



Religación
Press

[Coordinador]
Félix Javier Manjarrés Arias

**EL ESPECTRO
DE LAS
INGENIERÍAS**
Investigaciones situadas
en contextos regionales

Volumen II

Religación Press
[Ideas desde el Sur Global]

[Coordinador]
Félix Javier Manjarrés Arias

El espectro de las ingenierías
*Investigaciones situadas en contextos
regionales (Vol. II)*

Equipo Editorial

Editorial team

Ana B. Benalcázar

Editora Jefe / Editor in Chief

Felipe Carrión

Director de Comunicación / Scientific Communication Director

Melissa Díaz

Coordinadora Editorial / Editorial Coordinator

Sarahi Licango Rojas

Asistente Editorial / Editorial Assistant

Consejo Editorial

Editorial Board

Jean-Arsène Yao

Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova

Fabiana Parra

Mateus Gamba Torres

Siti Mistima Maat

Nikoleta Zampaki

Silvina Sosa

Víctor Ancajima Miñán

Religación Press, es parte del fondo editorial del Centro de Investigaciones CICSHAL-RELIGACIÓN | Religación Press is part of the publishing house of the CICSHAL-RELIGACIÓN Research Center |

Diseño, diagramación y portada | Design, layout and cover: Religación Press.

CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.

Correo electrónico | E-mail: press@religacion.com

www.religacion.com

Disponible para su descarga gratuita en | Available for free download at

<https://press.religacion.com>

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

This title is published under an Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.



El presente libro tienen el aval del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina - CICSHAL-RELIGACIÓN



El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Vol. II)

The Spectrum of Engineering: Research Situated in Regional Contexts (Vol. II)

O espectro das engenharias: Pesquisas situadas em contextos regionais (Vol. II)

Derechos de autor | Copyright: Félix Javier Manjarrés Arias; Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos, Jasmin Herrera de la Barrera, Yuliana Vanesa Puerta Cruz, Greydis Tatiana Pérez Solar, Yasira Ester Martínez Simancas, Glider Nunilo Parrales Cantos, Manuel Octavio Cordero Garcés, Luiggis Alexander Ceballos Baquerizo, Angelica Marena Plúa Ponce, Glider Nunilo Parrales Cantos, Denny Augusto Cobos Lucio

Segunda Edición | Second Edition: 2026

Editorial | Publisher: Religación Press

Materia Dewey | Dewey Subject: 620 - Ingeniería y operaciones afines

Clasificación Thema | Thema Subject Categories: TB - Tecnología: cuestiones generales | TBC - Ingeniería: generalidades | TBX - Historia de la tecnología y la ingeniería

BISAC: TEC009000

Público objetivo | Target audience: Profesional / Académico | Professional / Academic

Colección | Collection: Ingeniería

Soporte | Format: PDF / Digital

Publicación | Publication date: 2026-05-29

ISBN: 978-9942-594-66-2

[APA 7]

Félix Javier Manjarrés Arias; Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos, Jasmin Herrera de la Barrera, Yuliana Vanesa Puerta Cruz, Greydis Tatiana Pérez Solar, Yasira Ester Martínez Simancas, Glider Nunilo Parrales Cantos, Manuel Octavio Cordero Garcés, Luiggis Alexander Ceballos Baquerizo, Angelica Marena Plúa Ponce, Glider Nunilo Parrales Cantos, Denny Augusto Cobos Lucio APA 7 (2026). *El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Vol. II)*. Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.433>

Revisión por pares

El presente libro de investigación constituye el resultado de un riguroso proceso de investigación académica, cuya calidad metodológica y solidez argumental han sido validadas mediante un sistema de revisión por pares externos implementado bajo el protocolo de doble ciego, bajo la supervisión del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina (CICSHAL). Como garantía de transparencia y rigor científico, los informes de evaluación realizados por los especialistas designados se conservan en el archivo institucional de la editorial, a disposición de las instancias que así lo requieran.

Peer Review

This book is the result of a rigorous academic research process, whose methodological quality and argumentative solidity have been validated through an external peer-review system implemented under a double-blind protocol, under the supervision of the Center for Research in Sciences and Humanities from Latin America (CICSHAL). As a guarantee of transparency and scientific rigor, the evaluation reports prepared by the designated specialists are preserved in the publisher's institutional archives, available to any party that may require them.

Sobre los autores

ABOUT THE AUTHORS

Félix Javier Manjarrés Arias

Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE | Latacunga | Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-2045-9276>
fxmanjarres@espe.edu.ec

Es docente e investigador del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, especializado en el área de Diseño y Mecánica Computacional. Su formación académica inició con el título de Tecnólogo en Mecánica de Aviación mención Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de la Fuerza Aérea, seguido por los títulos de Ingeniero Automotriz por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE e Ingeniero Industrial por la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Posteriormente, obtuvo los posgrados de Magíster en Gestión de Empresas mención PYMES en la ESPE y Magíster en Ciencias en Diseño, Producción y Automatización Industrial por la Escuela Politécnica Nacional. Su trayectoria profesional incluye la participación en proyectos de investigación y vinculación, manteniendo colaboración interinstitucional con la Universidad Técnica de Cotopaxi, la Escuela Politécnica Nacional y la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Adicional a su rol en la ESPE, es catedrático en el programa de Maestría de Diseño Mecánico, con mención en Estructuras y Recipientes a Presión, de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Escuela Politécnica Nacional. Su producción científica está documentada en artículos académicos disponibles para consulta en su perfil de Google Scholar.

Autores/as:

Félix Javier Manjarrés Arias; Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos, Jasmin Herrera de la Barrera, Yuliana Vanesa Puerta Cruz, Greydis Tatiana Pérez Solar, Yasira Ester Martínez Simancas, Glider Nunilo Parrales Cantos, Manuel Octavio Cordero Garcés, Luiggis Alexander Ceballos Baquerizo, Angelica Mareña Plúa Ponce, Glider Nunilo Parrales Cantos, Denny Augusto Cobos Lucio

Resumen

Esta obra colectiva ofrece una mirada plural y contextualizada de la ingeniería como disciplina situada en territorios y memorias concretas. A través de estudios de caso en Chile y Ecuador, se examina la infraestructura como dispositivo de poder estatal, la transformación digital hacia la auditoría basada en inteligencia artificial, la construcción de vivienda social con materiales sostenibles, y la educación ambiental para el manejo de residuos en comunidades rurales. También se analiza cómo los terremotos han moldeado la cultura ingenieril chilena, impulsando innovación tecnológica y resiliencia. La obra dialoga con enfoques críticos y humanistas, mostrando que la ingeniería no es una práctica técnica neutral, sino un campo atravesado por historia, política, territorio y sostenibilidad.

Palabras clave:

Ingeniería contextual, infraestructura y poder, transformación digital, sostenibilidad territorial, cultura ingenieril

Abstract

This collective work offers a plural and contextualized view of engineering as a discipline situated within specific territories and memories. Through case studies in Chile and Ecuador, it examines infrastructure as a device of state power, digital transformation towards artificial intelligence-based auditing, the construction of social housing with sustainable materials, and environmental education for waste management in rural communities. It also analyzes how earthquakes have shaped Chilean engineering culture, driving technological innovation and resilience. The work engages with critical and humanistic approaches, demonstrating that engineering is not a neutral technical practice, but a field shaped by history, politics, territory, and sustainability.

Keywords:

Contextual engineering, infrastructure and power, digital transformation, territorial sustainability, engineering culture

Resumo

Esta obra coletiva oferece uma visão plural e contextualizada da engenharia como disciplina situada em territórios e memórias específicas. Por meio de estudos de caso no Chile e no Equador, examina-se a infraestrutura como dispositivo de poder estatal, a transformação digital rumo à auditoria baseada em inteligência artificial, a construção de habitação social com materiais sustentáveis e a educação ambiental para a gestão de resíduos em comunidades rurais. Analisa-se também como os terremotos moldaram a cultura de engenharia chilena, impulsionando a inovação tecnológica e a resiliência. A obra dialoga com abordagens críticas e humanistas, demonstrando que a engenharia não é uma prática técnica neutra, mas um campo atravessado por história, política, território e sustentabilidade.

Palavras-chave:

Engenharia contextual, infraestrutura e poder, transformação digital, sustentabilidade territorial, cultura de engenharia

Tabla de Contenidos

6	Revisión por pares
6	Peer Review
7	Sobre los autores
9	Resumen
10	Abstract
10	Resumo
12	Tabla de Contenidos
15	Introducción
	<i>La ingeniería como territorio de indagación situada</i>
	Félix Javier Manjarrés Arias
21	Capítulo 1
	<i>Ingeniería, infraestructura y construcción del Estado en Chile: una lectura histórica de las obras públicas como dispositivos de poder</i>
	Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos
37	Capítulo 2
	<i>La transformación digital hacia la auditoría 4.0: inteligencia artificial y digitalización</i>
	Jasmin Herrera de la Barrera, Yuliana Vanesa Puerta Cruz, Greydis Tatiana Pérez Solar, Yasira Ester Martínez Simancas
74	Capítulo 3
	<i>Aprender del desastre: terremotos, innovación tecnológica y cultura ingenieril en Chile</i>
	Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos
90	Capítulo 4
	<i>Propuesta de la construcción de vivienda de interés social utilizando materiales sostenibles en el sitio Joa de Jipijapa</i>
	Glider Nunilo Parrales Cantos

112

Capítulo 5

*Educación y Prácticas Sostenibles para el Manejo de Residuos
Hidrosanitarios en Comunidades Rurales: Caso de estudio
Joá, Manabí*

Manuel Octavio Cordero Garcés, Luiggis Alexander
Ceballos Baquerizo, Angelica Marena Plúa Ponce,
Glider Nunilo Parrales Cantos, Denny Augusto Cobos
Lucio

Introducción. La ingeniería como territorio de indagación situada

Félix Javier Manjarrés Arias

Manjarrés Arias, F. J. (2026). La ingeniería como territorio de indagación situada. En F. J. Manjarrés Arias (Coord). *El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Vol. II)*. (pp. 15-17). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.433.926>



La obra que el lector tiene en sus manos, *El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Vol. II)*, se propone un desafío ambicioso y necesario: despojar a la disciplina ingenieril de su pretendida neutralidad técnica para situarla en el entramado denso de la historia, el territorio, la memoria colectiva y las urgencias contemporáneas. Lejos de concebir la ingeniería como un conjunto abstracto de fórmulas y procedimientos universales, los capítulos aquí reunidos la entienden como una práctica profundamente contextual, moldeada por relaciones de poder, catástrofes naturales, procesos de digitalización, necesidades habitacionales y desafíos ambientales. Este volumen colectivo, construido desde investigaciones situadas en Chile y Ecuador, no aspira a ofrecer respuestas definitivas, sino a abrir preguntas fértiles sobre el modo en que el conocimiento técnico se articula con lo social, lo político y lo territorial.

El recorrido comienza con el *capítulo 1, Ingeniería, infraestructura y construcción del Estado en Chile: una lectura histórica de las obras públicas como dispositivos de poder*, donde se analiza cómo carreteras, ferrocarriles, puentes y puertos no fueron meras soluciones de conectividad, sino instrumentos activos en la consolidación de la autoridad estatal chilena durante los siglos XIX y XX. Desde esta base histórica, la lectura avanza hacia el *capítulo 2, La transformación digital hacia la auditoría 4.0: inteligencia artificial y digitalización*, que desplaza la mirada al presente tecnológico para examinar cómo la inteligencia artificial, la automatización robótica de procesos y el big data están redefiniendo los procedimientos de auditoría, exigiendo nueva gobernanza ética y competencias profesionales renovadas.

En continuidad con esta reflexión sobre tecnología y sociedad, el *capítulo 3, Aprender del desastre: terremotos, innovación tecnológica y cultura ingenieril en Chile*, muestra cómo los grandes sismos que han sacudido el país andino han actuado como catalizadores de aprendizaje técnico, impulsando normativas antisísmicas cada vez más rigurosas y configurando una memoria tecnológica que orienta las prácticas de diseño estructural y gestión del riesgo. A continuación, el *capítulo 4, Propuesta de la construcción de vivienda de interés social utilizando materiales sostenibles en el sitio Joa de Jipijapa*, traslada la discusión al ámbito de la habitabilidad popular, demostrando que es técnica y económicamente viable edificar viviendas sociales con materiales locales como el bambú, el adobe y sistemas bioclimáticos, reduciendo la huella ambiental y mejorando la calidad de vida de los sectores más vulnerables. Finalmente, el *capítulo 5, Educación y Prácticas Sostenibles para el Manejo de Residuos Hidrosanitarios en Comunidades Rurales: Caso de estudio Joá, Manabí*, cierra el volumen con una lección fundamental: ninguna infraestructura o normativa es eficaz sin procesos paralelos de educación ambiental y participación comunitaria que garanticen la sostenibilidad de las intervenciones.

Conclusiones

A lo largo de los capítulos que componen este volumen, se revela que la ingeniería, lejos de ser una práctica aséptica y universal, constituye un dispositivo de poder que organiza territorios, jerarquiza espacios y legitima proyectos políticos. Los capítulos primero y tercero demuestran que cada puente, cada ferrocarril y cada normativa antisísmica encarnan decisiones sobre qué territorios merecen ser conectados y qué vidas merecen ser protegidas. Esta dimensión política, frecuentemente invisibilizada por los discursos técnicos, emerge aquí como un eje transversal que articula las investigaciones históricas y contemporáneas del libro.

En estrecha relación con lo anterior, la innovación tecnológica no puede dissociarse de la gobernanza ética ni de la formación de profesionales con competencias digitales. El capítulo segundo demuestra que los sistemas algorítmicos requieren supervisión humana, transparencia y marcos normativos sólidos que impidan la reproducción de sesgos en la toma de decisiones. La tecnología, por sí sola, no garantiza progreso si no va acompañada de reflexión crítica, responsabilidad institucional y rendición de cuentas.

Finalmente, las soluciones técnicas más efectivas son aquellas que parten del conocimiento del territorio, utilizan materiales locales e involucran a las comunidades. Los capítulos cuarto y quinto confirman que la vivienda sostenible y el manejo de residuos no son utopías, sino realidades viables cuyos principales obstáculos son políticos y formativos, no técnicos. Superar estas barreras exige voluntad institucional, políticas públicas coherentes y un compromiso sostenido con la transferencia de conocimiento hacia los territorios.

Capítulo 1

Ingeniería, infraestructura y construcción del Estado en Chile: una lectura histórica de las obras públicas como dispositivos de poder

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos

Álvarez Sepúlveda, H. Á., & Benoit Ríos, C. G. (2026). Ingeniería, infraestructura y construcción del Estado en Chile: una lectura histórica de las obras públicas como dispositivos de poder. En F. J. Manjarrés Arias (Coord), *El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Volumen II)*, (pp. 21-35). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.433.c927>



01

Ingeniería, infraestructura y construcción del Estado en Chile: una lectura histórica de las obras públicas como dispositivos de poder

Resumen

Este capítulo examina el papel de la ingeniería y de las obras públicas en los procesos de construcción del Estado chileno durante los siglos XIX y XX. El análisis se basa en una revisión de alcance de literatura especializada, desarrollada desde un enfoque cualitativo e interpretativo, inscrito en un paradigma humanista-crítico y un diseño narrativo de tópico. Bajo esta perspectiva, se analizan tres dimensiones centrales: la ingeniería como instrumento de modernización del Estado, la infraestructura como mecanismo de control del espacio nacional, y el rol simbólico de las obras públicas en la construcción de imaginarios de progreso y modernidad. Se sostiene que las redes de transporte y las grandes obras de infraestructura transformaron las condiciones materiales del país, y contribuyeron a consolidar la autoridad estatal y a legitimar proyectos políticos de modernización. En conclusión, la infraestructura nacional se comprende como un dispositivo histórico que articula territorio, poder y desarrollo.

Palabras clave: Ingeniería; Infraestructura; Construcción del Estado; Modernización; Chile.

Introducción

A lo largo de los siglos XIX y XX, la construcción de infraestructura ha constituido uno de los mecanismos más visibles mediante los cuales los Estados han intervenido sobre el territorio, organizado el espacio y consolidado su autoridad política. Carreteras, ferrocarriles, puentes, puertos y obras hidráulicas no solo responden a necesidades técnicas o económicas asociadas al transporte y la producción, sino que también representan expresiones materiales de proyectos políticos orientados a la modernización y al control territorial. En este sentido, la infraestructura puede comprenderse como un elemento central en los procesos de construcción estatal, ya que permite articular el territorio, facilitar la circulación de bienes y fortalecer la presencia institucional del Estado (Mann, 1993; Harvey, 2005; Booth, 2014; Flores, 2017).

En América Latina, y particularmente en Chile, el desarrollo de obras públicas durante los siglos XIX y XX se vinculó estrechamente con la consolidación del Estado nacional y con la integración de regiones periféricas a los circuitos económicos del país. Tras la independencia, las élites republicanas impulsaron políticas de infraestructura destinadas a superar las dificultades geográficas y a fortalecer la unidad territorial, promoviendo la expansión de redes de transporte como el ferrocarril y la construcción de caminos y puentes que facilitarían la articulación del espacio nacional (Collier y Sater, 2004; Sagredo, 2009). De este modo, la ingeniería civil se transformó en una herramienta estratégica para el desarrollo económico y para la proyección de una imagen de progreso asociada al avance científico y tecnológico (Salazar y Pinto, 1999; Flores, 2017; Orellana y Arenas, 2024).

Desde una perspectiva historiográfica reciente, las infraestructuras han comenzado a ser analizadas como dispositivos políticos y culturales que expresan relaciones de poder y modelos de desarrollo (Larkin, 2013; Booth, 2014; Carse, 2014; Misleh et al., 2025). En el caso chileno, la expansión del ferrocarril, la construcción de grandes puentes y la canalización de ríos en centros urbanos ilustran cómo la ingeniería fue utilizada para estructurar el territorio y consolidar la capacidad administrativa del Estado.

En este contexto, surge la pregunta que orienta el presente ensayo: ¿de qué manera las obras públicas y la ingeniería de infraestructura contribuyeron a la construcción del Estado y al ejercicio del poder sobre el territorio en la historia de Chile? Para responder a esta interrogante, el ensayo analiza tres dimensiones principales: el papel de la ingeniería en la modernización del Estado chileno durante el siglo XIX, la infraestructura como herramienta de integración territorial y control del espacio nacional, y la relación entre obras públicas, imaginarios de progreso y legitimación política del proyecto estatal.

Metodológicamente, este capítulo se desarrolla a partir de una revisión de alcance de literatura histórica, historiográfica y de estudios sobre infraestructura y poder estatal, centrada en el análisis del rol que las obras públicas y la ingeniería desempeñaron en los procesos de construcción del Estado chileno durante los siglos XIX y XX. Se revisaron fuentes académicas provenientes de bases de datos como Scopus, Scielo y Google Académico, junto con estudios especializados en historia de Chile, historia de la tecnología e infraestructura, historia económica y teoría social del Estado.

El estudio se inscribe en un enfoque cualitativo-interpretativo y adopta un diseño narrativo de tópico, sustentado en un paradigma humanista-crítico que privilegia la comprensión contextualizada de las relaciones entre ingeniería, territorio y poder político. Esta estrategia metodológica permitió examinar cómo la expansión de ferrocarriles, caminos, puentes y otras obras públicas contribuyó a la integración territorial, a la consolidación administrativa del Estado y a la producción de imaginarios de progreso asociados al proyecto de modernización nacional. Adicionalmente, este enfoque posibilita situar estas transformaciones dentro de un marco analítico más amplio que considera las infraestructuras como dispositivos materiales y simbólicos mediante los cuales los Estados organizan el espacio, ejercen control territorial y legitiman sus proyectos políticos de desarrollo.

Ingeniería y modernización del Estado en el Chile del siglo XIX

Durante el siglo XIX, la consolidación del Estado chileno estuvo estrechamente ligada al desarrollo de políticas orientadas a la modernización administrativa, económica y material del país. Tras el proceso de independencia, las élites políticas enfrentaron el desafío de organizar un territorio extenso y geográficamente complejo, caracterizado por importantes limitaciones en materia de comunicaciones y transporte. En este contexto, la ingeniería civil y la construcción de infraestructura adquirieron un papel central, ya que permitieron mejorar la conectividad entre regiones, fortalecer los intercambios comerciales y ampliar la capacidad de intervención estatal en distintos espacios del territorio nacional. Como señalan Sagredo (2009) y Fernández et al. (2022), el desarrollo de obras públicas fue entendido por las autoridades republicanas como una condición necesaria para consolidar el proyecto de Estado y promover el progreso material del país.

La institucionalización de la ingeniería como disciplina al servicio del Estado fue un proceso progresivo que acompañó la consolidación del aparato administrativo chileno. Durante la segunda mitad del siglo XIX se fortalecieron los organismos encargados de planificar y ejecutar obras públicas, culminando con la creación del Ministerio de Industria y Obras Públicas en 1887, lo que reflejó la creciente relevancia que la infraestructura tenía dentro de la agenda política del país. Esta institucionalización permitió organizar de manera más sistemática la construcción de caminos, puentes y puertos, y consolidó la figura del ingeniero como actor clave dentro del proceso de modernización estatal (Salazar y Pinto, 1999; Sagredo, 2009; Flores, 2017; Fernández et al., 2022).

Entre las iniciativas más significativas de este período destacó la expansión del sistema ferroviario. Desde mediados del siglo XIX, el Estado chileno impulsó una política sistemática de construcción de ferrocarriles con el objetivo de conectar los principales centros pro-

ductivos del país con los puertos de exportación y articular las distintas regiones en torno a un sistema económico más integrado. La inauguración del primer ferrocarril entre Caldera y Copiapó en 1851 marcó el inicio de un proceso de expansión ferroviaria que transformó profundamente las dinámicas territoriales y económicas del país (Collier y Sater, 2004; Booth, 2014; Misleh et al., 2025).

La expansión del ferrocarril permitió reducir significativamente los tiempos de transporte y facilitar la circulación de mercancías, personas e información, generando nuevas posibilidades de integración económica y social. Al mismo tiempo, esta red de infraestructura fortaleció la presencia del Estado en territorios distantes, facilitando la administración del espacio nacional y la articulación de mercados regionales. Según Collier y Sater (2004), el desarrollo ferroviario impulsó el crecimiento económico, y contribuyó a consolidar la autoridad del Estado sobre regiones periféricas y a reforzar la cohesión territorial del país.

Desde una mirada más amplia, la infraestructura ferroviaria puede interpretarse como un instrumento fundamental de modernización estatal. Como plantea Harvey (2005), las grandes obras públicas suelen formar parte de estrategias estatales orientadas a reorganizar el espacio económico y a promover determinados modelos de desarrollo. En el caso chileno, la expansión de la red ferroviaria permitió integrar zonas agrícolas y mineras a los circuitos comerciales nacionales e internacionales, contribuyendo al fortalecimiento del mercado interno y a la inserción del país en la economía global.

Adicionalmente, estas obras tuvieron un importante impacto en la organización territorial y en la construcción del poder estatal. Al facilitar la movilidad y la circulación de recursos, el ferrocarril amplió la capacidad del gobierno para administrar el territorio y proyectar su autoridad sobre regiones alejadas de los centros políticos tradicionales. En esta línea, la ingeniería y la infraestructura contribuyeron a consolidar un modelo de Estado que buscaba integrar el territorio, promover el crecimiento económico y proyectar una imagen de pro-

greso asociada a la modernización tecnológica (Salazar y Pinto, 1999; Orellana y Arenas, 2024).

En consecuencia, la ingeniería y las obras públicas desempeñaron un papel decisivo en el proceso de construcción del Estado chileno durante el siglo XIX. A través de la expansión de redes de transporte y la institucionalización de la planificación de infraestructura, el Estado logró fortalecer su capacidad de organización territorial, promover el desarrollo económico y consolidar su presencia en distintas regiones del país. La modernización material impulsada mediante estas obras transformó el paisaje físico de Chile y contribuyó a estructurar nuevas formas de articulación política, económica y territorial.

