

Recibido: 2025-12-30

Aceptado: 2026-01-23

Publicado: 2026-02-23

Pilares de manufactura e ingeniería industrial y su inclusión en las actividades de tipo artesanal: Un enfoque de mejora en las condiciones de vida de comunidades de la huasteca alta.

Pillars of Manufacturing and industrial engineering and Their Inclusion in Artisan Activities: An Approach to Improving the Living Conditions of Communities in the Huasteca Alta Region.

Autores

Lidilia Cruz-Rivero¹

lilirivero@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9399-3002>

**Tecnológico Nacional de México ITS de
Tantoyuca
México**

Ernesto Lince-Olgún²

ernesto.lince@itsta.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4810-5587>

**Tecnológico Nacional de México ITS de
Tantoyuca
México**

Ernesto Arrieta-Morales³

ernesto.arrieta@itsta.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0002-9617-6109>

**Tecnológico Nacional de México ITS de
Tantoyuca
México**

Susana Astrid López-García⁴

susana.lopez@itsna.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6936-2590>

**Tecnológico Nacional de México ITS de
Naranjos
México**

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar cómo los pilares de manufactura y herramientas de ingeniería industrial pudieron incorporarse en actividades artesanales sin alterar su esencia cultural, con el fin de mejorar las condiciones de vida y trabajo de comunidades de la Huasteca Alta, al norte de Veracruz. La propuesta partió del reconocimiento de que, aunque estas comunidades preservaron procesos manuales tradicionales, enfrentaron problemas ergonómicos, productivos y ambientales que limitaron su bienestar y competitividad. La metodología fue de tipo cualitativa y exploratoria, y se sustentó en cuatro estudios de caso desarrollados en comunidades indígenas del municipio de Tantoyuca. Se aplicaron herramientas propias de la ingeniería industrial y la Manufactura 4.0, tales como QFD, RULA, TRIZ, análisis de tiempos y movimientos, y software especializado. Los casos incluyeron: (1) el diseño de un dispositivo compactador de materiales, (2) una etiquetadora para botellas de vino de miel, (3) el desarrollo de un software de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para la evaluación de impactos ambientales, y (4) un análisis ergonómico asistido por software en panificación artesanal. Los resultados evidenciaron que la incorporación de tecnologías accesibles permitió la reducción de riesgos musculoesqueléticos, la mejora de la productividad y la optimización del uso de recursos, sin que los procesos artesanales fueran sustituidos. Asimismo, se obtuvieron registros de propiedad industrial y de software, lo que fortaleció la transferencia de tecnología desde la academia hacia comunidades marginadas. En conjunto, los hallazgos demostraron que la Manufactura 4.0 puede adaptarse de manera inclusiva al sector artesanal, con la promoción no solo de mejoras técnicas, sino también de avances en equidad social, sostenibilidad y dignidad laboral.

Palabras clave: Industria 4.0, Artesanía, Ergonomía, Innovación Social, Huasteca Alta, Calidad De Vida.

Abstract

This study aimed to analyze how the pillars of Manufacturing 4.0 and industrial engineering tools could be incorporated into artisanal activities without altering their cultural essence, with the purpose of improving the living and working conditions of communities in the Huasteca Alta region, in northern Veracruz. The proposal stemmed from the recognition that, although these communities preserved traditional manual processes, they faced ergonomic, productive, and environmental challenges that constrained their well-being and competitiveness. The methodology was qualitative and exploratory in nature, grounded in four case studies conducted in indigenous communities within the municipality of Tantoyuca. Tools from both industrial engineering and Manufacturing 4.0 were applied, including QFD, RULA, TRIZ, time and motion analysis, and specialized software. The cases comprised: (1) the design of a material compacting device, (2) a labeling machine for honey wine bottles, (3) the development of a Life Cycle Assessment (LCA) software for environmental impact evaluation, and (4) a software-assisted ergonomic analysis in artisanal breadmaking. The results demonstrated that the integration of accessible technologies led to a reduction in musculoskeletal risks, improved productivity, and more efficient use of resources, without displacing artisanal processes. Furthermore, industrial property and software registrations were obtained, which strengthened the transfer of technology from academia to marginalized communities. Taken together, the findings showed that Manufacturing 4.0 can be adapted in an inclusive manner to the artisanal sector, fostering not only technical improvements, but also meaningful progress in social equity, sustainability, and labor dignity.

Keywords: Industry 4.0, Craftsmanship, Ergonomics, Social Innovation, Huasteca Alta, Quality Of Life.

Introducción

La Manufactura 4.0, también conocida como Industria 4.0, representa una cuarta revolución industrial caracterizada por la integración de tecnologías avanzadas que transforman los sistemas de producción tradicionales en entornos inteligentes y conectados (Romeo et al., 2023). Este paradigma se define por la fusión de lo físico, digital y biológico, dando lugar a sistemas ciberfísicos complejos que operan en red y que se construyen sobre la infraestructura de revoluciones digitales previas (Navarrete, 2023). La implementación de la Industria 4.0 implica la adopción de tecnologías digitales como la inteligencia artificial, el internet de las cosas, el big data, la robótica, la fabricación aditiva y la computación en la nube, entre otras, para optimizar procesos y mejorar la eficiencia en la manufactura (Villegas et al., 2021).

La integración de estas tecnologías facilita la creación de fábricas inteligentes con capacidad de auto-organización, lo que permite una mayor flexibilidad, personalización de productos y una significativa mejora en la calidad y productividad (Sousa et al., 2024; Vargas-Barbosa et al., 2022). Esta transformación abarca desde la cadena de suministro hasta el consumidor final, redefiniendo la gestión productiva y logística personalizada según las demandas del mercado (Vargas-Barbosa et al., 2022).

