, la mejora en la calidad del producto, la reducción de costos de mantenimiento y el fortalecimiento de la sostenibilidad operativa. Asimismo, el IoT se presenta como una herramienta estratégica para mejorar la competitividad	Este estudio aporta de manera relevante a la Ingeniería Industrial en Colombia al ofrecer un marco conceptual y práctico para la implementación del IoT en procesos de manufactura, especialmente en estrategias de mantenimiento preventivo. Sus resultados sirven como guía para ingenieros industriales interesados en liderar procesos de transformación digital, toma de decisiones basada en datos y modernización de sistemas productivos en el contexto colombiano.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				<p>manufactura, especialmente en actividades como el mantenimiento, la automatización de procesos y la optimización operativa, elementos clave de la Industria 4.0.</p>	<p>contribuye a mejorar la eficiencia operativa y reducir costos.</p>		<p>la hipótesis planteada.</p>	<p>adecuada de la información generada por los dispositivos IoT.</p>	<p>de las organizaciones manufactureras en mercados globalizados.</p>	
31	Impacto de la inteligencia artificial en las empresas manufactureras en Colombia	2021	<p>Daza Cantor, M. J., Orjuela Mahecha, C. A., Paredes Castaneda, D., Salamanca Cubillos, D., & San Martín Rincón, Y. P. (2021). Impacto de la inteligencia artificial en las empresas manufactureras en Colombia [Seminario de investigación, Universidad EAN]. Repositorio Universidad EAN. Recuperado de: https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/32241d9b-da13-4391-8ea9-07317398d7bf/content</p>	<p>Este trabajo se enfoca en la manera como la inteligencia artificial (IA) ha influido en la industria manufacturera colombiana, considerando su papel como una tecnología habilitadora de manufactura avanzada. El documento revisa cómo la IA se integra en múltiples procesos productivos para incrementar eficiencia, automatización y competitividad, lo que lo sitúa dentro</p>	<p>La investigación evidencia una fuerte relación entre innovación tecnológica y automatización industrial, destacando que la adopción de IA no solo implica automatizar tareas, sino repensar procesos completos a partir de la generación y procesamiento de datos inteligentes. Esta sinergia potencia la capacidad de las empresas manufactureras para adaptar operaciones y tomar decisiones más ágiles basadas en análisis predictivo.</p>	<p>El estudio analiza variadas aplicaciones de la IA en manufactura, incluyendo automatización de procesos, análisis de grandes volúmenes de datos, sistemas de control inteligente, mantenimiento predictivo, e integración de software avanzado con máquinas productivas. Estas tecnologías son tratadas como componentes centrales de la digitalización en plantas industriales.</p>	<p>Se trata de una revisión sistemática de literatura, que organiza y sintetiza evidencia científica disponible sobre el impacto de la inteligencia artificial en empresas manufactureras de Colombia. La metodología se basa en criterios de selección, análisis y categorización de publicaciones relevantes entre varios periodos académicos.</p>	<p>El documento identifica varias barreras para la adopción efectiva de IA en la manufactura colombiana, tales como la limitada inversión en tecnología, escasa cultura digital en algunas organizaciones, brechas de talento especializado y bajos niveles de madurez digital, especialmente en pequeñas y medianas empresas.</p>	<p>Se señalan oportunidades importantes como el potencial de aumentar la productividad, mejorar la calidad del producto, optimizar tiempos de producción y reducir costos operativos. Además, la IA abre puertas para modelos de negocio más flexibles y competitivos, así como para estrategias de innovación basadas en datos.</p>	<p>Este trabajo ofrece aportes significativos para la formación y práctica de ingenieros industriales, al proporcionar una visión amplia del impacto que tiene la inteligencia artificial en procesos productivos. Los resultados ayudan a comprender cómo tecnologías avanzadas pueden transformar funciones clave del ingeniero industrial, como la optimización de operaciones, la mejora continua y la toma de decisiones basada en datos, en el contexto colombiano.</p>

N.	Titulo	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación- automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				del marco conceptual de industria 4.0 y manufactura avanzada.						
32	Implementación de la tecnología blockchain dentro de la cadena de suministro: caso aplicado a proceso de importación de una empresa de manufactura	2022	Arroyave Martínez, D. (2022). Implementación de la tecnología blockchain dentro de la cadena de suministro: caso aplicado a proceso de importación de una empresa de manufactura [Trabajo de grado de maestría, Universidad EAFIT]. Recuperado de: https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/d51f37f3-aadc-4d05-89dd-93e94b4aef85/content	Este trabajo se inscribe dentro del enfoque de manufactura avanzada desde la perspectiva de la gestión digital de la cadena de suministro, al analizar cómo la tecnología blockchain puede fortalecer procesos críticos de importación en una empresa manufacturera. El estudio aborda la integración de tecnologías digitales para mejorar la trazabilidad, la transparencia y la confiabilidad de los flujos de información, elementos fundamentales en entornos industriales	La investigación evidencia que la innovación tecnológica, mediante la adopción de blockchain, permite avanzar hacia procesos más automatizados y confiables en la gestión documental y operativa de la cadena de suministro. Aunque la automatización no se da a nivel físico-productivo, sí se materializa en la automatización de flujos de información y validación de transacciones, reduciendo la intervención manual y los errores asociados a procesos tradicionales basados en papel.	El estudio se centra en la tecnología blockchain, específicamente en el uso de libros mayores distribuidos (ledger), criptografía para la seguridad de la información y plataformas digitales colaborativas. Estas prácticas se orientan a la integración de actores logísticos, automatización documental, trazabilidad de operaciones y gestión segura de datos en procesos de importación.	Se trata de una investigación aplicada con enfoque de estudio de caso, en la cual se desarrolla una prueba de concepto para evaluar la implementación de blockchain en un proceso real de importación. La evidencia se construye a partir del análisis del proceso actual y la simulación de un escenario mejorado con tecnología blockchain.	Entre las principales barreras identificadas se encuentran la madurez tecnológica limitada de algunos actores de la cadena, la resistencia al cambio organizacional, la falta de estandarización entre sistemas y el carácter emergente de la tecnología blockchain, que aún se encuentra en etapas tempranas de adopción en el sector manufacturero.	El estudio resalta oportunidades importantes como la reducción de la carga operativa del personal logístico, el aumento de la trazabilidad y transparencia de la información, la disminución de errores documentales y la mejora en la coordinación entre actores de la cadena de suministro. Estas ventajas fortalecen la competitividad y eficiencia de las empresas manufactureras.	Este trabajo aporta significativamente a la Ingeniería Industrial en Colombia al demostrar el potencial de blockchain como herramienta de transformación digital en la gestión de la cadena de suministro. Proporciona un enfoque práctico para el diseño y optimización de procesos logísticos, alineando la ingeniería industrial con tendencias de industria 4.0, digitalización y gestión avanzada de operaciones en el contexto empresarial colombiano.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				modernos e interconectados.						