Infraestructura e integración territorial: Ingeniería y control del espacio nacional

La construcción de infraestructura en el Chile del siglo XIX no respondió únicamente a imperativos económicos asociados al transporte o a la circulación de mercancías, sino que constituyó un mecanismo decisivo en la producción material del espacio estatal. En el territorio chileno, caracterizado por una geografía fragmentada y de difícil articulación —marcado por la presencia de cordilleras, extensos valles y grandes distancias longitudinales—, las intervenciones ingenieriles redefinieron las condiciones de posibilidad para la acción estatal sobre el territorio. En este contexto, caminos, puentes, ferrocarriles y puertos operaron como dispositivos que hicieron gobernable un espacio previamente discontinuo, permitiendo al Estado proyectar su presencia más allá de los núcleos tradicionales de poder (Collier y Sater, 2004; Sagredo, 2009; Kornbluth, 2021).

Por tanto, lejos de constituir un proceso puramente técnico, la expansión de estas redes implicó una reconfiguración profunda de las relaciones espaciales y de las dinámicas territoriales. La extensión del ferrocarril hacia el sur, junto con la apertura de rutas que atravesaban zonas de difícil acceso, redujo los tiempos de desplazamiento y alteró

las jerarquías territoriales existentes, integrando regiones periféricas a circuitos económicos y administrativos previamente concentrados en el centro del país. Este proceso contribuyó a consolidar un espacio nacional más articulado, aunque también implicó la incorporación de territorios bajo nuevas lógicas de organización estatal, frecuentemente tensionadas por las particularidades sociales y culturales de dichos espacios (Salazar y Pinto, 1999; Fernández et al., 2022).

Un caso paradigmático de estas transformaciones es la construcción del Puente Malleco, inaugurado en 1890. Más allá de su relevancia como obra de ingeniería, su ejecución constituyó una intervención estratégica en el sur del país, en un contexto marcado por la expansión del control estatal sobre la Araucanía. La conectividad ferroviaria que posibilitó no solo facilitó la integración económica de la región, sino que también se inscribió en un proceso más amplio de reorganización territorial, en el cual la infraestructura operó como soporte material de la incorporación de estos espacios al orden político nacional (Sagredo, 2009; Kornbluth, 2021). En esta línea, las obras públicas conectaron territorios y aportaron a redefinir las formas de pertenencia y control dentro del Estado.

Desde un enfoque analítico, la infraestructura puede comprenderse como una tecnología de poder que interviene sobre el espacio físico y reconfigura las relaciones sociales que lo atraviesan. Como plantea Carse (2014), las redes de infraestructura no son neutrales: al establecer determinadas rutas de circulación y acceso, producen inclusiones y exclusiones, habilitando ciertas dinámicas y restringiendo otras. De este modo, caminos y ferrocarriles facilitaron la movilidad y estructuraron nuevas formas de interacción económica y social, condicionando el acceso a recursos y la integración de distintos actores al proyecto estatal.

En el caso chileno, esta dimensión se expresó en la capacidad del Estado para extender su alcance administrativo y político hacia regiones alejadas, apoyándose en redes materiales que posibilitaron tanto la circulación comercial como el despliegue de mecanismos de con-

trol. La infraestructura permitió movilizar recursos y tropas, reforzar la presencia institucional y consolidar formas de gobernanza en territorios previamente marginales. Tal como sugiere Mann (1993), el ejercicio efectivo del poder estatal en territorios extensos depende de la existencia de soportes materiales que conecten población, instituciones y recursos dentro de una misma lógica territorial.

En efecto, la infraestructura articuló el espacio nacional y contribuyó activamente a su producción como territorio gobernable. Las obras públicas, al transformar las condiciones de movilidad y reorganizar las relaciones espaciales, permitieron al Estado chileno integrar regiones y redefinir las formas en que estas eran administradas, habitadas y comprendidas.

Infraestructura, progreso e imaginarios de modernidad

Más allá de su dimensión funcional y política, las obras de infraestructura desempeñaron un papel decisivo en la configuración de imaginarios de progreso y modernidad a lo largo de los siglos XIX y XX. En el contexto de la formación estatal, los proyectos de ingeniería fueron concebidos y difundidos como expresiones visibles del avance científico, tecnológico y económico del país (Castillo, 2026). Por consiguiente, las obras públicas operaron simultáneamente como soluciones prácticas y como dispositivos simbólicos que proyectaban una imagen de modernización asociada a la capacidad del Estado para intervenir sobre el territorio y orientar el desarrollo nacional.

En el caso chileno, las élites políticas e intelectuales del siglo XIX articularon una noción de progreso estrechamente vinculada a la expansión de la infraestructura y a la adopción de modelos tecnológicos provenientes de Europa y Estados Unidos. La construcción de ferrocarriles, puentes, puertos y sistemas urbanos de canalización fue interpretada como evidencia del ingreso del país a la modernidad, consolidando la idea de que el desarrollo material constituía una condición indispensable para la afirmación del proyecto republicano.

Como señalan Salazar y Pinto (1999), este discurso de modernización se sostuvo en la asociación entre infraestructura, orden y civilización, configurando una narrativa que legitimaba la acción estatal en nombre del progreso.

Las grandes obras públicas adquirieron así un carácter emblemático, ya que materializan en el espacio los ideales de modernidad promovidos por el Estado. La inauguración de líneas ferroviarias, la construcción de puentes metálicos o el desarrollo de infraestructura portuaria fueron presentados en la prensa y en el discurso político como hitos que evidenciaban la capacidad técnica del país y su inserción en los circuitos del progreso internacional. De este modo, la infraestructura no solo transformó el territorio, sino que también operó como un recurso simbólico que reforzaba la legitimidad estatal y aportaba a proyectar una imagen de nación moderna tanto a nivel interno como externo (Sagredo, 2009; Booth, 2014; Kornbluth, 2021; Castillo, 2026).

Esta dimensión simbólica permitió consolidar narrativas que vinculaban estrechamente el progreso material con la acción del Estado. Las obras públicas dejaron de ser percibidas únicamente como mejoras en la conectividad o en la producción, para convertirse en representaciones concretas de un proyecto nacional basado en la modernización tecnológica y el crecimiento económico. En este marco, el Estado se posicionó como el agente central capaz de conducir dicho proceso mediante la planificación y ejecución de intervenciones de gran escala.

Desde una perspectiva teórica más amplia, diversos autores han destacado el papel de la infraestructura en la producción de imaginarios sociales de modernidad. Según Harvey (2005), los proyectos de infraestructura materializan en el espacio físico los modelos económicos y políticos impulsados por las élites, convirtiéndose en expresiones tangibles de sus horizontes de desarrollo. En una línea complementaria, Larkin (2013), sostiene que las infraestructuras organizan el territorio y generan significados culturales asociados al progreso y a la modernidad, contribuyendo a estructurar la forma en que las sociedades comprenden su propio devenir histórico.

En Chile, estas representaciones favorecieron la consolidación de una narrativa nacional en la que la ingeniería y las obras públicas se constituyeron como signos del avance hacia la modernidad. Por tanto, al transformar el paisaje y habilitar nuevas formas de movilidad y comunicación, la infraestructura participó activamente en la construcción de una identidad colectiva anclada en la idea de progreso. Así, las obras públicas no solo reconfiguraron el espacio físico, sino que también contribuyeron a legitimar el proyecto político del Estado y a fortalecer los imaginarios culturales asociados al desarrollo nacional.

Conclusión

El análisis histórico de la ingeniería y de las obras públicas en Chile permite comprender que la infraestructura no constituye únicamente un conjunto de soluciones técnicas destinadas a resolver problemas de transporte, comunicación o conectividad territorial. Por el contrario, las obras de ingeniería han desempeñado un papel fundamental en los procesos de construcción del Estado, en la organización del territorio y en la consolidación de proyectos políticos de modernización. En este escenario, la infraestructura debe entenderse como parte de un entramado más amplio de relaciones entre tecnología, poder y organización social, en el que las decisiones sobre el diseño y la distribución de las redes de transporte y comunicación reflejan prioridades políticas y estrategias de desarrollo estatal.

A lo largo de los siglos XIX y XX, la expansión de ferrocarriles, caminos, puentes y obras portuarias permitió fortalecer la capacidad del Estado chileno para intervenir en el espacio nacional, reducir las distancias entre regiones y promover la integración de territorios previamente aislados. Estas infraestructuras facilitaron la circulación de bienes, personas e información, contribuyendo a la consolidación de un mercado nacional y a la articulación de distintas regiones dentro de un mismo sistema económico y administrativo. Al mismo tiempo, permitieron ampliar la presencia política y administrativa del Estado en regiones periféricas, reforzando su capacidad para gobernar un territorio extenso y geográficamente complejo.

Sin embargo, la relevancia de estas obras no se limita a sus efectos materiales. Las infraestructuras también cumplieron un papel simbólico en la construcción de imaginarios de progreso y modernidad que contribuyeron a legitimar el proyecto estatal. Las grandes obras públicas fueron frecuentemente presentadas como evidencias del avance científico y tecnológico del país y como manifestaciones visibles de la capacidad del Estado para conducir el desarrollo nacional. De este modo, la infraestructura se convirtió en un elemento central dentro de las narrativas políticas que asociaban modernización material, progreso y construcción nacional.

Desde esta mirada, la infraestructura puede entenderse como un dispositivo de poder que articula dimensiones técnicas, políticas y culturales. Las redes de transporte, los sistemas de comunicación y las grandes obras de ingeniería no solo reorganizan el espacio físico, sino que también configuran nuevas relaciones territoriales y formas de articulación social. Analizar históricamente estas infraestructuras permite comprender cómo la ingeniería ha participado activamente en la configuración del territorio y en la consolidación de la autoridad estatal.

En el caso chileno, este proceso revela que la modernización material del país estuvo profundamente vinculada con estrategias de organización territorial y con proyectos políticos orientados a consolidar el Estado nacional. La expansión de la infraestructura transformó el paisaje físico, así como también contribuyó a estructurar nuevas dinámicas territoriales y a fortalecer la presencia del Estado en el conjunto del país. Bajo esta premisa, el estudio histórico de la ingeniería y de las obras públicas permite comprender que la infraestructura ha sido un componente fundamental en la construcción del Chile moderno y en la configuración de sus relaciones entre territorio, poder y desarrollo.

El análisis de la relación entre ingeniería, infraestructura y construcción estatal abre diversas posibilidades para futuras investigaciones que permitan profundizar en la comprensión histórica de estos procesos. En primer lugar, resulta pertinente explorar con mayor de-

talle las interacciones entre desarrollo de infraestructura, expansión económica y transformaciones sociales en distintas regiones del país, especialmente en territorios periféricos donde las obras públicas modificaron significativamente las dinámicas productivas y las formas de organización territorial. Asimismo, futuras investigaciones podrían incorporar enfoques comparativos que analicen la experiencia chilena en relación con otros procesos de modernización territorial en América Latina, con el fin de identificar convergencias y particularidades en la forma en que los Estados utilizaron la ingeniería como herramienta de construcción nacional. Del mismo modo, se abre una línea de estudio relevante en torno a los impactos sociales, culturales y ambientales de las grandes obras de infraestructura, considerando cómo estas transformaciones afectaron a comunidades locales y reconfiguraron las relaciones entre sociedad, territorio y poder estatal. Finalmente, el desarrollo reciente de enfoques interdisciplinarios provenientes de la historia de la tecnología, la geografía histórica y los estudios sobre infraestructura ofrece un marco prometedor para analizar de manera más compleja el papel de la ingeniería en los procesos históricos de modernización y gobernanza territorial.

Referencias

- Booth, R. (2014). Turismo, panamericanismo e ingeniería civil: La construcción del camino escénico entre Viña del Mar y Concón (1917-1931). *Historia*, 47(2), 277-311. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71942014000200001>
- Carse, A. (2014). *Beyond the big ditch: Politics, ecology, and infrastructure at the Panama Canal*. MIT Press.
- Castillo, S. (2026). Ambientes y ciudades: Un balance historiográfico del último medio siglo en Chile urbano = Ambientes e cidades: Um balanço historiográfico do último meio século no Chile urbano. *Historia Crítica*, (99), 21-38. <https://doi.org/10.7440/histcrit99.2026.02>
- Collier, S., & Sater, W. (2004). *A history of Chile, 1808-2002*. Cambridge University Press.
- Fernández, S., Peñaloza, M., & Muga, W. (2022). La formación de la periferia sur de Santiago de Chile, 1890-1930: Industria, ferrocarril y vivienda. *Revista Historia y Patrimonio*, 1(1), 1-26.
- Flores, A. (2017). Ingeniería e ingenieros en la historiografía chilena. *Historia* 396, 7(2), 463-480.
- Harvey, D. (2005). *A brief history of neoliberalism*. Oxford University Press.
- Kornbluth, D. (2021). El diseño político del proceso de financiarización de la vivienda y la infraestructura en Chile. *Revista Invi*, 36(103), 54-84. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582021000300054>
- Larkin, B. (2013). The politics and poetics of infrastructure. *Annual Review of Anthropology*, (42), 327-343. <https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-092412-155522>
- Mann, M. (1993). *The sources of social power: Volume II. The rise of classes and nation-states, 1760-1914*. Cambridge University Press.

- Misleh, D., Dziulma, J., De la Garza, M., & Guenther, E. (2025). La sustentabilidad en contra de las lógicas del Estado: Barreras políticas e institucionales en el sector de infraestructura en Chile. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, (13), 178-212. <https://doi.org/10.53010/nys13.08>
- Orellana, A., & Arenas, F. (2024). La expresión de la desigualdad a escala metropolitana: El caso del Área Metropolitana de Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (89). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022024000300003>
- Sagredo, R. (2009). *Historia mínima de Chile*. El Colegio de México.
- Salazar, G., & Pinto, J. (1999). *Historia contemporánea de Chile II: Actores, identidad y movimiento*. LOM Ediciones.

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0001-5729-3404>

halvarez@ucsc.cl

humalvarezsep@gmail.com

Académico de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile). Doctor en Sociedad y Cultura por la Universidad de Barcelona (España). Autor de diversos capítulos de libros y artículos sobre educación histórica publicados en revistas científicas indexadas a WoS, Scopus y Scielo.

Claudine Glenda Benoit Ríos

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0002-1791-2212>

cbenoit@ucsc.cl

claudbenoit@gmail.com

Académica del Departamento de Didáctica de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción (Chile). Doctora en Lingüística, por la Universidad de Concepción. Investigadora en didáctica de la comprensión y producción del lenguaje, y estrategias colaborativas durante el procesamiento.

Engineering, Infrastructure and State Construction in Chile: A Historical Reading of Public Works as Devices of Power

Abstract

This chapter examines the role of engineering and public works in the construction processes of the Chilean State during the 19th and 20th centuries. The analysis is based on a scoping review of specialized literature, developed from a qualitative and interpretive approach, inscribed in a humanist-critical paradigm and a topical narrative design. From this perspective, three central dimensions are analyzed: engineering as an instrument of modernization of the State, infrastructure as a control mechanism of the national space, and the symbolic role of public works in the construction of imaginaries of progress and modernity. It is argued that transportation networks and major infrastructure works transformed the material conditions of the country, and contributed to consolidating state authority and legitimizing political projects of modernization. In conclusion, the national infrastructure is understood as a historical device that articulates territory, power and development.

Keywords: Engineering; Infrastructure; State Construction; Modernization; Chile.

Engenharia, infraestrutura e construção do Estado no Chile: Uma leitura histórica das obras públicas como dispositivos de poder

Resumo

Este capítulo examina o papel da engenharia e das obras públicas nos processos de construção do Estado chileno durante os séculos XIX e XX. A análise baseia-se em uma revisão de escopo da literatura especializada, desenvolvida a partir de uma abordagem qualitativa e interpretativa, inscrita em um paradigma humanista-crítico e em um desenho narrativo de tópico. Sob essa perspectiva, analisam-se três dimensões centrais: a engenharia como instrumento de modernização do Estado, a infraestrutura como mecanismo de controle do espaço nacional e o papel simbólico das obras públicas na

construção de imaginários de progresso e modernidade. Sustenta-se que as redes de transporte e as grandes obras de infraestrutura transformaram as condições materiais do país e contribuíram para consolidar a autoridade estatal e legitimar projetos políticos de modernização. Em conclusão, a infraestrutura nacional é compreendida como um dispositivo histórico que articula território, poder e desenvolvimento.

Palavras-chave: Engenharia; Infraestrutura; Construção do Estado; Modernização; Chile.

Capítulo 2

La transformación digital hacia la auditoría 4.0: inteligencia artificial y digitalización

Jasmin Herrera de la Barrera, Yuliana Vanesa Puerta Cruz, Greydis Tatiana Pérez Solar, Yasira Ester Martínez Simancas

Herrera de la Barrera, J., Puerta Cruz, Y. V., Pérez Solar, G. T., & Martínez Simancas, Y. E. (2026). La transformación digital hacia la auditoría 4.0: inteligencia artificial y digitalización. En F. J. Manjarrés Arias (Coord). *El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Volumen II)*. (pp. 37-72). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.433.c928>



02

La transformación digital hacia la auditoría 4.0: inteligencia artificial y digitalización

Resumen

En los sistemas de gestión de calidad es fundamental garantizar el ciclo de la mejora continua, con el objetivo de potencializar los procesos. En este sentido, una de las herramientas de carácter preventivo más utilizadas para este fin son las auditorías de calidad, las cuales se definen como procesos sistemáticos que permiten la identificación de oportunidades de mejora en las organizaciones. Estas vienen siendo impactadas por los cambios en el contexto externo, donde se analizan tendencias tecnológicas que transforman la técnica de auditoría a través de la aplicación de herramientas de transformación digital. El objetivo de esta revisión sistemática es desarrollar un análisis de las principales herramientas de digitalización e inteligencia artificial que se aplican al proceso de auditoría de calidad, teniendo como enfoque la metodología Prisma, en la cual se propone una taxonomía estructural compuesta por tres ejes: la transición metodológica del proceso de auditoría, la digitalización de los procesos de auditoría y la automatización mediante las tecnologías. Esta revisión incluye un análisis de las normas técnicas, tales como la NTC ISO 42001:2023 Sistema de gestión de inteligencia artificial en tecnología de la información, insumos que permitieron un análisis bibliométrico sobre la transformación digital en los procesos de auditoría, en el contexto emergente de la Auditoría 4.0. La revisión consta de 120 estudios publicados entre 2019 y 2025. Se concluye que la Auditoría 4.0 representa una transformación estructural que exige una gobernanza ética, talento especializado y alineación con estándares internacionales como NTC ISO 42001:2023.

Palabras clave: Auditoría 4.0; transformación digital; inteligencia artificial; automatización; auditoría digital.

Introducción

El contexto moderno de la auditoría a nivel empresarial se enfrenta a una acelerada transformación digital, que impacta no solo los procesos, sino al ejercicio del rol del auditor, conllevando de forma directa a una redefinición de los procesos y de las competencias del personal en el ejercicio de la auditoría en un entorno global caracterizado por una innovación tecnológica acelerada (Angamarca, 2022).

Las tecnologías de la información emergentes, tales como la inteligencia artificial (IA), el Big Data y la automatización, están modificando radicalmente la forma en que se recopila, analiza y valida la información administrativa, financiera y operativa. (Antonio Avilés, 2024). Este cambio ha dado origen al concepto de Auditoría 4.0, entendido no solo como una evolución tecnológica, mediante la adopción de tecnologías de la industria 4.0, sino también como una transformación metodológica, profesional y normativa, que permite ser realizada en tiempo real y remota, facilitando así el monitoreo de los procesos del sistema de gestión y la recolección de evidencias objetivas (Hernández Chávez & Hernández Chávez, 2024). Esta transición se estructura en torno a tres ejes principales: Digitalización de procesos, que reemplaza metodologías manuales por sistemas automatizados basados en datos (Antonio Avilés, 2024). Automatización de tareas repetitivas mediante tecnologías como la Robotic Process Automation (RPA) (Bermúdez Irreño, 2021; Hurtado-Guevara, 2024). Aplicación de IA y aprendizaje automático, que permiten identificar patrones, realizar análisis complejos y anticipar riesgos con mayor precisión (Rodríguez Alegre et al., 2023).

En el caso de Colombia, a partir del año 2020, la normatividad fue actualizada a través de una política pública que fomenta el uso de las tecnologías digitales, publicada en un documento CONPES 3975 y 3988 (Departamento Nacional de Planeación, 2020; Departamento Nacional de Planeación, 2019). En paralelo, la norma NTC ISO 42001: 2023, Sistema de gestión de inteligencia artificial en tecnología de la información, establece lineamientos para una gestión ética, responsable y

segura de la inteligencia artificial, aspecto crucial para su integración en prácticas de auditoría (International Organization for Standardization, 2023). La ISO 23053:2022, Marco para sistemas de inteligencia artificial (IA) utilizando aprendizaje automático (ML), es un marco para sistemas de inteligencia artificial (International Organization for Standardization, 2022). Marco normativo que impulsa al objetivo del presente artículo, el cual busca, a través de revisión sistemática de la literatura científica sobre Auditoría 4.0, identificar sus principales dimensiones y examinar su alineación con marcos normativos anteriormente mencionados, fortaleciendo el análisis comparativo con la inclusión de publicaciones de diversas regiones del mundo, incluyendo Europa, Asia y América del Norte.

Bajo este enfoque estructural, se requiere diferenciar los enfoques tradicionales de auditoría frente a los nuevos esquemas digitales, con el fin de establecer las dimensiones que generan el gap transicional entre los dos enfoques. La tabla 1 sintetiza estas diferencias clave y sirve como base conceptual para el análisis que se desarrolla a lo largo del artículo:

Tabla 1.
Comparación entre Auditoría Tradicional y Auditoría 4.0

Dimensión	Auditoría tradicional	Auditoría 4.0
Enfoque metodológico	Basado en muestreo y revisión manual	Enfoque en captura y análisis de datos masivos, automatización y trazabilidad digital.
Herramientas utilizadas	Papeles de trabajo físicos, hojas de cálculo	Big Data, RPA, IA, blockchain, dashboards, plataformas en la nube
Tipo de evidencia	Retrospectiva y documental	Digital, en tiempo real, con trazabilidad y respaldo automático
Frecuencia del análisis	Periódica (anual/semestral)	Continua y automatizada
Gestión del riesgo	Reactiva, posterior a hallazgos	Proactiva, mediante analítica predictiva y monitoreo en tiempo real.

Dimensión	Auditoría tradicional	Auditoría 4.0
Rol del auditor	Ejecutor de pruebas, encargado de la revisión de documentos	Analista de datos, estratega digital y gestor de riesgos tecnológicos
Competencias del auditor	Conocimientos en la técnica de auditoría y requisitos legales, normativos, del cliente y la organización.	Enfoque en habilidades digitales y técnicas para operar herramientas digitales.

Nota: elaboración propia.

Fundamentación teórica

Dimensión técnica de la Auditoría 4.0

En esta dimensión del estudio se analiza el impacto de la transformación de la auditoría en la era digital, especialmente cómo los avances tecnológicos, la infraestructura disponible y los sistemas de interconexión facilitan que los procesos productivos intercambien información de manera autónoma (Elizabeth & Figueroa, n.d.). La conectividad garantiza la transmisión de la información, los dispositivos de captura y monitoreo en tiempo real, tales como sensores inteligentes, gateways industriales, herramientas avanzadas de inspección, de auditoría digital como listas de chequeo, dashboard y la inteligencia empresarial, blockchain (Patwari et al., 2025).

Estas tecnologías se complementan con las dinámicas de las estructuras sociales, la cultura organizacional, las capacidades humanas (roles, ética profesional) (Latour, 2005; Winner, 1986) y los requisitos organizacionales (normativas, estándares internacionales, cultura organizacional). Orientados a migrar de operaciones manuales a un enfoque digitalizado (Bijker et al., 1987; Orlikowski, 1992). La transformación digital en la auditoría va más allá de incorporar herramientas de digitalización; esta requiere amoldar la metodología de aplicación de la técnica de la auditoría a un nuevo modelo cultural y organizacional (Hamdani & Chihi, 2025).