El alcance de la Industria 4.0 va más allá de la mera interconexión de sistemas y máquinas inteligentes, promoviendo una integración profunda de tecnologías que vinculan los mundos físico, digital y biológico para lograr una eficiencia y productividad sostenibles (Erazo & Castro, 2024; Nunes et al., 2022). Este nuevo paradigma no solo optimiza la producción, sino que también aborda desafíos como la eficiencia energética y la sostenibilidad de los recursos, permitiendo una adaptación ágil a las exigencias del mercado globalizado (Castillo-Vergara, 2023; Manca et al., 2024).

La Manufactura 4.0 representa una reconfiguración profunda de la lógica productiva: integra tecnologías de información con operaciones físicas para generar valor de formas que hace una década eran impensables. Su núcleo es la conectividad —cadenas de producción inteligentes que no solo ejecutan, sino que informan, anticipan y coordinan desde la fabricación hasta la posventa. Para las organizaciones que logran transitarla, el resultado es una ventaja competitiva sostenida, impulsada en buena medida por la convergencia entre análisis de datos e Internet de las Cosas (IoT) (Xu et al., 2021).

Lo que hace especialmente relevante este fenómeno es que no discrimina por tamaño ni sector. Alonso-Calpeño et al. (2019) documentaron cómo la adopción de tecnologías disruptivas transforma la percepción misma de la industria, obligando a replantear estrategias desde la raíz. La manufactura, en particular, no puede permitirse ciclos largos de adaptación: los materiales evolucionan, las máquinas se vuelven autónomas y los procesos demandan flexibilidad y reconfigurabilidad en tiempo real. Vaidya et al. (2018) sintetizaron este imperativo con precisión: el objetivo de la Industria 4.0 es convertir los sistemas de manufactura en entidades inteligentes, capaces de operar y ajustarse sin intervención constante. A esto se suma una tendencia que cambia las reglas del juego para las organizaciones más pequeñas.

Las tecnologías de información han dejado de ser patrimonio exclusivo de grandes corporaciones; hoy permiten diseñar soluciones a medida a costos accesibles para nano, micro, pequeñas y medianas empresas (López y Escudero-Ceballos, 2016; Sony y Naik, 2020). Esa democratización tecnológica es, quizás, uno de los cambios estructurales más subestimados de la última década.

La convergencia entre tecnologías de fabricación y sistemas de información ha dado lugar a una transformación profunda en los modelos productivos contemporáneos. Esta transformación, enmarcada en los principios de la Industria 4.0 y la manufactura inteligente, ha hecho posible el diseño de sistemas de producción más eficientes, flexibles y orientados a las necesidades del mercado, con capacidad de respuesta oportuna ante entornos cambiantes; en línea con este planteamiento, la manufactura inteligente ha concentrado la atención tanto de investigadores como de expertos en producción debido a su capacidad para alcanzar los objetivos de la Industria 4.0, al contribuir a la construcción de fábricas inteligentes altamente eficientes, incrementar el rendimiento productivo, reducir el error humano mediante el uso de máquinas autónomas y satisfacer las demandas personalizadas de los usuarios (Sahoo y Lo, 2022).

Revisión De Literatura

En la actualidad se están implementando estrategias de tecnificación y digitalización para capitalizar las ventajas competitivas que ofrecen las nuevas tecnologías, lo cual resalta el papel crucial que desempeña la Industria 4.0 en el contexto productivo actual (Ruiz et al., 2025). Este cambio, conceptualizado como la Cuarta Revolución Industrial (4IR), implica una rápida evolución en tecnología, industria y patrones sociales, trascendiendo mejoras de eficiencia para significar una transformación fundamental en

el capitalismo industrial y las estructuras socioeconómicas, marcando una era de conectividad integrada (Ortíz et al., 2022).

Esta integración se manifiesta a través de la interconexión de máquinas, sistemas y personas, facilitada por tecnologías como el Internet de las Cosas y los sistemas ciberfísicos, que permiten la comunicación y colaboración autónoma (Monroy, 2023; Pinto et al., 2024; Sarmiento & Monroy, 2022). Estas tecnologías, que incluyen el internet industrial de las cosas, big data y análisis de datos, fabricación aditiva, robótica avanzada, realidad aumentada y virtual, computación en la nube, ciberseguridad, aprendizaje automatizado e inteligencia artificial, son fundamentales para la transformación de la logística tradicional y la optimización de procesos en las PYMES (Sarmiento & Monroy, 2022).

La adopción de estas tecnologías es crucial para que las pequeñas y medianas empresas mejoren su competitividad e innovación, enfrentando los desafíos de productividad que históricamente han sido más bajos que los de las grandes corporaciones (Castillo-Vergara, 2023). Para las PYMES, el desarrollo de nuevos modelos de negocio, adecuados para la digitalización de sistemas y operaciones, representa una oportunidad significativa para integrar vertical y horizontalmente la cadena de suministro en tiempo real, impactando directamente la calidad del servicio ofrecido (Sarmiento & Monroy, 2022). Esta adaptación estratégica es vital, no solo para mantener su relevancia en un mercado globalizado, sino también para fomentar la innovación y la creación de valor en un ecosistema cada vez más digital (Sarmiento & Monroy, 2022). A pesar de estos avances, muchas micro, pequeñas y medianas empresas aún no explotan eficazmente el potencial de las tecnologías como el Internet de las Cosas, la computación en la nube y el análisis de grandes datos, lo que limita su capacidad para operar eficientemente en un entorno hiperconectado (Ortíz et al., 2022). Esta situación se agrava por el escaso conocimiento de las nuevas tecnologías, la insuficiencia de recursos financieros para adoptarlas y la baja disponibilidad de fuerza de trabajo capacitada en países periféricos (Versino et al., 2023).