33	Análisis del avance tecnológico en la industria manufacturera colombiana y su impacto en la productividad del 2005 al 2021	2023	Vizcaíno Ballesteros, K., Brito Otero, R. A., & Cruz Guerrero, D. M. (2023). Análisis del avance tecnológico en la industria manufacturera colombiana y su impacto en la productividad del 2005 al 2021. Artículo de revisión bibliográfica, Fundación Universitaria del Área Andina. Recuperado de: https://digitk.areandina.edu.co/server/api/core/bitstreams/8e014375-848b-4bbd-9e99-b13be4b5532a/content	El artículo se orienta al análisis del proceso de evolución tecnológica en la industria manufacturera a colombiana, evaluando cómo la incorporación, aunque limitada de tecnologías avanzadas ha incidido en los niveles de productividad. Desde la perspectiva de manufactura avanzada, el estudio resalta la necesidad de transitar hacia modelos productivos más tecnificados, automatizados y orientados a la innovación para fortalecer la competitividad del sector.	La investigación evidencia que la baja innovación tecnológica ha restringido el avance de la automatización en la industria manufacturera nacional. Se establece que la innovación es un factor determinante para la automatización de procesos productivos y que su ausencia limita la eficiencia, la calidad y la capacidad de competir en mercados de mayor escala.	Aunque no se centra en tecnologías específicas, el estudio hace referencia al uso de tecnologías avanzadas de manufactura, modernización de maquinaria, adopción de herramientas tecnológicas de apoyo a la producción y prácticas de capacitación del talento humano como factores clave para mejorar el desempeño productivo.	Se trata de un artículo de revisión bibliográfica, en el cual se analizan estudios, informes y datos históricos relacionados con la evolución tecnológica y productiva de la industria manufacturera colombiana durante el periodo 2005–2021. La evidencia es de tipo secundaria y analítica.	Entre las principales barreras identificadas se encuentran la insuficiente inversión en tecnología, la falta de capacitación del personal, el bajo nivel de innovación y la limitada adopción de herramientas tecnológicas modernas, lo que ha impedido que la industria manufacturera colombiana alcance niveles óptimos de productividad.	El artículo señala oportunidades importantes relacionadas con la reinversión tecnológica del sector manufacturero, la adopción de tecnologías avanzadas, el fortalecimiento de la innovación y el desarrollo de competencias técnicas en el talento humano, lo cual permitiría mejorar la eficiencia, la calidad de los productos y el posicionamiento en mercados internacionales.	Este estudio aporta a la Ingeniería Industrial al ofrecer una visión crítica y contextualizada del rezago tecnológico del sector manufacturero colombiano, proporcionando insumos para la toma de decisiones estratégicas en procesos de mejora productiva, innovación tecnológica y gestión de operaciones. Sus conclusiones sirven de base para diseñar estrategias de modernización industrial acordes con la realidad del país.
34	Propuesta de Implementación del	2024	Arias Pinzón, C. M., & Briñez Castillo, V. E. (2024). Propuesta de	El artículo se enfoca en la mejora continua de	La investigación destaca que la innovación en la gestión,	El estudio está centrado en las prácticas del Lean Management,	Se trata de una investigación aplicada con metodología	El artículo identifica barreras como la limitada	Entre las oportunidades se destacan la mejora	El estudio aporta herramientas conceptuales y prácticas que fortalecen la formación del ingeniero

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	Modelo Lean Management Básico para el Desarrollo de la Mejora Continua en las MiPymes de Manufactura en Colombia		implementación del modelo Lean Management básico para el desarrollo de la mejora continua en las MiPymes de manufactura en Colombia. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(5), 8858–8878. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14281	procesos productivos en MiPymes manufactureras mediante la aplicación de principios del Modelos Lean Management. Aunque no aborda tecnologías de manufactura avanzada como IoT o IA, sí se centra en prácticas de gestión que potencian la eficiencia operativa y la competitividad, aspectos esenciales dentro de la transición hacia una manufactura más avanzada y sustentable.	representada por la adopción de prácticas Lean, puede facilitar la automatización indirecta de procesos organizacionales y administrativos. Aunque no se explora automatización técnica o robótica, se plantea que al optimizar flujos y eliminar desperdicios se crea un entorno organizacional más receptivo a integrar posteriormente automatización tecnológica	como análisis de tiempos, mejora continua, reducción de desperdicios, estandarización de procesos y cultura organizacional orientada al cliente. Estas prácticas son de gran valor para la Ingeniería Industrial y son precursoras de tecnificación y automatización en manufactura.	mixta, en la cual se implementa y evalúa el modelo propuesto en 39 empresas de manufactura colombianas. La evidencia incluye datos cuantitativos sobre tiempos, costos y desempeño de producción, así como observaciones cualitativas sobre la percepción y adopción del modelo en las organizaciones.	capacidad de inversión y recursos de las MiPymes, la resistencia al cambio cultural hacia mejora continua, la falta de competencias especializadas en metodologías Lean y la complejidad para alinear objetivos estratégicos con prácticas operativas.	significativa de tiempos de producción y respuesta, la reducción de costos operativos y la potencial mejora en la calidad de productos, que pueden fortalecer la posición competitiva de las MiPymes manufactureras en mercados locales e internacionales.	industrial colombiano, al promover el uso de modelos Lean como una estrategia de optimización y mejora continua en procesos productivos. Permite a los profesionales comprender cómo implementar prácticas eficientes en contextos reales de MiPymes, incrementando productividad y competitividad.