La teoría de la gobernanza algorítmica advierte sobre los riesgos a los que se enfrenta esta transición, dada la posibilidad de la pérdida de control de las organizaciones sobre los sistemas automatizados y la interpretación de evidencias objetivas en la toma de decisiones (Eubanks, 2018). Lo anterior deja ver que las habilidades éticas del auditor deben estar basadas en la depuración y análisis de la calidad de la información que se suministra, en búsqueda de la transparencia y el debido cuidado como principios del ejercicio del auditor (Kazim & Koshiyama, 2021).

Tensiones conceptuales: ¿Evolución o ruptura en la auditoría digital?

La auditoría 4.0 es la evolución de la auditoría tradicional a las asistidas por tecnologías de la información (CAATs), mejorando la recolección del dato, el análisis y la oportunidad de los resultados; sin embargo autores como Rozario & Vasarhelyi (2018), manifiestan que esta transformación rompe el esquema tradicional del ejercicio de la auditoría; incluir tecnologías como IA y aprendizaje automático reemplaza al ser humano, disminuye tiempos de respuesta y otorga información automatizada para la toma de decisiones. Además, se evidencia la orientación del ejercicio hacia el uso de modelos predictivos automatizados y estratégicos (Herrera-Sánchez et al., 2025); el rol del auditor cambia y se involucra de manera activa en la herramienta digital, convirtiéndose en un analista y no en un evaluador de resultados.

Pese a estas afirmaciones, es necesario que exista una combinación entre el método tradicional, tales como el muestreo y la revisión documental, con el uso de tecnologías estructurales como la trazabilidad algorítmica, la autonomía profesional y los marcos normativos. La adaptación a este cambio de manera progresiva permitirá a las empresas constituir controles digitales legítimos que permitan la sinergia entre ética, capacidad humana, normatividad, transparencia y tecnología (Angamarca, 2022).

Tabla 2.
Evolución de la auditoría hacia la auditoría digital

Dimensión	Auditoría tradicional	Auditoría asistida por TI	Auditoría digital basada en IA
Enfoque de auditoría	Revisión manual de documentos y registros contables	Uso de software para analizar información financiera	Análisis automatizado de grandes volúmenes de datos mediante IA
Tipo de evidencia	Muestras físicas y registros contables	Bases de datos y sistemas de información	Datos masivos (big data), registros digitales y flujos de información en tiempo real
Alcance del análisis	Basado en muestreo	Análisis ampliado de datos estructurados	Análisis completo de datos estructurados y no estructurados
Frecuencia de auditoría	Periódica (anual o semestral)	Auditorías periódicas con apoyo tecnológico	Auditoría continua en tiempo real
Herramientas utilizadas	Papeles de trabajo físicos	Software de auditoría y hojas de cálculo	Análítica avanzada, machine learning, inteligencia artificial
Rol del auditor	Revisor de información financiera	Analista de información digital	Analista de datos y supervisor de algoritmos
Identificación de riesgos	Basada en experiencia profesional	Apoiada en análisis de datos	Identificación predictiva mediante modelos de IA
Valor agregado de la auditoría	Verificación del cumplimiento	Mejora de eficiencia en análisis de información	Generación de conocimiento predictivo y monitoreo continuo

Nota: elaboración propia.

En la tabla 2 se muestra una aplicación sistemática de las tecnologías de la información y la inteligencia artificial en cada uno de los momentos de la auditoría; se aprecia el proceso de transición desde las técnicas de muestreo que van incorporando con el tiempo tecnologías que agilizan el proceso, que garantizan la veracidad de los datos y aumentan la seguridad y la confianza en los resultados (Huang & Vasarhelyi, 2019; Luthfiani, 2024; Rozario & Vasarhelyi, 2018; Shastri et al., 2019; Suyono et al., 2025; Zhang, 2024).

Automatización vs. juicio profesional en la Auditoría 4.0

¿Los procesos de automatización podrían afectar el juicio profesional en el ejercicio de la auditoría 4? La aplicación de tecnologías como inteligencia artificial (IA) y automatización robótica de procesos (RPA) en la auditoría está siendo analizada, dado el impacto de las consideraciones éticas y normativas en el proceso. Por un lado, la automatización genera beneficios en términos de eficiencia, precisión y cobertura en la revisión de datos; herramientas como la auditoría continua, bots de revisión y sistemas expertos han demostrado reemplazar tareas repetitivas realizadas por asistentes o auditores junior (Appelbaum et al., 2017; Kokina & Davenport, 2017). Por otro lado, está el riesgo de que esta automatización pueda generar errores algorítmicos, diferencias en datos extraídos y falta de contexto que pueden comprometer la redacción de los informes (Eubanks, 2018).

El uso de la inteligencia artificial puede ocasionar pérdida de competencias del auditor en lo que se refiere al debido cuidado profesional y alterar el juicio profesional, que es la capacidad que tiene el auditor para interpretar situaciones complejas y emitir juicios basados en evidencias objetivas, utilizando criterios éticos y actuando de acuerdo con los criterios normativos aplicados a la empresa, sistema, procesos o producto (Hurtado-Guevara, 2024), al permitir que las herramientas tomen decisiones o realicen interpretaciones sin criterio ético. (Sutton et al., 2016; Vasarhelyi et al., 2015).

Por lo tanto, normas como la NTC ISO 42001:2023 establecen un sistema de gestión para la inteligencia artificial en tecnología de la información y políticas públicas para Colombia, otros documentos como el CONPES 3988 señalan que los sistemas de IA deben ser auditable, trabajarán bajo seguimiento y supervisión, bajo responsabilidad humana, quien actuará conforme a principios éticos.

Método (participantes, instrumento, procedimiento)

Este estudio se fundamentó en una revisión sistemática de la literatura siguiendo los lineamientos del marco PRISMA. El objetivo de la revisión fue analizar el estado actual de la literatura con relación a la transformación digital en la auditoría. La búsqueda contó con 120 estudios publicados entre 2019 y 2025, extraídos de bases de datos académicas de alto impacto como Scopus, Web of Science y Google Scholar. Se complementa con un análisis bibliométrico realizado mediante el software VOSviewer, cuyo resultado se enfatizó en tres ejes:

- El proceso de transición de una auditoría tradicional hacia la Auditoría 4.0.
- El impacto de la digitalización de procesos
- El uso de la inteligencia artificial (IA).

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de las NTC ISO 42001:2023, Tecnología de la información, sistema de gestión de inteligencia artificial, y CONPES 3975/3988, para soportar el análisis desde el punto de vista regulatorio.

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de exclusión e inclusión se describen a continuación en la tabla 3.

Tabla 3.
Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos publicados entre 2019 y 2025. Publicaciones en español o inglés. Investigaciones teóricas o casos de estudio.	Estudios sin relación directa con auditoría, IA o transformación digital. Documentos del ámbito clínico, financiero u otras áreas no pertinentes.
Estudios centrados en auditoría digital, auditoría 4.0, digitalización, automatización e inteligencia artificial aplicada a auditoría.	Publicaciones sin revisión por pares, baja calidad metodológica o sin referencias claras.
Documentos normativos relevantes (ej. ISO, CONPES) y tesis de posgrado institucionalmente avaladas.	Duplicados y estudios en otros idiomas sin traducción disponible.

Nota: elaboración propia.

Diseño de estudio

En este ejercicio, se desarrolló con un enfoque cualitativo; inicialmente, se definieron tres ejes de investigación:

- La transición desde la auditoría tradicional hacia la Auditoría 4.0.
- La digitalización de flujos de trabajo mediante tecnologías inteligentes.
- La integración progresiva de la inteligencia artificial y su automatización en procesos de auditoría.

A partir del cual se procedió a construir una estructura conceptual sólida, aspecto considerado esencial para el desarrollo riguroso de revisiones sistemáticas, particularmente en áreas de alta compleji-

dad como la transformación digital en auditoría (Ramírez, 2019; Díaz, 2021).

Planificación de la revisión

Esta etapa incluyó la formulación de objetivos, el desarrollo de la taxonomía temática y el diseño de las estrategias de búsqueda específicas, permitiendo construir una base metodológica coherente, alineada con los estándares de revisiones sistemáticas, y garantizar que los hallazgos presentados se relacionan directamente con las preguntas y objetivos de investigación propuestos.

Estrategia de búsqueda

Los artículos identificados en la fase de búsqueda: inicialmente fueron un total de 965 registros de las tres bases de datos anteriormente mencionadas; los resultados de la aplicación de los criterios de exclusión dejaron un total de 731 registros, siendo las principales categorías de exclusión en esta etapa los estudios de corte Financiero (n=203), Clínico (n=356) u otros temas no relacionados con el foco de la revisión (n=172). Los 234 registros restantes pasaron a la siguiente fase de escrutinio, en la cual se eliminaron duplicados y se realizó una evaluación basada en la relevancia y pertinencia del contenido relacionado con los objetivos y preguntas de la revisión. Durante este proceso, se excluyeron 144 registros. Finalmente, el proceso de selección concluyó con la inclusión de 90 estudios que cumplieron con todos los criterios establecidos para ser incorporados en el análisis bibliométrico y la síntesis temática de esta revisión.

Extracción de datos

En la etapa de extracción sistemática de datos, se organizaron y categorizaron 90 artículos seleccionados, teniendo en cuenta título,

autores, año de publicación, fuente, país de origen y tipo de estudio. Con el fin de extraer las estadísticas y analizar las tendencias. Como segundo paso, se extrajeron los contenidos temáticos clave relacionados con los tres ejes estructurales de la revisión: Comparación entre Auditoría Tradicional y Auditoría 4.0, digitalización de procesos de auditoría, automatización e inteligencia artificial en auditoría.

Además, se realizó identificación normativa verificando el grado de coherencia entre los estudios y los marcos regulatorios, tales como CONPES 3975, CONPES 3988, NTC ISO 42001:2023, Tecnología de la información, sistema de gestión de inteligencia artificial e ISO 23053:2022, reforzando la pertinencia de los hallazgos.

Con el fin de comprender el alcance internacional del conocimiento sobre Auditoría 4.0 y para valorar la aplicabilidad de los conceptos en diferentes contextos institucionales y regulatorios, se realizó el análisis de la procedencia geográfica de los estudios, generando patrones de producción académica por país o región. La Figura 1 presen-

ta la distribución geográfica de los 90 estudios revisados, mostrando aportes importantes de otras regiones como Norteamérica, Europa y Asia, resaltando la producción científica de países iberoamericanos.

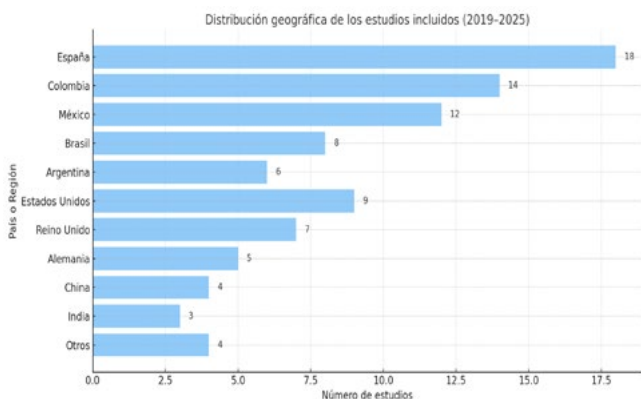


Figura 1. Distribución geográfica de los estudios incluidos
Nota: elaboración propia.

Análisis de información

La fase de análisis integró dos enfoques complementarios para interpretar la información extraída de los artículos seleccionados:

a. Análisis bibliométrico

Entre los principales hallazgos de este análisis, se logra identificar que se confirma la centralidad de conceptos como “Digital Transformation”, “Auditoría 4.0” e “Inteligencia Artificial”, los cuales aparecen como núcleos temáticos de diferentes áreas del conocimiento, subrayando que la investigación converge en la intersección de estos conceptos (Appelbaum et al., 2017; Kokina & Davenport, 2017; Vasarhelyi et al., 2015) (ver figura 2).

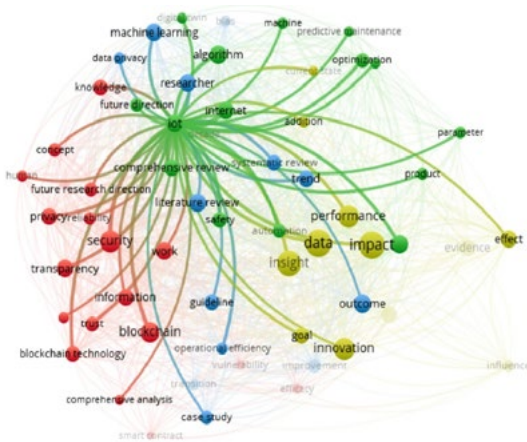


Figura 2. Análisis bibliométrico - Elaboración propia - VOSviewer
Nota: elaboración propia.

Los clústeres identificados muestran como núcleo tecnologías habilitadoras claves como “Big Data”, “Blockchain” y “Cybersecurity”, que se encuentran interconectadas, lo que significa que herramientas

concretas se usan en el campo de la auditoría 4.0 (Appelbaum et al., 2017; Rozario & Vasarhelyi, 2018).

Otro clúster identificado se orienta a la técnica de la auditoría, mostrando conceptos asociados a la práctica auditora, como “Audit Quality”, “Internal Audit” y “Risk Management”, mostrando una alineación directa entre el concepto de transformación digital y el campo de la auditoría (Escobar Ávila & Rojas Amado, 2021; Fedyk et al., 2022).

En conclusión, el análisis bibliométrico deja como evidencia un marcado interés hacia la aplicación de la transformación digital en los procesos de auditoría 4.0; aunque la exploración se encuentra en una fase creciente, ya refleja una marcada orientación hacia herramientas específicas tales como big data, blockchain e inteligencia artificial. De igual manera, se resalta la orientación hacia la aplicación de principios de gobernanza algorítmica, transparencia y riesgos. La ciberseguridad es un término que articula el ejercicio de auditoría con las herramientas digitales.

b. Análisis de tendencias

Se elaboró un análisis de tendencias, a partir de la literatura revisada entre el 2019 y el 2025, con el fin de analizar la evolución de la literatura en temas de transformación digital y auditoría 4.0, observando un creciente interés desde el año 2021 y llegando al máximo en el 2023. Se considera que la trayectoria en aumento fue impulsada por la pandemia del COVID-19, dado el auge de las tecnologías de la información y el interés en la búsqueda de alternativas de aplicación de procesos para la mejora continua.

La Figura 3 presenta la tendencia anual de publicaciones revisadas, visibilizando el incremento de las investigaciones.



Figura 3. Evolución anual de publicaciones sobre Auditoría 4.0 (2019-2025)

Nota: elaboración propia.

Entre las principales tendencias identificadas, destacan:

- En la detección de fraudes, el análisis predictivo aparece de manera consistente como uno de los riesgos que se deben mitigar, bajo la propuesta del uso de la inteligencia artificial en los procesos de auditoría.
- La aparición de estándares internacionales, como la NTC ISO 42001:2023 e ISO 23053:2022, que abordan la ética, la gobernanza y la transparencia en el uso de IA con miras a su aplicación en todos los campos.
- La regionalización del conocimiento, evidenciada en una fuerte presencia de estudios procedentes de Iberoamérica, especialmente de España, Colombia y México.

Como último paso, se diseña una red en la cual se observan las palabras claves resultantes del análisis de los 90 artículos seleccionados. Este diseño logra asociar los conceptos y revela los ejes que harán parte de las tendencias en auditoría 4.0 sobre la cual se soporta este estudio. La Figura 4 muestra cómo conceptos como inteligencia artificial, automatización y transformación digital se conectan estrechamente entre sí y con normativas relevantes como la NTC ISO 42001:2023 y los CONPES 3975, reflejando una integración progresiva entre innovación tecnológica, regulación y práctica profesional.

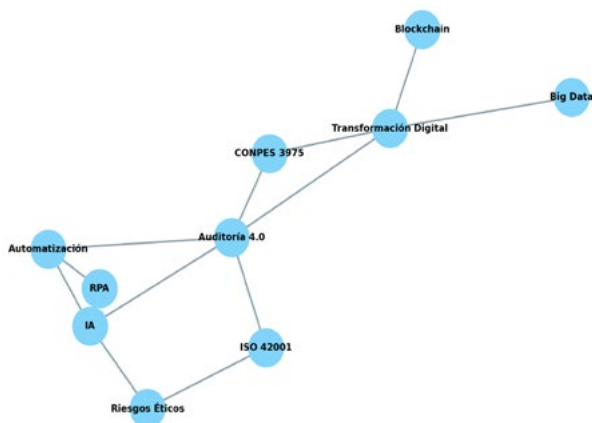


Figura 4. Red de coocurrencia de palabras clave en estudios revisados.
Nota: elaboración propia.

Esta figura ilustra nodos centrales, evidenciando las conexiones existentes en la literatura sobre Auditoría 4.0. Conceptos como “Inteligencia Artificial”, “Automatización” y “Transformación Digital” se presentan de manera transversal y con una creciente evolución del campo. Asimismo, el impacto de los marcos normativos como NTC ISO 42001:2023 y CONPES 3975 demuestra el interés entre la normatización y el campo de acción.

Concluyendo, el análisis de la información permitió construir una visión integral del estado actual del conocimiento en Auditoría 4.0, destacando tanto los avances tecnológicos como los desafíos normativos y éticos que plantea su implementación.

Matriz de trazabilidad normativa

En la tabla 4 se presenta el marco normativo internacional NTC ISO 42001:2023, ISO 23053:2022 y las políticas públicas en Colombia CONPES 3975 y 3988, las cuales respaldan la implementación de la transformación digital en los procesos de auditoría, definiendo los criterios necesarios para la gestión, supervisión y control de los sistemas de inteligencia artificial en auditorías.

Tabla 4.
Trazabilidad entre hallazgos del estudio y normativas ISO / CONPES

Hallazgo	Normativa	Conexión
IA en auditoría continua	NTC ISO 42001:2023: 8.1 Planificación y control operacional 9.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación 9.2. Auditoría interna	Se establecen lineamientos para la planificación, control y seguimiento del desempeño de sistemas de IA en auditoría.
Gobernanza algorítmica	ISO/IEC 42001 5.1 Liderazgo y compromiso 5.2. Políticas 5.3. Roles, responsabilidades y autoridades	Se definen lineamientos para una supervisión responsable del uso de IA en auditoría
Automatización de tareas repetitivas (RPA)	ISO 23053:2022 Sección 6. ML SYSTEM LIFECYCLE Sección 7. ML SYSTEM PIPELINE Sección 8. OPERATION AND MONITORING	Establece lineamientos para el uso de RPA en tareas repetitivas de auditoría de procesos.
Ética y sesgos en IA	ISO 23053:2022 6.3. Gestión de datos en sistemas de aprendizaje automático 7.4 Modelo de Evaluación 8 Monitoreo	Garantiza que se mitigue la discriminación algorítmica en auditorías basadas en modelos de inteligencia artificial.
Transparencia	ISO/IEC 42001 7.4. Comunicación 7.5 Información documentada Anexo A. Ciclo de vida de IA	Garantiza el principio de la transparencia en los procesos automatizados de auditoría.
Transformación del rol del auditor	CONPES 3975 y 3988	Estos CONPES promueven el desarrollo de perfiles con competencia en auditoría 4.0.

Nota: elaboración propia.

Resultados

La presentación de los resultados obtenidos a partir de la revisión sistemática se organiza en tres líneas de acción, en correspondencia con los ejes definidos en la taxonomía temática: (1) la transición desde la auditoría tradicional hacia la Auditoría 4.0, (2) la digitalización de

los procesos de auditoría y (3) la automatización y uso de inteligencia artificial en auditoría.

Lo cual se observa en la Figura 5, que presenta una visualización cruzada de cinco categorías clave: Auditoría 4.0, digitalización de procesos, IA y automatización, normativas ISO/CONPES, ética y sesgos algorítmicos, con tres dimensiones analíticas: marco conceptual, aplicaciones tecnológicas y gobernanza. Así, el mapa de calor revela dónde y con qué intensidad se concentran los esfuerzos investigativos actuales.

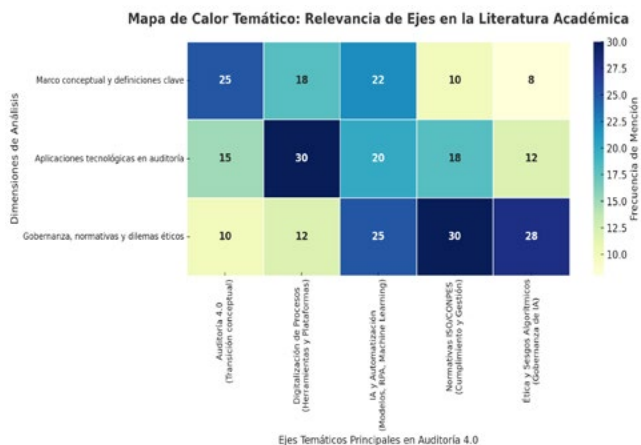


Figura 5. Mapa de calor temático: frecuencia de mención de ejes clave en la literatura revisada.
Nota: elaboración propia.

Transición desde la auditoría tradicional hacia Auditoría 4.0

La auditoría 4.0 representa una evolución frente a los modelos tradicionales, reemplazando los procedimientos manuales y el muestreo limitado por auditorías digitales sustentadas en el análisis masivo de datos. Los sistemas de monitoreo en tiempo real implementados en países como Alemania y Japón permiten auditorías continuas, anticipando anomalías y previniendo impactos financieros críticos (Angamarca, 2022). Las organizaciones con mayor madurez digital integran

estos sistemas con sus procesos contables y de control interno, lo que mejora la eficiencia operativa y refuerza la gobernanza empresarial.

a. Cambios conceptuales y metodológicos

La revisión sugiere que metodologías como el muestreo documental y la revisión manual están siendo reemplazadas por auditorías automatizadas y análisis en tiempo real de grandes volúmenes de datos. Autores como Moran Villamarin (2024), destacan que este nuevo enfoque permite auditar la totalidad de los movimientos de un proceso, aumentando la precisión, anticipando riesgos y facilitando la implementación de auditorías continuas. El auditor deja de ser un verificador ex post para convertirse en un analista proactivo de riesgos. En (Schoenfeld, 2020) se subraya la necesidad de adaptación profesional, para, de forma paulatina, ir abandonando la práctica de procesos manuales.

b. Transformación del perfil del auditor

En la literatura revisada se habla de manera constante del cambio del rol profesional del auditor. Estudios como los de (Escobar Ávila & Rojas Amado, 2021) y (Castillo-Martínez et al., 2025) destacan que el auditor 4.0 debe dominar la ciencia de datos, herramientas de automatización, algoritmos de IA y habilidades interpretativas frente a sistemas inteligentes. Esta transformación responde tanto a exigencias del entorno tecnológico como a nuevas demandas del mercado y del marco normativo internacional.

c. Alineación con normativas:

- NTC ISO 42001:2023 Sistema de gestión de inteligencia artificial en tecnología de la información (Gestión de la IA):

Los hallazgos vinculan la gobernanza, transparencia y riesgos éticos con los artículos 5 (Gobernanza), 6 (Evaluación de riesgos) y 9 (Trazabilidad y transparencia). Art. 7 y CONPES 3988, Eje 3.