Esta brecha tecnológica y de conocimiento impide que las PYMES aprovechen los beneficios de la transformación digital para optimizar la gestión de su cadena de suministro y mejorar su desempeño operacional (Bansal et al., 2023; Kohli & Malik, 2025). No obstante, la integración de infraestructura digital avanzada, incluyendo la inteligencia artificial, la impresión 3D y el internet de las cosas, ha de-

mostrado ser un catalizador para el incremento de la productividad en empresas que adoptan modelos más sofisticados (Garza et al., 2023).

La digitalización no solo mejora los productos y procesos, sino que también redefine los modelos de negocio, la estructura organizacional y los aspectos de gestión de las PYMES, creando desafíos significativos en su implementación y en la optimización de sus cadenas de suministro (Kohli & Malik, 2025; Sarmiento & Monroy, 2022).

La implementación de estas tecnologías digitales presenta desafíos notables, especialmente para las micro y pequeñas empresas, que frecuentemente carecen de los recursos y conocimientos necesarios para una adopción exitosa, lo cual puede incrementar los riesgos de ciberseguridad y dificultar la diferenciación en el mercado (Chacón, 2025; León-Gómez & López, 2024; Opoku et al., 2024).

Utilizando herramientas de Industria 4.0 e internet de las cosas se propone una técnica de sensores aplicadas a tecnologías en la ergonomía ocupacional, esto a partir del empleo de sensores RGBD y EyeTracking en la mejora ergonómica de puestos de trabajo (Garzón Leal, 2020). En materia artesanal, hay evidencia del uso de herramientas de manufactura 4.0 en el comercio electrónico como medio de estrategia para el impulso de productos artesanales (Martínez Prats, et al., 2021). Aceto, Persico y Pescapè (2019), muestran, a partir de un diagrama, cómo las actividades de tipo agrícola han ido evolucionando hasta llegar a los que se conoce como la Industria 4.0 en la agricultura. Partiendo de esa migración, es como se considera, que también la industria 4.0 puede tener lugar en el sector artesanal a partir de la inclusión de tecnologías que faciliten los procesos sin perder de vista el origen de los mismos.

Figura 1. Esquema de desarrollo de las revoluciones industriales y las revoluciones agrícolas. Ace-to, Persico y Pescape, (2019); Liu, et al., (2021).



Llevar los principios de la Industria 4.0 a las actividades agrícolas y a los oficios artesanales no es un proceso que pueda improvisarse: exige, antes que nada, comprender a fondo las necesidades reales del entorno en el que se va a intervenir. Solo a partir de ese conocimiento es posible diseñar prototipos que ofrezcan soluciones verdaderamente eficientes y adaptadas a cada actividad. Vale la pena destacar que estos desarrollos, una vez consolidados, pueden trascender el ámbito académico o productivo y convertirse en propiedad intelectual a través del registro o la patente.

En México, este camino ha sido recorrido principalmente por instituciones del sector público: según Campa Navarro, Venegas Martínez y Cruz-Aké (2019), la mayoría de las patentes registradas en el país provienen de universidades y centros de investigación públicos nacionales, situación que se refleja precisamente en los proyectos que se analizarán en el presente caso de estudio.

Existe un desafío notable en la protección del conocimiento tradicional y las expresiones culturales en la artesanía, ya que los sistemas de propiedad intelectual actuales a menudo carecen de marcos claros para estos casos, lo que facilita infracciones (Ghose & Ali, 2023; Wang, 2023). La vinculación entre la academia y la sociedad a través del patentamiento de innovaciones tecnológicas ha cobrado una relevancia creciente en el sistema universitario mexicano.

Las patentes académicas no solo representan un mecanismo de protección intelectual, sino que se han consolidado como una vía estratégica de transferencia de conocimiento desde las Instituciones de Educación Superior (IES) hacia los sectores productivos y las comunidades que más lo necesitan.

En este sentido, el trabajo que se presenta expone aplicaciones clave sobre tecnologías emergentes en el sector agrícola y artesanal, así como los desafíos que implica llevar dichos desarrollos al registro ante instancias como el IMPI o el INDAUTOR. La experiencia de un grupo de investigadoras enfocadas en el diseño y desarrollo de productos y procesos demostró que es posible aplicar los principios de la Manufactura 4.0 en actividades agrícolas y artesanales de comunidades marginadas del norte del estado de Veracruz, y que esos desarrollos pueden llegar al patentamiento como parte integral de la labor de investigación y transferencia tecnológica. Al respecto, Calderón-Altamirano, Castro Coria y Pérez-Munguía (2025) señalan que la responsabilidad social universitaria constituye la condición necesaria para que los procesos de transferencia tecnológica tengan un impacto social significativo, lo que coloca a las IES en un papel central dentro del desarrollo de las regiones donde operan. Este trabajo busca, además, abrir nuevas líneas de investigación orientadas a la inclusión de la Industria 4.0 como puente entre el ámbito académico y las necesidades reales de comunidades marginadas. Este trabajo tiene como objetivo, además, abrir nuevas oportunidades de investigación para la inclusión de la industria 4.0 vinculando el desarrollo de proyectos en el ámbito académico y ofreciendo soluciones viables para cubrir necesidades sociales de comunidades marginadas.