35	Análisis de los avances tecnológicos en la Industria 4.0 en países desarrollados y Colombia	2021	González Rubio, N. (2021). Análisis de los avances tecnológicos en la Industria 4.0 en países desarrollados y Colombia [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Recuperado de: https://repository.ucc.edu.co/server/api/c	El trabajo se enfoca en el análisis comparativo del nivel de adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en países desarrollados y en Colombia. Desde la	La investigación evidencia que la innovación tecnológica es la base para el avance de la automatización industrial, destacando que los países desarrollados han logrado mayores niveles de automatización	El estudio aborda tecnologías y prácticas propias de la Industria 4.0, tales como tecnologías de la información y comunicación (TIC), digitalización de procesos, automatización industrial, sistemas	Se trata de una revisión bibliográfica con enfoque bibliométrico, basada en el análisis de artículos científicos indexados en bases de datos como Scopus y Google Scholar. La evidencia es	Entre las principales barreras identificadas para Colombia se encuentran la falta de estrategias claras de industria 4.0, la limitada inversión en tecnología, la ausencia de	El trabajo identifica oportunidades relevantes para Colombia en el diseño de estrategias y políticas que impulsen la adopción de tecnologías 4.0, fortaleciendo la innovación, la automatización	Este estudio aporta a la Ingeniería Industrial al proporcionar un diagnóstico comparativo del estado de la Industria 4.0, permitiendo a los ingenieros industriales comprender brechas tecnológicas, diseñar estrategias de mejora y liderar procesos de transformación digital alineados con estándares internacionales.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación– automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
			ore/bitstreams/60791210-1758-40f7-ade2-305dcf8c7592/content	perspectiva de manufactura avanzada, el estudio resalta cómo la integración de tecnologías digitales, sistemas inteligentes y TIC es un factor determinante para el desarrollo de procesos productivos modernos, eficientes y competitivos.	gracias a políticas, estrategias y ecosistemas de innovación consolidados. En contraste, Colombia presenta rezagos que limitan la automatización de procesos productivos y la transformación digital de sus industrias.	inteligentes y estrategias de innovación tecnológica, analizadas desde un enfoque comparativo internacional.	de tipo secundario y comparativo, permitiendo identificar diferencias y brechas tecnológicas entre países.	políticas públicas sólidas y el bajo nivel de articulación entre academia, industria y Estado.	y la competitividad industrial a nivel internacional.	
36	Lineamientos desde la industria 4.0 a la educación 4.0: caso tecnología IoT	2022	Sandoval Carrero, N. S., Acevedo Quintana, N. M., & Santos Jaimes, L. M. (2022). Lineamientos desde la Industria 4.0 a la Educación 4.0: caso tecnología IoT. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA), 1(39), 81-92. https://doi.org/10.24054/rcta.v1i39.1379	Aunque este artículo no es un estudio directo sobre manufactura avanzada, sí aborda un aspecto clave conectado a ella: la transición del entorno educativo para formar profesionales capacitados en tecnologías de la Industria 4.0. El artículo propone lineamientos para adaptar la educación	El trabajo describe cómo la innovación educativa (cambios curriculares, aprendizaje activo y competencias blandas) puede sustentar la preparación de estudiantes que luego manejarán procesos automatizados y sistemas inteligentes propios de la Industria 4.0. Aunque no examina automatización industrial directamente, establece que una	La investigación discute tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0, con especial énfasis en Internet de las Cosas (IoT) como herramienta clave para promover Education 4.0. También menciona otras tecnologías relevantes a la manufactura avanzada, como Big Data, Inteligencia Artificial, Realidad Aumentada y sistemas en la nube que conforman el	Se trata de un artículo de revisión conceptual y propositivo, donde se compilan y analizan distintos enfoques de la literatura para trazar una ruta educativa desde la Industria 4.0 hacia la Educación 4.0. Incluye análisis comparativos y propuestas de lineamientos, más que resultados empíricos o casos experimentales.	El artículo señala barreras como la brecha entre las necesidades tecnológicas de la industria y la formación tradicional impartida por las universidades, la resistencia a cambios curriculares, y la falta de integración entre academia e industria para adaptar los programas educativos a las competencias requeridas por la Industria 4.0.	Entre otras oportunidades, se plantea la posibilidad de fortalecer el currículo académico para incorporar contenidos transversales en tecnologías emergentes y competencias socio-técnicas, así como la creación de espacios prácticos como fábricas de aprendizaje, que vinculen teoría y práctica en entornos reales de manufactura avanzada.	Este artículo aporta a la Ingeniería Industrial al resaltar la importancia de transformar la educación y preparar ingenieros con competencias técnicas y blandas requeridas en entornos de Industria 4.0. Los lineamientos propuestos pueden ayudar a que los profesionales colombianos estén mejor equipados para liderar procesos de automatización, digitalización y desarrollo tecnológico en sectores productivos avanzados.

N.	Titulo	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
37	Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID para el control de inventarios en las PyMEs de manufactura de Bogotá	2021	Carrero Lugo, G. P., & Sastre Ruidiaz, L. A. (2021). Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID para el control de inventarios en las PyMEs de manufactura de Bogotá [Trabajo de grado de maestría, Universidad EAN]. Recuperado de: https://repository.universidadean.edu.co/items/edc6ffcd-aa1d-493c-8d60-989e42bff929	Este estudio se centra en los factores tecnológicos y organizacionales que determinan la adopción de sistemas RFID (identificación por radiofrecuencia) en pequeñas y medianas empresas manufactureras de Bogotá. Aunque aborda una tecnología más específica y aplicada, el enfoque está directamente relacionado con la modernización de los procesos	El trabajo demuestra que la innovación tecnológica, representada por la adopción de RFID, se traduce en una forma de automatización aplicada a inventarios y control logístico. La investigación analiza cómo la RFID puede automatizar lecturas y seguimiento de productos, reduciendo tareas manuales, errores y tiempos de operación, lo cual es una manifestación directa de automatización ligada a innovación tecnológica en el ámbito operacional.	La investigación aborda las tecnologías de identificación mediante radiofrecuencia (RFID) en procesos de gestión de inventarios, explorando tanto los aspectos técnicos (infraestructura, costos, complejidad) como su integración en las prácticas de control logístico. Además, se vincula la aplicación de RFID con prácticas modernas de gestión de procesos productivos.	Se trata de una investigación aplicada con enfoque cuantitativo, en la cual se diseñó y aplicó una encuesta a 55 PyMEs de manufactura en Bogotá. Los datos recogidos se analizaron con un modelo de regresión logística binaria para identificar qué factores influyen en la decisión de adoptar sistemas RFID, proporcionando evidencia empírica sobre variables tecnológicas, organizacionales y del entorno.	Entre las principales barreras identificadas están el costo de la tecnología RFID, su complejidad de implementación y la disponibilidad de infraestructura tecnológica, las cuales limitan la disposición de las PyMEs para adoptar estos sistemas en sus procesos de inventario.	Se evidencian oportunidades en factores organizacionales como el volumen de inventarios, el soporte interno de la empresa y el apoyo del entorno (incluyendo incentivos gubernamentales), que pueden impulsar la adopción de RFID como tecnología estratégica para modernizar el control de inventarios y fortalecer la competitividad.	El estudio aporta valor a la Ingeniería Industrial al detallar qué variables influyen en la adopción de tecnologías de automatización logística en PyMEs, proporcionando información útil para la toma de decisiones estratégicas. Esto permite a los ingenieros industriales comprender mejor cómo promover innovaciones tecnológicas, como RFID, que contribuyan a mejorar la productividad, reducir costos y optimizar procesos internos dentro de la manufactura nacional.

N.	Titulo	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación– automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				logísticos y de inventario, aspectos claves en la transición hacia manufactura avanzada y digitalizada.						
38	Impacto de la automatización en el sector automotriz: un enfoque en Colombia	2025	Martín Bernal, J. E., & Pérez Santana, M. D. (2025). Impacto de la automatización en el sector automotriz: un enfoque en Colombia [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)]. Recuperado de: https://repository.unad.edu.co/handle/10596/68679	Esta monografía se inscribe firmemente en el marco de la manufactura avanzada, al analizar cómo la automatización y la robótica han transformado los procesos productivos del sector automotriz colombiano. El estudio sitúa estas tecnologías dentro del contexto de la Industria 4.0, examinando su papel en el ensamble y fabricación de vehículos, y destacando su potencial para elevar la precisión, eficiencia y competitividad de este	La investigación muestra claramente que la innovación tecnológica es el motor principal para lograr automatización avanzada en la industria automotriz. Las tecnologías de robótica, inteligencia artificial e IoT no solo automatizan procesos operativos, sino que también permiten nuevas formas de producción inteligente, mejorando tanto la eficiencia como la calidad.	El estudio menciona tecnologías clave como robotización industrial, automatización de líneas de ensamble, digitalización de procesos y sistemas inteligentes, elementos esenciales para una manufactura competitiva basada en Industria 4.0.	La monografía se basa en una revisión documental y sistemática de literatura científica, donde se analizan múltiples fuentes especializadas para comprender la evolución histórica de la automatización, su impacto actual y perspectivas futuras en el sector automotriz colombiano.	Entre las barreras identificadas destacan la falta de infraestructura tecnológica adecuada, insuficiente inversión en innovación, limitaciones en capital humano especializado y brechas en capacidades productivas, lo que dificulta el avance hacia una adopción plena de tecnologías de automatización al nivel observado en países líderes	El trabajo resalta oportunidades importantes como la posibilidad de aumentar la competitividad internacional del sector automotriz colombiano, la reducción de errores y desperdicios productivos, y la optimización de recursos mediante la integración de sistemas automatizados. Asimismo, el desarrollo de competencias técnicas en ingeniería, robótica y sistemas digitales es señalado como vital para el crecimiento tecnológico del país.	Este estudio aporta a la Ingeniería Industrial un análisis profundo sobre cómo la automatización influye en la transformación de procesos productivos, mostrando tanto beneficios como desafíos para su implementación en el país. Sus conclusiones brindan una base para la toma de decisiones estratégicas en gestión de operaciones, innovación y planificación industrial, lo cual es invaluable para ingenieros industriales que buscan liderar proyectos de modernización tecnológica en Colombia.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				subsector estratégico.						
39	Costos de producción: innovación y prácticas estratégicas de las MiPymes manufactureras.	2020	Rodríguez-Castilla, M. M., Quintero-Quintero, W., & Pacheco-Sánchez, C. A. (2020). Costos de producción: innovaciones y prácticas estratégicas de las MiPymes manufactureras. <i>AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería</i> , 8(1), 131–139. https://doi.org/10.15649/2346030X.720	Este artículo analiza la forma en que las MiPymes manufactureras en Ocaña (Colombia) gestionan sus costos de producción, incorporando estrategias innovadoras y tecnológicas como apoyo para fortalecer sus procesos productivos. Aunque no se centra exclusivamente en tecnologías de manufactura avanzada como IoT o robótica, sí aborda la relación entre gestión de costos y adopción tecnológica, lo cual es esencial para avanzar hacia modelos de manufactura más eficientes y competitivos	La investigación identifica cómo la innovación en prácticas de gestión (incluyendo el uso de tecnologías de la información y comunicación TIC) influye en la forma en que se organizan y controlan los sistemas de costos. Esta innovación no está limitada a soluciones automatizadas físicas, pero sí se relaciona con la automatización de procesos de información y de toma de decisiones, lo que puede mejorar la eficiencia operativa	El estudio se centra en herramientas como TIC aplicadas al registro y seguimiento de costos, prácticas innovadoras de gestión empresarial y técnicas gerenciales que permiten organizar la información de producción y costos de manera más efectiva. Estas prácticas tienen implicaciones directas en la competitividad y eficiencia de las operaciones de manufactura.	La investigación utiliza un enfoque cuantitativo y descriptivo, donde se aplica un cuestionario con escala Likert para evaluar la dinámica de los costos de producción y su vinculación con la adopción de innovaciones tecnológicas en las MiPymes manufactureras. Los datos se analizaron estadísticamente mediante SPSS, lo que brinda evidencia empírica sobre la situación real en el sector estudiado.	Entre los principales obstáculos identificados están la implementación intuitiva de los sistemas de costos, la falta de formalización en el uso de herramientas tecnológicas para organizar información de producción y la resistencia a adoptar prácticas innovadoras que permitan un control más riguroso y eficiente de los costos.	El estudio señala que existen oportunidades importantes para las MiPymes manufactureras de fortalecer sus procesos mediante la integración de TIC y prácticas innovadoras de gestión, lo cual puede resultar en una mejor competitividad, mayor capacidad de adaptación al mercado y un uso más estratégico de los datos de costos para la toma de decisiones.	Este artículo aporta valor a la Ingeniería Industrial en Colombia al ilustrar cómo las prácticas de gestión de costos y la adopción tecnológica pueden mejorar la eficiencia operativa de las MiPymes manufactureras. Los resultados son relevantes para profesionales que buscan optimizar sistemas de producción y utilizar la tecnología como aliado estratégico para competir en mercados más amplios y exigentes.
40	Publicación : Análisis	2022	Álvarez Acevedo, K. A. (2022).	Este trabajo examina	La investigación revela que la	El trabajo detalla la presencia y	Se trata de una monografía	El estudio identifica	Entre las oportunidades	Este trabajo ofrece aportes relevantes al

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	del estado actual de la implementación de tecnologías 4.0 en las grandes empresas de Pereira		Análisis del estado actual de la implementación de tecnologías 4.0 en las grandes empresas de Pereira [Trabajo de grado, Universidad Católica de Pereira]. Recuperado de: https://repositorio.ucp.edu.co/entities/publication/6379613f-7ba3-4051-811e-6f1ffc56ca	cómo las tecnologías propias de la Industria 4.0 (como Big Data, IoT, inteligencia artificial, realidad aumentada y simulación) están siendo adoptadas por las grandes empresas de Pereira. Su análisis apunta a comprender el nivel de integración de tecnologías avanzadas en los procesos empresariales, lo cual es un componente esencial de la manufactura avanzada moderna.	innovación tecnológica impulsa la automatización de procesos dentro de las organizaciones, evidenciando que la adopción de tecnologías 4.0 no solo mejora capacidades digitales, sino que también genera cambios operativos automáticos en áreas productivas y de gestión, elevando así la eficiencia y competitividad empresarial.	estado de tecnologías 4.0 como Big Data, Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial, Realidad Virtual y Aumentada, Fabricación Aditiva, Ciberseguridad, robótica y sistemas de integración vertical y horizontal, que forman parte del ecosistema de manufactura avanzada	académica con enfoque mixto, que combina contextualización histórica y conceptual de las revoluciones industriales con un análisis cuantitativo basado en encuestas aplicadas a grandes empresas de Pereira para identificar qué tecnologías 4.0 se han adoptado, en qué áreas y planes futuros de implementación	barreras como la falta de madurez tecnológica interna, inversión insuficiente en infraestructura digital, brechas en competencias tecnológicas del personal y resistencia al cambio organizacional, las cuales limitan la adopción efectiva de tecnologías 4.0 en procesos empresariales.	se destacan la capacidad de integrar tecnologías emergentes para mejorar la competitividad operativa, optimizar procesos de producción y gestión, y generar valor agregado con base en datos y automatización, lo que puede permitir a las empresas líderes locales ampliar su impacto y sostenibilidad.	campo de la Ingeniería Industrial al documentar cómo se está adoptando tecnología 4.0 en un contexto empresarial real, proporcionando insumos prácticos para la toma de decisiones en optimización de procesos, gestión de operaciones, transformación digital y estrategias de innovación que pueden ser replicables en otras regiones de Colombia.
41	Industria 4.0: el reto para las pymes manufactureras de Bogotá	2021	Ladino Fernández, J. M., & Briceño Barrero, D. L. (2021). Industria 4.0: el reto para las pymes manufactureras de Bogotá [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Recuperado de: https://repositorio.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/6b284011-cf0d-41dc-	Este trabajo aborda de manera integral los desafíos que enfrentan las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Bogotá para adoptar tecnologías vinculadas a la Industria 4.0, tales	La investigación pone en evidencia que la innovación tecnológica y en particular la adopción de tecnologías 4.0, es un factor clave para impulsar procesos de automatización dentro de las pymes. Esta automatización no solo reduce tareas manuales, sino	Se analizan tecnologías propias de la cuarta revolución industrial como Internet de las Cosas (IoT), sistemas ciberfísicos, big data, fabricación en la nube, realidad aumentada y otros sistemas digitales que permiten la interconexión	El enfoque del estudio es aplicado y mixto: combina revisión documental para contextualizar el estado de la industria en el marco de la revolución industrial y análisis empírico mediante	Entre las principales barreras que enfrentan las pymes se encuentran la resistencia al cambio organizacional, la falta de capacitación en tecnologías 4.0, la escasa inversión en infraestructura digital y el	El trabajo resalta oportunidades claras como la posibilidad de aumentar la competitividad, mejorar la eficiencia operativa y ampliar canales de venta mediante herramientas digitales. También	Este estudio aporta al campo de la Ingeniería Industrial al proporcionar un diagnóstico claro y contextualizado del estado de adopción de la Industria 4.0 en pymes manufactureras colombianas, así como un análisis de barreras y factores críticos de éxito. Los resultados ofrecen una guía útil para ingenieros industriales, gestores de operaciones y tomadores de decisiones

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
			a3d6-4e3efc867c65/content	como IoT, robótica, big data y manufactura en la nube. El estudio se alinea con la manufactura avanzada, enfocándose en cómo estas tecnologías pueden transformar procesos productivos tradicionales en sistemas más inteligentes, conectados y competitivos.	que genera nuevas formas de gestión de datos, control de operaciones y análisis predictivo, elementos que incrementan la eficiencia operativa y la competitividad del sector manufacturero	entre máquinas, personas y procesos productivos. La investigación también explora herramientas de gestión y capacitación que facilitan la adopción de estas tecnologías.	encuestas aplicadas a 102 pymes manufactureras. Esto les permite a las autoras identificar el nivel actual de adopción de tecnologías 4.0, así como barreras y oportunidades concretas dentro del sector.	limitado uso de software especializado y mecanismos de ciberseguridad. Además, la pandemia complicó aún más la adopción tecnológica al generar restricciones operativas.	considera que implementar tecnologías 4.0 puede contribuir a la sostenibilidad operativa y a la resiliencia de las pymes frente a crisis económicas o sanitarias.	que buscan promover la transformación digital y la modernización de procesos productivos en el país.
42	Diagnóstico para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, desde la estrategia de operaciones en algunas empresas del sector textil confección de Colombia	2018	González, H. H., Marulanda, N., & Echeverry Correa, F. J. (2018). Diagnóstico para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, desde la estrategia de operaciones en algunas empresas del sector textil confección de Colombia: reporte de caso. Revista de la Escuela de Administración de Negocios, 85, 199-218. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9384725	Este antecedente se enmarca dentro de la manufactura avanzada desde una perspectiva organizacional y estratégica, al analizar la aplicación de Lean Manufacturing como una filosofía de mejoramiento continuo orientada a la optimización de procesos productivos. Aunque no aborda	El estudio establece una relación indirecta entre innovación y automatización, donde la innovación se expresa en la adopción de metodologías Lean como estrategia de operaciones. Estas herramientas permiten estandarizar procesos, mejorar flujos productivos y sentar las bases para futuras etapas de automatización, ya que una operación organizada y	Las prácticas asociadas corresponden principalmente a herramientas Lean Manufacturing, tales como la gestión de operaciones, producción limpia, administración de la producción y metodologías de mejoramiento continuo. Estas prácticas buscan eliminar desperdicios, optimizar tiempos, mejorar la calidad y fortalecer la rentabilidad empresarial, especialmente en	La investigación tiene un enfoque metodológico mixto, desarrollado mediante un estudio de caso en empresas del sector textil confección del Valle de Aburrá, Antioquia. Se utilizó una muestra por conveniencia y un cuestionario de preguntas estructuradas, lo que permitió obtener evidencia empírica sobre	Entre las principales barreras identificadas se encuentran la falta de alineación estratégica, el desconocimiento de la filosofía Lean por parte del personal, la resistencia al cambio organizacional y las limitaciones en capacidades de gestión. Estas dificultades afectan la correcta implementación de las herramientas	El estudio evidencia oportunidades claras para mejorar la productividad, eficiencia operativa y rentabilidad mediante la implementación estructurada de Lean Manufacturing. Asimismo, destaca el potencial de estas herramientas para fortalecer la sostenibilidad empresarial y preparar a las organizaciones para procesos	Este antecedente aporta de manera significativa a la Ingeniería Industrial en Colombia al ofrecer un diagnóstico aplicado y contextualizado sobre la implementación de Lean Manufacturing en el sector textil confección. Sus resultados sirven como guía para ingenieros industriales en la toma de decisiones estratégicas relacionadas con la gestión de operaciones, el mejoramiento continuo y la competitividad del sector manufacturero nacional.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
				tecnologías digitales de la Industria 4.0, si se alinea con la manufactura avanzada al priorizar la eficiencia operativa, la reducción de desperdicios y la gestión sistémica de la producción en empresas del sector textil confección colombiano.	eficiente es condición previa para incorporar tecnologías más avanzadas.	el contexto del sector textil confección.	las variables que influyen en la productividad y rentabilidad empresarial a largo plazo.	Lean y reducen su impacto en la productividad.	más avanzados de transformación productiva y tecnológica.	
43	Proyecto de investigación n: propuesta de difusión para el archivo histórico del centro de tecnología de la manufactura avanzada-ctma servicio nacional de aprendizaje -sena regional antioquia.	s. f	Acevedo Sierra, L. (s.f.). Proyecto de investigación: propuesta de difusión para el Archivo Histórico del Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada – CTMA, Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA y Regional Antioquia. Obtenido de ILibrary.co: https://ilibrary.co/document/zlell72q-investigacion-difusion-historico-tecnologia-manufactura-avanzada-aprendizaje-antioquia.html	El artículo se centra en la integración de las tecnologías digitales, automatización y metodologías de mejora para optimizar procesos productivos.	La investigación evidencia que la innovación impulsa la digitalización y automatización de procesos, permitiendo mayor eficiencia, precisión y trazabilidad.	Se analizan la Robótica, CNC, IIoT, análisis de datos, metrología, impresión 3D y Lean manufacturing.	Registros técnicos, proyectos formativos, documentación de equipos, prácticas de laboratorio y evidencias del CTMA.	Limitaciones presupuestales, brecha de talento digital, obsolescencia tecnológica, resistencia al cambio.	Las oportunidades son Mayor productividad, formación especializada, transferencia tecnológica, fortalecimiento de la industria 4.0.	La investigación impulsó a la transformación industrial, mejora de procesos, aumento de competitividad y desarrollo de talento especializado en el país.
44	La innovación como	2016	Robayo Acuña, P. (26 de abril de 2016). La	El trabajo se basa en la gestión	La investigación evidencia que la innovación actúa	El estudio menciona la gestión de	Estudios de caso en el sector gráfico, análisis	Las barreras son la falta de cultura	Las oportunidades evidenciadas en	La investigación ayuda a fomentar la creación de sistemas de innovación

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	proceso y su gestión en la organización: una aplicación para el sector gráfico colombiano		innovación como proceso y su gestión en la organización: una aplicación para el sector gráfico colombiano. doi: http://doi.org/	sistemática de la innovación como proceso estratégico que mejora la eficiencia productiva y promueve la modernización tecnológica en las organizaciones.	como motor para introducir automatización, optimizar flujos de trabajo y adoptar tecnologías que incrementan productividad y calidad.	innovación el análisis de procesos, la estandarización, la automatización parcial, las tecnologías de producción digital y la mejora continua.	de procesos, diagnósticos organizacionales y modelos de gestión de innovación.	innovadora, baja inversión en tecnología, brechas de capacitación, resistencia al cambio y limitaciones financieras.	el trabajo son el incremento de competitividad, adopción de tecnologías 4.0, modernización de procesos, fortalecimiento de capacidades internas y mejora de calidad.	organizacional, impulsa prácticas de mejora continua, y fortalece la competitividad y productividad industrial en el país.
45	El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras.	2021	Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar, F. P., & Larios Osorio, M. (26 de noviembre de 2021). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. <i>Conciencia Tecnológica</i> (54). Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/html/	Este trabajo se enfoca en la integración de tecnologías digitales y de información para crear sistemas de manufactura inteligentes, flexibles y eficientes.	La investigación evidencia que la innovación tecnológica promueve la automatización y la reestructuración de procesos productivos, mejorando la eficiencia, la capacidad de ajuste y la capacidad de respuesta al mercado.	Internet de las cosas (IoT), manufactura digital, manufactura inteligente, sistemas ciberfísicos, la integración entre las tecnologías de la información y los procesos de manufactura	Se realiza una revisión de literatura en bases de datos reconocidas, identificación de componentes tecnológicos y el análisis de iniciativas en México orientadas a la Industria 4.0.	Las barreras identificadas incluyen la necesidad de talento humano especializado, y los altos costos a la adopción tecnológica, atraso en los niveles de competitividad de las PyMES.	Se identifican oportunidades como la adopción de tecnologías 4.0, modernización de procesos productivos, la creación de nuevos modelos de negocio y el fortalecimiento de la competitividad.	El estudio refuerza la importancia de adoptar tecnologías 4.0, promueve capacidades digitales, favorece la competitividad industrial y la actualización de modelos productivos.
46	Estudio sobre las prácticas de enseñanza en los tiempos de pandemia en el Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada del SENA	2025	Castañeda Gómez, I. M. (2025). Estudio sobre las prácticas de enseñanza en los tiempos de pandemia en el Centro de Tecnología de la Manufactura Avanzada del SENA (Tesis de maestría). Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de: https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/188652	Estudio centrado en prácticas de enseñanza mediadas por tecnologías digitales en un centro de formación especializada en manufactura avanzada del SENA, durante la pandemia de COVID-19.	El estudio no aborda tecnologías productivas, automatización directa ni innovación de procesos fabriles; se focaliza en la mediación tecnológica educativa aplicada a formación técnica.	Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para mediar la enseñanza en formación técnica industrial durante la pandemia.	Investigación cualitativa descriptiva basada en narrativas y experiencias de instructores sobre la enseñanza mediada por tecnologías digitales durante la emergencia sanitaria.	Dificultades en la virtualización forzada de la enseñanza; Desafíos pedagógicos y didácticos en la adaptación de prácticas formativas presenciales al entorno digital.	Identificación de estrategias emergentes de uso de TIC en formación técnica; Reflexión sobre potenciales prácticas pedagógicas útiles más allá de la pandemia.	Aunque el enfoque no es técnico-industrial sino educativo, el estudio aporta reflexiones sobre el uso de tecnologías digitales para la formación de técnicos en manufactura avanzada, lo cual puede influir en la capacitación de futuros profesionales vinculados a la industria en Colombia.

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
47	Ajustar la Educación en Ingeniería a la Industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio.	2020	Garcés, G., & Peña, C. (10 de mayo de 2020). Ajustar la Educación en Ingeniería a la Industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio. (U. C. Concepción, Ed.) <i>REXE, Revista de Estudios y Experiencias en Educación</i> , 19(40), págs. 129-148. doi: https://doi.org/10.21703/rexe.20201940garces7	El estudio resalta la importancia de adaptar la formación en ingeniería a los procesos de digitalización, manufactura inteligente y nuevas tecnologías propias de la Industria 4.0.	La investigación pone en evidencia que la innovación curricular y pedagógica permite la incorporación de procesos de automatización, sistemas ciberfísicos y digitalización, ajustando el aprendizaje con las demandas tecnológicas actuales.	Sistemas ciberfísicos, IoT, Big Data, ciberseguridad, computación en la nube, integración de sistemas, fabricación digital e inteligente; metodologías fundamentadas en el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb.	Las evidencias incluyen la actualización de programas de estudio, análisis de brechas formativas, implementación de laboratorios y prácticas basadas en aprendizaje experiencial.	Entre las principales barreras se encuentran las brechas curriculares, la ausencia de módulos orientados a la Industria 4.0, la necesidad de infraestructura de laboratorio, y la limitada disponibilidad de competencias digitales en los docentes	Las oportunidades identificadas en la investigación corresponden a la incorporación de nuevos módulos, actualización de los planes de estudio y el fortalecimiento de laboratorios 4.0	El estudio aporta a la modernización de la educación en ingeniería, alinea la formación con demandas tecnológicas, promueve el desarrollo de competencias digitales y fortalece la pertinencia del talento humano para el sector productivo colombiano
48	Transformación del empleo por adopción de inteligencia artificial en los sectores manufactur a, salud y financiero en Colombia (2020–2024): Un análisis desde la ingeniería industrial	2025	Bermúdez Holguín, B. Y., Hernández Arévalo, J. A., & Ocampo Orozco, J. D. (2025). Transformación del empleo por adopción de inteligencia artificial en los sectores manufactura, salud y financiero en Colombia (2020–2024): Un análisis desde la ingeniería industrial (Trabajo de grado). Universidad Politécnico Gran colombiano. http://hdl.handle.net/10823/7965	Analiza la adopción de tecnologías de inteligencia artificial en el sector manufactura, incluidas automatización robótica de procesos (RPA) y otras tecnologías emergentes con impacto en empleo y producción.	Estudia cómo la IA y la automatización cognitiva y física transforman funciones productivas y laborales, destacando la automatización en manufactura frente a otros sectores como salud y financiero.	Inteligencia Artificial predictiva; Automatización Robótica de Procesos (RPA); Herramientas de análisis de datos para automatización; Métodos mixtos de investigación documental y estadística.	Investigación documental con enfoque mixto, basada en análisis de datos secundarios de instituciones como DANE, OIT, OCDE, BID y literatura académica especializada para caracterizar tendencias tecnológicas y laborales.	Riesgo de desplazamiento laboral por automatización de tareas repetitivas; Necesidad de formación técnica avanzada para adaptación de la fuerza laboral; Brechas de competencias para implementar IA en manufactura.	Creación de nuevos perfiles laborales centrados en IA y automatización; Mejora de procesos productivos y aumento de eficiencia; Integración de la formación profesional en Ingeniería Industrial con tecnologías emergentes.	Presenta un análisis actualizado de cómo la adopción de IA impacta la manufactura y otros sectores en Colombia, aportando perspectiva sobre automatización, gestión del cambio y formación de competencias técnicas desde Ingeniería Industrial.
49	Coevaluación y heteroevaluación para el desarrollo	2022	Aristizábal Gómez, L. M., & Cardona Osorio, O. J. (2022). Coevaluación y heteroevaluación para el desarrollo de	Evalúa la enseñanza de competencias técnicas relacionadas con	Se destaca la introducción de tecnologías emergentes en la formación (CAD, fabricación	CAD tridimensional, impresión 3D, corte láser, mecanizado por control numérico	Análisis teórico-formativo sobre prácticas de coevaluación y heteroevaluación	Integración de tecnologías avanzadas requiere infraestructura y docentes	Promoción de competencias transversales desde formación universitaria;	Fortalece la formación de profesionales con habilidades en diseño y manufactura digital, potenciando adopción de tecnologías de

N.	Título	Año	Referencia APA	Enfoque de manufactura avanzada	Relación innovación-automatización	Tecnologías o prácticas asociadas	Tipo de experiencia o evidencia	Barreras	Oportunidades	Aportes a la Ingeniería Industrial en Colombia
	de competencias en diseño, fabricación digital, manufactura avanzada y dispositivos inteligentes		competencias en diseño, fabricación digital, manufactura avanzada y dispositivos inteligentes [Capítulo de libro]. Universidad Pontificia Bolivariana. http://hdl.handle.net/20.500.11912/10561	tecnologías de fabricación avanzada como impresión 3D, corte láser y mecanizado CNC, integradas en formación académica.	digital), promoviendo innovación en competencias y familiarización con automatización digital, aunque no profundiza en aplicaciones industriales específicas.	y sistemas inteligentes integrados, considerando plataformas de prototipado como Arduino y Raspberry Pi.	n en contexto educativo aplicado a competencias en manufactura avanzada.	capacitados; Dificultad para traducir competencias educativas en productividad industrial real.	Posible cierre de brechas entre formación técnica y necesidades de la industria 4.0.	manufactura avanzada e inteligencia integrada en el entorno académico e industrial colombiano.
50	Implementación del brazo robótico RACSu como enfoque para el aprendizaje de procesos manufactur a avanzada	2020	Sánchez, C. W., Ordóñez, J. E., Vanegas Ipia, P. C., & Viera Balanta, V. (2020). Implementación del brazo robótico RACSu como enfoque para el aprendizaje de procesos manufactura avanzada. En E. Serna M. (Ed.), Investigación formativa en ingeniería (pp. 530–542). Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8716476	Desarrolla y aplica un brazo robótico educativo de 5 grados de libertad como herramienta para conectar teoría y práctica en conceptos de manufactura avanzada y procesos industriales.	Promueve innovación en la enseñanza de automatización a través de un dispositivo robótico que representa prácticas reales de sistemas automatizados de fabricación, acercando a los estudiantes a tecnologías presentes en la Industria 4.0.	Brazo robótico de 5 DOF (grados de libertad); Software de control con módulos de configuración, teleoperación, aprendizaje y ejecución; Simulación y control de robot educativo aplicado a manufactura.	Experiencia formativa documentada en la implementación educativa de un sistema robótico y su integración curricular en Ingeniería Industrial y de Sistemas.	Requiere inversión en hardware educativo especializado; Necesidad de docentes capacitados en robótica y control automatizado.	Integrar prácticas realistas de Industria 4.0 en el aula; Facilitar competencias técnicas aplicadas a automatización y manufactura avanzada desde la formación universitaria.	Contribuye a la formación de futuros ingenieros con experiencia práctica en sistemas automatizados, potenciando habilidades técnicas que pueden trasladarse a contextos productivos y de innovación industrial en Colombia.

Nota. Matriz documental, relación de información de trabajos académicos, artículos y bases indexadas, con apartados de autor, enfoque, oportunidades, barreras y el aporte a la industria colombiana.