- ISO 23053:2022 Marco para sistemas de inteligencia artificial (IA) utilizando aprendizaje automático (ML) (Marco para IA autónoma): Los estudios reflejan la aplicación del aprendizaje automático y la necesidad de intervención humana sobre decisiones algorítmicas.
- Documentos CONPES 3975 y 3988: Los hallazgos sobre competencias digitales del auditor, digitalización de procesos y adopción ética de IA se alinean con el Eje 1 del CONPES 3975 (formación del talento digital) y el Eje 3 del CONPES 3988 (uso ético de IA en el sector público). e NTC ISO 42001:2023

La digitalización de los procesos de auditoría

Este es un pilar esencial en la auditoría 4.0, el cual requiere de una reingeniería del flujo operativo de los procesos, para reemplazar las tareas manuales por el uso de herramientas digitales integradas. Es necesario adaptar los estilos de trabajo, al uso de sistemas de gestión documental, plataformas para la visualización de datos, workflow de procesos, entre otras herramientas tecnológicas. De acuerdo con Barr-Pulliam et al. (2017); Brown-Liburud et al. (2015), se destacan escenarios en los cuales empresas estadounidenses y australianas que ofrecen servicios de auditoría han implementado plataformas digitales basadas en nube, con accesos remotos y seguros, dando facilidad al control de versiones y a la verificación y comprobación de evidencias. Mientras que en China se han implementado plataformas basadas en blockchain para garantizar trazabilidad (Adams et al., 2018; Mbanyele & Muchenje, 2025; Sahoo, 2025) .

Esta transición marca el paso de auditorías estáticas a procesos dinámicos, permanentes y centrados en el análisis digital.

- De la documentación manual a plataformas inteligentes: Estas tecnologías han facilitado la transición hacia auditorías remotas, accesibles y trazables en tiempo real, generando eficiencia y fortaleciendo la transparencia en los procesos de control. ERP (Enterprise Resource Planning), software de gestión documental, soluciones en la nube y herramientas de visualización interactiva como dashboards y sistemas de auditoría continua (Álvarez-Foronda et al., 2023)
- Herramientas habilitadoras de la digitalización: Los sistemas de Automatización Robótica de Procesos (RPA) se encuentran entre las tecnologías clave identificadas y utilizadas para tareas rutinarias como conciliaciones, validaciones y revisiones documentales (Bermúdez Irreño, 2021). Asimismo, plataformas con capacidades de aprendizaje automático están siendo incorporadas para realizar análisis de riesgos, identificación de anomalías y generación automática de informes (Álvarez-Foronda et al., 2023; Rodríguez Alegre et al., 2023). Estas herramientas habilitan auditorías más ágiles, completas y basadas en datos masivos.
- Oportunidades: La digitalización enfrenta oportunidades que debe enfrentar, tales como la resistencia al cambio organizacional, las limitaciones en conseguir personal especializado en tecnologías emergentes y la ausencia de estrategias institucionales claras para su adopción (Mota Sánchez & Herrera Expósito, 2023). No obstante, una vez superadas estas barreras, las auditorías digitales permiten trabajar con el universo completo de transacciones, mejorando la capacidad predictiva, la cobertura del control y la capacidad estratégica del auditor para generar valor agregado.

Automatización e inteligencia artificial (IA) en auditoría

La incorporación de inteligencia artificial (IA) en auditoría ha transformado significativamente la práctica profesional, permitiendo

automatizar tareas complejas como la clasificación de riesgos, el análisis semántico de contratos y la predicción de indicadores clave. En países como Reino Unido y Canadá, se han implementado herramientas de IA para examinar grandes volúmenes de transacciones y generar alertas de auditoría en tiempo real mediante algoritmos de aprendizaje automático (Kokina & Davenport, 2021; Sutton et al., 2022). En este contexto, la norma NTC ISO 42001:2023 establece principios de gobernanza algorítmica, incluyendo la supervisión humana, la auditabilidad y la aplicabilidad de los sistemas.

A continuación, se analizan algunos de los aspectos claves para tener en cuenta en la automatización y aplicación de IA en Auditoría:

- a. **Aplicaciones prácticas de IA (detección de fraude, auditoría continua):** la IA y el aprendizaje automático (machine learning) se aplican en actividades como la detección de fraudes, la evaluación de riesgos y la auditoría continua (Erazo-Castillo José & De la A-Muñoz Sandy, 2023), facilitando el análisis de transacciones en tiempo real y la identificación de patrones y desviaciones en los procesos (Klus, 2021), lo que requiere que estos sistemas sean diseñados de acuerdo a la organización y su contexto (Hamdani y Chihi, 2025).
- b. **Automatización robótica de procesos en auditoría:** el uso de inteligencia artificial en tareas repetitivas como la revisión de información, las conciliaciones bancarias, entre otras, facilita el trabajo del auditor, dándole oportunidad de concentrarse en temas más estratégicos, alineándose con la propuesta de los CONPES 3975 y 3988, que busca promover procesos más ágiles orientados a la toma de decisiones inteligentes.
- c. **Riesgos éticos y sesgos algorítmicos:** la IA conlleva riesgos éticos significativos. La delegación de decisiones a algoritmos sin supervisión crítica puede derivar en errores, juicios sesgados o falta de rendición de cuentas (Erazo-Castillo José & De la A-Muñoz Sandy, 2023) Los sesgos presentes en los datos de entrenamiento pueden influir en los resultados de la au-

ditoría, afectando la objetividad del análisis (Yebi & Cudjoe, 2022). La NTC ISO 42001:2023, Sistema de gestión de inteligencia artificial en tecnología de la información, pretende mitigar estos riesgos mediante principios de transparencia, explicabilidad y trazabilidad.

- d. **Gobernanza de la inteligencia artificial en auditoría:** es necesario empezar a establecer lineamientos éticos en las organizaciones que sostengan políticas claras en cuanto a la trazabilidad de las decisiones algorítmicas vs. la responsabilidad del auditor.

En la figura 6 se ilustra la interacción entre tres dimensiones clave: la aplicación de inteligencia artificial (IA) en auditoría continua, análisis de riesgos y detección de fraudes; la Automatización Robótica de Procesos (RPA) como mecanismo para tareas repetitivas; y la gobernanza algorítmica que garantiza transparencia, trazabilidad y ética en entornos digitales. Este modelo se alinea con las directrices de las normas NTC ISO 42001:2023, Sistema de gestión de inteligencia artificial en tecnología de la información, e ISO 23053:2022, Marco para sistemas de inteligencia artificial (IA) utilizando aprendizaje automático (ML), así como con las políticas públicas CONPES 3975 y 3988 para la transformación digital del Estado colombiano.

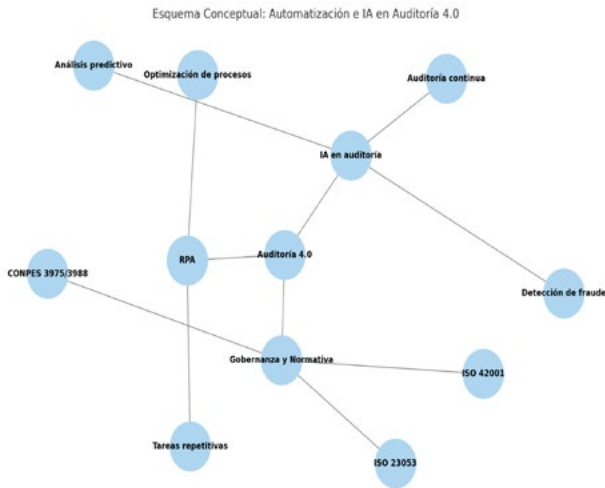


Figura 6. Modelo integrado de automatización e inteligencia artificial en la Auditoría 4.0
Nota: elaboración propia.

La tabla 5 explica al detalle lo expuesto por cada autor en cada una de las tecnologías asociadas a la auditoría 4.0.

Tabla 5.
Trazabilidad entre tecnología analizada vs implicación en auditoría

Autor	Año	Tecnología analizada	Implicación para la auditoría
Miklos A. Vasarhelyi y Alexander Kogan	2019	Big Data y analítica avanzada	El uso de big data permite ampliar el alcance del análisis de evidencia de auditoría y desarrollar modelos de auditoría continua basados en análisis automatizado de datos.
Andrew Rozario y Vasarhelyi	2020	Inteligencia artificial	La inteligencia artificial permite automatizar procedimientos de auditoría, identificar patrones de fraude y mejorar la evaluación de riesgos mediante aprendizaje automático.
David Appelbaum	2021	Analítica de datos	La analítica de datos transforma el enfoque de auditoría hacia modelos predictivos que mejoran la detección de anomalías y el análisis de riesgos organizacionales.

Autor	Año	Tecnología analizada	Implicación para la auditoría
Miklos A. Vasarhelyi, Rozario y Kogan	2022	Machine learning	El aprendizaje automático permite mejorar la precisión de los procedimientos de auditoría mediante la identificación automatizada de irregularidades en conjuntos de datos masivos.
Michael Alles	2023	Automatización y auditoría digital	La automatización y el uso de algoritmos avanzados permiten desarrollar modelos de auditoría continua orientados al monitoreo permanente de procesos organizacionales.
David Appelbaum y Alexander Kogan	2024	Inteligencia artificial y gobernanza algorítmica	Es necesario establecer mecanismos y políticas de gobernanza algorítmica que promuevan la transparencia en los modelos de supervisión y decisiones automatizadas.
Investigaciones recientes sobre auditoría digital	2025	Inteligencia artificial generativa y analítica avanzada	El rol del auditor pasa a ser el de análisis estratégico y el de supervisor del funcionamiento de los algoritmos de IA, gracias a que la inteligencia artificial generativa y la analítica avanzada están apoyando el desarrollo de tareas más operativas.

Nota: elaboración propia.

Modelo conceptual de la auditoría digital basada en inteligencia artificial y su integración con el marco ISO 19011:2018, directrices para la auditoría de sistemas de gestión

En el ejercicio de la auditoría se aplican las normas orientadas a dar la técnica de la auditoría; como uno de los resultados de este estudio, se propone la articulación de las tecnologías con el estándar ISO 19011:2018.

1. Integración con los principios de auditoría: el enfoque basado en evidencia

Se propone la integración del marco normativo actual NTC ISO 19011:2018 con el enfoque de transformación digital hacia la calidad 4.0 y el enfoque basado en evidencia. Las siguientes son herramientas tecnológicas que facilitan el proceso de transición de una auditoría tradicional a la auditoría 4.0; estas tecnologías le permiten al auditor el procesamiento de grandes volúmenes de información (no uso de muestreo), sin intervención manual, disminuyendo el margen de error y facilitando el análisis : Inteligencia artificial, analítica de datos, big data, machine learning.

2. Componente: Proceso de auditoría digital y la realización de la auditoría

La auditoría digital es el proceso que incorpora de manera constante y segura el uso de herramientas tecnológicas para la captura, análisis y monitoreo de datos .En este componente se expone la relación entre la auditoría continua y el concepto de análisis predictivo, la primera evalúa permanentemente el desempeño de los procesos y controles utilizando herramientas automatizadas que permiten la captura de información en tiempo real y así detectar preventivamente las no conformidades. Y el análisis predictivo usa modelos estadísticos y algoritmos de aprendizaje autónomo para predecir probabilidad de ocurrencia de eventos futuros.

Su integración con la norma 19011:2018 está orientada al capítulo 6 “Realización de la auditoría”, mediante el cual se podría fortalecer a través de la incorporación de herramientas que permitan el monitoreo, descubrir tendencias e identificar riesgos. Eso daría como resultado un cambio en el enfoque, pasando de una auditoría planificada a intervalos programados de tiempo a un sistema de auditoría de supervisión continua y controlada.

3. *Componente de gobernanza de la inteligencia artificial y la gestión del programa de auditoría.*

Este componente busca integrar un marco de gobernanza que vigile la transparencia y el uso ético de las herramientas tecnológicas en el proceso de auditoría; está basado en los criterios normativos de las ISO/IEC 42001:2023 e ISO/IEC 23053:2022. Proporciona directrices para la implementación de sistemas de aprendizaje automático utilizando marcos de inteligencia artificial. Desde la perspectiva de la ISO/IEC 19011:2018, se relaciona de forma directa con la gestión del programa de auditoría ubicada en el capítulo 5, en la cual establece la determinación de un programa de auditoría cuyo alcance permita la identificación de los riesgos, asignación de recursos, control y uso de tecnologías, con el fin de entender el contexto del auditado, tomando en cuenta los objetivos de la organización, los aspectos claves internos y las necesidades y expectativas de las partes interesadas, así como los requerimientos de seguridad y confidencialidad de la información. La norma incluye la necesidad de monitorear el programa en su implementación y medirlo desde una base continua: competencias digitales del auditor.

De igual forma, se resalta la necesidad de fortalecer las competencias digitales del auditor articuladas con la ISO 19011:2018, capítulo 7, ya que requiere que sus capacidades integren conocimientos tecnológicos y analíticos. Para ello, es necesario incorporar en su perfil competencias asociadas al análisis de datos, comprensión de algoritmos y modelos analíticos, interpretación de resultados del uso de la IA, gestión de herramientas digitales en auditoría, conocimientos de marcos de gobernanza y ética en IA.

4. *Componente preparación para la transición*

A partir de los hallazgos, se proponen las siguientes recomendaciones dirigidas a diferentes actores (profesionales, organizaciones, entidades normativas y formuladores de políticas) para avanzar en la

64
CAPÍTULO 2

implementación ética, técnica y efectiva de la Auditoría 4.0. Para los profesionales de auditoría, desarrollar competencias en tecnologías emergentes como big data, RPA, IA y blockchain, mediante programas de formación continua certificados, adoptar herramientas de auditoría digital que permitan una trazabilidad total, auditoría continua y análisis predictivo. Reformular su rol desde la revisión documental hacia el análisis estratégico y la interpretación ética de los datos.

Para entidades públicas como privadas, es necesario diseñar políticas que promuevan el cumplimiento y la adopción ética de estas tecnologías, así como integrar el uso de la auditoría 4.0 desde la estrategia organizacional en alineación con los CONPES 3975 y 3988. Considerar, desde la transformación digital organizacional, el uso de analíticas de datos para apoyar los procesos de auditoría, la inversión en infraestructura tecnológica necesaria, el promover una cultura organizacional basada en la colaboración, auditoría interna y gestión del riesgo. De forma ágil, se sugiere la implementación de pilotos de auditoría en procesos estratégicos, que puedan ser evaluados y medidos desde su efectividad.

En cuanto a las entidades educativas, deberían enfocarse en la actualización de perfiles y currículos que incluyen el desarrollo de habilidades orientadas a la auditoría 4.0, inteligencia artificial, gobernanza de la inteligencia artificial. Así como la promoción de líneas de investigación orientadas a la implementación de la auditoría 4.0 adaptada a las particularidades del contexto latinoamericano, el impulso de guías o lineamientos que faciliten la transición a la auditoría 4.0 y la promoción de lineamientos éticos en el uso de IA en auditoría.

Discusión/Conclusiones

La Auditoría 4.0 no solo mejora la eficiencia operativa, sino que redefine profundamente el rol del auditor, demandando gobernanza ética, formación especializada y cumplimiento normativo. La evidencia internacional respalda la aplicabilidad global del modelo de Auditoría 4.0 y permite evaluar el grado de madurez digital entre distintas regiones (Gu et al., 2024). Se resalta la importancia de la transforma-

ción de los procesos de auditoría a través de la digitalización y automatización de tareas rutinarias, permitiendo aumentar la eficiencia, ampliar la cobertura de revisión y mejorar la capacidad analítica. Esto posibilita el análisis de volúmenes masivos de transacciones en tiempo real, incrementando la detección de anomalías y fortaleciendo la trazabilidad. Vale la pena destacar la importancia de redefinir el rol del auditor a un perfil que sea capaz de combinar las competencias tradicionales en contabilidad y ética, con habilidades propias del análisis y ciencia de datos, la interpretación de algoritmos de IA y el manejo de herramientas digitales.

Las normas NTC ISO 42001:2023 y la NTC ISO 23053:2022 soportan la teoría sobre la cual se basa el proceso de Auditoría 4.0, el cual se caracteriza por la integración estratégica de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), la automatización robótica de procesos (RPA), el Big Data, la computación en la nube y los sistemas inteligentes de gestión documental. Posibilitando la evolución de la auditoría tradicional, basada en muestreo y retrospectiva, hacia auditorías proactivas apoyadas en el análisis de datos a tiempo real. Estas normativas también dejan ver que adoptar inteligencia artificial en procesos de auditoría implica la gestión de riesgos relacionados con sesgos algorítmicos, dejando ver la necesidad de la definición de políticas sanas, sólidas, basadas en principios de transparencia, explicabilidad y trazabilidad.

Desde esta revisión se destaca la importancia de considerar marcos normativos y políticas públicas que faciliten la adopción de las tecnologías emergentes en los procesos de auditoría, de forma ética, segura y eficiente, garantizando los principios de confianza y transparencia, representando así una transformación profunda del ecosistema de la auditoría. Es necesaria una visión que se articule, contribuyendo de manera eficiente a garantizar el control, la transparencia y la rendición de cuentas.

Referencias

- Adams, R., Kewell, B., & Parry, G. (2018). Blockchain for good: Digital ledger technology and sustainable development goals. *World Sustainability Series*, 127–140. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67122-2_7
- Álvarez-Foronda, R., De-Pablos-Heredero, C., & Rodríguez-Sánchez, J. L. (2023). Implementation model of data analytics as a tool for improving internal audit processes. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1140972>
- Angamarca, L. (2022). Estrategias de auditoría informática en la era de la transformación digital. *Technology Rain Journal*, 1.
- Antonio Avilés, C. (2024). *Desarrollo de la digitalización en el sector de la auditoría* [Tesis de pregrado, Universidad de Valladolid].
- Appelbaum, D., Kogan, A., & Vasarhelyi, M. A. (2017). Analytics and big data in accounting. *Journal of Accounting Literature*, 38, 1–15.
- Barr-Pulliam, D., Brown-Libur, H. L., & Sanderson, K. A. (2017). The effects of the internal control opinion and use of audit data analytics on perceptions of audit quality, assurance, and auditor negligence. *SSRN Electronic Journal*, 41(1), 25–48. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3021493>
- Bermúdez Irreño, C. A. (2021). RPA - Automatización robótica de procesos: Una revisión de la literatura. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 8(15), 111–122. <https://doi.org/10.21017/rimci.2021.v8.n15.a97>
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., & Pinch, T. J. (1987). *The social construction of technological systems*. MIT Press.
- Brown-Libur, H., Issa, H., & Lombardi, D. (2015). Behavioral implications of Big Data's impact on audit judgment and decision making and future research directions. *Accounting Horizons*, 29(2), 451–468. <https://doi.org/10.2308/acch-51023>

- Castillo-Martínez, D. C., Herrera-Armas, M. F., & Ortega-Haro, X. F. (2025). El control interno y la gestión de riesgos en el marco de la Norma Internacional de Auditoría (NIA): Percepciones de profesionales en contabilidad y auditoría de Latacunga, Ecuador. *Multidisciplinary Latin American Journal*, 3(1), 512–535. <https://doi.org/10.62131/mlaj-v3-n1-025>
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). *CONPES 3975: Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *CONPES 3988: Política Nacional de Confianza y Seguridad Digital*.
- Elizabeth, J., & Figueroa, C. (s.f.). *Universidad Tecnológica Metropolitana, Facultad de Ingeniería, Escuela de Industria*.
- Erazo-Castillo, J., & De la A-Muñoz, S. (2023). Auditoría del futuro, la prospectiva y la inteligencia artificial para anticipar riesgos en las organizaciones. *NOVASINERGIA*, 6(1), 105–119. <https://doi.org/10.37135/ns.OI.II.07>
- Escobar Ávila, M. E. E., & Rojas Amado, J. C. (2021). Beneficios del uso de tecnologías digitales en la auditoría externa. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 29(2), 45–65. <https://doi.org/10.18359/rfce.5170>
- Eubanks, V. (2018). *Automating inequality: How high-tech tools profile, police, and punish the poor*. St. Martin's Press.
- Fedyk, A., Hodson, J., Khimich, N., & Fedyk, T. (2022). Is artificial intelligence improving the audit process? *Review of Accounting Studies*, 27(3), 938–985. <https://doi.org/10.1007/s11142-022-09697-x>
- Gu, H., Schreyer, M., Moffitt, K., & Vasarhelyi, M. (2024). Artificial intelligence co-piloted auditing. *International Journal of Accounting Information Systems*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2024.100698>

- Hamdani, R., & Chihi, I. (2025). Adaptive human-computer interaction for industry 5.0: A novel concept, with comprehensive review and empirical validation. *Computers in Industry*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2025.104268>
- Hernández Chávez, G., & Hernández Chávez, Y. (2024). ¿Qué es la calidad 4.0? Una revisión de la literatura. *Ingeniería Industrial*, (46), 129–149. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2024.no46.6890>
- Herrera-Sánchez, M. J., Casanova-Villalba, C. I., López-Pérez, P. J., & Almeida Blacio, J. H. (2025). Transformaciones digitales en auditoría bajo entornos de riesgo creciente. *Space Scientific Journal of Multidisciplinary*, 3(2), 14–27. <https://doi.org/10.63618/omd/ssjm/v3/n2/47>
- Huang, F., & Vasarhelyi, M. A. (2019). Applying robotic process automation (RPA) in auditing: A framework. *International Journal of Accounting Information Systems*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2019.100433>
- Hurtado-Guevara, R. F. (2024). Impacto de la automatización en la auditoría: Ventajas y desafíos. *Revista Científica Zambos*, 3(3), 30–43. <https://doi.org/10.69484/rcz/v3/n3/56>
- International Organization for Standardization. (2022). ISO/IEC 23053:2022 Framework for Artificial Intelligence Systems.
- International Organization for Standardization. (2023). ISO/IEC 42001:2023 Artificial Intelligence Management System.
- Kazim, E., & Koshiyama, A. S. (2021). A high-level overview of AI ethics. *Patterns*, 2(9). <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100314>
- Kokina, J., & Davenport, T. H. (2017). The emergence of artificial intelligence in accounting. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 14(1), 115–122.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network theory*. Oxford University Press.

- Luthfiani, A. D. (2024). The artificial intelligence revolution in accounting and auditing: Opportunities, challenges, and future research directions. *Journal of Applied Business, Taxation and Economics Research*, 3(5), 516–530. <https://doi.org/10.54408/jabter.v3i5.290>
- Mbanyele, W., & Muchenje, L. T. (2025). Towards a greener future: The role of blockchain legislation in promoting corporate green innovation. *International Review of Economics & Finance*, 103(6). <https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104400>
- Moran Villamarin, E. D. (2024). Análisis de la digitalización de procesos contables en la era de la industria 4.0. *Revista Multidisciplinar de Estudios Generales*, 3(3). <https://doi.org/10.70577/reg.v3i3.1>
- Mota Sánchez, E. M., & Herrera Expósito, E. (2023). Auditoría algorítmica en la inteligencia artificial en el sector público. *Proyecciones*, (17). <https://doi.org/10.24215/26185474e025>
- Orlikowski, W. J. (1992). The duality of technology: Rethinking the concept of technology in organizations. *Organization Science*, 3(3), 398–427.
- Patwari, B., Nandi, U., Dey, S., Dhar, S., Ghosal, S. K., & Si, T. (2025). Blockchain-integrated image steganography using xDoG edge detection for authentication. *Cyber Security and Applications*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.csa.2025.100091>
- Richins, G., Stapleton, A., Stratopoulos, T., & Wong, C. (2017). Big data analytics: Opportunity or threat for the accounting profession? *Journal of Information Systems*, 31(3), 63–79.
- Rodriguez Alegre, L. R., Calderón-De-Los-Ríos, H., Hurtado-Zamora, M. M., & Ocaña-Rodríguez, Á. W. (2023). Inteligencia artificial en la gestión organizacional: Impacto y realidad latinoamericana. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(1), 226–241. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2782>

- Rozario, A., & Vasarhelyi, M. A. (2018). Auditing with smart contracts. *International Journal of Digital Accounting Research*, 18, 1–20.
- Sahoo, S. (2025). Blockchain-enabled traceability systems for supply chain quality management: Empirical insights from pharmaceutical manufacturers. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 42(5), 1381–1410. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2024-0091>
- Schoenfeld, J. (2020). Auditing in the era of big data. *SSRN Electronic Journal*, 29(1). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3596065>
- Shastri, N. M., Kumar, S., & Shaw, V. (2019). Role of big data in accounting & auditing. *The Management Accountant Journal*, 54(5), 33–39. <https://doi.org/10.33516/maj.v54i5.33-39p>
- Sutton, S. G., Holt, M., & Arnold, V. (2016). The reports of my death are greatly exaggerated. *International Journal of Accounting Information Systems*, 22, 60–73.
- Suyono, W. P., Puspa, E. S., Anugrah, S., & Firnanda, R. (2025). Artificial intelligence in auditing: A systematic review of tools, applications, and challenges. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(2), 3393–3401. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.1024>
- Vasarhelyi, M. A., Kogan, A., & Tuttle, B. (2015). Big data in accounting: An overview. *Accounting Horizons*, 29(2), 381–396.
- Winner, L. (1986). *The whale and the reactor: A search for limits in an age of high technology*. University of Chicago Press.
- Zhang, S. (2024). Research on the application of AI technology in auditing. *Economic Management & Global Business Studies*, 3(1), 1–19. <https://doi.org/10.69610/j.emgbs.20240831>

Jasmin Herrera de la Barrera

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco | Cartagena | Colombia

<https://orcid.org/0000-0002-6517-0196>

jherrerad@tecnocomfenalco.edu.co

Jazmyco@gmail.com

Magíster en Ingeniería Industrial con amplia experiencia como docente e investigadora en el Tecnológico Comfenalco y consultor en gestión estratégica, calidad y riesgos.