Materiales y métodos

La región conocida como Huasteca se encuentra ubicada en la zona noreste de México, es una región que abarca los estados de Tamaulipas, Veracruz, Hidalgo y San Luis Potosí; En esta región se destaca la elaboración de artículos e insumos de manera artesanal. En este trabajo se realizó una investigación de tipo cualitativa exploratoria, toda vez que se presentan 4 estudios de caso donde se aplican herramientas de la manufactura e ingeniería industrial en actividades agrícolas y artesanales, para dar solución a problemáticas específicas, así como hacer más productivos los procesos involucrados. Se realiza un análisis situacional de cada caso de estudio para aplicar herramientas de diseño como lo fue el QFD (Despliegue de la función de la calidad), análisis ergonómico con el método RULA (Rappid Upper Limb Assesment), Condiciones ambientales y TRIZ (Teoría de solución de problemas de inventiva) por mencionar algunos.

Se considera la región conocida como “Huasteca”, la cual está conformada también por los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Tamaulipas y Veracruz se caracteriza por preservar en las comunidades indígenas sus costumbres al realizar las actividades de manera artesanal y en algunos casos realizar agricultura de traspatio. En este caso, se manifiesta la paradoja de introducir técnicas avanzadas de manufactura sin afectar los procesos manuales, es decir mejorar las condiciones que hacen más productivos los procesos sin ser invasivos con los procesos artesanales.

Para el análisis situacional se consideraron comunidades indígenas del municipio de Tantoyuca, Veracruz, de la región de la Huasteca Alta; se analizaron problemáticas enfocadas en cuatro casos;

- Diseño un dispositivo compactador de materiales.
- Propuesta de un dispositivo para el etiquetado de botellas de vino de miel, elaborado de manera artesanal.
- Elaboración de un software de análisis ciclo de vida para conocer y analizar el impacto ambiental en una empresa productora de miel.
- Análisis Ergonómico y de condiciones ambientales con el uso de software

CASOS DE ESTUDIO

Caso 1. Dispositivo Compactador de Materiales (Modelo de Utilidad MX/u/2020/000078)

En las comunidades cercanas a Tantoyuca, se realizan actividades de compactado de alimento para ganado, elaboración de bloques multinutricionales, compactado de fardos de tabaco, por mencionar algunos, estas actividades se realizan utilizando sólo la fuerza del trabajador, obligándolo a tomar posturas inadecuadas desde el punto de vista ergonómico.

El dolor en la zona lumbar puede variar desde leve a ser tan intenso (e incluso incapacite al trabajador), limitación o dificultad del movimiento, debilidad en las piernas pies, etc. Es frecuente en adultos jóvenes tras un esfuerzo físico. Los factores de riesgo en el trabajo son el levantamiento de cargas pesadas, la flexión y los giros de tronco, y las vibraciones. Por ejemplo: cuando el trabajador manipula cargas pesadas, como los fardos de tabaco o las pacas de pasto. Desde el punto de vista ergonómico, el diseño y desarrollo de una compactadora de materiales, ayuda al trabajador a realizar su trabajo de una manera más fácil y cómoda, previniendo lesiones y permitiendo aumentar su productividad. Se aplicó una encuesta en 7 municipios en Veracruz (Platón Sánchez, Chalma, Chiconamel, Tempoal, Tantoyuca, El Higo y Álamo) para conocer el proceso de elaboración de fardos pacas de alimento o bloques

multinutricionales, los encuestados mencionaron que al final del día se generaba molestia; el 27% respondió que en hombros, piernas y zona lumbar (Ver Figura 2).

Figura 2. Ejemplo de posturas realizadas en campo



Se procede a realizar un estudio antropométrico de donde se obtienen las medidas de los usuarios sujetos a estudio, para posteriormente obtener los percentiles para su análisis y aplicación en el diseño. Una vez que se lleva a cabo el estudio antropométrico, y con base al percentil 5-95 se procede a diseñar el prototipo de herramienta que permita a los trabajadores llevar a cabo el compactado de materiales de manera manual sin necesidad de exponerse a riesgos de desarrollo de DTA en la zona lumbar, ya que el diseño cuenta con una altura total de 100 cm que es lo recomendable desde el punto de vista ergonómico para trabajos de pie. El prototipo diseñado se somete a evaluación para considerarse como modelo de utilidad ante el IMPI, con el apoyo del COVECYDET (Consejo Veracruzano de Ciencia y Desarrollo Tecnológico) con la finalidad de proteger la labor científica y de inventiva y generar transferencia de tecnología. (Ver 3).

Figura 3. Título de modelo de utilidad dispositivo compactador



ECONOMÍA
SECRETARÍA DE ECONOMÍA



IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

TÍTULO DE MODELO DE UTILIDAD No. 4862

Titular(es): INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

Domicilio: Desv. Lindero Tametate, Col. La Morita, 92100, Tantoyuca, Veracruz, MÉXICO

Denominación: DISPOSITIVO COMPACTADOR DE MATERIALES.

Clasificación: CIP: B30B9/30; B65B5/02; B65F1/14
CPC: B30B9/3032; B30B9/30; B30B9/3046; B65B5/02; B65F1/14

Inventor(es): LIDIA CRUZ RIVERO; ILSE ALEJANDRA ESTÉVEZ GUTIÉRREZ; KAREN GUADALUPE VELASCO ZAÍTA; DANIEL ANGELES HERRERA; CARLOS EUSEBIO MAR OROZCO

SOLICITUD

Número:	Fecha de Presentación:	Hora:
MX/ta/2020/000078	2 de Marzo de 2020	10:45



Caso 2: Etiquetadora de botellas de vino de miel

La relación entre las técnicas avanzadas de manufactura y TI, datos y analítica, está generando lo que hoy por hoy se conoce como la nueva revolución industrial que invita a los líderes de la industria a combinar innovaciones tecnológicas y tecnología operacional para crear valor en nuevas y diferentes formas (Varela, 2020). La Industria 4.0 y la manufactura inteligente no representaron simples actualizaciones tecnológicas, sino una reconfiguración profunda de los sistemas productivos, de gestión y de negocio. Su implementación permitió optimizar procesos, alcanzar mayores niveles de flexibilidad y eficiencia, y ofrecer propuestas de valor más pertinentes y oportunas frente a las exigencias del mercado. De hecho, entre los resultados más documentados de esta transformación destacaron el incremento significativo de la eficiencia operacional, la mejora en las capacidades de mantenimiento predictivo, una mayor flexibilidad en la personalización de productos y un aumento general en la competitividad empresarial (Tashkinov, 2025).

En el municipio de Tantoyuca Veracruz, existe una empresa que elabora vino de miel de forma artesanal, sin embargo, existen procesos fuera de la concepción del vino que pueden ser mejorados, como es el caso del etiquetado de las botellas, en este proceso que también se realiza de manera manual, es posible disminuir tiempos y movimientos y por ende optimizar dicho proceso.

Es por ello la iniciativa de aportar los conocimientos de ingeniería industrial a la práctica, diseñando e implementando un prototipo etiquetador, se mejore este proceso facilitando el trabajo a los artesanos de esta industria. Específicamente, la implementación de esta herramienta se logra así una mejor presentación del producto. Para el diseño de este prototipo se realizó un estudio de tiempos y movimientos utilizando el método de medición de tiempos con cronómetro con el método continuo, el diseño se realizó a partir de un análisis ergonómico con el método JSI (Job Strain Index) (ver figura 4), para determinar la postura de la mano en el proceso de etiquetado, para posteriormente diseñar la propuesta en Master Cam.

Figura 4. *Proceso de etiquetado manual*



Una vez terminado, se somete a consideración del IMPI de donde se obtuvo un registro de diseño industrial (Figura 5).

Figura 5. *Título de modelo de utilidad dispositivo etiquetador*

Economía		IMPI	
TÍTULO DE REGISTRO DE DISEÑO INDUSTRIAL No. 72381			
Titular(es):	INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA.		
Domicilio:	Desviación Lindero Tomotato, Col. La Morita, 92100, Tantoyuca, Veracruz, MÉXICO		
Denominación:	MODELO INDUSTRIAL DE ETIQUETADORA.		
Clasificación:	LOC(14) CL. 10-09		
Diseñador(es):	ERNESTO ARRIETA MORALES; LIDILIA CRUZ RIVERO; ILSE ALEJANDRA ESTÉVEZ GUTIÉRREZ; CARLOS ALONZO RIVERA; ERENDIDA RIVERA DEL ÁNGEL; CESAR DAVID RIVERA TOSCANO.		
SOLICITUD			
Número:	Fecha de Presentación:	Hora:	
MX/1/2023/001542	30 de mayo de 2023	13:47	

Caso 3. Software ACV para el impacto ambiental en la producción del vino de miel

En la actualidad para la medición de impactos ambientales, se utiliza la metodología Análisis Ciclo de vida, dicha herramienta tiene una gran influencia en las industrias agroalimentarias e industriales, y en las cuales cuentan con una gran variedad de investigaciones en procesos (productos) a nivel mundial, Sin embargo en México no cuenta con investigaciones sobre esta metodología ya que no representa un gran influencia de difusión de la misma, A pesar de todas las investigaciones sobre la implementación ACV, no hay un antecedente sobre la producción del impacto ambiental que tiene la miel para la producción del vino.

A partir de la metodología ACV (Análisis Ciclo de Vida) y la norma ISO 14041, se desarrolla un software para el análisis del impacto ambiental que genera la producción de Vino de Miel, se analiza en la etapa de inventario (IACV), las entradas y las salidas de dicho proceso, así como los intercambios entre el sistema del producto y el entorno, con el fin de determinar los puntos de generación de emisio-

nes de CO₂ así como el desperdicio de litros de agua. El estudio se realizó la misma empresa apícola dedicada a la producción de vino de miel y miel natural envasada. A partir de este análisis fue posible además detectar desperdicios de materia prima en la línea de producción, así como la falta de un mantenimiento adecuado al equipo. Este Software fue registrado ante INDAUTOR (Ver figura 6) y fue basado en la norma ISO 14040 para el análisis ciclo de vida.

Figura 6. Registro de Software ACV ante INDAUTOR



Caso 4. Análisis Ergonómico y de condiciones ambientales con el uso de software

La región donde se desarrolla este análisis cuanta con población indígena, compuesta en su mayoría por mujeres, quienes desarrollan diversas actividades artesanales y productivas sin contar con herramientas tecnológicas que faciliten su labor. Entre estas actividades destacan el tejido de morrales de zapupe o ixtle, la elaboración de tapetes de palma y la producción de pan artesanal.

Para efectos del presente estudio, se tomó como caso de análisis una MiPyme dedicada a la elaboración de pan de tipo artesanal. En este establecimiento trabajan seis mujeres cuyas edades oscilan entre los 16 y los 76 años, quienes, a partir de sus raíces y tradiciones culturales, han encontrado en la fabricación de pan una actividad que les permite preservar su identidad y, al mismo tiempo, generar sustento económico para sus familias.

En este caso de estudio, se muestra la necesidad del uso de técnicas para la mejora de las condiciones de los artesanos, poniendo vital atención en el sector femenino, toda vez que realizan actividades que requieren de un elevado esfuerzo, lo que trae como consecuencia lesiones musculoesqueléticas (LME) y desórdenes por trauma acumulado (DTA). En este estudio se analizó el sector de panificación artesanal y la inclusión de herramientas de digitalización para la mejora de la productividad. Para poder mejorar las condiciones de trabajo y elevar la productividad, una de las premisas de la Industria 4.0 es

incrementar productividad y generar una mejor gestión de los recursos por lo que se hace necesario para este caso de estudio el evaluar a partir de software las condiciones actuales y realizar las propuestas de mejora. En este análisis se determinó que existían DTAs (desórdenes por trauma acumulado) en las trabajadoras.

La exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos músculo – esqueléticos en los miembros superiores del cuerpo, tales como las posturas adoptadas, la repetitividad de los movimientos, la fuerza aplicada o la actividad estática del sistema músculo – esquelético es la razón por la cual se hace uso el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment). Con el uso del software e-Rula DPI® se lleva a cabo la puntuación de los factores de riesgo (figura 7).

Figura 7. *Análisis de posturas*

1. Postura del Brazo	
Grado de posturas	
1	2
3	4

Puntuación	
1	2
3	4

Puntuación	
1	2
3	4

Al aplicar herramientas y software en materia de Ergonomía se determina que estas tecnologías, ya han sido utilizadas por años, pero de forma aislada; sin embargo, su integración y posibles capacidades, es lo que las potencializa para transformar la industria de la manufactura, aun siendo una actividad de tipo artesanal la sujeta a análisis, con procesos productivos totalmente integrados, optimizados y con resultados significativos en el mejoramiento de la eficiencia operativa y el desempeño organizacional.

Discusión

Estos prototipos, diseñados con principios de la ergonomía y centrado en el usuario, buscan no solo optimizar las tareas agrícolas y artesanales, sino también mitigar riesgos ocupacionales y mejorar la calidad de vida de los trabajadores en comunidades como la Huasteca (Mantilla et al., 2024; Ramos-García et al., 2024; Tiewtoy et al., 2023). La aplicación de estos principios se enfoca en la creación de herramientas y espacios de trabajo que se adapten a las características físicas de los usuarios, aspecto crucial para la prevención de lesiones y el aumento de la eficiencia productiva (Jiménez et al., 2024). Para lograr esto, se enfatiza la importancia de mantener posturas neutrales, minimizar las cargas repetitivas y la integración de micropausas frecuentes en las jornadas laborales, lo cual puede reducir significativamente la tensión física y mejorar la salud general del trabajador (Jeanson et al., 2025).

La integración de tecnología apropiada, caracterizada por su sencillez y efectividad en función de los costos, es crucial para mejorar la productividad en estas comunidades, aunque su éxito depende en gran medida de un diseño que contemple los factores humanos y la experiencia del usuario (Rahman et al., 2023). La evaluación de la utilización actual de la tecnología apropiada se logra mediante un examen preliminar que establece las características de la maquinaria existente y evalúa su nivel de uso en el campo, empleando observación directa para recopilar datos in situ (Rahman et al., 2023).

Este enfoque garantiza que las soluciones propuestas no solo sean tecnológicamente viables, sino también culturalmente apropiadas y socialmente aceptables, reflejando una orientación clara hacia la búsqueda específica de información acerca de la interacción deseada entre la persona y el objeto en cuestión en el desarrollo de proyectos de diseño (Macías, 2025).

Conclusiones

La cuarta Revolución Industrial se distingue por la integración de sistemas de adquisición de datos, redes de cómputo, sensores y plataformas de producción automatizadas que operan bajo principios de interconexión, autoevaluación y gestión del conocimiento. Esta articulación tecnológica hace posible la construcción de cadenas de valor dinámicas, capaces de sostener la fabricación de productos y servicios cada vez más inteligentes y adaptables. Sin embargo, los alcances de esta transformación no se restrin-

gen al ámbito industrial tradicional: su potencial también alcanza a comunidades que, históricamente, han quedado al margen del desarrollo tecnológico, como las comunidades artesanales de la Huasteca Alta, en el norte de Veracruz.

En ese contexto, mejorar las condiciones de vida de los artesanos de esta región constituye algo más que una meta de bienestar individual: es una exigencia ética que se alinea con los principios de dignidad humana y equidad social. Las problemáticas que enfrenta la producción artesanal —entre ellas, los retos ergonómicos, las limitaciones productivas y la precariedad social— revelan una realidad en la que quienes sostienen buena parte del patrimonio cultural y económico de sus comunidades trabajan en condiciones que reproducen y profundizan la desigualdad.

Frente a este escenario, las herramientas de ingeniería industrial no representan una imposición externa ni una amenaza a las tradiciones locales. Por el contrario, cuando se aplican con sensibilidad cultural y enfoque participativo, funcionan como estrategias de inclusión que empoderan a los artesanos al ofrecerles soluciones tecnológicas que respetan y fortalecen sus prácticas. El diseño de prototipos y dispositivos adaptados a sus necesidades específicas permite reducir la fatiga, disminuir el riesgo de lesiones y elevar tanto la calidad como la competitividad de sus productos. Esto se traduce, en términos concretos, en una mejora real de su calidad de vida y en una mayor sostenibilidad económica que favorece la continuidad de estas actividades en la región.

Desde una perspectiva de justicia social, la transformación de las condiciones de trabajo de los artesanos trasciende cualquier enfoque meramente técnico. Se trata, en el fondo, de reconocer a estas personas como actores esenciales dentro de sus comunidades y de garantizarles las condiciones necesarias para ejercer su labor sin que ello implique el sacrificio de su bienestar físico o social. Intervenir en este sentido significa también contribuir a romper ciclos de desigualdad estructural que han limitado históricamente el acceso de estas poblaciones a oportunidades reales de desarrollo, con la convicción de que toda persona, independientemente de su origen o contexto socioeconómico, tiene derecho a vivir y trabajar con dignidad.