Investigador Junior reconocido por Minciencias.

Yuliana Vanesa Puerta Cruz

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco | Cartagena | Colombia

<https://orcid.org/0000-0003-1434-3832>

ypuertac@tecnocomfenalco.edu.co

puertacruz@gmail.com

Líder en ingeniería de software, experiencia en transformación digital, gestión estratégica y desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras. Investigador Junior, experto en metodologías ágiles, y alineación de la tecnología con la estrategia.

Greydis Tatiana Pérez Solar

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco | Cartagena | Colombia

<https://orcid.org/0009-003-3854-4695>

perezsg@tecnocomfenalco.edu.co

greidysperezsolar347@gmail.com

Tecnóloga en Control de Calidad y técnica en Asistencia Administrativa, con enfoque en la gestión de procesos, cumplimiento de estándares de calidad, y mejoramiento continuo organizacional.

Yasira Ester Martínez Simancas

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco | Cartagena | Colombia

<https://orcid.org/0009-0003-0161-8769>

yasiramartinezs@tecnocomfenalco.edu.co

Estudiante de Ingeniería Industrial, Tecnóloga en Control de Calidad con enfoque en la gestión de procesos, cumplimiento de estándares de calidad, y mejoramiento continuo organizacional.

Digital transformation towards audit 4.0: artificial intelligence and digitalization**Abstract**

In quality management systems, it is essential to ensure the cycle of continuous improvement, with the aim of optimizing processes. In this regard, one of the most widely used preventive tools for this purpose is quality audits, which are defined as systematic processes that enable the identification of opportunities for improvement within organizations. These are being impacted by changes in the external environment, where technological trends are analyzed that transform auditing techniques through the application of digital transformation tools. The objective of this systematic review is to study the impact of the main digitization and artificial intelligence tools applied to the quality management process, using the Prisma methodology as a framework, which proposes a structural taxonomy composed of three axes: the methodological transition of the management process, the digitization of management processes, and automation through technologies. This review includes

an ti sto of technical standards, such as NTC ISO 42001:2023 Information Technology– Artificial Intelligence Management System, which provided the basis for a bibliometric ti sto of digital transformation in ti s processes within the emerging ti sto f Audit 4.0. The review comprises 120 studies published between 2019 and 2025.It is concluded that Audit 4.0 represents a structural transformation that requires ethical governance, specialized talent, and alignment with international standards such as ISO 42001:2023. Keywords: Auditing 4.0; digital transformation; artificial intelligence; automation; digital auditing.

Transformação digital para a Auditoria 4.0: Inteligência artificial e digitalização

Resumo

Em sistemas de gestão da qualidade, é fundamental garantir o ciclo de melhoria contínua, com o objetivo de potencializar os processos. Nesse sentido, uma das ferramentas de caráter preventivo mais utilizadas para esse fim são as auditorias de qualidade, definidas como processos sistemáticos que permitem a identificação de oportunidades de melhoria nas organizações. Essas auditorias vêm sendo impactadas por mudanças no contexto externo, nas quais se analisam tendências tecnológicas que transformam a técnica de auditoria por meio da aplicação de ferramentas de transformação digital. O objetivo desta revisão sistemática é desenvolver uma análise das principais ferramentas de digitalização e inteligência artificial aplicadas ao processo de auditoria de qualidade, tendo como foco a metodologia Prisma. Propõe-se uma taxonomia estrutural composta por três eixos: a transição metodológica do processo de auditoria, a digitalização dos processos de auditoria e a automação por meio das tecnologias. Esta revisão inclui uma análise de normas técnicas, como a NTC ISO 42001:2023 – Sistema de gestão de inteligência artificial em tecnologia da informação – insumos que permitiram uma análise bibliométrica sobre a transformação digital nos processos de auditoria, no contexto emergente da Auditoria 4.0. A revisão é composta por 120 estudos publicados entre 2019 e 2025. Conclui-se que a Auditoria 4.0 representa uma transformação estrutural que exige governança ética, talento especializado e alinhamento com padrões internacionais como a NTC ISO 42001:2023.

Palavras-chave: Auditoria 4.0; transformação digital; inteligência artificial; automação; auditoria digital.

Capítulo 3

Aprender del desastre: terremotos, innovación tecnológica y cultura ingenieril en Chile

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos

Álvarez Sepúlveda, H. A., & Benoit Ríos, C. G. (2026). Aprender del desastre: terremotos, innovación tecnológica y cultura ingenieril en Chile. En F. J. Manjarrés Arias (Coord). *El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Volumen II)*. (pp. 74-88). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.433.c929>



03

Aprender del desastre: terremotos, innovación tecnológica y cultura ingenieril en Chile

Resumen

Este capítulo analiza la relación entre terremotos, innovación tecnológica y cultura ingenieril en Chile, considerando cómo las catástrofes han influido en el desarrollo de la ingeniería sísmica y en la consolidación de normativas orientadas a la reducción del riesgo. El análisis se basa en una revisión de alcance de literatura especializada, desde un enfoque cualitativo e interpretativo, inscrito en un paradigma humanista-crítico y un diseño narrativo de tópico. Se examinan tres dimensiones: el papel de los terremotos como impulsores de aprendizaje técnico, la institucionalización del conocimiento mediante normativas antisísmicas y la construcción de una memoria tecnológica del desastre. Se sostiene que la experiencia histórica del desastre ha actuado como motor de aprendizaje institucional, consolidando una ingeniería orientada a la seguridad estructural en contextos de alta amenaza sísmica. En conclusión, la experiencia sísmica ha configurado una cultura ingenieril basada en aprendizaje histórico, innovación técnica y resiliencia.

Palabras clave: Ingeniería sísmica; Terremotos; Innovación tecnológica; Gestión del riesgo; Chile.

Introducción

Chile es uno de los países más sísmicamente activos del mundo debido a su ubicación en el borde convergente entre las placas de Nazca y Sudamericana, una zona tectónica caracterizada por una intensa actividad sísmica. A lo largo de su historia republicana, terremotos, tsunamis y otras catástrofes naturales han marcado profundamente la experiencia social del país, generando importantes pérdidas humanas y materiales, pero también impulsando procesos de aprendizaje institucional y avances significativos en el campo de la ingeniería y la planificación territorial (Lomnitz, 2004).

Desde la perspectiva de los estudios sobre desastres, estos eventos no deben entenderse únicamente como episodios de destrucción, sino también como momentos críticos que revelan las vulnerabilidades de las sociedades y que estimulan transformaciones en los sistemas técnicos, normativos e institucionales orientados a la reducción del riesgo (Bankoff et al., 2004; Comfort, 2007; Alexander, 2013). En este sentido, los desastres pueden funcionar como catalizadores de innovación tecnológica y de reorganización institucional, ya que obligan a revisar las prácticas de diseño, construcción y planificación urbana.

En el caso chileno, terremotos como los de Chillán (1939); Valdivia (1960) y Maule (2010) han desempeñado un papel clave en la evolución de la ingeniería estructural y en el desarrollo de normativas antisísmicas reconocidas internacionalmente. El análisis de los daños producidos por estos eventos ha permitido mejorar progresivamente las prácticas de diseño y construcción, contribuyendo a consolidar una cultura ingenieril orientada a la resiliencia y a la seguridad estructural (Lomnitz, 2004; Saavedra et al., 2022).

En este contexto, surge la pregunta que orienta el presente ensayo: ¿de qué manera las grandes catástrofes han contribuido a transformar la cultura ingenieril y el desarrollo de la ingeniería antisísmica en Chile? Para responder a esta interrogante, se examinan tres dimensiones principales: el impacto de los terremotos en el desarrollo de la ingeniería estructural, la institucionalización del conocimiento técni-

co mediante normativas de construcción antisísmica y la construcción de una memoria tecnológica del desastre que ha moldeado la cultura ingenieril del país.

Metodológicamente, este capítulo se desarrolla a partir de una revisión de alcance de literatura especializada en historia de los desastres, ingeniería sísmica, estudios sociotécnicos e investigación sobre gestión del riesgo, con énfasis en la experiencia histórica de Chile como territorio altamente expuesto a terremotos. Para ello, se analizaron fuentes académicas provenientes de bases de datos como Scopus, Scielo y Google Académico, junto con estudios clásicos sobre sismicidad chilena, ingeniería estructural y sociología de los desastres.

El estudio se inscribe en un enfoque cualitativo-interpretativo y adopta un diseño narrativo de tópico, sustentado en un paradigma humanista y crítico que privilegia la comprensión histórica de los procesos mediante los cuales las sociedades transforman las experiencias de catástrofe en conocimiento técnico e institucional. Este andamiaje metodológico permitió examinar cómo los terremotos han actuado como catalizadores de aprendizaje tecnológico, impulsando avances en el diseño estructural, en la institucionalización de normativas antisísmicas y en la construcción de una memoria tecnológica del desastre que ha configurado la cultura ingenieril chilena. Del mismo modo, este enfoque posibilita proyectar reflexiones orientadas a comprender el papel del conocimiento histórico del riesgo en el desarrollo de infraestructuras más resilientes y en la formulación de políticas públicas capaces de enfrentar los desafíos que imponen los desastres naturales en contextos de creciente urbanización y cambio ambiental.

Terremotos y aprendizaje técnico: el impulso histórico a la ingeniería sísmica

Los grandes terremotos que han afectado a Chile han desempeñado un papel decisivo en el desarrollo del conocimiento científico y técnico sobre el comportamiento estructural frente a movimientos sísmicos.

micos. En un territorio caracterizado por una alta recurrencia de eventos sísmicos de gran magnitud, cada catástrofe ha revelado debilidades en los sistemas constructivos existentes y ha generado oportunidades para mejorar los criterios de diseño estructural. De esta manera, los desastres han funcionado como momentos de evaluación crítica que permiten identificar fallas en las edificaciones y desarrollar nuevas soluciones técnicas orientadas a aumentar la seguridad estructural y la resiliencia de las infraestructuras (Lomnitz, 2004; Saavedra et al., 2022).

Uno de los hitos más relevantes en este proceso fue el terremoto de Chillán de 1939, considerado una de las catástrofes más devastadoras del siglo XX en Chile. El evento provocó la destrucción de gran parte de la ciudad y dejó más de veinte mil víctimas, lo que generó una profunda crisis nacional y evidenció la fragilidad de numerosas edificaciones construidas sin criterios antisísmicos adecuados. La magnitud del desastre impulsó una serie de transformaciones institucionales y técnicas orientadas a mejorar la seguridad de las construcciones y a fortalecer las capacidades del Estado en materia de planificación urbana y regulación del sector de la construcción. Asimismo, este acontecimiento estimuló el desarrollo de investigaciones científicas sobre comportamiento sísmico de materiales y estructuras, consolidando el interés por el estudio sistemático de la ingeniería sísmica en el país (Lomnitz, 2004; Romero y Vergara, 2022).

Posteriormente, el terremoto de Valdivia de 1960 —con una magnitud de 9,5, el mayor registrado instrumentalmente en la historia moderna— constituyó otro punto de inflexión para la ingeniería chilena. La magnitud de la catástrofe y sus efectos en amplias zonas del territorio impulsaron el desarrollo de estudios geofísicos, geotécnicos y estructurales que permitieron avanzar significativamente en la comprensión de los fenómenos sísmicos. Las investigaciones derivadas de este evento contribuyeron a mejorar los métodos de análisis estructural y a perfeccionar los criterios de diseño antisísmico aplicados en la construcción de edificios e infraestructuras (Plafker y Savage, 1960; Mönckeberg y Atarama, 2024).

A partir de estos procesos, siguiendo a Romero y Vergara (2022), la ingeniería chilena comenzó a consolidar una tradición técnica orientada a la mitigación del riesgo sísmico. El análisis detallado de los daños producidos por terremotos permitió identificar patrones de falla estructural y desarrollar soluciones constructivas más seguras. Este aprendizaje acumulado se tradujo en avances significativos en el diseño estructural y en el desarrollo de normativas técnicas cada vez más rigurosas. Como resultado, la ingeniería sísmica chilena ha llegado a ser reconocida internacionalmente por su capacidad para diseñar edificaciones capaces de resistir eventos sísmicos de gran magnitud.

En este sentido, los terremotos pueden entenderse como verdaderos laboratorios de aprendizaje, donde el comportamiento real de las estructuras frente a eventos extremos proporciona información invaluable para el desarrollo del conocimiento técnico. El estudio de estas experiencias ha permitido mejorar progresivamente las prácticas de diseño y construcción, fortaleciendo la capacidad de la ingeniería para enfrentar los desafíos asociados a la permanente amenaza sísmica que caracteriza al territorio chileno.

Institucionalización del conocimiento y desarrollo de normativas antisísmicas

El aprendizaje técnico derivado de los desastres sísmicos en Chile ha trascendido el ámbito estrictamente científico, materializándose en procesos de institucionalización del conocimiento mediante normativas, regulaciones y estándares de construcción. En un territorio caracterizado por una alta recurrencia de eventos sísmicos, la experiencia acumulada ha permitido transformar el conocimiento empírico en marcos regulatorios orientados a reducir la vulnerabilidad del entorno construido y fortalecer la seguridad estructural de las edificaciones (Lomnitz, 2004; Tierney, 2025).

Este proceso se consolida a lo largo del siglo XX, particularmente a partir de eventos críticos como los terremotos de Chillán (1939) y

08
CAPÍTULO 3

Valdivia (1960), los cuales evidenciaron la fragilidad de las construcciones de adobe y la ausencia de criterios normativos homogéneos. A partir de estos desastres, el Estado chileno comenzó a incorporar de manera progresiva exigencias técnicas en el diseño estructural, incluyendo criterios de cálculo, selección de materiales y sistemas constructivos orientados a disipar la energía sísmica. De este modo, la normativa antisísmica se configuró como una respuesta directa a la experiencia del desastre, articulando conocimiento científico, regulación estatal y práctica profesional (Lomnitz, 2004; Romero y Vergara, 2022).

Durante las décadas siguientes, este desarrollo normativo se vio reforzado por la consolidación de capacidades científicas e institucionales en el ámbito de la ingeniería estructural y la geofísica. Universidades, centros de investigación y organismos públicos contribuyeron a sistematizar el estudio del comportamiento sísmico de estructuras y suelos, generando una base técnica que permitió perfeccionar progresivamente los estándares de construcción. Este proceso se tradujo, entre otros aspectos, en la implementación de normativas como la NCh433, que formalizó criterios avanzados de diseño sísmico y estableció un marco regulatorio más exigente para edificaciones e infraestructuras críticas.

El terremoto del Maule de 2010 constituye un punto de inflexión para evaluar la eficacia de este proceso de institucionalización. Por una parte, el comportamiento de numerosas edificaciones modernas evidenció la efectividad de las normativas antisísmicas vigentes, reflejando avances significativos en diseño estructural y calidad constructiva. Por otra, el evento expuso limitaciones relevantes en la implementación y fiscalización de dichas regulaciones, particularmente en casos como el colapso del edificio Alto Río en Concepción, que puso en evidencia fallas en la cadena de control técnico y administrativo. Asimismo, las deficiencias en la coordinación interinstitucional y en los sistemas de alerta de tsunami revelaron que el desarrollo normativo no siempre se traduce en una gestión del riesgo plenamente eficaz (Alexander, 2013; Saavedra et al., 2022).

En esta línea, el análisis comparativo entre los terremotos de 1939, 1960 y 2010 muestra que, si bien Chile ha experimentado avances sustantivos en normativas, planificación territorial y capacidades institucionales, persisten desafíos estructurales asociados a la articulación interinstitucional, la comunicación del riesgo y la participación ciudadana en contextos de emergencia. Esta premisa sugiere que la institucionalización del conocimiento técnico debe entenderse como una dinámica compleja en la que coexisten progreso normativo y tensiones operativas.

Para Pirti (2024), esta evolución confirma que la institucionalización del conocimiento técnico es un componente clave en la construcción de sociedades resilientes. Sin embargo, su eficacia depende de la existencia de normativas avanzadas, así como también de su adecuada implementación, fiscalización y articulación con sistemas de gobernanza del riesgo más amplios. En el caso chileno, esta interacción entre experiencia histórica, desarrollo científico y regulación institucional ha permitido posicionar al país como un referente internacional en diseño antisísmico, aunque manteniendo desafíos pendientes en la gestión integral del riesgo.

Memoria tecnológica del desastre y cultura ingenieril

Más allá de sus dimensiones técnicas e institucionales, los desastres también contribuyen a la construcción de una memoria tecnológica que influye tanto en la cultura profesional de los ingenieros como en la manera en que la sociedad percibe y gestiona el riesgo sísmico. Esta memoria se configura a partir del registro sistemático de los daños observados en eventos pasados, del análisis científico de sus causas y efectos, y de la incorporación de las lecciones aprendidas en los procesos de diseño estructural, planificación urbana y desarrollo de infraestructura. De este modo, cada terremoto se convierte en una fuente de conocimiento que permite mejorar progresivamente las prácticas constructivas y fortalecer las capacidades de respuesta frente a futuras catástrofes (Lomnitz, 2004; Tierney, 2025).

Como plantean Alexander (2013) y Tierney (2025), la noción de memoria tecnológica del desastre hace referencia precisamente a este proceso de acumulación histórica de conocimiento técnico basado en la experiencia de eventos extremos. Las sociedades que enfrentan recurrentemente desastres tienden a desarrollar sistemas de aprendizaje institucional que les permiten adaptar sus estructuras técnicas, normativas y organizacionales con el objetivo de reducir la vulnerabilidad frente a nuevos eventos. Por consiguiente, la memoria del desastre no se limita al recuerdo social de la tragedia, sino que se materializa en transformaciones concretas en las formas de construir, planificar y gestionar el territorio.

En Chile, esta memoria tecnológica se manifiesta en diversos ámbitos. En primer lugar, se expresa en la formación académica de ingenieros y arquitectos, donde el estudio de terremotos históricos constituye una herramienta fundamental para comprender el comportamiento estructural de los edificios frente a movimientos sísmicos. Los casos de desastres pasados se utilizan como material de análisis en programas universitarios y en investigaciones científicas orientadas a mejorar las metodologías de diseño estructural y evaluación del riesgo. En segundo lugar, esta memoria se refleja en los programas de investigación desarrollados por universidades, centros científicos y organismos públicos dedicados al estudio del riesgo sísmico y de la dinámica tectónica del territorio chileno (Moreno et al., 2010; Saavedra, 2021; Pirti, 2024).

Asimismo, la memoria tecnológica también se materializa en la continua actualización de las normativas de construcción y en la revisión permanente de los estándares técnicos aplicados al diseño de edificaciones e infraestructuras. Cada evento sísmico relevante genera nuevos estudios que permiten evaluar el desempeño real de las estructuras y ajustar los criterios de diseño en función de la información obtenida. Este proceso de retroalimentación constante ha permitido que la ingeniería chilena desarrolle sistemas constructivos cada vez más eficientes para enfrentar la amenaza sísmica.

De esta manera, la cultura ingenieril chilena se ha configurado en estrecha relación con la experiencia histórica del desastre. La conciencia permanente de la amenaza sísmica ha favorecido el desarrollo de una ingeniería orientada a la resiliencia y a la reducción del riesgo, donde la seguridad estructural constituye un principio central del diseño. La memoria tecnológica acumulada a lo largo de décadas de experiencia sísmica ha permitido consolidar un enfoque técnico basado en la prevención, el aprendizaje continuo y la adaptación permanente a las condiciones geológicas del territorio.

Conclusión

El examen de la relación entre ingeniería, catástrofes y memoria tecnológica permite sostener que los desastres naturales, más que eventos disruptivos aislados, constituyen instancias estructurantes en la producción histórica del conocimiento técnico. En el caso chileno, la recurrencia sísmica ha operado como un dispositivo de aprendizaje sociotécnico que articula experiencia empírica, investigación científica e institucionalidad normativa, configurando una trayectoria de desarrollo en la que la ingeniería responde a la catástrofe y se transforma a partir de ella.

Desde esta perspectiva, los grandes terremotos han funcionado como momentos de inflexión que revelan las limitaciones de los sistemas constructivos y, al mismo tiempo, habilitan procesos de innovación orientados a su superación. Este carácter reflexivo del desastre ha permitido consolidar un modelo de ingeniería sísmica basado en la mejora continua, donde el conocimiento se produce en la intersección entre evidencia empírica, experimentación técnica y regulación estatal. En efecto, el avance de la ingeniería antisísmica en Chile puede comprenderse como expresión de una racionalidad técnica moldeada por la experiencia histórica del riesgo.

En este marco, la noción de memoria tecnológica adquiere un papel central, ya que permite explicar cómo el conocimiento derivado de eventos extremos se sedimenta en prácticas profesionales, dispositivos normativos y procesos formativos. Esta memoria actúa como

un principio activo de anticipación, orientando decisiones en materia de diseño, planificación y gestión del territorio. Así, la resiliencia no emerge exclusivamente de la capacidad de resistencia material de las estructuras, sino también de la internalización histórica del riesgo en la cultura ingenieril.

No obstante, el análisis también evidencia que este proceso de aprendizaje no es lineal ni exento de tensiones. Persisten desafíos asociados a la implementación efectiva de las normativas, la articulación interinstitucional y la consideración de dimensiones sociales de la vulnerabilidad, lo que sugiere la necesidad de avanzar hacia enfoques más integrales de gestión del riesgo que trasciendan lo estrictamente técnico. En este contexto, comprender la relación entre catástrofes, conocimiento y desarrollo institucional implica reconocer tanto los logros alcanzados como los límites de los modelos actuales.

El ensayo abre diversas posibilidades para futuras investigaciones orientadas a profundizar en la comprensión histórica y social de los procesos analizados. En primer lugar, resulta pertinente desarrollar análisis comparativos que examinen cómo distintos países sísmicamente activos han incorporado la experiencia del desastre en la evolución de sus sistemas de ingeniería y en la formulación de políticas de reducción del riesgo. Asimismo, futuras investigaciones podrían explorar con mayor detalle la relación entre desarrollo tecnológico, planificación urbana y vulnerabilidad social, considerando cómo las transformaciones en la infraestructura y en los sistemas constructivos han impactado de manera diferenciada a distintos territorios y grupos sociales. Del mismo modo, se proyecta una línea de estudio relevante en torno a la interacción entre conocimiento científico, políticas públicas y cultura del riesgo, particularmente en contextos de cambio climático y creciente urbanización. Finalmente, la incorporación de enfoques interdisciplinarios provenientes de la historia de la tecnología, la geografía del riesgo y los estudios sobre desastres permitirá ampliar la comprensión de cómo la memoria histórica de las catástrofes puede contribuir al diseño de ciudades más resilientes y a la construcción de sistemas de ingeniería capaces de enfrentar los desafíos ambientales del futuro.

Referencias

- Alexander, D. (2013). Resilience and disaster risk reduction: An etymological journey. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(11), 2707–2716. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-2707-2013>
- Bankoff, G., Frerks, G., & Hilhorst, D. (2004). *Mapping vulnerability: Disasters, development and people*. Earthscan.
- Comfort, L. (2007). Crisis management in hindsight: Cognition, communication, coordination, and control. *Public Administration Review*, 67(1), 189–197. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2007.00827.x>
- Lomnitz, C. (2004). Major earthquakes of Chile: A historical survey, 1535-1960. *Seismological Research Letters*, 75(3), 368–378. <https://doi.org/10.1785/gssrl.75.3.368>
- Mönckeberg, M., & Ararama, T. (2024). La representación del pasado como forma narrativa de la esperanza en los desastres naturales: Análisis de la prensa chilena para los terremotos de 1960 y 2010. *ASRI: Arte y Sociedad. Revista de Investigación*, (26), 51–65. <https://doi.org/10.33732/ASRI.6803>
- Moreno, M., Rosenau, M., & Oncken, O. (2010). 2010 Maule earthquake slip correlates with pre-seismic locking of Andean subduction. *Nature*, 480(7377), 198–202. <https://doi.org/10.1038/nature09349>
- Pirti, A. (2024). Investigation and prediction of the 2010 Maule, Chile earthquake by using GNSS on 25, 26 and 27 February 2010. *Journal of South American Earth Sciences*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104702>
- Plafker, G., & Savage, J. (1970). Mechanism of the Chilean earthquakes of May 21 and 22, 1960. *Geological Society of America Bulletin*, 81(4), 1001–1030.

- 86
CAPÍTULO 3
- Romero, J., & Vergara, F. (2022). Ciudadanía preparada en un país sísmico: Reflexiones sobre cómo imaginamos el próximo “gran terremoto” en Chile. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 6(2), 125–129. <https://doi.org/10.55467/reder.v6i2.101>
- Saavedra, J. (2021). Gobierno del desastre en el neoliberalismo: Una mirada genealógica desde los terremotos en Chile durante el siglo XX. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 5(2), 48–62. <https://doi.org/10.55467/reder.v5i2.71>
- Saavedra, J., Carrasco, Y., & Núñez, D. (2022). Las vidas cotidianas de las y los testigos del terremoto de 2010 en Chile: Ruptura, recuperación y reconstitución. *Apuntes*, 49(91), 47–72. <https://doi.org/10.21678/apuntes.91.1365>
- Tierney, K. (2025). *Disasters: A sociological approach*. Polity Press.

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0001-5729-3404>

halvarez@ucsc.cl

humalvarezsep@gmail.com

Académico de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile). Doctor en Sociedad y Cultura por la Universidad de Barcelona (España). Autor de diversos capítulos de libros y artículos sobre educación histórica publicados en revistas científicas indexadas a WoS, Scopus y Scielo.

Claudine Glenda Benoit Ríos

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0002-1791-2212>

cbenoit@ucsc.cl

claudbenoit@gmail.com

Académica del Departamento de Didáctica de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción (Chile). Doctora en Lingüística, por la Universidad de Concepción. Investigadora en didáctica de la comprensión y producción del lenguaje, y estrategias colaborativas durante el procesamiento.

Learning from Disaster: Earthquakes, Technological Innovation and Engineering Culture in Chile

Abstract

This chapter analyzes the relationship between earthquakes, technological innovation, and engineering culture in Chile, considering how disasters have influenced the development of seismic engineering and the consolidation of regulations aimed at risk reduction. The analysis is based on a scoping review of specialized literature, using a qualitative and interpretive approach, framed within a humanistic-critical paradigm and a narrative design. Three dimensions are examined: the role of earthquakes as drivers of technical learning, the institutionalization of knowledge through seismic regulations, and the construction of a technological memory of the disaster. It is argued that the historical experience of the disaster has acted as a catalyst for institutional learning, consolidating an engineering approach focused on structural safety in contexts of high seismic hazard. In conclusion, the seismic experience has shaped an engineering culture based on historical learning, technical innovation, and resilience.

Keywords: Seismic engineering; Earthquakes; Technological innovation; Risk management; Chile.

Aprender com o desastre: Terremotos, inovação tecnológica e cultura de engenharia no Chile

Resumo

Este capítulo analisa a relação entre terremotos, inovação tecnológica e cultura de engenharia no Chile, considerando como as catástrofes influenciaram o desenvolvimento da engenharia sísmica e a consolidação de normas voltadas à redução do risco. A análise baseia-se em uma revisão de escopo da literatura especializada, a partir de uma abordagem qualitativa e interpretativa, inscrita em um paradigma humanista-crítico e em um design narrativo de tópicos. Examinam-se três dimensões: o papel dos terremotos como impulsionadores da aprendizagem técnica, a institucionalização do conhecimento

por meio de normas antissísmicas e a construção de uma memória tecnológica do desastre. Sustenta-se que a experiência histórica do desastre atuou como motor de aprendizagem institucional, consolidando uma engenharia orientada à segurança estrutural em contextos de alta ameaça sísmica. Em conclusão, a experiência sísmica configurou uma cultura de engenharia baseada na aprendizagem histórica, na inovação técnica e na resiliência.

Palavras-chave: Engenharia sísmica; Terremotos; Inovação tecnológica; Gestão de riscos; Chile.

Capítulo 4

Propuesta de la construcción de vivienda de interés social utilizando materiales sostenibles en el sitio Joa de Jipijapa

Glider Nunilo PARRALES Cantos

Parrales Cantos, G. N. (2026). Propuesta de la construcción de vivienda de interés social utilizando materiales sostenibles en el sitio Joa de Jipijapa. En F. J. Manjarrés Arias (Coord). *El espectro de las Ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Volumen II)*. (pp. 90-110). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.433.c930>



04

Propuesta de la construcción de vivienda de interés social utilizando materiales sostenibles en el sitio Joa de Jipijapa

Resumen

Este estudio propone la construcción de viviendas de interés social en el sitio Joa, del cantón Jipijapa, utilizando materiales sostenibles para abordar el problema de la escasez de vivienda adecuada y el impacto ambiental de la construcción tradicional. El objetivo es evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar un enfoque bioclimático en el diseño de estas viviendas. Se empleó una metodología mixta que incluyó revisión bibliográfica, análisis de casos y encuestas a los residentes locales, cuyos resultados indican que el uso de materiales sostenibles no solo reduce la huella ambiental, sino que también ofrece beneficios económicos a largo plazo, como el ahorro energético y la mejora en la calidad de vida de los habitantes. Se concluye que la adopción de prácticas constructivas sostenibles es viable y necesaria para el desarrollo urbano responsable en la región.

Palabras clave: Bioclimática; Construcción Ecológica; Desarrollo Urbano; Materiales Sostenibles; Vivienda Social

Introducción

La construcción de viviendas de interés social es un tema de creciente relevancia en el contexto actual, donde la urbanización acelerada y el cambio climático demandan soluciones habitacionales sostenibles. Según la ONU, más de 1.6 mil millones de personas carecen de una vivienda adecuada, lo que resalta la urgencia de abordar este problema (UN-Habitat, 2019). El uso de materiales sostenibles en la construcción no solo minimiza el impacto ambiental, sino que también promueve la eficiencia energética (Pérez & López, 2021) y el bienestar social (Cruz et al., 2020). Históricamente, la construcción tradicional ha estado marcada por prácticas que contribuyen a la degradación del medio ambiente, mientras que las alternativas sostenibles han comenzado a ganar terreno en las últimas décadas (González & Martínez, 2020). Este artículo se centra en la propuesta de construir viviendas en Joa, Jipijapa, utilizando materiales sostenibles y un enfoque bioclimático. El objetivo es evaluar la viabilidad técnica y económica de esta propuesta para contribuir al desarrollo urbano responsable y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Metodología

La metodología de este estudio se basa en un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos para abordar la construcción de viviendas de interés social utilizando materiales sostenibles en Joa, Jipijapa. Se justifica esta elección metodológica debido a la complejidad del problema y la necesidad de obtener una comprensión integral de las percepciones y necesidades de la comunidad local, así como de evaluar la viabilidad técnica y económica de las propuestas constructivas.

Recolección de datos

Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura reciente sobre construcción sostenible, materiales ecológicos y prácticas bioclimáticas, utilizando bases de datos como Scopus y Web of Science para asegurar la relevancia y actualidad de las fuentes consultadas (Cruz et al., 2020; González & Martínez, 2022).

Estudio de caso

Se seleccionó el área de Joa como un caso representativo para analizar las condiciones locales, incluyendo aspectos socioeconómicos y ambientales que afectan la construcción de viviendas. Este enfoque permite contextualizar el estudio dentro del marco más amplio del desarrollo urbano sostenible (Leiva, et al., 2019).

Encuestas y entrevistas

Se diseñaron encuestas estructuradas dirigidas a los residentes locales para recoger datos sobre sus necesidades habitacionales y percepciones sobre el uso de materiales sostenibles. Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas con expertos en construcción sostenible y representantes del gobierno local para obtener información sobre políticas y prácticas actuales (Acosta, 2013).

Análisis comparativo

Se llevó a cabo un análisis comparativo entre los costos de construcción utilizando materiales tradicionales versus materiales sosteni-

bles, considerando factores como el ciclo de vida, el ahorro energético y el impacto ambiental (Pérez & López, 2021).

Análisis de datos

Los datos recolectados se analizaron utilizando técnicas estadísticas descriptivas para las encuestas, mientras que las entrevistas se sometieron a un análisis de contenido para identificar temas recurrentes y perspectivas clave. Este enfoque permitió no solo cuantificar las necesidades y opiniones de la comunidad, sino también contextualizar estas respuestas dentro del marco más amplio de la sostenibilidad en la construcción (Moreira Macías., 2019)

La metodología adoptada proporciona un marco robusto que permite replicar el estudio en otras comunidades, contribuyendo así al avance del conocimiento sobre prácticas constructivas sostenibles en contextos similares.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la investigación sobre la construcción de viviendas de interés social utilizando materiales sostenibles en Joa, Jipijapa.

Los resultados se organizan en función de las diferentes áreas de análisis: encuestas a residentes, entrevistas a expertos y análisis comparativo de costos.

Resultados de las encuestas a residentes:

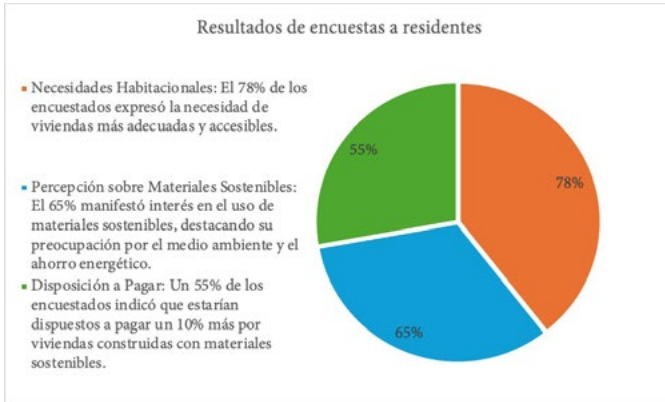


Figura 1. 150 residentes locales revelaron lo siguiente
Nota: elaboración propia
El gráfico muestra los porcentajes de los resultados de acuerdo a las encuestas a 150 residentes.

Resultados de las entrevistas a expertos

Se realizaron entrevistas semiestructuradas con 10 expertos en construcción sostenible y representantes del gobierno local. Los hallazgos clave incluyen:

- Viabilidad Técnica: Todos los expertos coincidieron en que la implementación de materiales sostenibles es técnicamente viable en la región.
- Políticas de Apoyo: La mayoría destacó la falta de políticas públicas que incentiven el uso de materiales sostenibles en la construcción de viviendas sociales.
- Beneficios Ambientales: Se mencionó que el uso de estos materiales podría reducir significativamente la huella ecológica del sector construcción.

Análisis comparativo de costos

El análisis comparativo entre los costos de construcción con materiales tradicionales y sostenibles mostró los siguientes resultados:

Tabla 1.
Costos de materiales sostenibles y costos de materiales tradicionales

Tipo de Material	Costo Inicial (USD/m ²)	Costo del Ciclo de Vida (USD/m ²)	Ahorro Energético Anual (USD)
Materiales Tradicionales	300	600	50
Materiales Sostenibles	260	450	80

Nota: elaboración propia. Los resultados indican que, aunque el costo inicial de los materiales sostenibles es un poco más alto, su ciclo de vida y el ahorro energético anual son significativamente más favorables.

Acceso a viviendas sostenibles

De acuerdo a los resultados obtenidos es posible construir Viviendas de Interés Social (VIS) utilizando materiales sostenibles, lo que contribuye positivamente al hábitat rural. Las investigaciones revisadas indican que el uso de eco-materiales puede facilitar el acceso a viviendas sostenibles para las comunidades de bajos ingresos.

Beneficios económicos y ambientales

El diseño de viviendas utilizando criterios de arquitectura bioclimática y materiales ecológicos se asocia con una reducción significativa en los costos operativos relacionados con el consumo de energía eléctrica y agua. Esto no solo minimiza el impacto ambiental, sino que también representa un ahorro económico para los habitantes.

El costo de una vivienda de 49 m², incluyendo servicios básicos y acabados básicos:

- a. **Construcción Ecológica.** - Utilizar materiales reciclados y locales puede reducir significativamente los costos. Las casas ecológicas pueden ser diseñadas para maximizar la eficiencia energética, lo que también reduce costos estimados a largo plazo por metro cuadrado para viviendas de interés social; puede variar entre 150 y 250 dólares. Para 56 m², esto resultaría en un costo total entre 8,400 y 14,000 dólares.
- b. **Acabados Básicos.** - Optar por acabados económicos en lugar de acabados de lujo puede ayudar a mantener el presupuesto bajo control, el usar pintura básica, pisos simples y accesorios estándar, se estiman costos de los acabados básicos entre 2,000 y 5,000 dólares dependiendo del diseño y los materiales elegidos.

Presupuesto estimado

Un presupuesto estimativo para una vivienda de 56 m² utilizando superadobe y acabados básicos:

Tabla 2.
Presupuesto estimado de una vivienda sostenible

PRESUPUESTO REFERENCIAL					
TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNI- DAD	CAN- TIDAD	P. U.	TOTAL
				USD	USD
A	PRELIMINARES Y MOVIMIENTO DE TIERRAS.-				
1	Limpieza y desbroce	m2	64,00	0,14	8,96
2	Replanteo y nivelación	m2	64,00	0,51	32,64
3	Excavación y desalojo a maquina	m3	11,63	2,39	27,78
4	Piedra bola bajo plinto	m3	4,80	21,22	101,86
5	Relleno lastre hidratado y compactado	m3	11,60	22,31	258,8
B	ESTRUCTURA.-				

6	Hormigón Simple Clase "C" $f'c=140$ kg./cm ² . Replanteo	m ³	0,45	112,9	50,8
7	Hormigón Simple Clase "B" $f'c=210$ kg./cm ² para plintos	m ³	2,25	152,8	343,76
8	Muros de hormigón cicopeo	m ³	2,35	140,6	330,63
9	Hormigón Simple Clase "B" $f'c=210$ kg./cm ² para cadenas	m ³	1,77	142,6	252,44
10	Hormigón s. $f'c=180$ kg./cm ² en mesón armado 60cm e=7cm	m ³	0,08	106,2	8,5
11	Acero de refuerzo $f_y= 4200$ kg/cm ²	kg	444,84	1,7	756,24
C	ESTRUCTURA ARMADA EN GAK				
12	Estructura de caña brava en columnas y vigas(- D=18cm)	m	23,40	2,55	59,67
D	ALBAÑILERIA.				
13	Contrapiso de H.S. Clase "B" ($f'c=180$ kg./cm ²). e = 0.10m				
14	c./ malla electrosoldada D= 4.2 mm. @ 0.30 m. Paleteado y alisado pintado	m ³	2,67	23,78	63,49
15	Arriostramientos de H.A. 10x10 cm (dinteles en puertas y ventanas)	m	10,68	6,41	68,46
16	Mampostería de bloque con fibra de maíz	m ²	59,40	8,3	493,04
17	Mampostería interior en caña guadua picada	m ²	14,67	7,61	111,64
18	Enlucido vertical interior y exterior, mortero 1:3 e=1,5cm	m ²	135,66	7,65	1037,8
D	PINTURA Y REVESTIMIENTO.-				
19	Empastado interior y exterior	m ²	135,66	4,06	550,78
20	Pintura económica interior y exterior	m ²	135,66	1,46	198,06
21	Revestimiento de cerámica antideslizante en piso	m ²	2,51	12,5	31,38
22	Revestimiento de cerámica en paredes	m ²	12,28	14,58	179,04
E	ALUMINIO Y VIDRIO, CERRAJERIA Y CARPINTERIA				
23	Puertas de laurel (0.80 x 2.00 m.)	u	2,00	124,4	248,84
24	Puertas de laurel (0,70 x 2.00 m.)	u	1,00	112,4	112,42
25	Puertas de laurel (principal)	u	1,00	136,4	136,42
26	Ventanas Aluminio y vidrio	m ²	6,60	40,39	266,57

G	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS.-					
27	Puntos de aguas servidas D = 110 mm.	pto.	1,00	40,87	40,87	
28	Puntos de aguas servidas D = 50 mm.	pto.	5,00	38,84	194,2	
29	Puntos de agua potable D = 1/2"	pto.	4,00	20,26	81,04	
30	Tubería de distribución de AA.PP. PVC 1/2" y Accesorios	ml	15,00	7,69	115,35	
31	Tubería PVC desagüe 110 mm.(incluye excav, tend. Tub. y relleno)	ml	15,00	6,45	96,75	
32	Inodoro una pieza con pulsador	u	1,00	94	94	
33	Lavamanos	u	1,00	76,25	76,25	
34	Fregadero	u	1,00	96,67	96,67	
35	Llave de fregadero	u	1,00	43	43	
36	Llave de lavamanos	u	1,00	10,06	10,06	
37	Ducha sencilla	u	1,00	16,71	16,71	
38	Cajas de revisión con tapa 60*60*60cm	u	2,00	27,96	55,92	
H	INSTALACIONES ELECTRICAS.-					o
39	Puntos de iluminación (110 V.)	pto.	6,00	30,46	182,76	
40	Puntos de toma corrientes (110 V.)	pto.	8,00	27,13	217,04	
41	Tablero general (12 - 20)	u	1,00	54,09	54,09	
42	Breakers 15 A - 20 A - 30A	u	2,00	29,32	58,64	
43	Acometida eléctrica N° 10	ml	5,00	21,04	105,2	
I	CUBIERTA					
44	Correas metálicas "G" (100 x 50 x 15 x 2) pint. Anticorrosiva	m	83,20	13,1	1089,9	
45	Plancha dura techo plus (espesor 0.30 mm.)	m2	64,00	8,65	553,6	
	VARIOS.-					
	COSTO TOTAL:					8912,1

Nota: elaboración propia. Se muestra las actividades y su costo respectivo con un costo total de vivienda sostenible.

Consideraciones Adicionales a tomar en cuenta en el presupuesto:

- Mano de Obra: La autoconstrucción o la contratación de mano de obra local puede reducir costos.
- Diseño Eficiente: Un diseño bien planificado puede maximizar el uso del espacio y minimizar desperdicios.
- Incentivos Gubernamentales: Investigar sobre subsidios o programas gubernamentales que apoyen la construcción de viviendas sostenibles puede proporcionar financiamiento adicional.

Materiales sostenibles recomendados

Los estudios identificaron varios materiales sostenibles que son recomendados para la construcción de VIS, tales como:

- Bambú: Reconocido por sus propiedades mecánicas y sostenibilidad.
- Madera: Comúnmente empleada en estructuras y acabados.
- Materiales reciclados: Promueven la reutilización y reducen el desperdicio.
- Energía renovable: por medio de paneles solares.

Métodos constructivos sostenibles

Se documentaron enfoques constructivos que priorizan el uso de materiales locales y técnicas vernáculas, lo cual no solo respeta el entorno cultural, sino que también mejora la eficiencia energética y reduce la huella de carbono asociada a la construcción.

Métodos constructivos sostenibles y uso de materiales locales

Los métodos constructivos sostenibles priorizan el uso de materiales locales por varias razones, que incluyen la reducción de costos, la minimización del impacto ambiental y el apoyo a la economía local.

Los métodos implementan el uso de materiales locales y su impacto

a. Prioridades en el uso de materiales locales

1. Disponibilidad de Recursos: La construcción sostenible se enfoca en utilizar materiales que están fácilmente disponibles en la región. Esto no solo reduce los costos de transporte, sino que también minimiza la huella de carbono asociada al traslado de materiales desde lugares lejanos.
2. Técnicas Vernaculares: Se promueve la recuperación y mejora de técnicas constructivas tradicionales que utilizan materiales locales, como el adobe, la caña, y el bambú. Estas técnicas no solo son sostenibles, sino que también son culturalmente relevantes y adaptadas a las condiciones climáticas locales.
3. Reducción de Residuos: Al utilizar materiales reciclados o reutilizados, se contribuye a la reducción de desechos en vertederos. Este enfoque también fomenta un ciclo económico más circular, donde los materiales son constantemente reutilizados.
4. Apoyo a la Economía Local: Al priorizar el uso de materiales locales, se generan oportunidades económicas para los proveedores y trabajadores locales, fortaleciendo así la economía regional.

b. Impacto del uso de materiales locales

- **Económico:** La utilización de materiales locales puede reducir significativamente los costos de construcción. Por ejemplo, en lugar de importar materiales costosos, se pueden utilizar recursos disponibles en la zona, lo que también apoya a los pequeños productores locales.
- **Ambiental:** Al disminuir la necesidad de transporte y procesamiento de materiales importados, se reduce la emisión de gases de efecto invernadero. Además, muchos materiales locales tienen propiedades naturales que mejoran la eficiencia energética del edificio.
- **Social:** La construcción con materiales locales puede fomentar un sentido de comunidad y pertenencia entre los residentes, ya que estas viviendas reflejan la cultura y tradiciones locales.

Matriz Leopold

La Matriz de Leopold es una herramienta que permite evaluar el impacto ambiental de un proyecto y social del uso de materiales locales en la construcción sostenible, mediante la identificación de interacciones entre actividades y factores ambientales. En su estructura, cada celda de la matriz contiene valores que indican la magnitud y la importancia de los impactos.

Se presenta una versión simplificada de la matriz con valores asignados:

Tabla 3.
Matriz de Leopold en vivienda sostenible

Actividades Constructivas	Uso de Adobe Local	Empleo de Bambú	Reutilización de Materiales	Construcción con Caña
Uso de recursos locales	+7 (Alto)	+6 (Medio)	+8 (Alto)	+5 (Medio)
Generación de empleo local	+8 (Alto)	+7 (Alto)	+6 (Medio)	+5 (Medio)
Reducción de residuos	+9 (Alto)	+6 (Medio)	+10 (Muy Alto)	+5 (Medio)
Impacto en biodiversidad	-3 (Bajo)	-2 (Bajo)	-1 (Negativo)	-4 (Bajo)
Vulnerabilidad estructural	-2 (Bajo)	-1 (Bajo)	-3 (Bajo)	-5 (Bajo)

Nota: elaboración propia. La matriz Leopold representa la magnitud e importancia, grado y relevancia de impacto en escala de 1-10.

La matriz de describe por

- Magnitud, la cual representa el grado del impacto, donde los valores positivos indican efectos beneficiosos y los negativos efectos adversos. Se utilizado una escala del 1 al 10, donde 10 representa el mayor impacto.
- Importancia esta indica la relevancia del impacto en el contexto del proyecto.

Interpretación

- Uso de Recursos Locales: La utilización de adobe local tiene un alto impacto positivo (+7), mientras que el uso de caña tiene un impacto medio (+5). Por lo que se sugiere que el adobe es más beneficioso en términos de sostenibilidad.
- Generación de Empleo Local: Todas las actividades tienen un impacto positivo significativo en la generación de empleo,

siendo el uso de adobe y bambú los más destacados (+8 y +7 respectivamente).

- Reducción de Residuos: La reutilización de materiales tiene el mayor impacto positivo (+10), lo que indica su efectividad en la minimización de desechos.
- Impacto en Biodiversidad: Todas las actividades tienen un impacto negativo bajo, por lo que se sugiere que, aunque hay algunos efectos adversos, son relativamente menores.
- Vulnerabilidad Estructural: El uso de caña presenta el mayor riesgo estructural (-5), indicando que este método puede ser menos fiable comparado con otros.

La matriz Leopold presentada proporciona una visión clara sobre cómo diferentes métodos constructivos sostenibles afectan al medio ambiente y a la economía local. Al asignar valores a las interacciones, se facilita la identificación y priorización de acciones para mitigar impactos negativos y maximizar beneficios, siendo una evaluación crucial para la planificación efectiva y sostenible de proyectos constructivos.

Conciencia sobre la construcción sostenible

La población muestra un creciente conocimiento sobre los beneficios de los materiales sostenibles en la construcción, evidenciado por su disposición a adoptar prácticas constructivas más responsables con el medio ambiente y reflejan a su vez un cambio hacia una mayor sostenibilidad en la edificación.

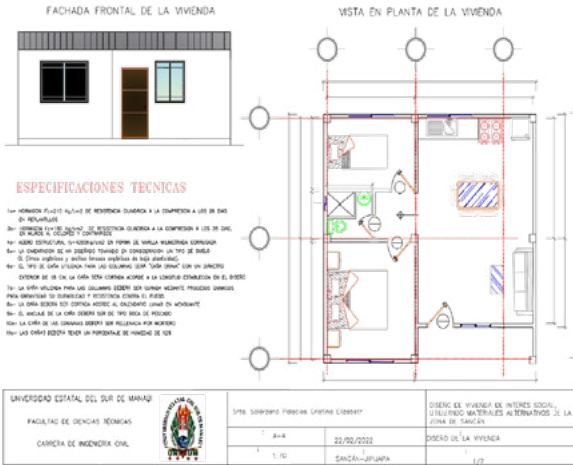


Figura 2. Vista en planta de vivienda sostenible
Nota: elaboración propia.
Detalles divisoria de la vivienda sostenible propuesta

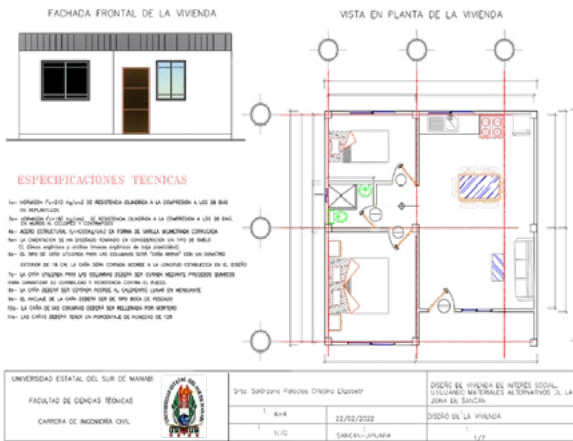


Figura 3. Fachada frontal de vivienda sostenible
Nota: elaboración propia.
Fachada de vivienda sostenible propuesta

Con estos resultados sugieren que existe una necesidad y disposición por parte de la comunidad para adoptar prácticas constructivas sostenibles también se da realce a la viabilidad y los beneficios de implementar prácticas sostenibles en la construcción de viviendas de interés social, y contribuyendo a mejorar las condiciones de vida y el bienestar ambiental en comunidades vulnerables.

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación sobre la construcción de viviendas de interés social con materiales sostenibles en Joa, Jipijapa, ofrecen una perspectiva valiosa sobre la viabilidad y aceptación de estas prácticas en la comunidad local. En primer lugar, el alto porcentaje de residentes que expresó interés en el uso de materiales sostenibles (65%) coincide con hallazgos anteriores que sugieren una creciente conciencia ambiental entre las comunidades urbanas (Cruz et al., 2020). Este fenómeno puede atribuirse a la creciente disponibilidad de información sobre los beneficios ambientales y económicos de las construcciones sostenibles, lo que se alinea con las tendencias observadas en otros estudios (González & Martínez, 2022).

Sin embargo, es importante señalar que, a pesar del interés mostrado por los residentes, solo el 55% está dispuesto a pagar un costo adicional por viviendas sostenibles. Este resultado contrasta con investigaciones previas que sugieren que la disposición a pagar por mejoras sostenibles es generalmente más alta en contextos donde ya se han implementado políticas de incentivos (Leiva et al., 2019). Esto sugiere que, para fomentar la adopción de materiales sostenibles en Joa, sería crucial implementar políticas públicas que no solo informen sobre los beneficios, sino que también ofrezcan incentivos económicos claros para los residentes.

En cuanto a las entrevistas con expertos, la unanimidad respecto a la viabilidad técnica del uso de materiales sostenibles refuerza la idea de que la barrera principal no es técnica, sino más bien política y económica. Esto se alinea con el análisis comparativo realizado por Acosta (2013), quien argumenta que la falta de políticas públicas adecuadas limita el desarrollo sostenible en el sector de la construcción. La ausencia de políticas de apoyo es un factor crítico que debe ser abordado para facilitar la transición hacia prácticas constructivas más sostenibles.

El análisis comparativo de costos revela que, aunque el costo inicial de los materiales sostenibles es ligeramente superior al de los

materiales tradicionales, los beneficios a largo plazo son significativos. Este hallazgo respalda estudios previos que indican que las inversiones iniciales en sostenibilidad suelen recuperarse a través del ahorro energético y menores costos operativos (Pérez & López, 2021). Sin embargo, es fundamental comunicar estos beneficios de manera efectiva a los tomadores de decisiones y a la comunidad para cambiar percepciones erróneas sobre el costo asociado con la construcción sostenible.

En esta investigación destaca tanto el potencial como los desafíos asociados con la implementación de viviendas sostenibles en Joa. Si bien existe un interés considerable entre los residentes y una viabilidad técnica respaldada por expertos, es imperativo abordar las barreras económicas y políticas para facilitar esta transición. Las recomendaciones incluyen el desarrollo de políticas públicas que incentiven el uso de materiales sostenibles y programas educativos para aumentar la conciencia sobre sus beneficios. Estos pasos son esenciales para promover un futuro más sostenible en la construcción habitacional en la región.

Conclusión

La investigación sobre la construcción de viviendas de interés social utilizando materiales sostenibles en Joa, Jipijapa, ha demostrado que existe un interés significativo por parte de la comunidad en adoptar prácticas constructivas más sostenibles. Los resultados indican que, aunque hay una disposición general a considerar el uso de materiales sostenibles, las barreras económicas y la falta de políticas públicas adecuadas son factores críticos que limitan su implementación. Este hallazgo subraya la necesidad urgente de desarrollar estrategias que no solo informen sobre los beneficios de estos materiales, sino que también ofrezcan incentivos económicos claros para fomentar su uso.

Una limitación importante de este estudio es el tamaño relativamente pequeño de la muestra para las encuestas, lo que puede no reflejar completamente las opiniones de toda la población de Joa. Además, el enfoque en un único sitio geográfico limita la generalización de los resultados a otras comunidades con características socioeconómicas diferentes. Futuras investigaciones podrían ampliar el alcance geográ-

108

CAPÍTULO 4

fico y considerar una mayor diversidad de contextos para validar los hallazgos presentados.

En términos de justificación científica, este trabajo contribuye al cuerpo de conocimiento sobre la sostenibilidad en la construcción al proporcionar evidencia empírica sobre las percepciones y necesidades locales en relación con las viviendas sostenibles. Se sugiere que futuras investigaciones se centren en el desarrollo e implementación de políticas públicas que promuevan el uso de materiales sostenibles, así como en estudios longitudinales que evalúen el impacto a largo plazo de estas prácticas en la calidad de vida y el medio ambiente.

En conclusión, esta investigación no solo resalta la viabilidad técnica y económica del uso de materiales sostenibles en la construcción de viviendas sociales, sino que también enfatiza la importancia de un enfoque integral que incluya políticas públicas, educación comunitaria y apoyo financiero para facilitar una transición efectiva hacia prácticas constructivas más responsables y sostenibles.

Referencias

- Acosta, W. (2013). Vivienda y clima: diseño. En *Bibliografía sobre Arquitectura Sostenible. Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo*, 72.
- Cruz, M., López, J., & Pérez, R. (2020). Sustainable materials in housing construction: An overview. *Journal of Environmental Management*, 250.
- González, A., & Martínez, L. (2022). Historical perspectives on sustainable building practices. *Construction and Building Materials*, 320.
- Leiva, D. D. (2019). *Metodología para la construcción de edificaciones sostenibles*. Corporación Universitaria UNITEC.
- Moreira Macías., L. C. (2019). Construcciones sostenibles: materiales ecológicos en viviendas de interés social (VIS) como aporte al hábitat urbano. *Diseño Arte y Arquitectura*, 1(7), 67–81.
- Pérez, J., & López, A. (2021). Energy efficiency in social housing: A sustainable approach. *Renewable Energy Research Journal*, 11(2), 123–134.
- UN-Habitat. (2019). *World Habitat Day Report*. United Nations.

Glider Nunilo Parrales Cantos

Universidad Estatal del Sur De Manabí | Portoviejo | Ecuador

glider.parrales@unesum.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2233-8825>***Proposal for the construction of social interest housing using sustainable materials on the Joa de Jipijapa site***

Abstract

This study proposes the construction of social housing in the Joa site, in the Jipijapa canton, using sustainable materials to address the problem of the shortage of adequate housing and the environmental impact of traditional construction. The objective is to evaluate the technical and economic feasibility of implementing a bioclimatic approach in the design of these homes. A mixed methodology was used that included literature review, case analysis and surveys of local residents, the results of which indicate that the use of sustainable materials not only reduces the environmental footprint, but also offers long-term economic benefits, such as energy savings, and the improvement in the quality of life of the inhabitants. It is concluded that the adoption of sustainable construction practices is viable and necessary for responsible urban development in the region.

Keywords: Bioclimatic; Green Construction; Urban development; Sustainable Materials; Social Housing

Proposta para a Construção de Habitação de Interesse Social Utilizando Materiais Sustentáveis no Sítio Joa de Jipijapa

Resumo

Este estudo propõe a construção de habitações de interesse social no sítio Joa, no cantão de Jipijapa, utilizando materiais sustentáveis para abordar o problema da escassez de moradia adequada e o impacto ambiental da construção tradicional. O objetivo é avaliar a viabilidade técnica e econômica da implementação de uma abordagem bioclimática no projeto dessas residências. Empregou-se uma metodologia mista que incluiu revisão bibliográfica, análise de casos e inquéritos aos residentes locais, cujos resultados indicam que o uso de materiais sustentáveis não apenas reduz a pegada ambiental, mas também oferece benefícios econômicos de longo prazo, como a economia de energia e a melhoria na qualidade de vida dos habitantes. Conclui-se que a adoção de práticas construtivas sustentáveis é viável e necessária para o desenvolvimento urbano responsável na região.

Palavras-chave: Bioclimática; Construção Ecológica; Desenvolvimento Urbano; Materiais Sustentáveis; Habitação Social

Capítulo 5

Educación y Prácticas Sostenibles para el Manejo de Residuos Hidrosanitarios en Comunidades Rurales: Caso de estudio Joá, Manabí

*Manuel Octavio Cordero Garcés, Luiggis Alexander
Ceballos Baquerizo, Angelica Marena Plúa Ponce, Glider
Nunilo Parrales Cantos, Denny Augusto Cobos Lucio*

Cordero Garcés, M. O., Ceballos Baquerizo, L. A., Plúa Ponce, A. M., Parrales Cantos, G. N., & Cobos Lucio, D. A. (2026). Educación y Prácticas Sostenibles para el Manejo de Residuos Hidrosanitarios en Comunidades Rurales: Caso de estudio Joá, Manabí. En F. J. Manjarrés Arias (Coord). *El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Volumen II)*. (pp. 112-138). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.433.c931>



05

Educación y Prácticas Sostenibles para el Manejo de Residuos Hidrosanitarios en Comunidades Rurales: Caso de estudio Joá, Manabí

Resumen

Este estudio analiza el manejo de residuos hidrosanitarios en la comuna ancestral de Joá, Manabí, partiendo de una línea base que midió el conocimiento de la población a través de encuestas y entrevistas a los residentes. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el software SPSS, aplicando un análisis estadístico descriptivo para evaluar el nivel de conocimiento previo sobre la gestión de residuos. Con base en estos resultados, se implementó un programa de capacitación enfocado en concienciar a la comunidad sobre la correcta gestión de residuos hidrosanitarios y promover prácticas sostenibles. Posteriormente, se distribuyeron tachos separadores de residuos en la comunidad, facilitando la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos. Los resultados indicaron una mejora en el conocimiento de los participantes y una disposición positiva hacia la adopción de buenas prácticas, aunque persisten desafíos estructurales que requieren seguimiento y mejoras en infraestructura para garantizar la sostenibilidad de las intervenciones.

Palabras claves: Residuos hidrosanitarios; Gestión de residuos; Prácticas sostenibles; Educación ambiental; Comunidades rurales.

Introducción

El manejo inadecuado de los residuos hidrosanitarios es un desafío creciente a nivel global, especialmente en comunidades rurales con infraestructuras limitadas y acceso insuficiente a recursos educativos. La falta de tratamiento adecuado de estos residuos representa un grave riesgo para la salud pública y contribuye a la contaminación ambiental, afectando los recursos hídricos y el suelo. En áreas rurales, las principales causas incluyen la dispersión de las viviendas, las grandes distancias, la gestión municipal deficiente, la incorrecta clasificación de desechos en los hogares y la falta de infraestructura vial. Estas condiciones favorecen que los residuos sean depositados en fuentes de agua, enterrados, quemados o expuestos a cielo abierto, afectando la calidad de vida, la productividad y el desarrollo económico de las regiones (Aguilar et al., 2023).

La gestión incorrecta de los desechos sólidos genera numerosos efectos perjudiciales tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Por un lado, una mala administración de los desechos, especialmente cuando se encuentran en vertederos a cielo abierto, puede desencadenar graves consecuencias para la salud de la población, especialmente por enfermedades entéricas como el tifus, cólera y hepatitis, así como cisticercosis, triquinosis, leptospirosis, toxoplasmosis, sarnas, micosis, rabia y salmonelosis, entre otras, en función de las condiciones (Rondón et al., 2016). La Organización Panamericana de la Salud (OPS) estima que la gestión inadecuada de residuos puede ser responsable de enfermedades transmitidas por el agua, afectando principalmente a poblaciones vulnerables en áreas rurales. En este escenario, la educación ambiental se ha convertido en una herramienta indispensable para enfrentar estos desafíos, promoviendo la adopción de prácticas sostenibles en la gestión de residuos (OPS, 2024).

En Ecuador, particularmente en áreas rurales como la comuna ancestral de Joá en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, el manejo de residuos hidrosanitarios sigue siendo un reto significativo. A nivel histórico, estas comunidades han estado desprovistas de sistemas ade-

cuados de alcantarillado y de programas educativos que promuevan el uso eficiente de los recursos y la gestión adecuada de desechos. En el caso específico de Joá, el crecimiento poblacional y el aumento en la generación de residuos han acentuado la necesidad de encontrar soluciones sostenibles, ya que los métodos tradicionales de disposición han demostrado ser ineficientes y nocivos tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

El presente estudio parte de esta necesidad crítica y busca no solo comprender las dinámicas actuales en el manejo de residuos en Joá, también ofrecer una intervención educativa que capacite a la comunidad para adoptar prácticas más responsables, tal como lo describe Rico Torregrosa y Jiménez Caicedo (2018). A lo largo de la historia reciente, se ha comprobado que la educación y la sensibilización comunitaria son factores clave para promover cambios significativos en la forma en que las poblaciones rurales manejan sus desechos. Diversos estudios como Manejo adecuado de los residuos sólidos apoyados con las TIC (Lemus et al., 2018) y Manejo de Residuos Sólidos (Bermúdez Medina, 1999), han demostrado que los programas de capacitación enfocados en la gestión de residuos sólidos pueden tener un impacto positivo en la salud pública y en la sostenibilidad ambiental.

El marco conceptual de este artículo se fundamenta en la relación entre educación ambiental y prácticas sostenibles para la gestión de residuos, abordando tanto los aspectos técnicos como sociales. En el caso de Joá, se implementó un programa que combina capacitación comunitaria con la instalación de herramientas básicas, como contenedores separadores de residuos. Esta intervención busca ser un modelo replicable en otras comunidades rurales con características socioeconómicas similares, destacando la importancia de un enfoque integrado que contemple tanto la concientización educativa como el suministro de herramientas físicas para la implementación de prácticas más sostenibles.

El objetivo de este artículo es evaluar el impacto de las capacitaciones sobre el manejo de residuos hidrosanitarios en la comunidad de

Joá, y cómo estas contribuyen a la adopción de prácticas sostenibles. A través de un enfoque cuantitativo-descriptivo, este estudio analiza el nivel de conocimiento adquirido por la comunidad, la efectividad de los materiales educativos utilizados y las primeras respuestas observadas tras la instalación de contenedores para la separación de residuos (Rojas et al., 2015). Los resultados obtenidos buscan sentar las bases para futuras investigaciones sobre la viabilidad de este tipo de intervenciones en otras comunidades rurales de Ecuador y América Latina.

Materiales y métodos

Diseño del Estudio. El presente estudio se basa en un enfoque cuantitativo y descriptivo, que tuvo como objetivo evaluar el nivel de conocimiento y las prácticas de manejo de residuos hidrosanitarios en la comuna ancestral de Joá, Jipijapa, Manabí. Para abordar esta investigación, se optó por la aplicación de encuestas y entrevistas semiestructuradas a los pobladores, complementadas con un análisis estadístico descriptivo de los datos obtenidos. La elección de este enfoque permitió obtener una visión clara sobre la situación actual y las necesidades en términos de educación y prácticas sostenibles en la gestión de residuos hidrosanitarios en la comunidad.

Población y Muestra. La población objetivo fueron los habitantes de la comuna de Joá, de los cuales se seleccionó una muestra de 72 personas para la aplicación de encuestas y 90 personas para las entrevistas. La selección de los participantes se realizó de manera no probabilística, buscando incluir a individuos representativos de la comunidad, con un rango de edad variado y diferentes niveles de involucramiento en las prácticas de gestión de residuos hidrosanitarios.

Recolección de Datos. Se emplearon dos instrumentos para la recolección de datos: encuestas estructuradas y entrevistas semiestructuradas. Las encuestas fueron diseñadas para evaluar el conocimiento, las fuentes de información, la disposición a participar en capacitaciones y las prácticas actuales relacionadas con el manejo de residuos hidrosanitarios. Las preguntas abordaron temas como la separación de residuos, el uso de contenedores adecuados, y la percepción sobre

la importancia de la capacitación. Las entrevistas, por otro lado, se centraron en profundizar la comprensión sobre las percepciones y actitudes de los pobladores hacia la gestión de residuos, así como en identificar las barreras y oportunidades para la implementación de prácticas sostenibles. Ambos instrumentos fueron validados mediante un pretest aplicado a un pequeño grupo de pobladores.

Análisis de los Datos. Los datos de las encuestas fueron procesados y analizados utilizando el software estadístico SPSS, aplicando un análisis descriptivo para calcular medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar). Este análisis permitió identificar patrones en el conocimiento y las prácticas de la comunidad, así como variaciones significativas en las respuestas de los encuestados. En cuanto a las entrevistas, se realizó un análisis de contenido cualitativo para clasificar las respuestas en categorías temáticas clave, tales como “percepción sobre el manejo actual de residuos”, “disposición para participar en programas de capacitación” y “recomendaciones para mejorar la gestión de residuos”. Estas categorías permitieron interpretar las barreras estructurales y culturales que enfrenta la comunidad en la adopción de prácticas sostenibles.

Justificación. La elección de encuestas y entrevistas semiestructuradas se fundamenta en la necesidad de obtener tanto datos cuantitativos que permitan describir las prácticas y conocimientos actuales de los habitantes, como datos cualitativos que ofrezcan una comprensión más profunda de las percepciones y actitudes hacia la gestión de residuos hidrosanitarios. El análisis estadístico descriptivo facilitó una evaluación objetiva de los resultados, mientras que el análisis cualitativo aportó un contexto relevante para interpretar la disposición de la comunidad hacia las prácticas sostenibles.

Contenido y desarrollo de capacitación. La salud pública y el bienestar ambiental de nuestras comunidades dependen de la gestión adecuada de los residuos hidrosanitarios. Transformar los principios de una sociedad como la nuestra, donde lo primordial es el avance económico y donde la solidaridad todavía no tiene un rol significativo,

resulta una labor difícil. Sin embargo, la oportunidad de una transformación se encuentra en la educación y en la información. Aquí es importante la Educación Ambiental y es responsabilidad de todos los educadores ambientales divulgar los problemas ambientales, informar sobre las repercusiones de nuestras acciones diarias, así como de la administración, que, en este escenario, se está realizando en las administraciones, industrias, empresas y organizaciones no gubernamentales (Ponte de Chacín, 2008). En la localidad de Joá, la falta de manejo adecuado de los desechos ha provocado problemas importantes, como la contaminación del suelo y el agua, así como la propagación de enfermedades. El objetivo de este programa de concientización es educar a los residentes sobre las mejores prácticas para el manejo de desechos hidrosanitarios, al mismo tiempo que fomenta comportamientos sostenibles y responsables. Buscamos empoderar a la comunidad con el conocimiento y las herramientas necesarias para mejorar su entorno y calidad de vida a través de este programa.

Las actividades realizadas en las charlas y capacitaciones sobre el manejo adecuado de residuos hidrosanitarios, como parte del programa de concientización desarrollado en la comunidad se enmarcaron en el objetivo de mejorar las prácticas de gestión de residuos en la comunidad, promoviendo un ambiente más saludable y sostenible.

Objetivos de la Capacitación:

- Sensibilizar a los miembros de la comunidad sobre la importancia del manejo adecuado de residuos hidrosanitarios.
- Proporcionar conocimientos y técnicas para la correcta gestión de residuos hidrosanitarios.
- Promover la participación activa de la comunidad en la implementación de prácticas sostenibles.

Desarrollo de la Charla y Capacitación:

La capacitación se llevó a cabo a través de una combinación de charlas informativas, dinámicas e interactivas. Se utilizó material edu-

cativo previamente desarrollado que incluye folletos, presentaciones multimedia y guías prácticas. Se presentaron los conceptos básicos y la importancia del manejo adecuado de residuos hidrosanitarios.

Los temas que se impartieron a la comunidad fueron tratados de manera clara y apropiada para el completo entendimiento de los pobladores presentes, estos temas fueron abarcados de manera técnica y relevante con el fin de profundizar los mismo y que estos sean adquiridos de manera positiva, los mismos fueron los siguientes:

- Definición de Residuos Hidrosanitarios
- Impactos del Manejo Inadecuado de Residuos Hidrosanitarios
- Prácticas de Manejo Adecuado de Residuos Hidrosanitarios
- Reciclaje y Reutilización
- Normativas y Legislación



Figura 1. Charla y capacitación por parte del equipo del área de Vinculación a la comunidad
Nota: UNESUM(2024).



Figura 2. Material educativo, triptico.
Nota: elaboración propia



Figura 3. Material educativo, triptico.
Nota: elaboración propia.



Figura 4. Material educativo, folleto.
 Nota: elaboración propia.

Implementación y Entrega de Materiales. Luego de haber impartido las charlas y una capacitación adecuada se realizó la entrega de tres juegos de tachos separadores de residuos sólidos a la presidenta de la comuna, en presencia de otros pobladores. Estos contenedores serán distribuidos estratégicamente en la comunidad con el propósito de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante las charlas. El objetivo de esta implementación es facilitar la separación adecuada de residuos (orgánicos, reciclables y no reciclables) por parte de los residentes, promoviendo la adopción de prácticas sostenibles.

Los contenedores serán utilizados como una herramienta educativa para reforzar los conceptos impartidos durante las capacitaciones, permitiendo a los habitantes aplicar directamente las técnicas aprendidas sobre la gestión de residuos. Esta fase es clave para evaluar, en un futuro, cómo la comunidad asimila y aplica los conocimientos adquiridos sobre la correcta disposición de los residuos.



Figura 5. Entrega de tachos separadores de residuos sólidos a la comuna
Nota: UNESUM(2024).

Resultados y discusión

Diagnóstico y evaluación inicial

La figura 6 muestra la ubicación exacta de comuna ancestral de Joá, misma que está situada a 5 km al sureste de la cabecera cantonal de Jipijapa, en la provincia de Manabí, Ecuador. Esta proximidad geográfica a la zona urbana de Jipijapa, junto con su carácter rural, influye en las dinámicas de desarrollo y en los desafíos de infraestructura que enfrenta la comunidad.



Figura 6. Ubicación geográfica, comuna de Joá.
Nota: elaborado en QGIS a partir de datos recolectados.

Resultados de encuestas

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de una encuesta realizada a los pobladores de la comuna ancestral de Joá, aplicada a una muestra de 72 personas. Además, se muestra la gráfica de medidas de tendencia central y dispersión. Los datos de las encuestas fueron tabulados y analizados utilizando el software SPSS para un análisis estadístico descriptivo.

La tabla 1 presenta las medidas estadísticas descriptivas (media, mediana y desviación estándar) para las respuestas a las preguntas de la encuesta aplicada a los 72 pobladores de la comuna ancestral de Joá. Las preguntas abordaron temas relacionados con el conocimiento y manejo de residuos hidrosanitarios.

La gráfica 1 muestra las medias, medianas y desviaciones estándar para cada pregunta, proporcionando una visión clara de la tendencia y la dispersión de las respuestas.

Tabla 1.
Estadística relacionada a la encuesta

		Estadística relacionada a la encuesta						
		P. 1	P. 2	P. 3	P. 4	P. 5	P. 6	P. 7
N	Válido	72	72	72	72	72	72	72
	Media	1,43	1,59	3,05	1,36	1,13	2,54	2,16
	Mediana	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	3,00	2,00
	Desv. estándar	0,49	0,49	1,59	0,56	0,34	0,71	0,78

Nota: elaboración propia

Base de datos, información propia. Vinculación 2024

Interpretación de las Medidas Descriptivas:

Media:

- Pregunta 1 (P.1): Media de 1.43. La mayoría de los encuestados conoce cómo manejar adecuadamente los residuos hidrosanitarios.
- Pregunta 2 (P.2): Media de 1.59. Hay un acceso moderado a la información sobre el manejo de residuos.
- Pregunta 3 (P.3): Media de 3.05. La información se obtiene de diversas fuentes, con una tendencia hacia instituciones educativas.
- Pregunta 4 (P.4): Media de 1.36. Los encuestados consideran importante la capacitación.
- Pregunta 5 (P.5): Media de 1.13. La mayoría está dispuesta a participar en capacitaciones.
- Pregunta 6 (P.6): Media de 2.54. Se prefieren los folletos y videos como materiales educativos.
- Pregunta 7 (P.7): Media de 2.16. Las prácticas actuales incluyen la separación de residuos.

Mediana:

- La mediana para las preguntas 1, 4 y 5 es 1, indicando una fuerte concentración de respuestas positivas.
- Para la pregunta 3, la mediana es 2, reflejando una diversidad de fuentes de información.

- La mediana de la pregunta 6 es 3, sugiriendo una preferencia por charlas educativas.
- Para la pregunta 7, la mediana es 2, mostrando que la separación de residuos es la práctica más común.
- Desviación Estándar:
 - La desviación estándar más alta se encuentra en la pregunta 3 (1.59), indicando una alta variabilidad en las fuentes de información.
 - La desviación estándar más baja es para la pregunta 5 (0.34), mostrando alta consistencia en la disposición a participar en capacitaciones.
 - Las demás preguntas tienen desviaciones estándar moderadas, sugiriendo cierta variabilidad en las respuestas.

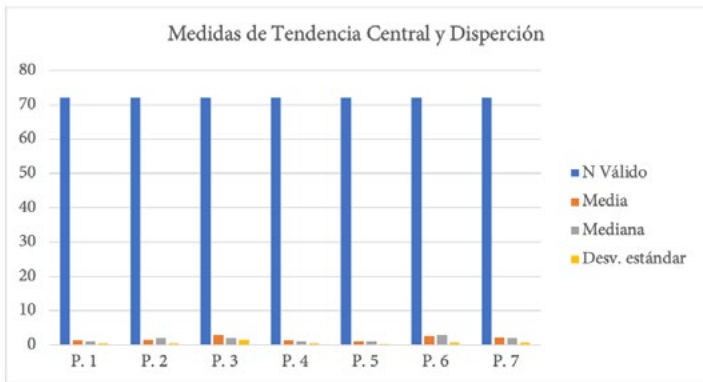


Figura 7. Gráfica relacionada a la percepción de la encuesta
Nota: elaboración propia
Base de datos, información propia.
Vinculación 2024

Interpretación de la Figura:

Medias y Medianas:

- Las barras de media y mediana permiten comparar la tendencia central de las respuestas.

- La media y mediana de la pregunta 3 son las más altas, indicando una diversidad de fuentes de información.
- Las preguntas 1, 4 y 5 tienen medias y medianas bajas, reflejando una alta proporción de respuestas afirmativas y una disposición a participar en capacitaciones.

Desviación Estándar:

- Las barras de desviación estándar muestran la dispersión de las respuestas.
- La pregunta 3 tiene la mayor dispersión, sugiriendo diferentes experiencias en la obtención de información.
- La pregunta 5 tiene la menor dispersión, indicando respuestas muy consistentes.

En resumen, la mayoría de los pobladores de la comuna ancestral de Joá tiene conocimiento sobre el manejo adecuado de residuos hidro-sanitarios, aunque el acceso a la información varía, siendo las instituciones educativas la fuente más mencionada. La capacitación es considerada importante y hay una alta disposición a participar en talleres. Los materiales educativos más valorados son las charlas, seguidas de folletos y videos.

Actualmente, la separación de residuos es la práctica más común, aunque existe variabilidad en las prácticas, lo que resalta la necesidad de unificar y mejorar la gestión de residuos en la comunidad. Además, los moradores de la comuna expresaron la necesidad de mejorar las calles, implementar un sistema de alcantarillado, instalar contenedores de basura comunitarios, recibir capacitación en el manejo adecuado de desechos, aumentar la frecuencia de recolección de residuos sólidos por parte del municipio de Jipijapa, y la implementación de biodigestores.

Resultados de las entrevistas

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de una entrevista realizada a los pobladores de la comuna ancestral de Joá, aplicada a una muestra de 90 personas. Además, se muestra la gráfica de medidas de tendencia central y dispersión. Los datos de las encuestas fueron tabulados y analizados utilizando el software SPSS para un análisis estadístico descriptivo.

La tabla 2 presenta los resultados estadísticos descriptivos de una entrevista realizada a 90 habitantes de la comuna ancestral de Joá.

La figura 8 complementa la información de la tabla mostrando visualmente las medidas de tendencia central y dispersión para cada pregunta.

Tabla 2.
Estadística relacionada a la entrevista

		Estadística relacionada a la entrevista						
		P. 1	P. 2	P. 3	P. 4	P. 5	P. 6	P. 7
N	Válido	90	90	90	90	90	90	90
	Media	3,63	4,46	1,63	3,37	1,82	3,35	2,16
	Mediana	3,50	5,00	2,00	3,00	1,00	2,00	2,00
	Desv. estándar	2,07	2,41	0,48	1,39	1,09	2,17	0,89

Nota: elaboración propia. Base de datos, información propia. Vinculación 2024

Interpretación de las Medidas Descriptivas:

- Percepción sobre el manejo actual de residuos hidrosanitarios en la comunidad

Media: 3.63

Mediana: 3.50

Desviación estándar: 2.07

La percepción general sobre el manejo de residuos hidrosanitarios muestra una media de 3.63, con una mediana ligeramente inferior de 3.50, indicando una tendencia central alrededor de “Regular, se necesita más conocimiento” y “Falta de capacitación”. La desviación estándar de 2.07 sugiere una variabilidad moderada en las respuestas.

- Medidas efectivas para mejorar el manejo de residuos hidrosanitarios

Media: 4.46

Mediana: 5.00

Desviación estándar: 2.41

La medida más efectiva percibida tiene una media de 4.46 y una mediana de 5.00, indicando que las acciones como “Implementar un sistema de alcantarillado” y “Campañas de concientización” son las más destacadas. La variabilidad en las respuestas es más alta, como lo muestra la desviación estándar de 2.41.

- Participación en programas de capacitación

Media: 1.63

Mediana: 2.00

Desviación estándar: 0.48

La mayoría de los encuestados no ha participado en programas de capacitación, con una media de 1.63 y una mediana de 2.00. La baja desviación estándar de 0.48 indica respuestas bastante consistentes en esta categoría.

- Apoyo o recursos necesarios para un programa efectivo de manejo de residuos hidrosanitarios

Media: 3.37

Mediana: 3.00

Desviación estándar: 1.39

Los recursos considerados más necesarios incluyen “Personal capacitado para realizar capacitaciones” y “Apoyo del Gad Municipal”, con una media de 3.37 y una mediana de 3.00. La desviación estándar de 1.39 indica cierta variabilidad en las opiniones.

- Disposición de la comunidad para participar en actividades de concientización

Media: 1.82

Mediana: 1.00

Desviación estándar: 1.09

La disposición para participar en actividades de concientización muestra una media de 1.82, con la mayoría de los encuestados indicando una “Completa disposición para participar”. La variabilidad es moderada con una desviación estándar de 1.09.

- Recomendaciones para el desarrollo del programa de concientización

Media: 3.35

Mediana: 2.00

Desviación estándar: 2.17

Las recomendaciones específicas se centran en “Capacitación” y “Explicación de la información de manera concreta y puntual”, con una media de 3.35 y una mediana de 2.00. La alta desviación estándar de 2.17 refleja una amplia gama de recomendaciones.

- Normativa local y su aplicación

Media: 2.16

Mediana: 2.00

Desviación estándar: 0.89

Respecto a la existencia de normativa local, las respuestas están divididas, con una media de 2.16 y una mediana de 2.00. La desviación estándar de 0.89 indica respuestas bastante consistentes.

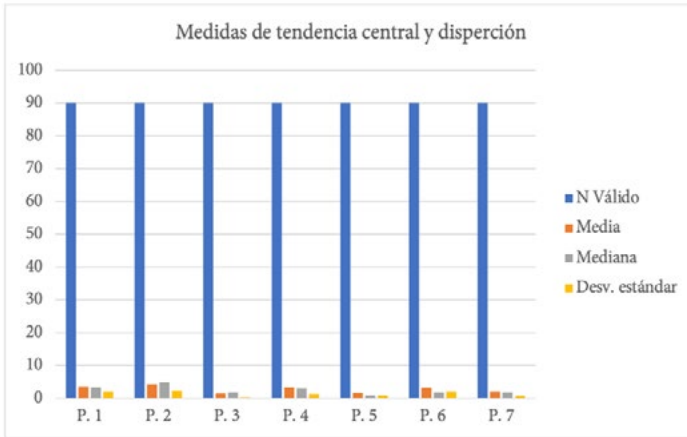


Figura 8. Gráfica relacionada a la percepción de la encuesta

Nota: elaboración propia
Base de datos, información propia. Vinculación 2024

Interpretación de la Figura:

- Pregunta 1: la percepción sobre el manejo actual de residuos muestra una distribución amplia con una mayor concentración en las respuestas “Regular, se necesita más conocimiento” y “Falta de capacitación”.
- Pregunta 2: las medidas efectivas presentan una dispersión notable, con un pico en “Implementar un sistema de alcantarillado” y “Campañas de concientización”.
- Pregunta 3: la participación en programas de capacitación tiene un claro predominio de respuestas negativas, con pocas personas habiendo participado en dichos programas.
- Pregunta 4: las opiniones sobre los recursos necesarios son variadas, pero destacan “Personal capacitado para realizar capacitaciones” y “Apoyo del Gad municipal”.

- Pregunta 5: la disposición para participar en actividades de concientización es mayormente positiva.
- Pregunta 6: las recomendaciones son diversas, con un énfasis en la capacitación y la puntualización de la información.
- Pregunta 7: la percepción sobre la normativa local muestra una ligera inclinación hacia la existencia de normativas, pero también una falta de conocimiento o ausencia de las mismas.

En síntesis, las entrevistas muestran una actitud desfavorable hacia el manejo actual de los desechos hidrosanitarios en la comunidad de Joá, lo que indica que se necesitan mejoras en la infraestructura y la estructura organizacional. Siempre y cuando se proporcionen los recursos necesarios, hay un interés significativo en participar en programas de concientización. Las recomendaciones se enfocan en la educación, la infraestructura adecuada y los cambios en la gestión comunitaria. Los residentes han enfatizado la necesidad de mejorar las vías públicas, establecer un sistema de alcantarillado, contar con contenedores de basura comunitarios, disponer de vehículos de recolección de desechos sólidos y establecer biodigestores, aunque actualmente estos últimos no son factibles debido a la falta de financiamiento. Estas conclusiones destacan la importancia de un enfoque integrado que aborde tanto la infraestructura física como la educación y concientización comunitaria para mejorar la gestión de residuos hidrosanitarios en la comunidad.

Implementación de prácticas y aplicación de conocimientos

Las capacitaciones y charlas realizadas en la comuna de Joá cumplieron con los objetivos de sensibilización y educación sobre el manejo adecuado de residuos hidrosanitarios. Tras los talleres prácticos y la sesión informativa, se logró una participación activa de los pobladores, quienes demostraron un alto interés y compromiso. Para poner en práctica los conocimientos adquiridos durante las capacitaciones, se implementaron acciones concretas de gestión de residuos en la co-

munidad. El uso de materiales educativos como folletos, diapositivas y videos facilitó la comprensión de los temas tratados. Entre estos, las charlas interactivas fueron las preferidas, ya que permitieron a los participantes hacer preguntas y recibir aclaraciones en tiempo real, lo que reforzó los conceptos clave sobre la separación de residuos y el uso de contenedores adecuados (UNESUM, 2024).

Como parte de estas acciones, se entregaron tres juegos de tachos separadores de residuos sólidos a la presidenta de la comuna, con la participación de varios pobladores. La entrega de estos contenedores marcó un paso importante hacia la aplicación de prácticas sostenibles, permitiendo que la comunidad comience a separar adecuadamente los residuos sólidos, alineándose con los temas discutidos en las capacitaciones. La colocación estratégica de los tachos busca fomentar la adopción de buenas prácticas de gestión de residuos y que los pobladores evidencien, mediante acciones cotidianas, los conocimientos adquiridos sobre la separación adecuada de residuos (UNESUM, 2024).

Esta implementación práctica fue bien recibida por la comunidad y se espera que contribuya significativamente a mejorar las prácticas de gestión de residuos en la comuna. Aunque no se ha realizado aún una evaluación formal post-capacitación, se ha observado que los residentes han comenzado a usar los tachos para separar residuos, lo que indica una disposición positiva hacia la adopción de nuevas prácticas.

El impacto inicial de la entrega de los tachos separadores refleja la efectividad de combinar la educación teórica con la implementación de herramientas prácticas, facilitando un entorno propicio para que la comunidad transforme su conocimiento en acciones sostenibles. Este enfoque no solo refuerza los conceptos aprendidos durante las charlas, también establece un mecanismo visible para evaluar, en el futuro, cómo los pobladores implementan estas nuevas prácticas.

Conclusiones

Este estudio sobre el manejo adecuado de residuos hidrosanitarios en la comuna ancestral de Joá ha demostrado que la educación y

concientización son elementos esenciales para fomentar prácticas sostenibles en comunidades rurales. Los resultados obtenidos tras las encuestas, entrevistas y capacitaciones permiten establecer conclusiones importantes que contribuyen tanto al desarrollo comunitario como a la gestión ambiental.

Las capacitaciones impartidas lograron aumentar significativamente el nivel de conocimiento sobre el manejo adecuado de residuos en la comunidad. La alta participación y el compromiso demostrado por los habitantes reflejan la efectividad de un enfoque educativo basado en la combinación de charlas, talleres prácticos y material educativo interactivo. La entrega e instalación de contenedores separadores de residuos sólidos permitirá poner en práctica los conocimientos adquiridos durante las capacitaciones, facilitando la separación adecuada de residuos en la comunidad. Aunque no se ha realizado aún una evaluación post-capacitación formal, las observaciones iniciales muestran una disposición positiva hacia la adopción de prácticas sostenibles, lo que indica un impacto directo de las actividades educativas.

A pesar del avance en la concientización, las entrevistas revelaron que la comunidad de Joá enfrenta desafíos estructurales, como la falta de un sistema de alcantarillado y la insuficiente recolección de residuos. Para garantizar el éxito a largo plazo de estas prácticas sostenibles, es fundamental contar con mejoras en la infraestructura y mayor apoyo institucional por parte de las autoridades locales.

Este trabajo ha sentado las bases para futuros estudios que evalúen el impacto a largo plazo de las capacitaciones y la implementación de los contenedores. Se recomienda realizar una evaluación post-capacitación que cuantifique el nivel de adopción de las prácticas enseñadas y explore nuevas formas de optimizar la gestión de residuos en la comunidad. Además, investigaciones futuras deberían centrarse en la eficacia de los programas educativos en otras comunidades rurales, comparando resultados y adaptando los enfoques metodológicos a las particularidades locales.

Uno de los principales desafíos de este estudio fue la falta de una evaluación formal posterior a la capacitación que permitiera medir cuantitativamente el impacto a largo plazo. Si bien se observó una respuesta positiva inicial hacia la implementación de las prácticas de separación de residuos, es necesario un seguimiento continuo para garantizar que estas prácticas sean sostenibles y se mantengan en el tiempo. Además, la falta de infraestructura adecuada en la comunidad limita el potencial completo de las mejoras propuestas, subrayando la importancia de un enfoque integral que abarque tanto la educación como las mejoras físicas.

Referencias

- Aguilar-Botia, K., Hernández-Botia, F., y González-Santos, W. (2023). Manejo de residuos sólidos en entornos rurales. Estudio de caso: Mongua, Boyacá. *Pensamiento y Acción*, (34), 2-15. <https://doi.org/10.19053/01201190.n34.2023.15371>
- Bermúdez Medina, C. (1999). Manejo de Residuos Sólidos. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 8, 135-144.
- Lemus, A., Niño, E., Castilla, E., Herrera, J., Castrillo, L., Montes, N., y Castillo, I. (2018). Manejo adecuado de los residuos sólidos apoyados con las TIC. *CULTURA. EDUCACIÓN Y SOCIEDAD*, 9(2), 95-105.
- Organización Panamericana de la Salud. (2024). Agua y Saneamiento. <https://lc.cx/71sIch>
- Ponte de Chacín, C. (2008). Manejo integrado de residuos sólidos: Programa de reciclaje. *Revista de Investigación*, 32(63), 173-200.
- Rico Torregrosa, A., y Jiménez Caicedo, J. (2018). Educación Ambiental para el adecuado manejo de los residuos sólidos. *Cultura. Educación y Sociedad*, 9(3), 281-290. <http://dx.doi.org/10.17981/cultedusoc.9.3.2018.32>
- Rojas Carmona, A., Rodríguez Bolaños, R., Álamo Hernández, U., Pacheco Magaña, L., Treviño Siller, S., y Márquez Serrano, M. (2015). Experiencia de participación comunitaria para el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos en México. *Promoción de la Salud Mundial*, 22(2), 96-106. <https://doi.org/10.1177/1757975914543576>
- Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, F., Contreras, E., y Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Naciones Unidas.
- Universidad Estatal del Sur de Manabí. (2024, 26 de agosto). #IngenieríaCivil Proyecto de Vinculación [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=f9zXqNVckoo>

Universidad Estatal del Sur de Manabí. (2024, 01 de octubre). La Carrera de Ingeniería Civil de la UNESUM entregó contenedores en la Comuna Joa [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=kCOOA8Wur3s>

Manuel Octavio Cordero Garcés

Universidad Estatal del Sur de Manabí | Portoviejo | Ecuador
manuel.cordero@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4709-5874>
Ingeniero Civil, Mg.Sc.

Luiggis Alexander Ceballos Baquerizo

Universidad Estatal del Sur de Manabí | Jipijapa | Ecuador
ceballos-luiggis6819@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-3239-058X>
Ingeniero Civil.

Angelica Marena Plúa Ponce

Universidad Estatal del Sur de Manabí | Jipijapa | Ecuador
angelica.plúa@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-3101-7285>
Ingeniero Civil, Mg.Sc.

Glider Nunilo Parrales Cantos

Universidad Estatal del Sur de Manabí | Jipijapa | Ecuador
glider.parrales@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2233-8825>
Ingeniero Civil, Mg.Sc.,
Ingeniero Civil, Mg.Sc.

Denny Augusto Cobos Lucio

Universidad Estatal del Sur de Manabí | Jipijapa | Ecuador
denny.cobos@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2094-9689>
Ingeniero Civil, Mg.Sc.

Education and Sustainable Practices for the Management of Wastewater Residues in Rural Communities: Case Study of Joá, Manabí**Abstract**

This study analyzes the management of wastewater residues in the ancestral community of Joá, Manabí, starting with a baseline assessment that measured the population's knowledge through surveys and interviews with residents. The data obtained were analyzed using SPSS software, applying a descriptive statistical analysis to evaluate the community's prior knowledge of waste management. Based on these results, a training program was implemented to raise awareness about proper wastewater management and promote sustainable practices. Subsequently, waste separation bins were distributed in the community, facilitating the practical application of the knowledge acquired. The results showed an improvement in participants' knowledge and a positive attitude toward the adoption of good practices, although structural challenges persist that require monitoring and infrastructure improvements to ensure the sustainability of the interventions.

Keywords: Wastewater residues; Waste management; Sustainable practices; Environmental education; Rural communities.

Educação e práticas sustentáveis para a gestão de resíduos de saneamento em comunidades rurais: estudo de caso Joá, Manabí

Resumo

Este estudo analisa a gestão de resíduos sanitários na comuna ancestral de Joá, Manabí, partindo de uma linha de base que mediu o conhecimento da população por meio de pesquisas e entrevistas com moradores. Os dados obtidos foram analisados usando o software SPSS, aplicando uma análise estatística descritiva para avaliar o nível de conhecimento prévio sobre o gerenciamento de resíduos. Com base nesses resultados, foi implementado um programa de treinamento para aumentar a conscientização da comunidade sobre o gerenciamento adequado de resíduos sanitários e promover práticas sustentáveis. Posteriormente, foram distribuídas lixeiras separadoras de resíduos na comunidade, facilitando a aplicação prática do conhecimento adquirido. Os resultados indicaram uma melhoria no conhecimento dos participantes e uma disposição positiva em relação à adoção de boas práticas, embora persistam desafios estruturais que exigem acompanhamento e melhorias na infraestrutura para garantir a sustentabilidade das intervenções.

Palavras-chave: Resíduos sanitários; Gestão de resíduos; Práticas sustentáveis; Educação ambiental; Comunidades rurais.

El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en
contextos regionales (Vol. II)

Religación Press
[Ideas desde el Sur Global]



Religación
Press

ISBN: 978-9942-594-66-2