La incorporación de soluciones basadas en los principios de la Manufactura 4.0 en las actividades artesanales de la Huasteca Alta no responde únicamente a una necesidad de mejora productiva. Se inscribe dentro de un compromiso ético más amplio: el de transformar estructuras sociales injustas y construir

una sociedad en la que el trabajo artesanal, y quienes lo realizan, reciban el reconocimiento y el respeto que merecen.

Referencias Bibliográficas

- Alonso-Calpeño, M. J., Sánchez-García, J. L., & Pérez-Cruz, O. (2019). Tecnologías disruptivas en las organizaciones: transformación e impacto en la manufactura. *Conciencia Tecnológica*, (57), 1–10.
- Aceto, G; Persico, V; and Pescape, A. “A survey on information and communication technologies for industry 4.0: State-of-the-art, taxonomies, perspectives, and challenges,” *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 21, no. 4, pp. 3467–3501, Fourthquarter 2019.
- Albarracín, Wilmer; Jurado, Francisco; Chuquitarco, Luis; Proaño, Iveth Carolina. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*; Lousada N.º E25, (Jan 2020): 227-236.
- Alonso-Calpeño, Mariela Juana, Santander-Castillo, Julieta, Ramírez-Chocolatl, Yuridia y Alanisteutle, Raúl. *Cómputo en la niebla aplicado a la manufactura inteligente bajo el contexto de la industria 4.0: Desafíos y oportunidades*. *Revista de Cómputo Aplicado*. 2019, 3-11: 16-27
- Calderón-Altamirano, E., Castro Coria, E. G., y Pérez-Munguía, L. G. (2025). Patentes e innovación social en las Universidades Públicas Estatales de México. *GECONTEC: Revista Internacional de Gestión del Conocimiento y la Tecnología*, 13(2). <https://doi.org/10.5281/zenodo.15778549>
- Díaz Pérez C., & Soria López M. (2020). Patentes de universidades mexicanas:. *Reencuentro. Análisis De Problemas Universitarios*, 32(80), 185-205. Recuperado a partir de <https://reencuentro.xoc.uam.mx/index.php/reencuentro/article/view/1064>
- Campa Navarro, J. I., Venegas-Martínez, F., & Cruz-Aké, S. (2019). Comparación del proceso de innovación en México entre los regímenes proteccionista y de apertura: un análisis econométrico de inestabilidad de parámetros y cambio estructural, 1940-2015. *Economía: teoría y práctica*, (50), 11-35.

- Cortés, C. B. Y., Landeta, J. M. I., & Chacón, J. G. B. (2017). El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras. *Conciencia tecnológica*, (54), 33-45.
- German-Soto, Vicente, Soto Rubio, Mauro, & Gutiérrez Flores, Luis. (2021). Innovación y crecimiento económico regional: evidencia para México. *Problemas del desarrollo*, 52(205), 145-172. Epub 23 de agosto de 2021. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2021.205.69710>
- Ghadge, A., Er Kara, M., Moradlou, H. and Goswami, M. (2020), "The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 31 No. 4, pp. 669-686. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0368>
- Herreros Pinilla, M. (2013). Evaluación ergonómica en tiempo real mediante sensores de bajo coste (Kinect). Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/44549>
- Garzón Leal, DC. (2020). Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/156052>
- Ghose, A., & Ali, S. M. (2023). Protection and preservation of traditional cultural expressions & traditional knowledge in handicraft trade: advocating the need for a global cultural policy framework. *Revista de Direito Internacional*, 20(2). <https://doi.org/10.5102/rdi.v20i2.9109>
- Jeanson, A. L., Morales, M. R., & Luna, R. D. (2025). Assessing musculoskeletal injury risk and skeletal changes from backstrap loom weaving and traditional embroidery in Chiapas, Mexico. *PLOS Global Public Health*, 5(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0004574>
- López Ramón y Cajal, J., & Escudero Ceballos, V. (2016). Industria 4.0, la gran oportunidad. *Economía Aragonesa*, 59, 109–122. Recuperado de <http://gorilaa.com/resources/o6loOSw1mk/6a204800660741ecb9de0cb060c8a024.pdf#page=111>
- Macías, G. (2025). Orientaciones para prácticas etnográficas en el desarrollo de proyectos de diseño: reflexiones de un modelo aplicado. *Zincografía*. <https://doi.org/10.32870/zcr.v9i17.251>

- Manca, R. da S., Galeano, R., Sanches, K. L., Sousa, A. A. do N., Mezzomo, A. L., Silva, A. P. da, Cavalcante, J. B. P., Deitos, T., Carvalho, A. L. G. de, Silva, L. H. P. da, Morais, S. D. de, & Rodrigues, R. C. M. (2024). Additive Manufacturing in Industry 4.0 and its Implications for Sustainability in Production Processes. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(1). <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n1-139>
- Mantilla, S. C., Maradei, F., García, F. M., & Santander, U. I. de. (2024). Metodología ergonómica para el desarrollo tecnológico agrícola de una herramienta manual: caso de estudio azadón. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 42. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e355971>
- Martínez Prats, G., Jiménez Cervantes, V. ., & Silva Hernández, F. . (2021).. *Revista De Investigación Académica Sin Frontera: División De Ciencias Económicas Y Sociales*, (35). <https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi35.372>
- Navarrete, Ó. A. (2023). brecha digital en la Revolución Industrial 4.0. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 46(3). <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v46n3e345719>
- Nunes, T. F. B., Zanini, R. R., Rosa, A. F. P., & Vergara, L. G. L. (2022). Impacts and challenges of industry 4.0 in manufacturing: a systematic literature review. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 8(11), 16294. <https://doi.org/10.18540/jcecvl8iss11pp16294-01e>
- Opoku, E., Okafor, M., Williams, M., Aribigbola, A., & Olaleye, A. (2024). Enhancing small and medium-sized businesses through digitalization. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 23(2), 222. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.23.2.2313>
- Ortíz, M., Rodríguez, M. H., & Pecina, M. A. G. (2022). La industria 4.0 como apoyo al ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) en MIPyMES del sur de Tamaulipas. *Vinculatégica EFAN*, 8(2), 26. <https://doi.org/10.29105/vtga8.2-196>

- Pinto, L. H. A., Lima, O. P. de, & Maduro, M. R. (2024). Implicações da manufatura avançada na era da indústria 4.0: desafios e oportunidades. *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, 15(6). <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i6.3906>
- Rahman, T., Yassierli, Y., & Widyanti, A. (2023). Design guidelines for sustainable utilization of agricultural appropriate technology: Enhancing human factors and user experience. *Open Agriculture*, 8(1). <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0232>
- Ramos-García, V. M., López-Leyva, J. A., Balderrama-Carmona, A. P., Vázquez, I. O., Ochoa, J. J. G., & Espinoza-Espino, M. de J. (2024). An Analysis of Occupational Hazards Based on the Physical Ergonomics Dimension to Improve the Occupational Health of Agricultural Workers: The Case in Mayo Valley, Mexico. *Safety*, 10(3), 61. <https://doi.org/10.3390/safety10030061>
- Romeo, L. L. G., Reyes, J. B., & Rojas-Ramírez, J. (2023). Systemic and cyber-physical methodology for the implementation of Industry 4.0 in Mexican companies of the automotive manufacturing industry. *Research Square (Research Square)*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2896488/v1>
- Ruiz, E. A., Gomis, R., & Carrillo, J. (2025). ¿Están listas las maquiladoras para implementar la Industria 4.0? *Frontera Norte*, 37, 1. <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2383>
- Sarmiento, A. E., & Monroy, X. D. V. (2022). Industria 4.0 Impacta las pequeñas y medianas empresas. *LOGINN Investigación Científica y Tecnológica*, 6(2). <https://doi.org/10.23850/25907441.4799>
- Sousa, M. R. A. de, Alencar, D. B. de, Leite, J. C., & Júnior, H. A. dos S. (2024). Integration of Industry 4.0 technologies in industrial manufacturing processes. *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, 15(7). <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i7.3844>
- Sahoo, S., y Lo, C.-Y. (2022). Smart manufacturing powered by recent technological advancements: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 236–250. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.008>

- Sony, M., & Naik, S. (2020). Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: A systematic review and proposed theoretical model. *Technology in Society*, 61, 101248. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101248>
- Tashkinov, A. G. (2025). The application of industry 4.0 into the company's production activities through effective decision-making. *Scientific Reports*, 15, Artículo 15688. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15688-0>
- Tiewtoy, S., Moocharoen, W., & Kuptasthien, N. (2023). User-centred machinery design for a small scale agricultural-based community using Quality Function Deployment. *International Journal of Sustainable Engineering*, 17(1), 25. <https://doi.org/10.1080/19397038.2023.2295854>
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 – A glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233–238. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>
- Varela, K. (2020). Manufactura 4.0: flexible, autónoma y adaptable. Implementación de ERP, CRM y soluciones Microsoft. <https://atx.mx/2020/07/10/manufactura-4-0-flexible-autonoma-y-adaptable/>
- Vargas-Barbosa, J. M., Castrillón, Ó. D., & Giraldo-García, J. A. (2022). Modelo de simulación de eventos discretos y emulación de sensores para mejorar una ruta de transporte rural al reducir los tiempos de espera. *Información Tecnológica*, 33(6), 135. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000600135>
- Versino, M., Guido, L., Gorenstein, S., & Vidoso, R. (2023). La promoción de tecnologías 4.0 para las Pequeñas y Medianas Empresas argentinas. *Ciencia, Tecnología y Política/Ciencia, Tecnología y Política*, 6(11), 103. <https://doi.org/10.24215/26183188e103>
- Villegas, O. O. V., Nandayapa, M., Sossa, H., Franco, E. G. C., & Linares, G. T. R. (2021). Artificial Intelligence for Industry 4.0 in Iberoamerica. *Computación y Sistemas*, 25(4). <https://doi.org/10.13053/cys-25-4-4056>

- Wang, Q. (2023). Intellectual Property Protection and Cultural Inheritance of Folk Handicrafts. *Academic Journal of Humanities & Social Sciences*, 6(2). <https://doi.org/10.25236/ajhss.2023.060208>
- Y. Liu, X. Ma, L. Shu, G. P. Hancke and A. M. Abu-Mahfouz, "From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 17, no. 6, pp. 4322-4334, June 2021, doi: 10.1109/TII.2020.3003910.
- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2021). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90–95. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90>

Contribuciones de los autores

Lidilia Cruz-Rivero: Conceptualización del estudio; diseño metodológico; coordinación general de la investigación; supervisión del proceso investigativo; redacción del borrador original; revisión y edición final del manuscrito.

Ernesto Lince-Olgún: Revisión de la literatura científica; fundamentación teórica; apoyo en el diseño metodológico; redacción de las secciones de introducción y marco conceptual; revisión crítica del contenido académico.

Ernesto Arrieta-Morales: Recolección de datos; aplicación de instrumentos de investigación; análisis preliminar de la información; apoyo en la sistematización de resultados; redacción parcial de la sección de metodología.

Susana Astrid López-García: Análisis e interpretación de datos; elaboración de tablas y figuras; redacción de la sección de resultados; validación de la coherencia entre objetivos, resultados y conclusiones.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés