

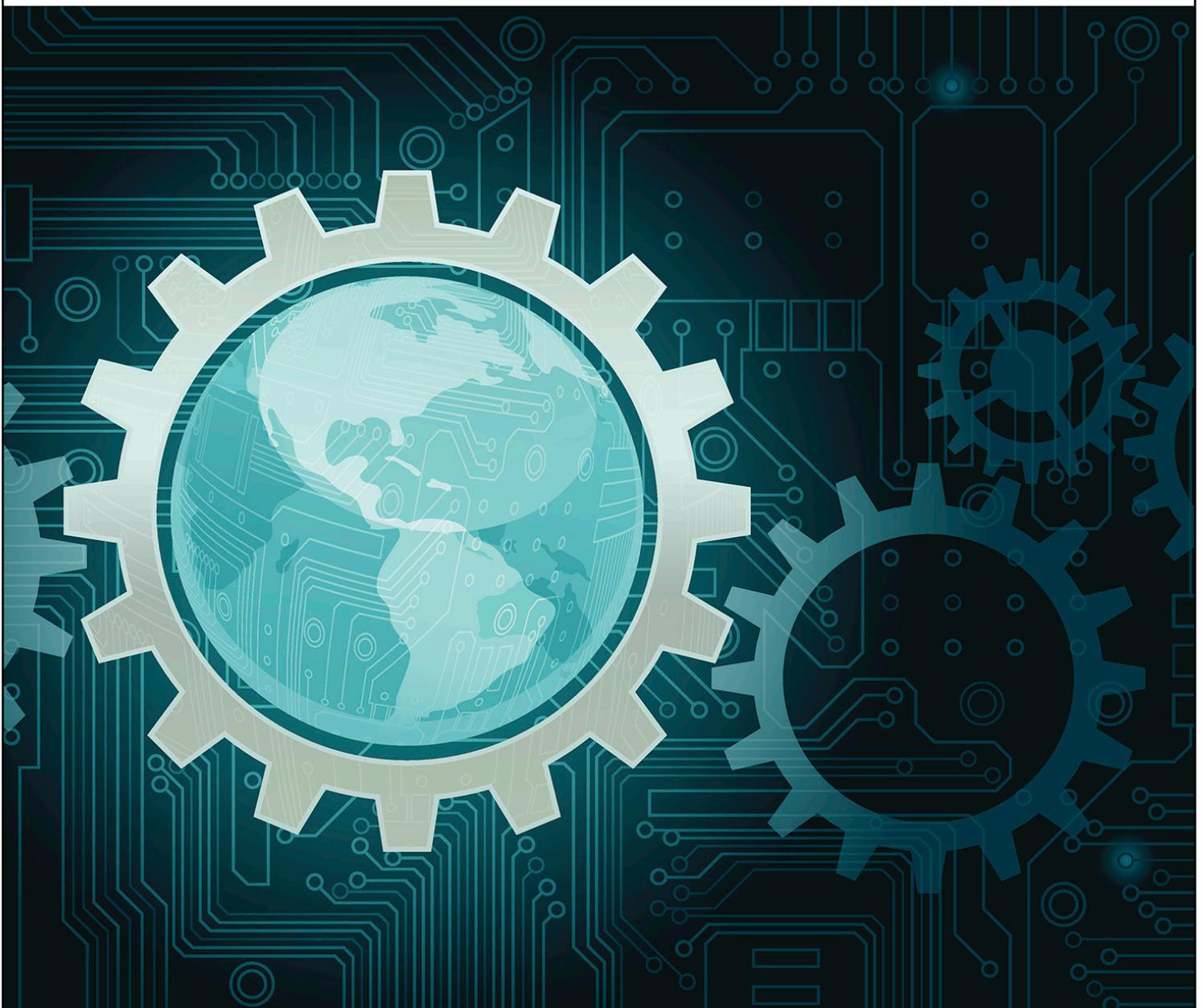
ISSN: 2683-1597



Project Design and Management

Julio - Diciembre, 2024

VOL. 6 NÚM. 2



<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

EQUIPO EDITORIAL / EDITORIAL TEAM / EQUIPA EDITORIAL

Editor Jefe / Editor in chief / Editor Chefe

Luis Alonso Dzul López. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Roberto Alvarez. Universidad de Buenos Aires, Argentina

Editores Asociados / Associate Editors / Editores associados

Alina Eugenia Pascual Barrera. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Ernesto Bautista Thompson. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Gerardo Méndez Mezquita. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Lazaro Cremades Oliver. Universidad Politécnica de Cataluña

José del Carmen Zavala Loría. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Santos Gracia Villar. Universidad Europea del Atlántico

Secretaria / Secretary / Secretário

Beatriz Berrios Aguayo. Universidad de Jaén, España

Consejo Científico Internacional / International scientific committee / Conselho científico internacional

Miguel Angel López Flores Instituto Politécnico Nacional, México

Brenda Brabo Diaz. Instituto Politécnico Nacional, México

Lázaro Cremades. Universidad Politécnica de Cataluña, España

Fermín Ferriol Sánchez. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Miguel Ysrrael Ramírez Sánchez, Universidad Internacional Iberoamericana, México

Armando Anaya Hernández. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Ramón Pali Casanova. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Jorge Crespo. Universidad Europea del Atlántico, España

María Luisa Sámano, Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España

Carmen Varela. Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España

Alejandro Ruiz Marín, Universidad Autónoma del Carmen, México

Asteria Narváez García. Universidad Autónoma del Carmen, México

Ricardo Armando Barrera Cámara. Universidad Autónoma del Carmen, México

Claudia Gutiérrez Antonio. Universidad Autónoma de Querétaro, México

Felipe André Angst. Universidad Católica de Mozambique, Mozambique

Luis Borges Gouveia. Universidade Fernando Pessoa, Portugal

Rodrigo Florencio da Silva. Instituto Politécnico Nacional, México.

Charles Ysaacc da Silva Rodrigues. Universidad de Guanajuato, México.

Patrocinadores:

Funiber - Fundación Universitaria Iberoamericana

Universidad internacional Iberoamericana. Campeche (México)

Universidad Europea del Atlántico. Santander (España)

Universidad Internacional Iberoamericana. Puerto Rico (EE. UU)

Universidade Internacional do Cuanza. Cuito (Angola)

Colaboran:

Centro de Investigación en Tecnología Industrial de Cantabria (CITICAN)

Grupo de Investigación IDEO (HUM 660) - Universidad de Jaén

Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de Campeche (CITTECAM) – México

SUMARIO ● SUMMARY ● RESUMO

- Editorial5

- Creación y validación de una herramienta para identificar conocimientos, actitudes y prácticas de Inteligencia Competitiva en Microempresarios7
Creation and validation of a tool to identify knowledge, attitudes and practices of Competitive Intelligence in Microentrepreneurs
Julio César Urueta Atencio, Jon Arambarri Basanez, José Luis Ajuria Foronda. Universidad Internacional Iberoamericana, Colombia / Universidad Europea del Atlántico, España / Naivan Transformados Metálicos S.L., España.

- Factores críticos de éxito del World Class Manufacturing en la industria automotriz mexicana: Un análisis a través de modelos de ecuaciones estructurales26
Critical success factors of World Class Manufacturing in the mexican automotive industry: An analysis through structural equation models
Oscar Antonio Silva Sprock, Roberto Chang López. Universidad Internacional Iberoamericana, México / Universidad Tecnológica Centroamericana/Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras.

- La eficacia de la PMO en la gestión de proyectos: evidencia empírica del entorno empresarial en Santiago, Republica Dominicana 50
The effectiveness of PMO in project management: empirical evidence from the business environment in Santiago, Dominican Republic
Carlos Luis Suriel Roque, Elizabeth Caro Montero. Universidad Internacional Iberoamericana, República Dominicana / Universidad Europea del Atlántico, España.

- Propuesta de diseño de un modelo de madurez para proyectos de desarrollo e impacto social basado en prácticas globales consolidadas 68
Proposal for the design of a maturity model for development and social impact projects based on consolidated global practices
Diego Fernando Rojas Escobar. Universidad Internacional Iberoamericana, México.

- Desafíos y obstáculos para la transformación de Juazeiro do Norte en una ciudad inteligente 86
Challenges and obstacles to transformation of Juazeiro do Norte into a smart city
Antônio Soares Barros. Unyleya, Brasil.

- El sistema tendinoso y la evolución de su tecnología constructiva: una revisión 101
The tendon system and the evolution of its construction technology: a review
Pedro Pablo Magaña Herrera, Débora Libertad Ramírez Vargas. Universidad del Valle, Colombia / Universidad Internacional Iberoamericana, México.

- Análisis comparativo de políticas de responsabilidad social empresarial en el sector petrolero de América Latina 118
Comparative analysis of corporate social responsibility policies in the oil sector of Latin America
Germán Castro Bernal, Jaime N. Borda Valderrama. Universidad Internacional Iberoamericana, Colombia / Universidad Internacional de Valencia, España.

- Formulación de un nuevo sistema de gestión de seguridad eléctrica y la evaluación de su impacto mediante un estudio de caso en la gran minería de Chile 134
Formulation of a new electrical safety management system and assessment of its impact through a case study in Chilean large-scale mining
Ronaldo Humberto López Serrazina, Jaime Jiménez ayala, Joaquin Catalá Alis.
Universitat Politècnica de València, España.

Editorial

El presente número de Project Design & Management consolida en un marco multidisciplinario la investigación académica y científica de nuestros colaboradores en el diseño, desarrollo, implementación y validación de herramientas e instrumentos aplicables en el desarrollo empresarial, de proyectos integrados y de ingeniería. La innovación en el desarrollo científico-tecnológico es un rasgo fundamental reflejado de los principales objetivos de la revista como parte de sus líneas de investigación y divulgación. Esta nueva edición presenta nueve artículos seleccionados por su contenido en innovación tecnológica y metodología implementada por los autores para su publicación. Las principales investigaciones corresponden a la disciplina de gestión y desarrollo empresarial integrando metodologías de optimización en las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO por sus siglas en inglés) y la propuesta de diseño para proyectos bajo prácticas globales consolidadas que permitirá un funcionamiento eficaz que mantiene un impacto social adecuado. Las investigaciones que reflejan técnicas y métodos ingenieriles versátiles e innovadores destacan los desafíos y obstáculos que pueden presentarse en la transición tecnológica de ciudades tradicionales a ciudades inteligentes. Dentro de las investigaciones ingenieriles, tecnológicas y multidisciplinarias, esta nueva edición presenta la integración de temas constructivos de la ingeniería civil con métodos que conserven el medio ambiente y reducir los impactos negativos en los ecosistemas, mediante el desarrollo de elementos constructivos con los residuos de construcción de diversas edificaciones. Se presenta el uso eficaz de la metodología BIM bajo un escenario futurista de nueva tendencia para desarrollar proyectos de infraestructura inteligente implementado en infraestructura hospitalaria. En una transición de disciplinas empresariales, políticas sociales e ingeniería minera se presenta un análisis comparativo de políticas aplicadas al sector petrolero de América Latina y la propuesta de un sistema de seguridad eléctrico que optimizará la producción minera.

El primer artículo presenta una la creación y validación sistemática de una herramienta ágil y práctica para identificar conocimientos, actitudes y prácticas (CAP) sobre la inteligencia competitiva (IC), dicha herramienta fue validada de contenido por expertos, y culminando con una aplicación piloto, para la medición de su confiabilidad a través del índice Alfa de Cronbach; dando como resultado una herramienta, favorecedora de metodologías o acciones gerenciales, científicas, comerciales o gubernamentales, que promuevan la permanencia competitiva de las microempresas, y por ende, el desarrollo económico sostenible de las regiones.

El World Class Manufacturing (WCM) es un sistema innovador de gestión integral de operaciones de manufactura que se presenta en el segundo artículo aplicada en el sector automotriz en México realizando 201 encuestas a profesionales experimentados en WCM, donde los resultados indican que el compromiso gerencial, las competencias integrales, el tipo de liderazgo, el involucramiento y la cultura organizacional influyen directamente en los beneficios de organizaciones que implementan el WCM de esta manera se establece que las organizaciones pueden desarrollar acciones para mitigar los riesgos y poder planificar estratégicamente los resultados y recursos necesarios a corto, mediano y largo plazo.

El tercer artículo analiza la eficacia de las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO) en República Dominicana, bajo un enfoque empírico, utilizando información de 57 empresas, se evalúa el impacto de la existencia de una PMO en el cumplimiento de objetivos clave, como cronograma, presupuesto, alcance y satisfacción del cliente y del equipo. Los resultados indican que, aunque la presencia de una PMO puede estar asociada con una mayor formalización y estructura en la gestión de proyectos, no garantiza necesariamente un mayor éxito en todas las dimensiones evaluadas. El estudio concluye que la implementación de una PMO debe ir acompañada de un enfoque integral que considere el contexto cultural y organizacional específico de cada empresa.

La investigación que se presenta en el cuarto artículo de esta edición, confirma que la gestión de proyectos efectiva es un pilar central para el éxito organizacional, particularmente bajo metodologías orientadas a resultados como Project Management for Results (PM4R). Este estudio propone un modelo de madurez innovador para PM4R, fundamentado en una síntesis de los

modelos de madurez más reconocidos como CMMI, OPM3, Modelo de Kerzner, PRINCE2 Maturity Model y P3M3. Los hallazgos revelan que un modelo de madurez integrado y orientado a resultados no solo mejora la eficiencia y efectividad de la gestión de proyectos, sino que también facilita una cultura de mejora continua y adaptabilidad en contextos diversos.

El objetivo del quinto artículo, refleja los puntos importantes que los principales gestores y tomadores de decisión deben resolver, como la infraestructura digital, participación ciudadana y planificación urbana sostenible, para hacer posible una ciudad inteligente en Juazeiro do Norte, Brasil, detallando cuáles son los desafíos más importantes que deben ser enfrentados por la administración municipal. El artículo concluye enfatizando la necesidad de estrategias colaborativas e inversiones para impulsar la transformación de ciudad inteligente.

El sexto artículo, integra la relación existente entre tecnología constructiva y medio ambiente, para ser utilizada en la construcción de vivienda empleando el sistema de muros aligerados no estructurales. Con este sistema constructivo, se da a conocer esta nueva tecnología constructiva no tradicional, ya que integrar materiales de origen regional y de bajo impacto ecológico, con el objeto de alcanzar sostenibilidad constructiva a nivel ambiental, económico y social. Lo anterior refleja una metodología replicable para el manejo adecuado de residuos en la construcción en diferentes sectores geográficos a nivel local, nacional e internacional.

El séptimo artículo como investigación documental con un enfoque socio-crítico, expone un análisis comparativo sobre las acciones y los resultados que muestran tres empresas petroleras de América Latina (Ecopetrol, Pemex y Petrobras) en sus informes anuales de responsabilidad social empresarial. La investigación presenta los datos más importantes relacionados con las tres dimensiones de la sostenibilidad: la económica, la ambiental y la social, tomando como base los informes anuales de sostenibilidad de las tres empresas. El artículo concluye que, si bien las tres petroleras latinoamericanas elaboran sus informes con base en las tres dimensiones de la sostenibilidad, aún no se alcanzan los niveles óptimos de inversión social y ambiental que se requiere para lograr cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible trazados por la Agenda 2030.

Finalmente, la octava investigación presenta el diseño de un sistema de gestión en seguridad eléctrica con base en los requerimientos de la norma ISO 45001 y las normas técnicas como la NFPA 70E y la IEEE 3007.2. El sistema se validó mediante auditorías de diagnóstico a empresas de diversas actividades económicas que evaluaron su gestión de seguridad eléctrica. Los resultados de estas auditorías indicaron que todas las empresas auditadas realizaban acciones específicas, pero no se hacía gestión de seguridad eléctrica. De igual forma, demuestran el impacto positivo del sistema en los beneficios que se obtienen al aumentar el cumplimiento de la normativa legal, como son el reducir los accidentes a las personas, reducir los costos por daños a los equipos e instalaciones y optimizar los costos operacionales, buscando el uso seguro y eficiente de la energía eléctrica.

Antes de finalizar esta editorial, es importante para todos los que colaboramos en este nuevo proyecto el agradecer al equipo de colaboradores, informático y técnico, así como a la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER) y a las Universidades que han proporcionado todo el apoyo material para que este número pueda llevarse a cabo, con la convicción de que estamos en el camino correcto hacia el reconocimiento internacional.

Dr. Luis A. Dzul López
Dr. Roberto M. Álvarez
Editores en Jefe

CREACIÓN Y VALIDACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PARA IDENTIFICAR CONOCIMIENTOS, ACTITUDES Y PRÁCTICAS DE INTELIGENCIA COMPETITIVA EN MICROEMPRESARIOS
CREATION AND VALIDATION OF A TOOL TO IDENTIFY KNOWLEDGE, ATTITUDES AND PRACTICES OF COMPETITIVE INTELLIGENCE IN MICROENTREPRENEURS

Julio César Urueta Atencio¹

International Iberoamerican University, Colombia

(julio.urueta@doctorado.unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0003-3200-8819>)

Jon Arambarri Basanez

European University of the Atlantic, España

(jon.arambarri@uneatlantico.es) (<https://orcid.org/0000-0002-6450-8562>)

José Luis Ajuria Foronda

Naivan Transformados Metálicos S.L., España

(jose.ajuria@unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0003-1627-7517>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 16/07/2023

Revisado/Reviewed: 08/11/2024

Aceptado/Accepted: 12/12/2024

RESUMEN

Palabras clave:

microempresa, sostenibilidad, competitividad, herramienta, inteligencia competitiva

Una de cada dos microempresas sobrevive durante los primeros 5 años de su funcionamiento, debido a factores como la falta de conocimiento sobre el entorno empresarial y sus estructuras administrativas y financieras, por parte de sus directivos y empleados. En este escenario, la inteligencia competitiva (IC) representa una alternativa de solución en medio del actual ritmo cambiante y acelerado de hacer negocios, incluyendo los asociados a la pandemia de Covid19. Sin embargo, las metodologías de implementación de inteligencia competitiva existentes, resultan hoy por hoy muy complejas y costosas para las empresas más pequeñas, razón por la cual, la presente investigación transeccional no experimental, se basa en la creación y validación sistemática de una herramienta ágil y práctica para identificar conocimientos, actitudes y prácticas (CAP) sobre IC, partiendo de una revisión sistemática del estado del arte relacionado con los conceptos de microempresa e IC, una revisión de cuestionarios de Inteligencia Competitiva y sobre Conocimientos Actitudes y Prácticas (CAP); para luego ejercer una validación de contenido por expertos, y culminando con una aplicación piloto, para la medición de su confiabilidad a través del índice Alfa de Cronbach; dando como resultado una herramienta, favorecedora de metodologías o acciones gerenciales, científicas, comerciales o gubernamentales,

¹ Autor de correspondencia.

que promuevan la permanencia competitiva de las microempresas, y por ende, el desarrollo económico sostenible de las regiones.

ABSTRACT

Keywords:

microenterprise, sustainability, competitiveness, competitiveness, tool, competitive intelligence

One out of every two microenterprises survive during the first 5 years of its operation, due to factors such as lack of knowledge about the business environment and its administrative and financial structures, on the part of its managers and employees. In this scenario, competitive intelligence (CI) represents an alternative solution in the midst of the current changing and accelerated pace of doing business, including those associated with the Covid19 pandemic. However, the existing competitive intelligence implementation methodologies are currently very complex and costly for smaller companies, which is why this non-experimental cross-sectional research is based on the creation and systematic validation of an agile and practical tool to identify knowledge, attitudes and practices (KAP) on CI, starting with a systematic review of the state of the art related to the concepts of microenterprise and CI, a review of Competitive Intelligence questionnaires and Knowledge, Attitudes and Practices (KAP) questionnaires; and then a content validation by experts, and culminating with a pilot application to measure its reliability through Cronbach's Alpha index; resulting in a tool that favors methodologies or managerial, scientific, commercial or governmental actions that promote the competitive permanence of microenterprises, and therefore, the sustainable economic development of the regions.

Introducción

Las microempresas son la columna vertebral de las economías mundiales y un factor clave para reducir la pobreza y promover el desarrollo sostenible a nivel global (OIT, 2019). Representan más del 90% de las empresas, generan entre el 60% y el 70% del empleo y son responsables del 50% del PIB mundial (Stefanikova, Rypakova y Moravcikova, 2015).

Según la Organización Internacional del Trabajo (2019), en la mayoría de los países del mundo, más del 90% de todas las empresas pueden considerarse microempresas, pequeñas y medianas empresas (MIPYME), y muchas de ellas se clasifican como microempresas cuando tienen menos de diez trabajadores; Este tamaño puede considerarse muy pequeño cuando se considera de forma aislada, pero cuando se considera en su conjunto, las microempresas representan el 70% del empleo mundial y más del 50% de los nuevos puestos de trabajo en todo el mundo (Dini, Marco & Stumpo, 2018).

Sin embargo, tienden a desaparecer cada año, ya que en países de Europa, América del Norte, Central y del Sur y la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), durante el primer año de funcionamiento desaparecen entre un 20 y un 30%, llegando a más del 50% en el quinto año. Esto se explica por la necesidad de fortalecer factores como la escolaridad, el conocimiento en el manejo de estructuras administrativas y financieras y el mercado al que pertenecen los microempresarios y sus empleados (ONU, 2019; Fondo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2017).

Según Dini & Stumpo (2018) y García et al. (2015) esto puede deberse a que las MIPYMES tienen estructuras heterogéneas especializadas en productos de bajo valor agregado, lo que a su vez se relaciona con la dificultad que tienen para incorporar avances técnicos o tecnológicos, para tener poder de negociación con sus clientes y proveedores, para acceder a redes sociales y para tener opciones de movilidad ocupacional ascendente a lo largo de su vida laboral; todo ello influye directamente en su desempeño y en su permanencia competitiva en el mercado, generando círculos viciosos de bajo crecimiento económico, pobreza y reducido cambio estructural en la región (ver Tabla 1).

Tabla 1
Supervivencia de las empresas en el mundo

País	Supervivencia negocio en 1 año	Supervivencia negocio en 3 años	Supervivencia negocio en 5 años
Francia	77.9	66.4	51.5
Estados Unidos	79.4	61.9	51.0
España	76.4	55.1	49.5
Chile	85.2	63.0	49.4
Argentina	-	60.1	49.1
Italia	83.3	61.3	47.1
Países Bajos	92.6	68.1	45.3
Bulgaria	79.2	60.3	43.9
Polonia	87.9	55.7	43.8
Noruega	83.7	53.4	43.6
Colombia	78.3	61.0	42.9
Reino Unido	86.3	49.6	39.7
Alemania	76.8	50.2	39.6
México	67.0	-	35.0
Portugal	69.0	35.3	29.6

Nota. Fuente: Confecámaras (2017).

Estas tasas de supervivencia de las microempresas han sido explicadas por varios autores desde distintos puntos de vista, entre ellos Cordero et al. (2019) y la OIT (2019), que describen como factores contribuyentes el tipo de relaciones familiares, los costes operativos, la falta de financiación, la competencia del mercado, la complejidad normativa y los conocimientos y experiencia tanto de los directivos como de su mano de obra.

Los primeros están asociados a factores psicológicos, en virtud de los cuales la actividad empresarial y su supervivencia están relacionadas con la capacidad de la persona para identificar oportunidades de negocio y transformarlas en empresas. Los segundos, o factores de gestión, están asociados a la experiencia, la formación, los conocimientos y las aptitudes necesarias para la toma de decisiones.

Similar panorama se observa en Colombia y en el Departamento de Santander, donde, en este último, existen dos Cámaras de Comercio que cubren el dato total de empresas registradas en la región, correspondientes a las Jurisdicciones de las ciudades de Bucaramanga y Barrancabermeja respectivamente, según las cuales, el total de nuevos emprendimientos registrados en 2018 fue de 16. 004, de estas, el 99% fueron microempresas representadas principalmente en los sectores Comercio (42%) y Servicios (27%) (Cámara de Comercio de Bucaramanga, 2019; Cámara de Comercio de Barrancabermeja, 2020).

Lo anterior, según Remacha (2017) resalta el papel decisivo que juegan las microempresas en la consecución de los ODS, otorgando a los gobiernos la responsabilidad de desarrollar políticas, planes y programas para el desarrollo sostenible, promoviendo un escenario ideal donde los mercados sean estables, regulados y

competitivos, los sistemas financieros sean transparentes, las instituciones gubernamentales estén libres de corrupción, las materias primas y la energía sean accesibles, los consumidores tengan poder adquisitivo y los empleados estén calificados.

En este escenario, la IC, definida por Gógova (2015) como el proceso dinámico, sistemático y recursivo que transforma, mediante técnicas analíticas específicas, la información relevante y legalmente obtenida sobre el entorno competitivo de las empresas, con el fin de facilitar la toma de decisiones en beneficio de las mismas; hoy en día, la definición de Inteligencia Competitiva continúa evolucionando y sigue siendo objeto de debate entre diferentes autores o expertos en la materia, describiéndose en la Tabla 2 la más cercana al objeto de este estudio.

Tabla 2
Conceptos actuales sobre Inteligencia Competitiva (IC)

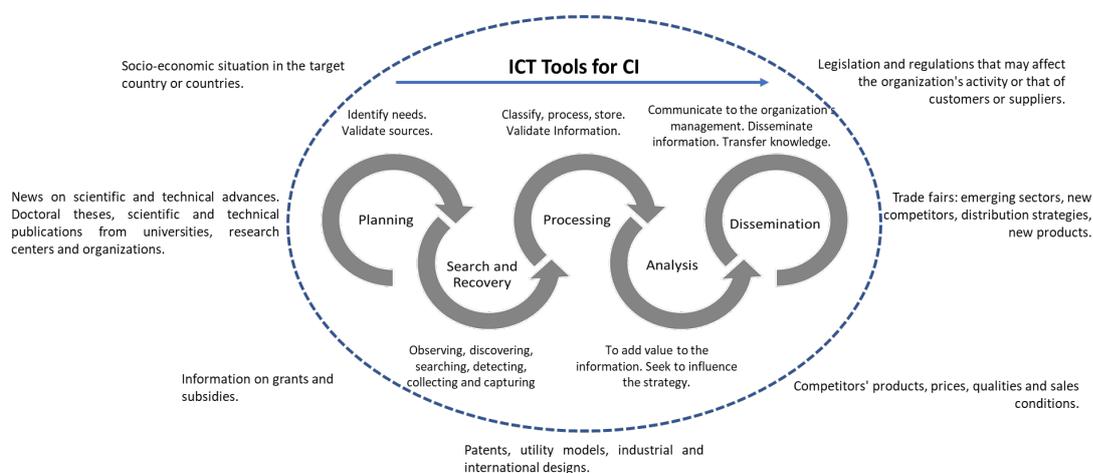
Autores/Entidades	Concepto
Silva y De Muylder (2015)	Proceso sistemático que transforma datos dispersos en conocimientos estratégicos. Se trata de información sobre productos y tecnología específicos, es el seguimiento de la información externa que afecta al mercado de la organización, relacionada con aspectos económicos, normativos, políticos y demográficos.
Profesionales de la inteligencia estratégica y competitiva (2015)	Se trata de un proceso ético y sistemático de recogida, análisis y difusión de información pertinente, precisa, específica, oportuna, previsible y activa sobre el entorno empresarial, los competidores y la propia organización.
Gógova (2015)	Proceso dinámico, sistemático y recursivo que transforma, mediante técnicas analíticas específicas, la información relevante y legalmente obtenida sobre el entorno competitivo pasado, presente y futuro, con el fin de facilitar la toma de decisiones en beneficio de la empresa.
Ortoll y García (2015)	Proceso de gestión que proporciona un marco metodológico para establecer los mecanismos necesarios para captar información del entorno, analizarla y obtener información de valor añadido para aplicarla al proceso de toma de decisiones en cualquier parte de la cadena de valor de las organizaciones. La función y el proceso de la inteligencia están ampliamente aceptados, pero falta consenso sobre la terminología utilizada para definirlos.
AENOR (2018)	Proceso ético y sistemático de recopilación y análisis de información sobre el entorno empresarial, los competidores y la propia organización, y de comunicación de su significado e implicaciones para la toma de decisiones.

Así, la Inteligencia Competitiva a nivel empresarial, es propuesta por Stefanikova et al. (2015) como una estrategia de gestión que debe estar integrada en la estructura de las organizaciones y que parte de la definición de un problema empresarial específico, donde teniendo claro el conocimiento de los aspectos internos y externos de la organización, se llega a la toma de decisiones estratégicas con la implementación de la mejor alternativa de solución, que responda o se anticipe eficientemente al actual ritmo cambiante y acelerado de los entornos empresariales, donde la supervivencia empresarial ya no depende de la empresa más fuerte, sino de la que mejor y más rápido se adapte a cambios como los generados en la actual pandemia por Covid19.

Por tanto, la IC en el ámbito empresarial se entiende como un ciclo que se inicia con un problema o necesidad empresarial concreta, pasando por el conocimiento de los aspectos internos y externos de la organización, y finalizando con la toma de decisiones estratégicas basadas en evidencias, facilitando la identificación e implantación de la mejor alternativa de solución, en función de las características de cada organización y su

entorno. Sin embargo, al igual que el concepto de inteligencia competitiva, las diferentes etapas que deben cumplirse para su implantación en las empresas es objeto de discusión, siendo la más aceptada a efectos de este estudio la propuesta que se describe a continuación (Seyyed, et al., 2016; Gógova, 2015; La Agencia de Innovación de Bizkaia, 2015; Ortoll & Montserrat, 2015; Asociación Española de Normalización, 2018). Según estos autores, consiste en recopilar datos para determinar la información utilizable, que puede clasificarse en tres tipos: Información de fuente abierta o Información Blanca, Información Gris que representa la información de dominio no público 95 e Información Oscura / Espionaje que corresponde a la información recopilada ilegalmente (véase la Figura 1).

Figura 1
Fases de la Inteligencia Competitiva en el contexto empresarial.



Teniendo en cuenta los objetivos de este estudio, que se describen conceptos de competitividad empresarial de varios autores como (Cámara de Comercio de España, 2020; Porter, 2016), los cuales, pueden ser adoptados por las microempresas, según los modelos de competitividad empresarial basados en los modelos de innovación descritos en esta investigación (Kuratko & Frederick, 2016; Porter, 2016).

Tabla 3
Conceptos de competitividad empresarial

Autor	Concepto	Características
<p>Michel E. Porter (2016)</p>	<p>Valor que una empresa consigue crear para sus clientes. Puede traducirse en precios más bajos que los de la competencia, prestaciones equivalentes u ofreciendo ventajas especiales que compensen un precio más alto.</p>	<p>Capacidad de una empresa para hacer las cosas mejor que sus competidores, ya sea en términos de servicio, producto, producción, costes, precios o calidad, de tal forma que represente una ventaja sobre sus competidores.</p>
<p>Cámara de Comercio de España (2020)</p>	<p>Las empresas son las que compiten y deben poseer ventajas competitivas, pero reconoce el papel crucial que desempeña el entorno en el que opera la empresa.</p>	<p>Varían según la ubicación geográfica o el sector económico, porque es esencial identificar los factores críticos que pueden conducir a la diferenciación empresarial y las acciones para mejorarlos.</p>

Según Fuentes et al. (2016), es correcto afirmar que en la actualidad, la definición de competitividad empresarial aún no ha alcanzado un consenso global, que sigue en desarrollo, sin límites precisos y sin una definición única, generando ambigüedades o debates académicos o técnicos a la hora de intentar definirla. Sin embargo, hay unidad en los criterios que intervienen en su génesis, como la creación de ventajas sostenibles y la producción de bienes y servicios con valor añadido, que dan a las empresas la capacidad de lograr una ventaja o un rendimiento superior al de sus competidores.

Así, la investigación se basó en la generación sistemática de una herramienta que permita la identificación de KPIs para la planeación y gestión estratégica empresarial por parte de los microempresarios del departamento de Santander, ubicado en el nororiente colombiano.

El artículo se estructura de la siguiente manera: primero se describe la población y la muestra, luego el proceso sistemático de creación de la herramienta, partiendo de la conceptualización y relación entre microempresa e Inteligencia Competitiva, y por último, se presentan los resultados y discusión del proceso de construcción y validación de la herramienta en el entorno de la microempresa, teniendo en cuenta el contexto actual de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en plena pandemia de Covid19.

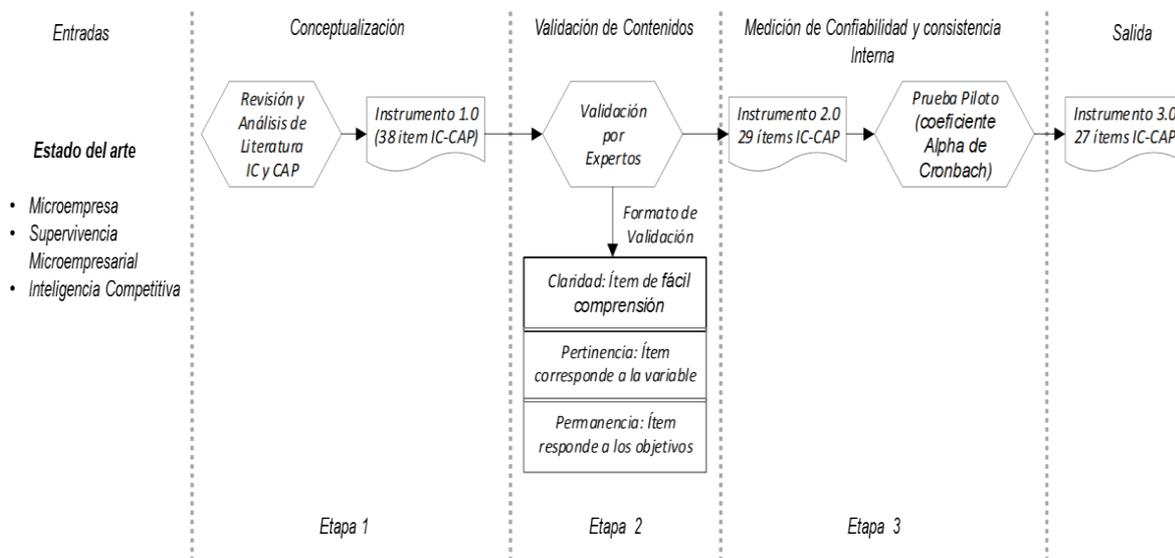
Métodos

El diseño metodológico utilizado fue no experimental, transeccional o transversal, ya que la información se recogió en un único momento de la investigación, sin modificar el fenómeno u objeto de estudio, registrando los datos recogidos de la muestra seleccionada, sin ningún tipo de manipulación de las variables ni correlación causa-efecto entre ellas. Así, el instrumento de identificación KAP-CI fue creado en un proceso sistemático en varias etapas, partiendo del estado del arte o conceptualización relacionada con la microempresa, la Inteligencia Competitiva, las metodologías y métodos de implementación de la IC a nivel empresarial y los cuestionarios sobre Conocimientos, Actitudes y Prácticas (KAP).

Tras la revisión sistemática de la literatura siguiendo la metodología PRISMA, se propuso un instrumento inicial denominado 1.0 con 38 ítems, distribuidos en las variables a medir, como son: (i) nivel educativo, (ii) conocimientos sobre IC, (iii) actitud sobre IC, estableciendo el nivel de acuerdo o desacuerdo con una escala tipo Likert, y por último, prácticas de IC.

El siguiente paso fue una validación de contenido por expertos, y, culminando con la medición 122 de la fiabilidad y/o consistencia interna, mediante la determinación del índice Alfa de Cronbach de cada una de sus secciones, que, a efectos de la investigación, se tomó como referencia mínima un índice de 0,7 en sentido ascendente aproximándose a uno (ver Figura 2).

Figura 2
Proceso sistemático de construcción del instrumento



Las variables medidas y analizadas son de naturaleza cuantitativa y se definen a continuación:

- **Microempresarios:** En Colombia, corresponde a la Persona Jurídica que según (Ley 905 de 2004) tiene la categoría de microempresa por tener hasta 10 trabajadores y activos totales inferiores a 500 salarios mínimos mensuales vigentes.
- **Conocimientos de IC:** Conjunto de cosas conocidas, de conocimientos, de "ciencia" sobre la IC, que incluye la capacidad de representarse a sí mismo, la propia forma de percibir o entender la IC. El grado de conocimiento constatado permite situar los ámbitos en los que son necesarios esfuerzos de información y educación (Médicos del Mundo, 2010).
- **Actitudes hacia la IC:** Una forma de ser, una posición de los microempresarios sobre la IC. Se trata de tendencias, de "disposiciones a". Es una variable intermedia entre la situación y la respuesta a esa situación (Médicos del Mundo, 2010).
- **Prácticas de IC:** Son acciones observables de un individuo en respuesta a un estímulo. Son el aspecto concreto, la acción sobre el uso de la IC y la forma de hacerlo (Médicos del Mundo, 2010).

Población y muestra

La población estuvo conformada por 242 microempresas registradas durante el año 2019 en la base de datos de una organización no gubernamental, las cuales se encuentran dispersas en el departamento de Santander; por esta razón, y dadas las condiciones actuales de bioseguridad frente al Covid19 en el país y el mundo, que limitan el acceso a las unidades muestrales de manera presencial, la prueba piloto del instrumento se aplicó de manera virtual a una muestra, lo que facilitó el acceso a cada empresario, respetando las medidas de bioseguridad frente al Covid19, y el uso eficiente de los recursos durante el proceso; La prueba piloto del instrumento se aplicó

virtualmente a una muestra, lo que facilitó el acceso a cada empresario, respetando las medidas de bioseguridad contra el Covid19 y el uso eficiente de los recursos durante los procesos de planificación, logística y recogida de datos 152.

Posteriormente, con la obtención de una muestra de 30 microempresarios no probabilísticos para la aplicación de la prueba piloto, según Salgado (2019) con un nivel de confianza del 95%, error del 5% y una variabilidad del 95%, se procedió a la selección de los elementos de la muestra, según (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018), a través de una tabla de números aleatorios, seleccionando cada 3 elementos al emprendedor hasta llegar al número de la muestra establecida, en el departamento de Santander, de manera independiente y con la misma posibilidad de ser elegidos.

Resultados

El instrumento fue validado, a través de las siguientes etapas (Berges, 2018; Bolio & Pinzón, 2019; Fernández, Santos & Carvalho; 2015):

Validación de contenidos

El instrumento 1.0 fue revisado por un grupo de expertos, que analizaron los siguientes aspectos de cada ítem:

- *Claridad*: el planteamiento es fácil de entender o es confuso. Si el artículo es confuso.
- *Pertinencia*: correspondencia entre el elemento y la variable
- *Permanencia*: si el ítem debe permanecer como parte del instrumento, ya que responde a los objetivos del estudio.

Así, tomando como base el Instrumento 1.0, la validación fue realizada por expertos, que consideraron sus 38 ítems a la luz de las siguientes secciones de la investigación: i) Descripción del Proceso de Validación del Instrumento; ii) Planteamiento del Problema de Estudio; iii) Objetivos Generales y Específicos del Estudio; iv) Preguntas de Investigación del Estudio; y v) Hipótesis del Estudio.

Con lo anterior, el grupo de expertos revisó y evaluó la claridad, pertinencia y permanencia de cada uno de los ítems del instrumento, realizando los ajustes recomendados por ellos al instrumento 1.0, dando como resultado el instrumento 2.0 aceptado y/o validado por los expertos técnicos, con un número de 29 preguntas o ítems, distribuidos en las variables, de la siguiente manera: (i) se renombró como "Datos Básicos del Entrevistado y de la Empresa", (ii) el "Conocimiento sobre IC" (Ver tabla 3.11), (iii) la "Actitud sobre IC", estableciendo el nivel de acuerdo o desacuerdo con una escala tipo Likert, a la que se eliminó dentro de las posibles respuestas "Me da igual" y se mantuvo, la opción de contestar "No sé"; y por último, (iv) las "Prácticas de IC".

Medición de la fiabilidad y la coherencia interna

En esta etapa, el instrumento 2.0 es sometido a una prueba piloto sobre 30 microempresarios con el pertinente consentimiento informado, seleccionados aleatoriamente de una base de datos, con cuyos resultados se estima el coeficiente Alfa de Cronbach sección por sección o variable del instrumento: i. Datos Básicos del Entrevistado y Empresa, ii. Datos básicos del demandado y de la empresa, ii. Conocimientos sobre IC iii, Actitud sobre IC y v. Prácticas de IC sección por sección del instrumento. Prácticas de IC sección por sección del instrumento Así, se determina la consistencia interna del instrumento en cada sección, donde en cuanto a su interpretación según (Hernández &

Torres, 2018) citando varios autores, y para efectos de este estudio, teniendo en cuenta que es la primera vez que se realiza una investigación de este tipo en el departamento de Santander y a nivel mundial existen pocos instrumentos basados en CAP sobre IC, el valor mínimo del coeficiente de confiabilidad tomado como aceptable, fue de 0.7 ; dando como resultado la versión 3.0 o final; con un número total de 29 ítems distribuidos en las diferentes secciones del instrumento.

La medición del coeficiente α de Cronbach se realizó sección por sección del instrumento, obteniéndose en primera instancia un coeficiente de 0.69 en la sección (i) Datos Básicos del Entrevistado y de la Empresa. Con estos datos globales del coeficiente Alfa de Cronbach de la sección i, se procedió a analizar cada uno de sus reactivos o ítems con menor correlación bivariada, encontrando que al eliminar el ítem S.1.5, se obtendría un α de Cronbach de 0.806 (ver tabla 3).

Tabla 3
Análisis del coeficiente alfa de Cronbach Sección i.

Artículos	Correlación total de elementos corregidos	Alfa de Cronbach si se suprime el elemento
S.1.1 Indique el total de años de su experiencia laboral y/o profesional.	0.943	0.314
S.1.2 Indique los ingresos medios anuales de su empresa (en pesos colombianos)	0.875	0.37
S.1.3 Indique su nivel de estudios	0.612	0.583
S.1.4 Indique el Sector al que pertenece su empresa	0	0.738
S.1.5 Indique el ámbito de actividad de su empresa	-0.153	0.806

Del mismo modo, al analizar la sección (ii) Conocimientos sobre IC, se obtuvo un α de Cronbach de 0,856, lo que indica una correlación bivariada que permitió la permanencia total de los ítems de esta sección (ver Tabla 4).

Tabla 4
Análisis del coeficiente alfa de Cronbach Sección ii.

Alfa de Cronbach	Número de elementos
0.856	6

En el análisis global del apartado (iii) Actitudes sobre Inteligencia Competitiva, se encontró un indicador de 0,575, por lo que fue necesario analizar la correlación bivariada de cada uno de sus elementos, encontrando que, según la previsión proporcionada por el programa estadístico, eliminando el ítem A.1.8, se obtendría un resultado satisfactorio de α de Cronbach de 0,701 (ver Tabla 5).

Tabla 5
Análisis del coeficiente alfa de Cronbach Sección iii

Artículo	Correlación total de elementos corregidos	Alfa de Cronbach si se suprime el ítem
A.1.1 El uso de la Inteligencia Competitiva en la empresa es clave para la toma de decisiones enfocadas a la sostenibilidad, desarrollo y/o crecimiento de la empresa.	0.26	0.568
A.1.2 Obtener información sobre el entorno competitivo de mercado de la empresa de forma ética y sistemática es complejo y costoso.	0.988	0.146
A.1.3 Analizar e interpretar de forma ética y sistemática la información obtenida del entorno competitivo de mercado de la empresa requiere la contratación de personal especializado.	0.059	0.636
A.1.4 Obtener, analizar e interpretar la información del entorno competitivo de mercado de la empresa de forma ética y periódica es clave para identificar nuevas tecnologías en beneficio de la empresa.	0.948	0.432
A.1.5 Obtener, analizar e interpretar la información del entorno competitivo del mercado de la empresa de forma ética y periódica es clave para identificar nuevas tecnologías en beneficio de la empresa.	0.284	0.557
A.1.6 Obtener, analizar e interpretar la información del entorno competitivo del mercado de la empresa de forma ética y periódica es clave para la generación de nuevos productos o servicios.	0.639	0.49
A.1.7 Obtener, analizar e interpretar la información del entorno competitivo de mercado de la empresa de forma ética y sistemática es clave para tomar decisiones que beneficien a la empresa.	0.284	0.557
A.1.8 Analizar e interpretar la información sobre el entorno comercial competitivo de la empresa obtenida de forma ética y sistemática requiere herramientas o técnicas tecnológicas complejas y costosas.	-0.249	0.701

Finalmente, al analizar la sección (iv) Prácticas de Inteligencia Competitiva, se obtuvo un α de Cronbach de 0,894, sin necesidad de suprimir ningún ítem para lograr una mayor confiabilidad de esta sección (Ver Tabla 6).

Tabla 6
Análisis del coeficiente alfa de Cronbach Sección iv

Alfa de Cronbach	Número de elementos
0.894	10

Con los datos obtenidos, se determinó la confiabilidad del instrumento, resultando la versión 3.0 o final; con un número total de 27 ítems, distribuidos entre las variables, de la siguiente manera: (i) "Datos Básicos del Entrevistado y de la Empresa", del que se eliminó el ítem inicial S.1.4, quedando 4 ítems de los 5 inicialmente presentes (Ver tabla 7), (ii) el "Conocimiento sobre IC" (Ver tabla 8), (iii) la "Actitud sobre IC", estableciendo el nivel de acuerdo o desacuerdo con una escala tipo Likert, en la que se eliminó el ítem A.1.4, quedando 7 ítems de los 5 inicialmente presentes (Ver tabla 8), (iv) la "Actitud sobre IC", estableciendo el nivel de acuerdo o desacuerdo con una escala tipo Likert, en la que se eliminó el ítem A.1.1 .4, quedando 7 ítems de los 8 inicialmente presentes en la etapa 2 (Ver tabla 9); y por último, (iv) las "Prácticas de IC" (Ver tablas 7, 8, 9 y 10).

Tabla 7
Instrumento de identificación de conocimientos, actitudes y prácticas de inteligencia competitiva: Sección de datos básicos del entrevistado y de la empresa

Variable	Pregunta/Punto	Opciones de respuesta
S.1 Datos básicos sobre el entrevistado y Empresa	S.1.1 Indique su último nivel de estudios alcanzado	Estudios primarios o secundarios completos
		Técnico o tecnólogo diplomado
		Graduado universitario
		Graduados Postgraduados
	S.1.2 Indique el número total de años de su experiencia laboral y/o profesional	Menos de un año
		Entre 1 y 5 años
		Entre 6 y 10 años
		Más de 10 años
	S.1.3 Indique el Sector al que pertenece su empresa	Fabricación
		Servicio
		Comercio
		Otro
	S.1.4 Indique el nivel medio de ingresos anuales de su empresa	Menos de 50 millones
		Entre 50 y 100 millones
Entre 101 y 500 millones		
Más de 500 millones		

Tabla 8

Instrumento de identificación de conocimientos, actitudes y prácticas de inteligencia competitiva: Sección de Conocimientos de Inteligencia Competitiva

Variable	Pregunta/Punto	Opciones de respuesta
C.1 Conocimientos de inteligencia competitiva	C.1.1 De las siguientes definiciones, ¿cuál está más estrechamente relacionada con la Inteligencia Competitiva? (Marque sólo una opción)	Proceso ético y sistemático de recopilación y análisis de información para la toma de decisiones estratégicas. Conjunto de actividades coordinadas, con fecha de inicio y final, para lograr un objetivo estratégico Conjunto de actividades coordinadas, con fecha de inicio y fin, para alcanzar un objetivo estratégico No lo sé
	C.1.2 La Inteligencia Competitiva a nivel empresarial, se entiende como un ciclo que comienza con: (Marque sólo una opción)	Conocimiento de los aspectos internos y externos de la empresa. Un problema o necesidad empresarial específica Toma de decisiones estratégicas No lo sé
	C.1.3 El principal beneficio de utilizar la Inteligencia Competitiva en la empresa está relacionado con: (Marque sólo una opción)	Permite herramientas o prácticas para espiar y obtener información confidencial de los competidores Permite realizar investigaciones y/o estudios de mercado Permite transformar la información en conocimiento para la toma de decisiones centradas en la sostenibilidad de la empresa. No lo sé
	C.1.4 De las siguientes etapas, ¿cuál corresponde al ciclo lógico y ordenado de la inteligencia competitiva? (Marque sólo una opción)	Analizar - Interpretar - Comunicar - Planificar - Adquirir - Organizar Planificar - Obtener - Organizar - Analizar - Interpretar - Comunicar Planificar - Analizar - Interpretar - Comunicar - Obtener - Organizar No lo sé
	C.1.5 ¿Cuál de las siguientes fuentes de información considera que es la más utilizada en el proceso de Inteligencia Competitiva por las empresas? (Marque sólo una opción)	Buscadores de Internet (ejemplo: Google, Yahoo, Microsoft) Redes sociales (Facebook, LinkedIn, Twitter) Software gratuito Software a precio de coste Familia y amigos Empleados de la empresa y/o empleados de marketing Detectives privados Actos académicos, ferias comerciales o profesionales Sistema internacional de patentes Conocimientos y experiencia propios No lo sé Ninguno
	C.1.6 ¿Cuál de las siguientes técnicas de análisis de la información sobre el entorno competitivo empresarial	Análisis PEST Cadena de valor Las cinco fuerzas de Porter Análisis DAFO ROI Método SPIN

considera que es la más utilizada por las empresas? - (Marque sólo una opción)	No lo sé
	Ninguno

Tabla 9

Instrumento de identificación de conocimientos, actitudes y prácticas de inteligencia competitiva: Sección de Actitudes de Inteligencia Competitiva.

Variable	Pregunta/Punto	Opciones de respuesta
A.1 Actitudes de inteligencia competitiva	A.1. El uso de la Inteligencia Competitiva en la empresa es clave para la toma de decisiones enfocadas a la sostenibilidad, desarrollo y/o crecimiento de la empresa.	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo De acuerdo Completamente de acuerdo No lo sé
	A.1.2 Obtener información sobre el entorno competitivo de mercado de la empresa de forma ética y sistemática es complejo y costoso.	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo De acuerdo Completamente de acuerdo No lo sé
	A.1.3 Analizar e interpretar de forma ética y sistemática la información obtenida del entorno competitivo de mercado de la empresa requiere la contratación de personal especializado.	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo De acuerdo Completamente de acuerdo No lo sé
	A.1.4 Obtener, analizar e interpretar la información del entorno competitivo de mercado de la empresa de forma ética y sistemática es clave para tomar decisiones que beneficien a la empresa.	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo De acuerdo Completamente de acuerdo No lo sé
	A.1.5 Obtener, analizar e interpretar información del entorno competitivo del mercado de la empresa de forma ética y periódica, es clave para la generación de nuevos productos o servicios.	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo De acuerdo Completamente de acuerdo No lo sé
	A.1.6 Obtener, analizar e interpretar la información sobre el entorno competitivo del mercado de la empresa de forma ética y regular es clave para identificar y acceder a nuevos mercados o clientes.	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo De acuerdo Completamente de acuerdo No lo sé
	A.1.7 Obtener, analizar e interpretar la información del entorno competitivo de mercado de la empresa de forma ética y periódica es clave para identificar nuevas tecnologías en beneficio de la empresa.	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo De acuerdo Completamente de acuerdo No lo sé

Tabla 10

Instrumento de identificación de conocimientos, actitudes y prácticas de inteligencia competitiva: Sección de Prácticas de Inteligencia Competitiva

Variable	Pregunta/Ítem	Opciones de respuesta
P.1 Prácticas de inteligencia competitiva	P.1.1 ¿Ha utilizado la Inteligencia Competitiva en su empresa para tomar decisiones enfocadas a la sostenibilidad, desarrollo y/o crecimiento de la empresa?	SÍ
		NO
		No lo sé
	P.1.2 De las siguientes fuentes de información, ¿cuál ha utilizado con más frecuencia en el último año para obtener, analizar e interpretar información sobre el entorno de su empresa? (Marque sólo una opción)	Buscadores de Internet (ejemplo: Google, Yahoo, Microsoft)
		Redes sociales (Facebook, LinkedIn, Twitter)
		Software gratuito
		Software a precio de coste
		Familia y amigos
		Empleados de la empresa y/o empleados de marketing
		Detectives privados
		Actos académicos, ferias comerciales o profesionales
		Sistema internacional de patentes
		Conocimientos y experiencia propios
	Otro, ¿cuál?	
	Ninguno	
	P.1.3 ¿Cuál de las siguientes técnicas de análisis e interpretación de la información ha utilizado en el último año en su empresa? (Marque sólo una opción)	Análisis PEST
		Cadena de valor
Las cinco fuerzas de Porter		
Análisis DAFO		
ROI		
Método SPIN		
Otro, ¿cuál?		
Ninguno		
P.1.4 ¿Recabar información sobre la empresa fue complejo y costoso?	SÍ	
	NO	
	No lo he hecho	
P.1.5 Para analizar e interpretar la información obtenida del entorno competitivo del mercado de la empresa, ¿Dispone de personal especializado contratado exclusivamente para estas tareas?	SÍ	
	NO	
P.1.6 Para supervisar el entorno competitivo del mercado de la empresa, ¿utiliza herramientas o técnicas tecnológicas complejas y costosas?	No realizamos estas tareas	
	SÍ	
	NO	
P.1.7 En el último año, ¿se han tomado decisiones concretas en la empresa gracias al proceso de obtención, análisis e interpretación de información del entorno?	No lo he hecho	
	SÍ	
	NO	
	Tomamos decisiones sin necesidad de obtener, analizar e interpretar información del entorno.	
	Obtenemos la información, pero no se comunica dentro de la empresa para la toma de decisiones.	
	SÍ	

P.1.8 ¿La obtención, análisis e interpretación de información sobre el entorno competitivo del mercado de la empresa ha facilitado la generación de nuevos productos o servicios?	NO
	Generamos nuevos productos o servicios, sin necesidad de obtener, analizar e interpretar información del entorno.
	Obtenemos la información, pero no la utilizamos para generar nuevos productos o servicios.
P.1.9 ¿Le ha ayudado la obtención, análisis e interpretación de información sobre el entorno competitivo del mercado de la empresa a identificar y acceder a nuevos mercados o clientes?	SÍ
	NO
	Hemos accedido a nuevos mercados o clientes sin necesidad de obtener, analizar e interpretar información del entorno.
	Obtenemos la información, pero no la hemos utilizado para identificar y acceder a nuevos mercados o clientes
A.1.10 ¿La obtención, análisis e interpretación de información sobre el entorno competitivo del mercado de su empresa le ha permitido identificar y acceder a nuevas tecnologías en beneficio de la empresa en el último año?	SÍ
	NO
	Hemos accedido a nuevas tecnologías sin necesidad de obtener, analizar e interpretar información del entorno.
	No hemos utilizado la información obtenida para identificar y/o acceder a nuevas tecnologías en beneficio de la empresa.

Debate y conclusiones

El objetivo principal de esta investigación fue la generación y validación sistemática de un instrumento para identificar el CAP sobre IC en la gestión de las microempresas del departamento de Santander, ubicado en el nororiente colombiano, y así ofrecer a los microempresarios la posibilidad de identificar la necesidad de adquirir nuevos conocimientos acordes con las tendencias del mercado, los ODS y el tipo de negocio en el que operan o esperan operar, tal vez traducidos en una mayor inversión para innovar en sus propios productos, servicios y/o procesos de producción y/o comercialización, lo que redundaría en la sostenibilidad competitiva de sus empresas.

Con los resultados del estudio, también se da solución a los postulados propuestos por Pereira & De Souza (2016) quienes afirman que actualmente, la aplicación de la IC en entornos empresariales, es compleja, costosa y con pocos estudios que aporten información completa y práctica sobre cómo aplicarlas; lo que representa una barrera para acceder a la selección de las más adecuadas por parte de los directivos, en la búsqueda de herramientas que permitan la toma de decisiones inteligentes en pos de negocios sostenibles y competitivos; lo que según Moya & Moscos (2017); dificulta la implementación de la Inteligencia Competitiva en las microempresas, ya que además afirman que implican sistemas y/o tecnologías robustas de procesamiento de datos y un recurso humano especializado de alto desempeño para su utilización, en el análisis y consecuente toma de decisiones estratégicas, que en conjunto, pueden representar costos por encima de las posibilidades de los microempresarios, a la hora de aplicar o adaptar la IC a sus necesidades empresariales (Djerdjouri, 2020) coincide al afirmar que, aunque hoy en día, los microempresarios son más conscientes del papel crucial que desempeña la IC en el rendimiento y la competitividad de sus negocios, las principales razones de su no utilización, concretamente en las empresas de menor tamaño, son la complejidad y el elevado coste de implantación y gestión de los modelos actuales.

Así mismo, a nivel científico, político o gremial, se enfocó en brindar una forma ágil, útil y de bajo costo de recolección de información que sirviera de base o referencia para la creación o fortalecimiento de metodologías, iniciativas, programas de capacitación o líneas de investigación, no sólo relacionadas con la generación de innovación y emprendimiento, sino también a la permanencia o supervivencia competitiva de las microempresas según la región o geografía comercial donde operen, impactando positivamente en la creación de empleos formales y por ende en el desarrollo económico sostenible de las regiones, incorporando el cuestionario como instrumento para llegar a resultados con análisis basados en chi-cuadrado o la relación o agrupación de variables.

La herramienta, producto del estudio, se propone para ser aplicada de acuerdo a las posibilidades o necesidades de acceso de los investigadores en futuros estudios, tanto de manera presencial como por canales de comunicación a distancia, a través de medios o mecanismos virtuales, que si bien favorecen llegar a lugares distantes y dispersos a bajos costos, y a una mayor población, esta modalidad, confirmando los postulados de Torres et al. (2019) y Alarcón & García (2018), tienen la limitación de presentar una baja tasa de respuesta de las personas que acceden o participan en la investigación, dificultando alcanzar el 100% tanto de la población objetivo como de la muestra de cada estudio según cada caso particular.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que el contenido registrado en la sección "i" del instrumento, sobre Datos Básicos del entrevistado y de la empresa, se propone de acuerdo a la conceptualización del país donde se realizó el estudio, por lo que los autores de futuras investigaciones o aplicaciones del instrumento deberán considerar la necesidad de adaptar las opciones de respuesta correspondientes a los ítems S.1.2 - S.1.3 y S.1.4 a las características de sus propios países o regiones.

Referencias

- Alarcón, González & García. (2018). The internet survey: obstacles, benefits and lessons learned. *Más Poder Local*, 34, 12-14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6327415>
- Berges, G.A.(2018). *Contribución al Desarrollo de Metodologías de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva y su Implementación con Plataformas Web*. [PhD thesis published, Universidad Politécnica de Madrid].
- Bizkaia Innovation Agency. (2015) *Models of technological surveillance and competitive intelligence*. Bizkaia Innovation Agency.
- Bolio, Domínguez & Pinzón. (2019). Construction and Validation of an Instrument to Assess the Characteristics of University Social Responsibility in University Students1, *International Journal of Education for Social Justice*, 8, 79-96.
- Calderon, M. L. (2018). *Perspective of Sustainable Growth for Micro Enterprises and SMEs in Bogota*. Bogotá : s.n.
- Confecámaras - Red de Cámaras de Comercio. (2017). *Cuadernos de análisis económico*. (N.º14; , p. 9) [http://www.confecamaras.co/phocadownload/Cuadernos de analisis economico/Cuaderno de Análisis Economico N 14.pdf](http://www.confecamaras.co/phocadownload/Cuadernos%20de%20análisis%20Economico/Cuaderno%20de%20Análisis%20Economico%20N%2014.pdf).
- Cordero, G. (2019). Supports and obstacles for the development of microenterprises: perception of their owners. *Forum Empresarial*, 24, 55-95. <https://doi.org/10.33801/fe.v24i1.17230>

- Dini, Marco & Stumpo. (2018). *MSMEs in Latin America: Fragile performance and new challenges for promotion policies*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean [ECLAC].
- Djerdjouri, M. (2020). Data and business intelligence systems for competitive advantage: prospects, challenges, and real-world applications. *Mercados y Negocios*, 1(21), 5-18.
- Fernández, Santos, Celia & Carvalho. (2015). Development and validation of an elimination ostomy adjustment scale. 4, *Revista de Enfermagem Referência*, 4, 21-30.
- Garzón, J.G. (2016). *Factors that impede the sustainability of microenterprises in the commerce sector in Armenia*. Quindío.
- García, R.C. (2015) *Factors of entrepreneurial survival: analysis from the perspective of success and failure*. [PhD thesis published, University of León].
- Gógova, S. (2015). *Inteligencia Competitiva*. Madrid
- Hernández & Mendoza. (2018) *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores.
- International Labor Organization [ILO]. (2019). *El poder de lo pequeño: hay que activar el potencial de las pymes*. <https://www.ilo.org/infostories/es-ES/Stories/Employment/SMEs#intro>.
- Moya, E. P., & Moscos, D. F. (2017). Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva en el modelo empresarial del sector hotelero colombiano. *Investigación, desarrollo e innovación*, 8(1), 11-22. <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n1.2017.7367>
- Ortoll, E. & Montserrat, G. (2015) *La Inteligencia Competitiva*. Barcelona
- Pereira, N. M., & De Souza, L. L. (2016). The application of competitive intelligence in export markets selection: A comparative analysis of four methods. *Review of International Business*, 11(3), 22-35. <https://doi.org/10.18568/1980-4865>
- San Juan, I.Y & Romero, R.F. (2016). Models and tools for technology watch. *Information Sciences*, 47, 11-18
- Seyyed, A.N., Shirkavand, Chalak & Rezaeei. (2016). Competitive Intelligence and Developing Sustainable Competitive Advantage. *AD-minister*, 173-194. <https://doi.org/10.17230/ad-minister.30.9>
- Spanish Association for Standardization. (2018). UNE 166006:2018. Management: Surveillance and intelligence system. AENOR.
- Stefanikova, L., Rypakova, & Moravcikova (2015). The impact of competitive intelligence on sustainable growth of the enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 26, 209 - 214. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00816-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00816-3)
- Sustainable Development Goals Fund. (2017) *Microenterprises, SMEs and Sustainable Development Goals*. <https://www.sdgfund.org/es/microempresas-pymes-y-objetivos-de-desarrollo-sostenible>.
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. G. (s.f.). *Métodos de recolección de datos para una investigación*. http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin03/URL_03_BAS01.pdf
- United Nations [UN]. (2019). *Día de las Microempresas y las Pequeñas y Medianas Empresas*. <https://www.un.org/es/events/smallbusinessday/>.

**FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO DEL WORLD CLASS MANUFACTURING
EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ MEXICANA: UN ANÁLISIS A TRAVÉS
DE MODELOS DE ECUACIONES ESTRUCTURALES**
**CRITICAL SUCCESS FACTORS OF WORLD CLASS MANUFACTURING IN THE MEXICAN
AUTOMOTIVE INDUSTRY: AN ANALYSIS THROUGH STRUCTURAL EQUATION
MODELS**

Oscar Antonio Silva Sprock^a

Universidad Internacional Iberoamericana, México

(oscar.silva@doctorado.unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0001-5069-2541>)

Roberto Chang López

Universidad Tecnológica Centroamericana/Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras

(rchang@unitec.edu) (<https://orcid.org/0000-0003-1244-2431>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 08/03/2024

Revisado/Reviewed: 18/10/2024

Aceptado/Accepted: 29/11/2024

RESUMEN

Palabras clave:

World Class Manufacturing, factores críticos de éxito, implementación de costos, sistema estratégico de gestión, despliegue de costos.

World Class Manufacturing (WCM) es un sistema innovador de gestión integral de operaciones de manufactura, caracterizado en la monetización económica de las actividades de manufactura y la determinación del impacto holístico en la organización. WCM permite priorizar acciones basadas en las necesidades económicas de las operaciones de manufactura y así focalizar los recursos directamente a estas necesidades. El objetivo de este trabajo es caracterizar los factores críticos de éxito del WCM en organizaciones del sector automotriz en México a través de modelos de ecuaciones estructurales. La investigación se llevó a cabo en el sector automotriz de México por caracterizarse esta como la industria más importante de las manufacturas del país. A través de la revisión de literatura y entrevistas con expertos del WCM se identificaron seis CSF, evaluándose por medio de 30 constructos. Se aplicó un instrumento de recolección de datos el cual fue sometido a pruebas de confiabilidad y validez durante una fase piloto de evaluación. Se realizó la verificación y validación del instrumento mediante análisis factorial exploratorio, y modelo de ecuaciones estructurales en una muestra de 201 encuestas a profesionales experimentados en WCM. Los resultados indican que el compromiso gerencial, las competencias integrales, el tipo de liderazgo, el involucramiento y la cultura organizacional influyen directamente en los beneficios de organizaciones que implementan el WCM. Conociendo los CSF del WCM, las organizaciones pueden desarrollar acciones para mitigar los riesgos y poder planificar estratégicamente los resultados y recursos necesarios a corto, mediano y largo plazo.

ABSTRACT

^a Autor de correspondencia.

Keywords:

World Class Manufacturing, critical success factors, cost deployment, strategic management system, cost deployment.

World Class Manufacturing (WCM) is an innovative system for comprehensive management of manufacturing operations, characterized by the economic monetization of manufacturing activities and the determination of holistic impact on the organization. *WCM* enables prioritization of actions based on the economic needs of manufacturing operations, thus directing appropriate resources directly to these needs. This research aims to characterize the critical success factors of *WCM* and the achievement of objectives in organizations within the automotive sector in Mexico. The study was conducted in Mexico's automotive sector, identified as the country's most important manufacturing industry, representing nearly 4% of the National GDP and 20.5% of the manufacturing GDP. Through literature review and interviews with *WCM* system experts, six Critical Success Factors (CSFs) were identified, evaluated through 30 constructs. A data collection instrument was applied, subjected to reliability and validity tests through a pilot study. Empirical verification and validation of the instrument were conducted through exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, reliability analysis, and structural equation modeling in a sample of 201 valid surveys directed at experienced *WCM* professionals. The results indicate that managerial commitment, comprehensive competencies, leadership type, employee involvement, and organizational culture type directly influence the increased benefits of organizations implementing *WCM*. By understanding the various factors affecting *WCM* implementation, organizations can develop actions to mitigate risks and strategically plan the necessary short-, medium-, and long-term outcomes and resources.

Introducción

Los cambios en los comportamientos de los consumidores, derivados de la globalización, han motivado a las empresas a participar en la competencia a escala global, lo que ha tenido un impacto directo en la producción y distribución de productos y servicios (Gonçalves, da Silva, Ferreira, Tecilla y dos Santos, 2016). Aquellas organizaciones que aún se aferran a sistemas inflexibles de producción en masa y a prácticas tradicionales no podrán mantenerse al ritmo de los cambios y las demandas globales (Monge y Cruz, 2015; Flynn, Schroeder y Flynn, 1999; Lee y Paiva, 2018).

Según Avella y Vázquez (2005), la necesidad de adoptar un nuevo paradigma empresarial basado en la agilidad y la capacidad de adaptación al cambio se manifiesta en una nueva era de los negocios. Esta era empresarial se fundamenta en el cambio como su característica principal, revelando nuevas tendencias en la gestión y organización de las empresas. Para enfrentar las condiciones de turbulencia extrema y constante cambio del mercado, se percibe la importancia de una mayor flexibilidad en la gestión empresarial (Fortunato, 2009). La competencia global ha generado cambios fundamentales en el entorno competitivo industrial (De Felice, Petrillo y Monfreda, 2013).

Aunque los Sistemas de Gestión de Manufactura también conocidos como *XPS* de las empresas automotrices buscan mejorar la eficiencia, calidad, productividad y flexibilidad, se pueden considerar heterogéneos debido a sus diferencias en enfoque, priorización de mejoras y uso de recursos. Según Goes, Satolo, Ramos, Correa y Martins (2017), entre las teorías existentes, el enfoque *World Class Manufacturing (WCM)* demuestra ser un modelo de transformación eficaz para eliminar pérdidas operativas y respaldar a las organizaciones en la consecución de altos niveles de desempeño.

Existen diversas condiciones, variables o factores críticos que pueden afectar la implementación del *WCM* en las organizaciones. Estos factores pueden ser internos o externos a las organizaciones y no han sido tomadas en cuenta para mitigarlas, ya sea por subestimación o por falta de conocimiento. Algunos factores pueden abarcar factores humanos, culturales, tecnológicos, económicos, geográficos, políticos o sociales. Uno de los objetivos más importante para los gerentes es la calidad y eficiencia, la cual puede garantizarse mediante la identificación y eliminación de los factores que resultan en un rendimiento deficiente. Por lo tanto, es esencial contar con una mejor comprensión de los factores críticos de éxito (CSFs) y cómo medirlos (Belassi y Tukel, 1996).

Durante los últimos años la industria automotriz en México se ha caracterizado por ser la industria más importante de las manufacturas del país, potenciando y dinamizando el crecimiento y desarrollo del país. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año 2023, la industria automotriz represento casi el 4% del PIB Nacional y 20.5% del PIB manufacturero. Debido a la relevancia de este sector y a los beneficios mencionados al implementar modelos de transformación de mejora continua, es común que organizaciones de manufactura en México busquen adoptar el *WCM* como una estrategia para mejorar su desempeño económico y productivo, así como también disminuir las actividades que no agregan valor en sus procesos.

Con base en las afirmaciones anteriores, se revela la necesidad de identificar los Factores Críticos de Éxito (CSFs) que afectan el logro de los objetivos durante la implementación del *WCM* en organizaciones manufactureras del sector automotriz en México. A través del conocimiento de los diversos factores que inciden en la implementación del *WCM*, las organizaciones pueden desarrollar acciones para mitigar los riesgos, permitiendo así una planificación estratégica de los resultados y recursos necesarios a corto, mediano y largo plazo.

En este artículo se explican los pasos necesarios para desarrollar y validar estadísticamente un instrumento que permita evaluar de manera fiable el grado de implementación de los Factores Críticos de Éxito (CSFs) durante la ejecución del modelo *WCM* en compañías del sector automotriz en México y un modelo de ecuaciones estructurales se identifica y se correlaciona los factores y se determina su significancia respecto a los beneficios.

World Class Manufacturing

El *World Class Manufacturing* o *WCM* es un modelo focalizado a la gestión de operaciones de manufactura, fundamentada en metodologías aplicadas y desempeño alcanzado por las mejores empresas del mundo. El modelo se basa en los conceptos de Calidad Total (TQC), Mantenimiento Productivo Total (TPM), Total Industrial Engineering (TIE) y Justo a Tiempo (JIT) (Midor, 2012; De Felice et al., 2013). El objetivo principal de *WCM* es la mejora continua en las áreas de manufactura para garantizar la calidad del producto final. Los proyectos desarrollados bajo la metodología *WCM*, apuntan a la eliminación de todas las formas de pérdida y desperdicio con el objetivo final de lograr cero accidentes, cero desperdicios, cero averías y cero inventarios (Fiat Chrysler Automobiles, 2014). Dudek (2016) y Netland (2014) afirman que el *WCM* es un sistema de producción específico de organizaciones, conocidos como XPS y la cual ha sido implementado por organizaciones como Fiat Chrysler Automobiles e inicialmente por Fiat Corporation en el año 2005, así como también asevera que el modelo actual *WCM* fue desarrollado por el profesor Hajime Yamashina en la Universidad de Kyoto en Japón. Según la corporación Fiat Chrysler Automobiles (2018) el modelo *WCM* es reconocido como un sistema de producción común entre el grupo de empresas que forman parte del *WCM Association*, con el objetivo de mejorar el rendimiento de la fabricación compartiendo conocimientos y prácticas de excelencia en los procesos de fabricación.

El *WCM Association* es una organización sin fines de lucro establecida con el objetivo de mejorar el rendimiento de las operaciones de manufactura a través del modelo *WCM*. Además, se encarga de desarrollar e implementar las mejores tecnologías de fabricación, establecer estándares de manufactura y aumentar la competitividad y beneficios económicos de los miembros (Unilever, 2022). En el año 2021 la lista de las organizaciones miembros del *WCM Association* incluían: Unilever, Iveco, CNH, FiatChrysler Automobiles, Royal Mail, Whirlpool Corporation, Semperit Corporation, ArcelorMittal, Elica Corporation, Ariston Thermo Group, CNH Industrial, Leonardo, Atlas Copco, Magneti Marelli, Iveco y Saint-Gobain.

Según De Felice et al., (2013), Yamashina (2013), Stellantis Corporation (2021), el modelo *WCM* amparado por el *WCM Association* está compuesto por diez pilares técnicos y diez pilares gerenciales, los cuales normalmente se ilustran dentro de un templo. Los diez pilares técnicos son: 1) Seguridad, 2) Despliegue de costos, 3) Mejora enfocada, 4a) Mantenimiento autónomo, 4b) Organización del puesto de trabajo, 5) Mantenimiento profesional, 6) Control de calidad, 7) Logística y servicio al cliente, 8) Gestión temprana de equipos, 9) Desarrollo del Personal y 10) Gestión medio ambiental y energético. Los diez pilares gerenciales son: 1) Compromiso gerencial, 2) Claridad de objetivos, 3) Mapa de ruta al *WCM*, 4) Asignación de personas altamente calificadas, 5) Compromiso organizacional, 6) Competencia de la organización hacia la mejora, 7) Tiempo y presupuesto, 8) Nivel de detalle, 9) Nivel de expansión y 10) Motivación de los operarios.

Factores críticos de éxito

Los Factores Críticos de Éxito (CSFs) son características, condiciones o variables que, si se mantienen o gestionan adecuadamente, pueden tener un impacto significativo en el éxito de una empresa en un tipo de industria (Villegas, 2012). Según (Näslund, 2013), aparte de algunas variaciones ligeras, los CSFs son similares en la mayoría de las iniciativas de mejora de la calidad y parecen ser relativamente constantes con el tiempo. Un hallazgo importante es que los CSFs tienden a estar más relacionados con la forma en que una organización aborda factores específicos del esfuerzo de cambio que con los métodos de cambio en sí. El compromiso e involucramiento gerencial, así como la cultura organizacional frecuentemente son caracterizados como fundamentalmente críticos.

Otros factores como tipo de liderazgo, las competencias humanas, conceptuales y técnicas que conforman las competencias integrales son conocidos como ingredientes clave; es decir, factores esenciales para la implementación exitosa de cualquier estrategia de transformación de mejora continua (Mckinley, Manku-Scott, Hastings, French, y Baker, 1997). Por lo tanto, se encuentran comúnmente o se transfieren a las diferentes estrategias de mejora. De hecho, la principal razón detrás de la transferencia de conceptos como Seis Sigma, Manufactura Esbelta u otras estrategias de mejora a otras organizaciones es el éxito que han tenido en empresas como Motorola y Toyota (Snee y Hoerl, 2003).

Según Soti, Shankar y Kaushal (2010) los CSFs fueron popularizados por Rockart (1979). Específicamente, los CSFs son una serie de factores esenciales para una organización, sin los cuales cualquier iniciativa de mejora tiene una baja probabilidad de éxito. El concepto destaca sistemáticamente las áreas clave que la dirección debe considerar cuidadosamente para alcanzar sus objetivos de rendimiento. Al comprender los CSFs para la implementación de un sistema, una organización puede determinar con éxito las dificultades que afectan críticamente el proceso, mitigando o evitando cualquier riesgo que pueda contribuir a su fracaso (Yaraghi y Langhe, 2011).

Debido a lo anterior, es importante el desarrollo y la validación de un instrumento confiable que permita la recopilación de datos sobre los CSFs que afectan la implementación del *WCM* en el sector de estudio especificado. Esto está de acuerdo con lo mencionado por (Alkarney y Albraithen, 2018), quien afirma que al comprender los CSFs para la implementación de un sistema, una organización puede determinar con éxito las dificultades que afectan críticamente el proceso, eliminando o evitando cualquier problema que pueda contribuir a su fracaso.

Método

Este estudio utilizó un diseño de encuesta transversal para recopilar datos sobre los factores críticos de éxitos al implementar el modelo *WCM* con el objetivo de apoyar al conocimiento de las organizaciones del sector automotriz mexicano. Siguiendo la clasificación propuesta por Creswell y Plano-Clark (2007), Tashakkori y Teddlie (2010), y Vara (2012), se adoptó la metodología con un enfoque mixto o cuali-cuantitativa. Esto se debe a que se aplicaron procesos de investigación sistemáticos, empíricos y críticos que respaldaron la recolección y análisis de datos, tanto cualitativos como cuantitativos. En consecuencia, la metodología se considera cualitativa al basarse en investigaciones y planteamientos del modelo *WCM* propuesto por Yamashina (2000, 2006, 2009 y 2013) y la Asociación *WCM*. Además, se considera cuantitativa al recopilar datos relacionados con expertos en *WCM* de diversas organizaciones mexicanas.

El diseño y proceso de validación de la encuesta se desarrolló en tres etapas, que se analizan a continuación: A) Diseño del instrumento, que consiste en las definiciones de los constructos y de los indicadores, B) Administración del instrumento, que incluye la recopilación de datos, y C) Análisis estadístico para la validación del instrumento, que consiste en la verificación de supuestos, análisis de datos mediante el análisis factorial y validación de los constructos.

Diseño del instrumento

El primer paso en el diseño del instrumento es identificar los constructos que serán utilizados durante el estudio. En consecuencia, se llevó a cabo una revisión detallada de la literatura mediante la consulta de diversas bases de datos, tales como: Scielo, Emerald, Scopus, Proquest, Elsevier, Springer, Ebsco, Nature, Jstor, Sage, Wiley, IEOM Society International, Academic Journals, CORE, Taylor And Francis Group, SPELL, Web Of Science, Semantic Scholar, Scientific Research Publishing. La revisión abarcó publicaciones de los últimos quince años centrados en los Factores Críticos de Éxito del modelo *WCM* en organizaciones automotrices mexicanas. Las palabras clave empleadas para la búsqueda incluyeron *World Class Manufacturing*, Factores Críticos de Éxito, Clase Mundial, Yamashina, *World Class Association*, Gestión de Calidad Total, Manufactura Esbelta, Mantenimiento Productivo Total.

En la primera fase del diseño del instrumento se examinaron ciento veinte y siete (127) artículos para identificar los Factores Críticos de Éxito (CSFs) con el mayor número de menciones en la literatura; en total, se identificaron 9 CSFs. Luego, se seleccionaron los factores que representaban más del 75% de las menciones para utilizarlos como base en el diseño del instrumento de recopilación de datos. En una segunda fase del diseño del instrumento se revisaron los 9 CSFs seleccionados con un panel de expertos en *WCM* (*WCM*) integrado por siete miembros del sector manufacturero, cada uno con más de 7 años de experiencia laboral implementando el *WCM*. Una vez culminada la revisión con el panel de expertos se seleccionó 6 Factores Críticos de Éxito (CSFs) que afectan la implementación exitosa del *WCM*.

Se pueden definir conceptualmente los constructos seleccionados de la siguiente manera. Las competencias integrales (CI) comprenden habilidades técnicas, humanas y conceptuales, fundamentales para el éxito en la administración empresarial. Además, los distintos niveles jerárquicos de una organización demandan combinaciones variables de estas habilidades (Katz, 1974). El tipo de liderazgo (TL) implica características, actitudes y prácticas que influyen constructivamente en el equipo y el entorno laboral. Abarca comunicación efectiva, empatía, confianza, desarrollo de talento, resiliencia, liderazgo ético y colaboración (Castillo y Romero, 2021; Villarruel, 2021). Según Araneda (2016), el liderazgo positivo fomenta un ambiente laboral saludable, aumenta la motivación y la productividad del equipo y ayuda a retener talento. El compromiso Gerencial (CG) es crucial para el éxito del cambio organizacional y la promoción de la participación de los empleados, así como para cultivar una cultura innovadora (Avlonitis y Karayanni, 2000). Además, se destaca su influencia en la formulación de estrategias de sostenibilidad corporativa y la integración de prácticas ambientalmente responsables (Bravo y Cassano, 2019). El Involucramiento de los empleados (IE) se refiere a la participación activa y la colaboración de los miembros de la organización en los procesos de toma de decisiones y actividades operativas dentro del lugar de trabajo. Según Vila, Laguillo y Faura (2020), la participación del personal puede generar beneficios en términos de continuidad en la organización y mejorar la eficiencia y efectividad de la misma. El tipo de cultura organizacional (CO) abarca valores, creencias y prácticas compartidas que influyen en el

comportamiento de los empleados (Akpa, Asikhia, y Nneji, 2021; Azeem, Ahmed, Haider y Sajjad, (2021); Drozdowski, 2022). Su comprensión y gestión son cruciales para líderes que buscan crear un entorno laboral efectivo (Pujol-Cols, 2018). Los Beneficios (B) se relaciona con los resultados positivos obtenidos al implementar estrategias de mejora en organizaciones, como eficiencia y reducción de desperdicios mediante Lean (Romero, 2020). Estos beneficios se asocian con acciones o resultados positivos que favorecen tanto a individuos como a la organización (Maciel-Monteon, Limon-Romero, Gastelum-Acosta, Tlapa, Baez-Lopez y Solano-Lamphar, 2020).

Operacionalización de variables

Los seis Factores Críticos de Éxito (CSFs) representan las variables latentes que fueron objeto de estudio mediante la encuesta. Dado que estas variables no pueden ser medidas directamente, se requirió llevar a cabo su operacionalización (Hernández, Fernández y Baptista, 2010; y Padua, 2018); es decir, transformar las variables subjetivas en variables objetivas directamente observables (Condori, 2015; y Jöreskog, Olsson y Wallentin, 2016). La encuesta final se elaboró a partir de este proceso de operacionalización. Para lograrlo, fue necesario trabajar a partir de las definiciones conceptuales de los constructos. Posteriormente, se procedió a listar una serie de indicadores para cada construcción y a continuación, proporcionar al menos un elemento que permitiera medir dicho indicador.

Los procesos de operacionalización de la variable latente Competencias Integrales (CI) es explicada a continuación como un ejemplo. El CI se puede describir mediante tres indicadores, tales como: Competencias Técnicas *WCM*, Competencias Humanas y Competencias Conceptuales. De esta manera, el indicador etiquetado como “Competencias Técnicas *WCM*” se mide a través del ítem CI-1; y “Competencias Humanas” se mide a través de los ítems CI-2 y CI-3. Por otro lado, los ítems CI-4 y CI-5 miden el indicador “Competencias Conceptuales”.

El instrumento consta de 30 ítems distribuidos en 6 constructos. Se empleó la escala Likert para recolectar las respuestas a cada ítem, abarcando un rango de percepción en un intervalo de 5 unidades, desde 1 = Nunca hasta 5 = Siempre. La elección de la escala Likert de cinco puntos en este estudio específico es ampliamente aceptada y considerada apropiada para evaluar variables latentes mediante una serie de elementos interrelacionados (Carpita y Manisera, 2012; Maciel-Monteon et al., 2020)

Validación del contenido

La encuesta fue revisada por el panel de siete expertos en *WCM*, con el fin de verificar la validez del contenido. Se evaluaron la relevancia y claridad de las preguntas, el significado claro del argot comúnmente utilizado en la industria y el tiempo necesario para completar toda la encuesta. Posteriormente, con base en los comentarios de los expertos, se procedió a modificar el instrumento. Su estructura final constó de cinco secciones: La primera sección brinda una breve introducción a los objetivos de la encuesta, en la segunda sección es recopilada la información sobre los datos profesionales de los encuestados. La tercera sección evalúa los Factores Críticos de Éxito (CSFs) en la implementación de *WCM*, y la cuarta contiene un análisis de las herramientas de *WCM*. La última sección tiene como objetivo conocer los beneficios para las empresas que implementan el modelo *WCM*.

Administración del instrumento

Este estudio se centra en organizaciones manufactureras dentro del sector automotriz en México con experiencia en la implementación en el modelo *WCM* propuesto

por la *WCM Association*. Las empresas fueron identificadas a través de las entrevistas con expertos en *WCM* y con experiencia provenientes de empresas fundadoras del *WCM Association*. Los participantes objetivo de la encuesta fueron empleados en posiciones gerenciales media a alta; es decir, desde supervisores en el extremo inferior, hasta líderes corporativos, ingenieros, gerentes, directores ejecutivos y vicepresidentes globales corporativos con experiencia en *WCM*. La encuesta fue administrada usando *Google Forms* y el acceso fue enviado a través de un link de internet. Un total de 990 links fueron enviados a través de diferentes medios digitales tales como: *Whatsapp*, correo electrónico, *Facebook* y *LinkedIn*. La tasa de respuesta fue del 22%, con 218 encuestas completadas con profesionales de 11 empresas diferentes. Las características demográficas de la muestra fueron: Profesionales del género femenino 15.38% y masculino 77.78%; Tipo de organizaciones donde los profesionales laboran fue Tier1 con el 78.63% y Tier2 con el 14.53%; Profesionales con experiencias en *WCM* entre 1 a 3 años fueron 7.26%, entre 3 a 5 años fueron 20.94%, entre 5 a 7 años fueron 27.35%, entre 7 y 10 años fueron 20.09% y entre 10 y 15 años fueron 17.52%. Los roles de liderazgo de los profesionales fueron Líderes Ejecutivos (operaciones globales) con el 3.85%, Liderazgo Ejecutivo (operaciones locales) con el 25.21%, Líderes de áreas funcionales con el 32.91%, Líderes de Nivel Medio con el 8.97%, Supervisores de Nivel Medio con el 20.94% y Otros con el 1.28%

Análisis estadístico para la validación del instrumento

Para realizar la validación del instrumento se siguió el método utilizado por De La Vega, Baez-Lopez, Limon-Romero, Tlapa, Flores, Rodríguez, y Maldonado-Macías (2020). La validación del cuestionario comprende dos pruebas fundamentales: confiabilidad y validez. Se empleó el análisis factorial para evaluar la confiabilidad y validez de variables indirectamente observables (Rodrigues, Jacinto, Antunes, Amaro, Matos y Monteiro, 2023). Inicialmente, se verificaron cuatro aspectos cruciales en la validación de encuestas (Byrne, 2016): la presencia de datos faltantes, valores atípicos, cumplimiento de las suposiciones de normalidad univariante y multivariante, y la presencia de multicolinealidad.

Análisis factorial

Se utilizó el EFA de la matriz de correlación para establecer los factores latentes que explican la variabilidad de las variables observadas. Se realizó una rotación Promax y se evaluó la adecuación muestral mediante el índice de Kaiser Meyer Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. Se eliminaron las cargas factoriales no significativas y se llevó a cabo un Análisis Factorial Confirmatorio (CFA) utilizando SPSS y SmartPLS.

Validez del constructo

Se evaluó la validez convergente, discriminante y nomológica según la recomendación de Hair, Black, Babin y Anderson (2014). Se estimó el alfa de Cronbach para evaluar la consistencia interna del instrumento.

Resultados

Con el fin de evitar datos faltantes, únicamente se incluyeron en el análisis aquellas encuestas que estuvieran completas en *google forms*. Posteriormente, se llevó a cabo una verificación de la base de datos para detectar valores atípicos, identificando observaciones con características únicas que se diferenciaban claramente del resto

(Cohen, G. Cohen, P., West y Aiken, 2002). Este procedimiento se llevó a cabo mediante la aplicación de la distancia de Mahalanobis. Se eliminaron un total de 17 encuestas identificadas como valores atípicos, al no cumplir con un nivel conservador de significancia estadística, siguiendo la recomendación de Kline, con $p < 0.001$ (Kline, 2016). De esta manera, los cálculos subsiguientes para la validación de la encuesta se realizaron considerando únicamente 201 respuestas. Esta medida fue necesaria para mejorar la normalidad de la base de datos, ya que, al cumplir con esta suposición, fue posible utilizar el método de máxima verosimilitud para extraer el factor (Schumacker y Lomax, 2015) siguiendo la misma metodología empleada en este estudio de investigación.

La verificación de la normalidad univariante era necesaria como una condición esencial, aunque no suficiente, para la normalidad multivariante (De la Vega et al., 2020). Para evaluar la normalidad de los datos variables se propone basarse en la asimetría y la curtosis; por lo tanto, se utilizaron estos dos índices para medir la normalidad univariante de cada variable en el instrumento (De Carlo, 1997, citado por De la Vega et al., 2020). Esto resultó en valores absolutos inferiores a 1.96, correspondiente a un nivel de error del 0.05, de la asimetría y valores absolutos inferiores a 3 para la curtosis, como se detalla en la Tabla 1. Estos resultados corroboran lo aseverado por Mardia (1974), acerca de una distribución normal, la medida de asimetría debe tener un valor de ± 1.96 y la curtosis estandarizada, un valor igual o inferior a 3.

A continuación, se evaluó la normalidad multivariante a través de la prueba de Mardia, la cual se fundamenta en el valor normalizado de la curtosis multivariante (Mardia, 1974). Este procedimiento implica comparar el coeficiente de Mardia para los datos bajo estudio con un valor calculado obtenido mediante la fórmula $p \times (p + 2)$, donde p representa el número de variables observadas en el modelo (Kline, 2013). La verificación de esta suposición se llevó a cabo contrastando el valor de la curtosis multivariante obtenido a través de los cálculos estadísticos del programa virtual "*WebPower - Statistical power analysis online*" respecto al valor calculado mediante la fórmula propuesta. Con un total de 30 variables en la encuesta, el cálculo arrojó un valor de 960, superando así el índice de curtosis multivariante obtenido con *WebPower*. Al cumplir con la condición de que el valor calculado sea mayor que el obtenido (931.404), también se satisface la suposición de normalidad multivariante en el conjunto de datos (De la Vega et al., 2020).

En última instancia, se examinó la presencia de multicolinealidad en los datos para descartar la posibilidad de que dos o más variables estuvieran altamente correlacionadas (Hair, Anderson, Tatham y Black, 1998). Se utilizaron dos pruebas con este propósito: la primera calculó las correlaciones bivariadas, ya que, según Hair et al., (1998), cualquier par de variables con una correlación superior a 0.85 debería interpretarse como evidencia de posibles problemas. Sin embargo, este análisis no reveló tal situación, ya que la correlación bivariada más alta fue de 0.83. La segunda prueba evaluó los factores de inflación de la varianza (VIF), los cuales determinan si una variable podría ser redundante al presentar valores superiores a 10 (Hair et al., 1998). Los resultados del VIF en el estudio indicaron un valor máximo de 5.92 (ver Tabla 1). Por lo tanto, con base en las dos pruebas realizadas, se puede concluir que este conjunto de datos no presenta problemas de multicolinealidad.

Tabla 1
Resultados de las pruebas de validez de constructo

Constructos / Variables	Asimetría (Skewness)	Curtosis (Kurtosis)	Factor de Inflación (VIF)	Carga Factorial (Factor Loading)	Autovalores (Eigenvalues)	Confiabilidad Compuesta (rho_c)	Alfa de Crombach (Crombach Alpha)
B	B1	-0.328	-0.867	0.924	4.272	0.958	0.958
	B2	-0.092	-0.938	5.203			
	B3	-0.233	-0.833	4.418			
	B4	-0.167	-0.927	5.418			
	B5	-0.270	-0.847	4.968			
TL	TL1	-0.113	-0.681	2.858	3.571	0.901	0.901
	TL2	-0.211	-0.562	2.874			
	TL3	-0.192	-0.922	2.558			
	TL4	-0.057	-0.808	2.511			
	TL5	-0.019	-0.739	3.073			
IE	IE1	-0.183	-0.700	3.166	3.745	0.917	0.917
	IE2	-0.046	-0.626	3.024			
	IE3	-0.469	-0.117	3.103			
	IE4	-0.180	-0.261	3.101			
	IE5	-0.194	-0.708	3.177			
CG	CG1	-0.319	-0.289	2.020	3.297	0.873	0.871
	CG2	-0.347	-0.485	2.550			
	CG3	-0.373	-0.411	2.116			
	CG4	-0.128	-0.629	2.473			
	CG5	-0.048	-0.682	2.647			
CO	CO1	-0.992	0.742	4.045	4.035	0.941	0.941
	CO2	-0.835	0.554	3.943			
	CO3	-0.804	0.526	3.946			
	CO4	-0.840	0.584	3.813			
	CO5	-1.028	0.863	4.363			
CI	CI1	-0.211	-0.870	5.925	4.272	0.958	0.958
	CI2	-0.289	-0.810	5.601			
	CI3	-0.174	-0.930	4.773			
	CI4	-0.254	-0.784	5.143			
	CI5	-0.300	-0.825	5.177			

El análisis factorial exploratorio (EFA por sus siglas en inglés *Exploratory factor analysis*) de la matriz de correlación estableció los factores latentes que explican la variabilidad de las variables observadas, y los resultados se emplearon como un indicador de la validez de cada construcción analizada. Según Brown (2015) la validez del instrumento se refiere al grado en que este mide de manera fiel lo que pretende medir. En el análisis factorial, se utilizó la estimación de máxima verosimilitud para extraer el factor y la rotación oblicua Promax. La rotación de factores es esencial en el EFA y se considera, por muchos, la herramienta más crucial en la interpretación del mismo (Lorenzo-Seva y Ferrando, 2019). En este estudio, se optó por realizar una rotación Promax, ya que, además de cumplir con las suposiciones de distribución, es menos probable que genere soluciones inapropiadas o factores no correlacionados (Raykov y Marcoulides, 2008).

El primer paso al realizar un EFA implica evaluar la adecuación muestral a través del cálculo del índice de Kaiser Meyer Olkin (KMO). La prueba KMO proporciona una medida para determinar si las correlaciones parciales entre las variables son pequeñas (Romero, 2020). Se consideran valores regulares aquellos mayores a 0.7, meritorios si están por encima de 0.8 y muy buenos si superan 0.9 (Kaiser y Rice, 1974). Otro método utilizado para verificar la viabilidad de un análisis factorial es la prueba de esfericidad de Bartlett. En este contexto, un análisis factorial es viable siempre que se rechace la hipótesis nula. Este estudio reportó un valor de KMO de 0.932 y una prueba significativa de esfericidad de Bartlett ($p < 0.001$), confirmando la aplicabilidad del análisis factorial.

El segundo paso crucial en un EFA es eliminar las cargas factoriales no significativas. Hair et al., 2014 sugieren que el valor apropiado de una carga factorial se

ajusta al tamaño de la muestra. El estudio se basa en 201 encuestas confiables; por lo tanto, se consideraron significativas para el análisis aquellas cargas factoriales mayores a 0.4 según lo recomendado por Hatcher, 1994. La rotación de factores es esencial en el EFA y se considera, por muchos, como la herramienta más importante en la interpretación de los resultados (Hair et al., 2014).

Después de realizar el EFA y aplicar la rotación promax, se identificaron 6 construcciones compuestas por un total de 30 variables con cargas factoriales significativas. De manera similar, se logró explicar el 78.15% de la varianza total de los datos. Cabe destacar que los valores propios de todos los componentes fueron superiores a 1. Para evaluar la confiabilidad y consistencia de nuestros hallazgos, adoptamos un enfoque confirmatorio. Tras realizar el EFA, llevamos a cabo un Análisis Factorial Confirmatorio (CFA) utilizando *SPSS*® y *SmartPLS*. Se evaluó la normalidad multivariante y la multicolinealidad de los datos, y se revisaron los valores atípicos. No se detectaron problemas relacionados con las dos primeras suposiciones y no hizo falta eliminar encuestas adicionales del análisis debido a la presencia de valores atípicos. En resumen, las pruebas subsiguientes se llevaron a cabo con 201 encuestas. La tabla 2 muestra los resultados de la estructura factorial de las 30 variables para la muestra total.

Tabla 2
Estructura Factorial De Los Constructos

Variables	Factores					
	1	2	3	4	5	6
CO1	0.807					
CO2	0.789					
CO3	0.811					
CO4	0.807					
CO5	0.821					
IE1		0.735				
IE2		0.755				
IE3		0.728				
IE4		0.760				
IE5		0.767				
B1			0.854			
B2			0.852			
B3			0.842			
B4			0.868			
B5			0.856			
CI1				0.866		
CI2				0.876		
CI3				0.844		
CI4				0.836		
CI5				0.851		
TL1					0.749	
TL2					0.729	
TL3					0.661	
TL4					0.704	
TL5					0.727	
CG1						0.569
CG2						0.674
CG3						0.633
CG4						0.698
CG5						0.725
Valores Propios (Eigenvalues)	7.58	6.34	8.68	8.41	7.14	5.00
% Varianza Explicada	39.53	13.54	9.90	7.04	4.74	3.41
% Varianza Acumulada	39.53	53.07	62.97	70.00	74.74	78.15

La validez de un modelo de medición se fundamenta en establecer niveles aceptables de bondad de ajuste y encontrar evidencia específica de validez de constructo. Según Hair et al., (2014) el uso de tres a cuatro índices suele ofrecer una evidencia adecuada de ajuste del modelo. Kline (2016) indica que, al intentar validar un modelo de medición, es esencial estimar al menos los siguientes índices de ajuste del modelo: la estadística χ^2/df estática, la raíz cuadrada media del error de aproximación (RMSEA), el índice de ajuste comparativo (CFI), la raíz cuadrada media residual estandarizada (SRMR). Desde estas perspectivas, se presupone que los investigadores deben informar al menos un índice incremental y uno absoluto, además del valor χ^2 y los grados de libertad asociados. Por ende, la estimación del valor χ^2 , el CFI o el índice Tucker-Lewis (TLI) y el RMSEA proporcionarán suficiente información para evaluar un modelo. Asimismo, para comparar modelos de distintas complejidades, los investigadores pueden incorporar el índice de ajuste normalizado (NFI).

Los resultados del análisis factorial confirmatorio (CFA por sus siglas en inglés) indican un ajuste excelente, con un X^2/df inferior a 2.0. Además, los valores de CFI y TLI son mayores a 0.9, el valor de RMSEA es inferior a 0.08 y el valor de SRMR cae por debajo de 0.05. Estos índices de ajuste confirman la validez del modelo de medición. Los hallazgos presentados en la Tabla 5 revelan que un índice de NFI de 0.922 indica un nivel de complejidad aceptable para el modelo inicial. Además, los valores de R2 para los indicadores principales CG, TL, IE, CO, CI y B oscilan entre 0.42 y 0.60. Estos resultados sugieren que estos seis constructos pueden ser empleados para evaluar los factores críticos de éxito que inciden en la implementación del WCM en la industria manufacturera automotriz en México.

La validez convergente se evalúa comúnmente mediante el índice de Extracto de Varianza Promedio (AVE). Generalmente, un valor de AVE superior a 0.5 indica una buena validez convergente, confirmando que un conjunto de ítems son indicadores de un constructo específico Hair et al., (2014), al converger o compartir una alta proporción de varianza en común. En nuestro estudio, la Tabla 3 a continuación presenta los valores de AVE en la diagonal principal de la matriz (en negrita) para cada constructo o variable latente. Es importante destacar que todos los valores son superiores a 0.5.

Tabla 3
Correlaciones entre constructos, varianza extraída promedio y correlaciones al cuadrado

	B	CG	CI	CO	IE	TL
B	0.82^a	0.29	0.27	0.36	0.18	0.24
CG	<i>0.54</i>	0.58^a	0.04**	0.12	0.01**	0.04**
CI	<i>0.52</i>	0.20**	0.82^a	0.16 ^a	0.41	0.39
CO	<i>0.60</i>	<i>0.35</i>	<i>0.41</i>	0.76^a	0.09	0.32
IE	<i>0.42</i>	0.08**	<i>0.64</i>	<i>0.30</i>	0.69^a	0.06
TL	<i>0.49</i>	0.21**	<i>0.62</i>	<i>0.56</i>	<i>0.24</i>	0.65^a

Nota. Los valores de la diagonal principal con el símbolo (a) corresponden al Extracto de Varianza Promedio (AVE). Los valores en *letra Italic* representan las correlaciones entre constructos, significativas con nivel $p \leq 0.001$. Los valores con el símbolo (**) poseen valores no significativos ya que poseen valores con $p > 0.001$. Los valores por encima de la diagonal principal son las correlaciones al cuadrado.

En cuanto a la consistencia interna del instrumento, se evaluó mediante la estimación del alfa de Cronbach (Cronbach, 1951). Este coeficiente contribuye a determinar si los distintos ítems o preguntas de una escala están relacionados. Sus valores oscilan entre 0 y 1, siendo los valores más cercanos a 1 indicativos de mayor consistencia interna. En este contexto, George y Mallery (2016) sugieren confiar en valores superiores

a 0.7, ya que valores inferiores podrían ser cuestionables. Según los resultados presentados en la Tabla 3, todas las variables latentes demuestran una validez convergente adecuada, ya que todos los valores del alfa de Cronbach son superiores a 0.872. Estos resultados se obtuvieron a través del programa SPSS.

La validez discriminante mide en qué medida un constructo es verdaderamente diferente de los demás. Una alta validez discriminante proporciona evidencia de que un constructo es único y captura fenómenos diferentes a los de los demás (Martínez-García, y Martínez-Caro, 2009). Una forma de calcular este indicador es comparar los valores de AVE para dos constructos con la correlación al cuadrado. El AVE debe ser mayor que la correlación al cuadrado para confirmar que los dos constructos son independientes entre sí. La Tabla 3 muestra que los constructos tienen un valor de AVE mayor que la correlación al cuadrado en todos los casos. Esto respalda la validez discriminante de los constructos o variables latentes.

Finalmente, la validez nomológica confirma que las correlaciones entre constructos en una teoría de medición tienen sentido. La matriz de correlación proporciona información para identificar cómo se relacionan entre sí los constructos. Los resultados de la prueba de validez nomológica realizada en esta investigación se resumen en la Tabla 4, donde todas las correlaciones entre los constructos son positivas y significativas a excepción de 3 casos donde no fueron significativos por poseer p mayor o igual a 0.001: CG-CI, CG-IE y CG-TL.

TABLA 4

Resultados del Modelo De Ecuaciones Estructurales (SEM) Inicial Propuesto

Análisis de Trayectorias	Estimaciones de parámetros	Errores estándar	Valores T	Valores P	Resultados
B	1.178	0.142	8.310	0.000	Aceptado
CG	0.464	0.090	5.185	0.000	Aceptado
CI	1.206	0.142	8.505	0.000	Aceptado
CO	0.838	0.109	7.711	0.000	Aceptado
IE	0.544	0.078	6.984	0.000	Aceptado
TL	0.790	0.114	6.941	0.000	Aceptado
CG <-> B	0.399	0.072	5.538	0.000	Aceptado
CI <-> B	0.615	0.101	6.086	0.000	Aceptado
CI <-> CG	<i>0.149</i>	<i>0.060</i>	<i>2.488</i>	<i>0.014</i>	<i>Rechazado</i>
CO <-> B	0.597	0.090	6.659	0.000	Aceptado
CO <-> CG	0.220	0.054	4.047	0.000	Aceptado
CO <-> CI	0.408	0.082	4.951	0.000	Aceptado
IE <-> B	0.337	0.067	5.007	0.000	Aceptado
IE <-> CG	<i>0.042</i>	<i>0.040</i>	<i>1.065</i>	<i>0.288</i>	<i>Rechazado</i>
IE <-> CI	0.520	0.077	6.791	0.000	Aceptado
IE <-> CO	0.203	0.055	3.717	0.000	Aceptado
TL <-> B	0.471	0.084	5.594	0.000	Aceptado
TL <-> CG	<i>0.128</i>	<i>0.050</i>	<i>2.555</i>	<i>0.011</i>	<i>Rechazado</i>
TL <-> CI	0.608	0.091	6.655	0.000	Aceptado
TL <-> CO	0.457	0.075	6.088	0.000	Aceptado
TL <-> IE	0.157	0.053	2.967	0.003	Aceptado

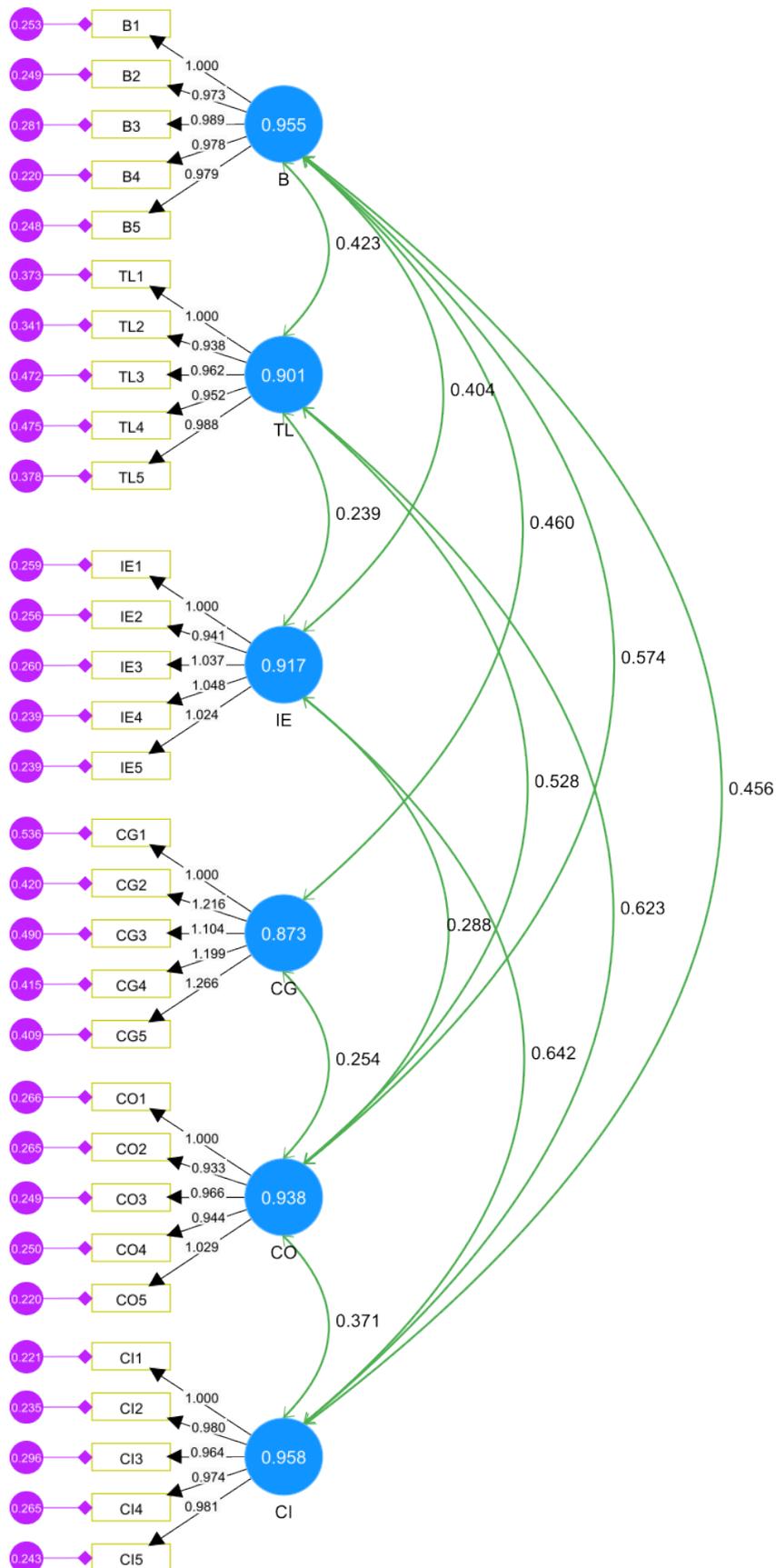
Nota. Los valores en *letra Italic* representan los resultados rechazados al poseer Valores P \geq 0.001.

Con el fin de proponer un modelo final de ecuaciones estructurales que describa las relaciones entre las variables significativas, se eliminaron las relaciones entre las variables CI - CG, IE - CG y TL - CG, al no mostrar significancia estadística. La Figura 1 representa el modelo final propuesto que incluye solo las variables significativas, mientras que la Tabla 5 presenta sus Índices de Ajuste.

Tabla 5
Índices de Ajuste del Modelo Final para la medición del Modelo

Adecuación Estadística Del Ajuste	Valores Recomendados Para Un Ajuste Satisfactorio Del Modelo	Referencias	Modelo Inicial	Modelo Final
<i>X²/df</i>	- Ajuste Bueno: $X^2/df < 2$	- Bollen, 1989	1.120	1.133
TLI	- Ajuste Aceptable: TLI > 0.90 - Ajuste Bueno: TLI > 0.95	- Hair et al (2014) - Schumacker, 2015	0.990	0.989
CFI	- Ajuste Aceptable: CFI > 0.90 - Ajuste Bueno: CFI > 0.95	- Hair et al (2014) - Schumacker, 2015	0.991	0.990
RMSEA	- Ajuste Aceptable: RMSEA < 0.08 - Ajuste Bueno: RMSEA < 0.05	- Browne y Cudeck (1993) - Hair et al (2014)	0.024	0.026
SRMR	- Ajuste Aceptable: SRMR < 0.08 - Ajuste Bueno: SRMR < 0.05	- Steiger (1990)	0.039	0.070
NFI	- Ajuste Aceptable: NFI > 0.90 - Ajuste Bueno: NFI > 0.95	- Mulaik, James, Van Alstine, Bennett, Lind, y Stilwell (1989)	0.922	0.921

Figura 1
Modelo De Ecuaciones Estructurales (SEM) Final Propuesto



Discusion y conclusiones

El propósito de esta investigación fue determinar los factores críticos de éxito (CSFs) en la implementación del modelo *WCM* en el sector automotriz en México, por medio la creación y evaluación de un instrumento de recolección de datos (encuesta). El diseño del instrumento incluyó el proceso de operacionalización de variables, que permite medir directamente variables no observables a través de indicadores medibles, como es el caso de los CSFs (Padua, 2018). La validez de constructo se evaluó mediante el EFA, confirmando que los elementos medidos reflejan verdaderamente las variables latentes teóricas que se pretendían medir. Finalmente, el estudio evaluó los tres tipos de validez de constructo (convergente, discriminante y nomológica), y cada uno arrojó un resultado estadísticamente satisfactorio.

Durante la validación del instrumento, se analizaron las respuestas obtenidas, permitiendo evaluar el nivel percibido de implementación de CSFs en la implementación del modelo *WCM* en el sector estudiado. La Tabla 6 presenta la media general y la desviación estándar para cada factor, utilizadas para investigar el nivel de implementación de CSFs percibido por los encuestados.

Tabla 6

Calificación de Factores Críticos de Éxito

Constructo	Variable	Media	Desviación Estándar (SD)	Promedio de la Media	Promedio de la SD	Rango
Las competencias integrales (CI)	CI-1	3.23	1.20	3.237	1.182	6
	CI-2	3.20	1.17			
	CI-3	3.23	1.20			
	CI-4	3.28	1.16			
	CI-5	3.24	1.18			
El tipo de liderazgo (TL)	TL-1	3.25	1.08	3.317	1.074	4
	TL-2	3.28	1.02			
	TL-3	3.39	1.10			
	TL-4	3.35	1.09			
	TL-5	3.31	1.08			
El compromiso Gerencial (CG)	CG-1	3.62	0.90	3.583	0.900	2
	CG-2	3.52	0.86			
	CG-3	3.61	0.92			
	CG-4	3.53	0.92			
	CG-5	3.63	0.90			
Involucramiento de los empleados (IE)	IE-1	3.38	1.00	3.320	1.043	3
	IE-2	3.31	1.06			
	IE-3	3.37	1.03			
	IE-4	3.28	1.04			
	IE-5	3.26	1.08			
El tipo de cultura organizacional (CO)	CO-1	3.80	1.05	3.745	1.026	1
	CO-2	3.75	1.00			
	CO-3	3.69	1.02			
	CO-4	3.70	1.00			
	CO-5	3.80	1.06			
Beneficios (B)	B-1	3.28	1.20	3.245	1.190	5
	B-2	3.18	1.18			
	B-3	3.26	1.19			
	B-4	3.26	1.19			
	B-5	3.23	1.19			

Los valores promedio oscilan entre 3.245 y 4.745, con una desviación estándar promedio de 1.07, indicando un buen nivel de implementación del modelo *WCM*. La información reveló que los CSFs El tipo de cultura organizacional (CO) y el Compromiso Gerencial (CG), con valores de 3.745 (± 1.026) y 3.583 (± 0.9) respectivamente, fueron considerados los factores más relevantes en la implementación del modelo *WCM*. En tercer lugar y cuarto lugar se ubicaron con valores muy cercanos el factor de involucramiento de los empleados (IE) y El tipo de liderazgo (TL), con valores de 3.32 (± 1.043) y 3.317 (± 1.074) respectivamente. Finalmente, los encuestados percibieron que el CSF Beneficios (B) y las competencias integrales (CI) influyen en menor proporción durante la implementación del modelo *WCM*, con valores de 3.245 (± 1.19) y 3.237 (± 1.182) respectivamente. Es importante señalar que los seis factores fueron considerados por los encuestados como "siempre" y "casi siempre", es decir, como elementos habitualmente presentes en la implementación de este tipo de proyectos de mejora.

Los resultados de la investigación revelaron que la Cultura Organizacional (CO) emerge como el Factor Crítico de Éxito (CSF) más destacado, en comparación con otros factores analizados. La Cultura Organizacional, ha demostrado ser un elemento fundamental para el éxito en la implementación de procesos de mejora continua (Akpa et al., 2021). Características como la cohesión, valores compartidos y adaptabilidad destacan en organizaciones que han logrado una implementación exitosa en estudios previos Quinn y Cameron (2019). La ventaja de una CO sólida se refleja en la alineación de objetivos, comportamientos proactivos y una menor resistencia a los cambios (Paais y Pattiruhu, 2020). Estos hallazgos respaldan la importancia de la Cultura Organizacional en el contexto de la implementación de *WCM* en el sector automotriz mexicano.

El Compromiso Gerencial (CO) destaca como un CSF muy importante, según el ranking derivado del análisis de los factores siendo un componente esencial para el éxito en la implementación de *WCM*. Características distintivas de un compromiso gerencial efectivo incluyen la asignación adecuada de recursos, liderazgo activo, y una participación constante en las fases del proyecto (Bravo y Cassano, 2019). Estudios previos han demostrado que el compromiso de la alta dirección crea un ambiente propicio para la adopción de prácticas de transformación, generando una cultura organizacional alineada con los principios del modelo (Vega, Fuentealba y Patiño, 2016). Las ventajas observadas abarcan desde una mejora en la eficiencia operativa hasta un impulso en la motivación y compromiso de los empleados (Flores y Cervantez, 2018). Estos resultados subrayan la relevancia del Compromiso Gerencial en el éxito de iniciativas *WCM* en el sector automotriz mexicano.

De acuerdo con los encuestados el siguiente factor relevante de la investigación fue el Involucramiento de los Empleados (IE), siendo uno de los componentes esenciales para lograr el éxito en la implementación del *WCM*. La participación activa de los empleados en procesos de mejora continua, la generación de ideas innovadoras y la adaptabilidad organizacional a cambios operativos son elementos que crean un entorno propicio para la innovación y la flexibilidad organizacional, respaldando así el éxito de modelos de transformación (Tuuli y Rowlinson, 2009). Otras características fundamentales de un involucramiento efectivo abarcan una comunicación abierta, la estimulación de la participación activa y la promoción de la retroalimentación entre los empleados y la dirección (Pujol-Cols, 2018). Estos aspectos no solo fortalecen la colaboración interna, sino que también contribuyen a la construcción de una cultura organizacional dinámica y receptiva a la mejora continua (Vila et al., 2020). Según González, Pozo, Grob y Quijada (2021) la interacción positiva entre los empleados y la dirección no solo beneficia la implementación de procesos eficientes, sino que también

potencia la capacidad de la organización de adaptarse y prosperar en un entorno dinámicos. Las ventajas abarcan desde un aumento en la creatividad y la identificación de oportunidades de mejora hasta un fortalecimiento del sentido de pertenencia y compromiso de los empleados.

En el contexto de la implementación del modelo *WCM* en organizaciones automotrices en México, el Tipo de Liderazgo (TL) emerge como uno de los CSF más destacado. La literatura sobre liderazgo revela su amplitud y complejidad, generando un interés considerable y reconociendo su papel fundamental en las organizaciones (Jiménez, 2010). El enfoque de la inteligencia emocional destaca la relevancia de comprender y gestionar emociones para lograr resultados efectivos en el liderazgo (Goleman, Boyatzis y Mckee, 2002). Estudios previos han identificado diversos estilos de liderazgo, incluyendo el visionario y personal, particularmente evidente en líderes femeninas, subrayando su capacidad para liderar el cambio (Changúan, Parrales, Higuera, y Cadena, 2020). Además, se destaca la importancia de estilos que equilibran el bienestar y los objetivos organizacionales (Campos, Morcillo, Rubio y Celemín, 2020). El liderazgo auténtico, caracterizado por la fidelidad y transparencia, ha ganado atención y se asocia con organizaciones virtuosas (Villafuerte y Lupano, 2020). El liderazgo, compartido por líderes y seguidores, se presenta como esencial en iniciativas de mejora continua, ya que influye en el éxito de tales iniciativas (Kuei, Madu y Lin, 2001). Según Eckes (2001) las iniciativas de mejora fracasan debido a la debilidad del liderazgo en el proyecto y habilidades de gestión, por lo que el compromiso, la comunicación efectiva, la participación en el proyecto, la selección y evaluación garantizan la consecución de las metas y objetivos.

Las competencias integrales (CI) destaca como el CSF con menor ponderación en la implementación del modelo *WCM* según los encuestados. Las competencias organizacionales, fundamentales para el éxito, evolucionan con el tiempo y requieren compromiso con el aprendizaje continuo (Khandii, 2021). Estudios previos subrayan la esencialidad de competencias técnicas, conceptuales y humanas para el liderazgo exitoso (Robbins y Coulter, 2004 y Koontz, Weihrich y Cannice, 2014). Mientras las competencias conceptuales implican pensamiento estratégico, las humanas se centran en habilidades interpersonales cruciales para evaluar, guiar y liderar equipos (Vitaza, 2020). La comunicación efectiva, adaptabilidad y compromiso son clave para competencias humanas, fundamentales para un ambiente de trabajo saludable y logro de objetivos (Van-der-Hofstadt-Román y Gómez-Gras, 2006). La CI, enriquecida por habilidades en gestión estratégica, trabajo en equipo, comunicación eficaz y toma de decisiones, se presenta como pilar fundamental para un liderazgo exitoso, competitivo y transformador (Cavagnaro y Carvajal, 2020; Araneda-Guirriman, Neumann-González, Pedraja-Rejas, y Rodríguez-Ponce, 2016).

Este estudio de investigación logró cumplir el objetivo de examinar la relación entre los Factores Críticos de Éxito del *WCM* y el logro de los objetivos, así como su implementación efectiva en el sector analizado. No obstante, existen dos limitaciones fundamentales en este trabajo. En primer lugar, la encuesta se centró exclusivamente en el sector de fabricación de automóviles de la industria manufacturera mexicana. A pesar de ello, se considera que el instrumento podría ser aplicado en otros sectores industriales de diferentes países con condiciones similares a las de México. No obstante, se recomienda verificar la validez del instrumento y ajustarlo si es necesario antes de utilizarlo en sectores distintos para los cuales fue originalmente diseñado y validado. En segundo lugar, los Factores Críticos de Éxito considerados para el desarrollo del instrumento se derivaron de una exhaustiva revisión de la literatura y de la evaluación de

expertos en WCM del sector automotriz. Por lo tanto, es probable que existan Factores Críticos de Éxito que ejerzan influencia en otros sectores con niveles diferentes de madurez en procesos de manufactura y tecnología si se analizan distintas áreas industriales.

Como posibilidades de investigación futura, los autores están interesados en explorar las relaciones estructurales entre la implementación del WCM y los beneficios obtenidos al desarrollarlos, en otros sectores industriales. La encuesta desarrollada en este estudio puede ser utilizada en otras industrias manufactureras con características similares; por lo tanto, los autores buscarán aplicar y validar el instrumento en otros sectores manufactureros de la nación con el objetivo de respaldar, a través del modelo WCM, el fortalecimiento de la competitividad industrial.

Referencias

- Akpa, V. O., Asikhia, O. U., y Nneji, N. E. (2021). Organizational culture and organizational performance: A review of literature. *International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM)*, 3(1), 361-372.
- Alkarney, W. y Albraithen. M. (2018). Are critical success factors always valid for any case? A contextual perspective. *IEEE Access*, 6, 63496-63512. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2876792>
- Araneda-Guirriman, C. A., Neumann-González, N. A., Pedraja-Rejas, L. M., y Rodríguez-Ponce, E. R. (2016). Análisis Exploratorio de las Percepciones sobre los Estilos de Liderazgo de los Directivos Universitarios en el Norte de Chile. *Formación Universitaria*, 9(6). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000600013>
- Avella Camarero, L., y Vázquez Bustelo, D. (2005). ¿Es la fabricación ágil un nuevo modelo de producción? *Universia Business Review*, 6, 94-107. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43300608>
- Avlonitis, G. J., y Karayanni, D. A. (2000). The Impact of Internet Use on Business-to-Business Marketing: Examples from American and European Companies. *Industrial Marketing Management*, 29(5), 441-459. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00071-1](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00071-1)
- Azeem, M., Ahmed, M., Haider, S., & Sajjad, M. (2021). Expanding competitive advantage through organizational culture, knowledge sharing and organizational innovation. *Technology in Society*, 66, 101635. <https://doi.org/10.1016/J.TECHSOC.2021.101635>
- Belassi, W., & Tukel, O. I. (1996). A new framework for determining critical success/failure factors in projects. *International Journal of Project Management*, 14, 141-151. <https://doi.org/10.1016/0263-7863%2895%2900064-X>
- Bravo, L. N. J., y Cassano, D. P. P. G. (2019). Estrategias para aumentar el compromiso organizacional en el área de ventas de una empresa de la industria cosmética y cuidado personal. *INNOVA Research Journal*, 4(3.1), 184-192. <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n3.1.2019.1087>
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research* (2ª Ed.). Guilford Publications.
- Byrne, B. M. (2016). *Structural Equation Modeling With AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming* (3ª Ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315757421>
- Campos-Blázquez, J. R., Morcillo, P., Rubio-Andrada, L., y Celemín-Pedroche, M. S. (2020). Intrapreneurship Initiative Based on an Internal Ideation Contest in the Public

- Sector: The Case of Madrid City Hall (Spain). In J. G. L. Dantas & L. C. Carvalho (Eds.), *Handbook of Research on Approaches to Alternative Entrepreneurship Opportunities* (pp. 154–180). IGI Global.
- Carpita, M., y Manisera, M. (2012). Constructing indicators of unobservable variables from parallel measurements. *Electronic Journal of Applied Statistical Analysis*, 5, 320–326. <http://siba-ese.unisalento.it/index.php/ejasa/article/view/12146>
- Cavagnaro, C., & Carvajal, C. (2020). El Liderazgo Transformacional en la Gestión Educativa en la Unidad Educativa República de Francia de Guayaquil. 593 *Digital Publisher CEIT*, 6(1), 132-149. <https://doi.org/10.33386/593dp.2021.1.457>
- Castillo, J., y Romero, I. (2021). Competencias directivas de la gestión del cambio en institutos de educación superior tecnológico público. *Revista en Gobierno y Gestión Pública*, 8(2), 10-32. <https://doi.org/10.24265/iggp.2021.v8n2.02>
- Changúan, O. M. P., Parrales, R. E. C., Higuera, P. M. G., y Cadena, H.Y. P. (2020). Estilos de liderazgo aplicados a las pymes. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 4(30), 55–61. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss30.2020pp55-61>
- Cohen, J., Cohen, P., West, S.G., y Aiken, L.S. (2002). *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*. (3^a Ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203774441>
- Condori, T. P. (2015). Operacionalización de las variables psicológicas. *Revista de Investigacion Psicologica*, 13, 63-78.
- Creswell, J., y Plano-Clark, V. (2007). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Thousand Oaks, CA: Sage. *Organizational Research Methods*, 12(4), 801-804. <https://doi.org/10.1177/1094428108318066>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- De La Vega M., Baez, Y.L., Limon, J. R., Tlapa, D., Flores, D. L., Rodriguez, M. B. y Maldonado, A.M. (2020). Lean Manufacturing Critical Success Factors for the Transportation Equipment Manufacturing Industry in Mexico. *IEEE Access*, 8, 168534-168545. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3023633>
- De Carlo, L. T. (1997). On the meaning and use of kurtosis. *Psychological Methods*, 2, 292-307. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.2.3.292>
- Drozdowski, G. (2022). The empirical analysis of human capital competences on the example of company executives. *Ekonomia I Prawo. Economics and Law*, 21(2), 355–367. <https://doi.org/10.12775/EiP.2022.019>
- Dudek, M. (2016, 28-30 de noviembre). *Generation of the World Class Manufacturing systems*. In Carpathian Logistics Congress, Zakopane, Poland, 2016. <https://www.confer.cz/clc/2016/2721-generations-of-the-world-class-manufacturing-systems>
- Eckes, G. (2001). *The Six Sigma Revolution: How General Electric and Others Turned Process into Profits*. Wiley.
- Felice de, F. y Petrillo, A. (2015). Optimization of Manufacturing System through World Class Manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 741-746. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.171>
- Felice de, F. y Petrillo, A., y Monfreda, S. (2013). *Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry*. InTech. <https://doi.org/10.5772/54450>

- Fiat Chrysler Automobiles (2018). *FCA 2017 Sustainability Report*. https://www.stellantis.com/content/dam/stellantis-corporate/sustainability/csr-disclosure/fca/fca_2017_sustainability_report.pdf
- Flores, S. E., y Cervantez, O. D. (2018). Influencia del compromiso organizacional sobre el aprendizaje organizacional de los docentes de la universidad pedagógica nacional "Francisco Morazán". *Paradigma: Revista De Investigación Educativa*, 23(36), 53-72. <https://doi.org/10.5377/paradigma.v23i36.6487>
- Flynn, B. B., Schroeder, R. G., y Flynn, E. James (1999). World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's foundation. *Journal of Operations Management*, 17, 249-269. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(98\)00050-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(98)00050-3)
- Fortunato, V. (2009). Lavorare in FIAT-SATA: partecipazione e coinvolgimento dei lavoratori nel modello WCM. *Quaderni Di Sociologia*, 53(51), 87-110. <https://doi.org/10.4000/qds.746>
- George, D., y Mallery, P. (2016). *IBM SPSS Statistics 23 Step by Step: A Simple Guide and Reference* (14ª Ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315545899>
- Goes, G.A., Satolo, E.G., Queiroz, T.R., Bernardo, C.H., y Raymundo, J.D. (2017). Social Network Analysis on Lean Production and WCM: how are associated in the literature?. *Independent Journal of Management & Production (IJM&P)*, 8(2), 596. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v8i2.596>
- Goleman, D.J., Boyatzis, R.E., y Mckee, A. (2002). The emotional reality of teams. *Journal of Organizational Excellence*, 21, 55-65. <https://doi.org/10.1002/npr.10020>
- Gonçalves, P.S., Silva da, D., Ferreira, L.F., Tecilla, M.C., y Santo dos, L.M. (2016). Proposition Factor Model of World Class Manufacturing in Brazilian Enterprises. *Independent Journal of Management & Production (IJM&P)*, 7(2), 336. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v7i2.336>
- González, E., Pozo, J., Grob, F., y Quijada, C. (2021). Asociación entre eventos adversos en el cuidado de enfermería, cultura de seguridad y complejidad de pacientes en un hospital chileno. *Ciencia y Enfermería*, 27(27). <https://doi.org/10.29393/ce27-27aeec40027>
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., y Black, W.C. (1998). *Multivariate Data Analysis*. (5ª Ed.). Prentice Hall.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., y Anderson, R. E. (2014). *Multivariate Data Analysis*. (7ª Ed.). Pearson.
- Hatcher, I. (1994). *A Step-By-Step Approach to Using the SAS System for Factor Analysis and Structural Equation Modeling*. SAS Institute.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista, M. P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª Ed.). McGraw-Hill.
- Jiménez, I. (2010). ¿Por qué es esencial discutir acerca del liderazgo en la gestión escolar?. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 59-66. <https://doi.org/10.15359/ree.14-1.5>
- Jöreskog, J. R., Olsson, U., y Wallentin, F. (2016). *Multivariate Analysis With LISREL*. Springer International Publishing.
- Khandii, O. (2021). The Formation and Development of Employee Competencies in Modern Digital World (According to the Results of an Expert Survey). *Business Inform* 10, 207-214. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-10-207-214>
- Kaiser, H.F. y Rice, J. (1974) Little Jiffy, Mark Iv. *Educational and Psychological Measurement*, 34, 111-117. <https://doi.org/10.1177/001316447403400115>
- Katz, R.L. (1974). Skills of an Effective Administrator. *Harvard Business Review*, 52(5), 90-102. <https://hbr.org/1974/09/skills-of-an-effective-administrator>
- Khine, M. S. (2013). *Application of Structural Equation Modeling in Educational*. Sense Publishers Rotterdam. <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-332-4>

- Kline, R. (2016). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. The Guilford Press.
- Koontz, H., Wehrich, H., y Cannice, M. (2014). *Administración. Una perspectiva global y empresarial*. (14ª Ed.). McGraw Hill.
- Kuei, C., Madu, C. N., y Lin, C. (2001). The relationship between supply chain quality management practices and organizational performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 18(8), 864-872. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000006031>
- Lee, P.C. y Paiva, E.L. (2018), How do national cultures impact the operations strategy process?, *International Journal of Operations & Production Management*, 38(10), 1937-1963. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-03-2017-0145>
- Lorenzo-Seva, U., y Ferrando, P. (2019, junio 19). Robust Promin: un método para la rotación de factores de diagonal ponderada. *LIBERABIT. Revista Peruana De Psicología*, 25(1), 99 - 106. <https://doi.org/10.24265/liberabit.2019.v25n1.08>
- Maciel-Monteon, M., Limon-Romero, J., Gastelum-Acosta, C., Tlapa, D., Baez-Lopez, Y., y Solano-Lamphar, H. A. (2020). Measuring Critical Success Factors for Six Sigma in Higher Education Institutions: Development and Validation of a Surveying Instrument. *IEEE Access*, 8, 1813-1823. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2962521>
- Mardia, K. V. (1974). Applications of some measures of multivariate skewness and kurtosis in testing normality and robustness studies. *Sankhyā, Indian Journal of Statistics. Series B*, 36(2), 115-128.
- Martínez-García, J. A., y Martínez-Caro, L. (2009). La validez discriminante como criterio de evaluación de escalas: ¿teoría o estadística? *Universitas Psychologica*, 8(1), 27-36. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-92672009000100002
- McKinley, R. K., Manku-Scott, T., Hastings, A. M., French, D. P., y Baker, R. (1997, January). Reliability and validity of a new measure of patient satisfaction with out of hours primary medical care in the United Kingdom: Development of a patient questionnaire. *British Medical Journal*, 314 (7075), 193.
- Midor, K. (2012). World Class Manufacturing – characteristics and implementation in an automotive enterprise. *Zeszyty Naukowe / Akademia Morska w Szczecinie*, 32(104), 42-47.
- Monge, C., y Cruz, J. (2015). Manufacturing and continuous improvement performance level in plants of México; a comparative analysis among large and medium size plants. *European Journal of Business and Economics*, 10, (2) <https://doi.org/10.12955/EJBE.V10I2.696>
- Näslund, D. (2013). Lean and six sigma – critical success factors revisited. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 5, 86-100. <https://doi.org/10.1108/17566691311316266>
- Netland, T. H. (2016). Critical success factors for implementing lean production: The effect of contingencies. *International Journal of Production Research*, 54(8), 2433-2448. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1096976>
- Paais, M., y Pattiruhu, J. R. (2020). Effect of motivation, leadership, and organizational culture on satisfaction and employee performance. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*. 7(8), 577-588. <https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.no8.577>

- Padua, J. (2018). *Técnicas de Investigación Aplicadas a las Ciencias Sociales*. Mexico City, México: FCE Fondo de Cultura Económica.
- Pujol-Cols, L. (2018). Autoevaluaciones esenciales y autonomía: un estudio de sus efectos directos e interactivos sobre el entusiasmo laboral en profesionales argentinos. *Estudios Gerenciales*, 34(149), 361-372. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2018.149.2839>
- Quinn, R.E., y Cameron, K.S. (2019). Positive Organizational Scholarship and Agents of Change . *Research in Organizational Change and Development*, 27, 31-57. <https://doi.org/10.1108/S0897-301620190000027004>
- Raykov, T., y Marcoulides, G. A. (2008). *An Introduction to Applied Multivariate Analysis*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203809532>
- Robbins, S. P., y Coulter, M. K. (2004). *Management* (8ª Ed.). Prentice Hall.
- Rockart, J.F. (1979). Chief Executives Define Their Own Data Needs. *Harvard Business Review*, 57, 81-93.
- Rodrigues, F., Jacinto, M., Antunes, R., Amaro, N., Matos, R., y Monteiro, D. (2023). Analysis of Exercise Intensity Preferences, Tolerance, Competence, and Their Implications for Behavioral Intentions in Fitness Settings. *Journal of Functional Morphology Kinesiology*, 8(3), 139. <https://doi.org/10.3390/jfmk8030139>
- Romero, J. (1 de enero de 2020). *Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)*. R. Jeshua Romero Guadarrama. <https://www.r-data-scientist.com/blog/statistical-tests/kaiser-meyer-olkin-test/>
- Schumacker, R., y Lomax, R. (2015). *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315749105>
- Snee, R. D., y Hoerl, R. W. (2003). *Leading Six Sigma: A Step by Step Guide Based on Experience at GE and Other Six Sigma Companies*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall.
- Soti, A., Shankar, R., y Kaushal, O. (2010). Modeling the enablers of Six Sigma using interpreting structural modeling. *Journal of Modeling and Management*, 5(2), 124-141. <http://dx.doi.org/10.1108/17465661011060989>
- Stellantis Corporation (2021). *2020 Sustainability Report*. https://www.stellantis.com/content/dam/stellantis-corporate/sustainability/csr-disclosure/fca/fca_2020_sustainability_report.pdf
- Tashakkori, A., y Teddlie, C. (2010). *SAGE Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*. (2ª Ed.). SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781506335193>
- Tuuli, M. y Rowlinson, S. (2009). Performance consequences of psychological empowerment. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(12), 1334-1347. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000103](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000103)
- Unilever (2022). *Unilever Annual Report and Accounts 2022*. <https://www.unilever.com/files/92ui5egz/production/257f12db9c95ffa2ed12d6f2e2b3ff67db49fd60.pdf>
- Van-der-Hofstadt-Román, C. J., y Gómez-Gras, J.-M. (2006). *Competencias y habilidades profesionales para universitarios*. Madrid: Díaz de Santos.
- Vara, A. H. (2012). *Desde La Idea hasta la sustentación: Siete pasos para una tesis exitosa. Un método efectivo para las ciencias empresariales*. Universidad de San Martín de Porres.
- Vega, M., Fuentealba, N., y Patiño, L. (2016). Compromiso organizacional del funcionario municipal rural de la provincia de Ñuble, Chile. *Ciencia & Trabajo*, 18(56), 134-138. <https://doi.org/10.4067/s0718-24492016000200010>

- Vila, S., Laguillo, A., y Faura, M. (2020). Ventajas organizacionales, económicas y sociales, derivadas de la aplicación de la subrogación de personal en el sector de la seguridad privada en España. *Revista De Estudios Empresariales Segunda Época*, 2, 134-152. <https://doi.org/10.17561/ree.v2020n2.8>
- Villafuerte, F., y Lupano, M. L. (2020). Virtuositad en organizaciones escolares asociada al liderazgo auténtico de sus autoridades. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, 11, 57-69. <https://doi.org/10.37135/chk.002.11.04>
- Villarruel, A. (2021). Liderazgo en enfermería: ¡Es hora de dar un paso al frente! *Enfermería Universitaria*, 18(1), 1-4. <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2021.1.1156>
- Villegas, G.C. (2012). Gestión por factores críticos de éxito. *Universidad EAFIT*. <https://repository.eafit.edu.co/items/d34d2ea3-6358-485b-a15a-833018fe6b8a>
- Vitaza, O. Z. (2020). Managerial Skills and Leadership Qualities for Competencies of Women Leaders in SUC's and Private HEI's in Calabarzon. *International Journal of Advanced Research*, 8(12), 283-288. <https://doi.org/10.21474/ijar01/12149>
- Yaraghi, R., y Langhe, R. G. (2011). Critical success factors for risk management systems. *Journal of Risk Research*, 14(5), 551-581. <https://doi.org/10.1080/13669877.2010.547253>
- Yamashina, H. (2000). Challenge to world-class manufacturing, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(2), 132-143. <https://doi.org/10.1108/02656710010304546>
- Yamashina, H. (13 de noviembre del 2006). WCM - The Japanese Way. <https://smeding.wordpress.com/2006/11/13/WCM-the-japanese-way-2/>
- Yamashina, H. (2009). World Class Manufacturing. <https://wenku.baidu.com/view/07c001d2240c844769eaeaa2.html>
- Yamashina H. (2013). World Class Manufacturing Plant Audit. <https://wenku.baidu.com/view/1a69fbce5fbfc77da269b195.html>

LA EFICACIA DE LA PMO EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS: EVIDENCIA EMPÍRICA DEL ENTORNO EMPRESARIAL EN SANTIAGO, REPUBLICA DOMINICANA

THE EFFECTIVENESS OF PMOS IN PROJECT MANAGEMENT: EMPIRICAL EVIDENCE FROM THE BUSINESS ENVIRONMENT IN SANTIAGO, DOMINICAN REPUBLIC

Carlos Luis Suriel Roque^a

Universidad Internacional Iberoamericana, República Dominicana
(mat@hotmail.com.do) (<https://orcid.org/0009-0002-1316-6299>)

Elizabeth Caro Montero

Universidad Europea del Atlántico, España
(elizabeth.caro@uneatlantico.es) (<http://orcid.org/0000-0003-4516-2495>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 11/10/2024

Revisado/Reviewed: 09/11/2024

Aceptado/Accepted: 12/11/2024

RESUMEN

Palabras clave:
PMO, Santiago, República Dominicana, cumplimiento de objetivos, satisfacción del cliente, gestión de proyectos

Este artículo analiza la eficacia de las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO) en la gestión de proyectos en empresas privadas de Santiago, República Dominicana. A través de un enfoque empírico, se evalúa el impacto de la existencia de una PMO en el cumplimiento de objetivos clave, como cronograma, presupuesto, alcance y satisfacción del cliente y del equipo. Basado en datos recopilados de 57 empresas, utiliza técnicas de correlación y análisis descriptivo para examinar la relación entre la implementación de una PMO y los resultados de los proyectos. Los resultados indican que, aunque la presencia de una PMO puede estar asociada con una mayor formalización y estructura en la gestión de proyectos, no garantiza necesariamente un mayor éxito en todas las dimensiones evaluadas. Se observó una correlación positiva significativa entre la existencia de una PMO y el cumplimiento de los objetivos de alcance y requisitos. Sin embargo, las correlaciones con el cronograma, presupuesto y satisfacción no fueron estadísticamente significativas, lo que sugiere que factores adicionales, como la cultura organizacional y la disponibilidad de recursos, también influyen en los resultados. El estudio concluye que la implementación de una PMO debe ir acompañada de un enfoque integral que considere el contexto cultural y organizacional específico de cada empresa. Estos hallazgos subrayan el rol complementario de las PMO, sugiriendo que su efectividad depende de la integración con otros elementos organizacionales y proporcionando una base para futuras investigaciones en contextos empresariales similares.

ABSTRACT

Keywords:
PMO, Santiago, Dominican Republic, achievement of objectives,

This article analyzes the effectiveness of Project Management Offices (PMO) in project management within private companies in Santiago, Dominican Republic. Through an empirical approach, it evaluates the impact of having a PMO on meeting key objectives, such as schedule, budget, scope, and satisfaction of both the client and the team. Based on data collected from 57 companies, it employs correlation techniques and descriptive analysis to examine the relationship between PMO implementation and project outcomes. The results indicate that, although the presence of a PMO may be

^a Autor de correspondencia.

customer satisfaction, project management	associated with greater formalization and structure in project management, it does not necessarily guarantee greater success in all evaluated dimensions. A significant positive correlation was observed between the existence of a PMO and the fulfillment of scope and requirement objectives. However, correlations with schedule, budget, and satisfaction were not statistically significant, suggesting that additional factors, such as organizational culture and resource availability, also influence results. The study concludes that the implementation of a PMO should be accompanied by a comprehensive approach that considers the specific cultural and organizational context of each company. These findings highlight the complementary role of PMOs, suggesting that their effectiveness depends on integration with other organizational elements and providing a basis for future research in similar business contexts.
---	--

Introducción

La gestión de proyectos ha emergido como un elemento central en el desarrollo organizacional, especialmente en un entorno empresarial cada vez más globalizado y competitivo. Las organizaciones, independientemente de su tamaño o sector, buscan mantener su competitividad en mercados cambiantes y dinámicos mediante la implementación de estrategias que aseguren la eficiencia y el éxito en la ejecución de sus proyectos. En este contexto, la creación de Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO) ha ganado relevancia como una herramienta estratégica para estandarizar procesos, mejorar la toma de decisiones y asegurar una mayor alineación entre los proyectos y los objetivos empresariales (Aubry, Hobbs, & Müller, 2010). Las PMO, al proporcionar un control centralizado, permiten a las organizaciones monitorear de manera más efectiva los indicadores clave de desempeño y gestionar mejor los recursos, contribuyendo a un mayor rendimiento en el ciclo de vida del proyecto.

Sin embargo, a pesar de sus ventajas teóricas, la efectividad real de las PMO sigue siendo objeto de debate. Diversos estudios han señalado que los resultados obtenidos por las empresas que implementan PMO pueden variar significativamente en función de factores internos y externos, como la cultura organizacional y la flexibilidad en la gestión de recursos (Hobbs & Aubry, 2007). Si bien se ha demostrado que una PMO bien implementada puede estandarizar las mejores prácticas y mejorar el rendimiento general, su éxito no está garantizado. La complejidad del entorno en el que operan las PMO y su capacidad para adaptarse a las particularidades de cada organización juegan un papel crucial en su impacto (Unger, Gemünden, & Aubry, 2012).

Recientes estudios han subrayado la importancia de que las PMO evolucionen hacia roles más estratégicos, adaptándose a entornos empresariales en constante cambio. El informe *Pulse of the Profession 2023* del Project Management Institute (PMI, 2023) destaca cómo las organizaciones que priorizan las habilidades interpersonales en sus PMO, también llamadas "power skills", tienden a lograr una mayor madurez en la gestión de proyectos y a alcanzar beneficios significativos en sus resultados. En esta línea, el estudio *PMO Success in 2023 and Beyond* de The PMO Leader, enfatiza la necesidad de que las PMO adopten enfoques ágiles y estratégicos, permitiéndoles alinearse de manera efectiva con los objetivos de negocio en un contexto dinámico. Estas tendencias muestran que el rol de la PMO debe ir más allá de la supervisión operativa, apuntando a la entrega de valor organizacional de forma tangible.

Otros análisis recientes destacan la relevancia de la digitalización y la gestión de datos en las PMO. Por ejemplo, el *PMO Insights Report* de Assystem (2023), basado en encuestas a profesionales de sectores como la construcción e ingeniería, revela que la digitalización y el control de datos son esenciales para la efectividad de las PMO en la actualidad. De manera complementaria, un análisis de PwC (2023) sobre el "PMO del futuro" propone que estas oficinas integren un enfoque en la realización de beneficios y la alineación con los objetivos estratégicos de la organización. Estas tendencias reflejan la necesidad de una visión renovada en la implementación de las PMO, especialmente en entornos donde se presentan limitaciones de recursos o desafíos organizacionales, como es el caso en Santiago, República Dominicana (Wellingtone, 2023).

En Santiago, República Dominicana, muchas empresas han adoptado PMO con el objetivo de mejorar la gestión de sus proyectos, en un intento por aumentar la eficiencia operativa y cumplir con sus metas estratégicas. No obstante, la evidencia empírica sobre la efectividad de las PMO en este contexto específico es limitada. A diferencia de entornos más desarrollados, en los que la implementación de una PMO sigue lineamientos

estandarizados y con acceso a mayores recursos, en Santiago las empresas enfrentan retos como la disponibilidad limitada de personal especializado, el financiamiento insuficiente y, en muchos casos, la resistencia cultural al cambio. Estos factores pueden influir significativamente en los resultados de los proyectos, y sugieren que la sola presencia de una PMO no garantiza el éxito en todos los casos.

Estudios previos han destacado la capacidad de las PMO para alinear los proyectos con los objetivos estratégicos de las organizaciones, aportando valor al negocio mediante la optimización de los procesos y la gestión eficiente de los recursos (Müller, Gluckler & Aubry, 2013). Sin embargo, también se ha observado que la efectividad de las PMO depende de su habilidad para adaptarse a las necesidades particulares de cada organización y del grado de integración que tienen con otros niveles de gestión (Too & Weaver, 2014). En muchos casos, las PMO que no logran esta flexibilidad pueden generar procesos burocráticos adicionales, lo que lleva a retrasos y costos adicionales, contraviniendo su propósito inicial.

A nivel global, informes como el State of the PMO 2022 han señalado una evolución de las PMO hacia estructuras más estratégicas, que no solo se enfocan en la gestión operativa, sino que también juegan un rol activo en la formulación y seguimiento de las estrategias corporativas. Sin embargo, a pesar de esta evolución, el Project Management Institute (PMI, 2022) informa que solo el 42% de las organizaciones con PMO logra cumplir consistentemente sus objetivos de tiempo y presupuesto, lo que refuerza la idea de que la existencia de una PMO por sí sola no es garantía de éxito. Este reto es aún más pronunciado en regiones como América Latina, donde las condiciones económicas y culturales pueden influir significativamente en la implementación y efectividad de las PMO (Kerzner, 2017).

En este contexto, el presente estudio busca llenar una brecha en la literatura al proporcionar evidencia empírica sobre la efectividad de las PMO en las empresas privadas de Santiago, República Dominicana. Al examinar si las PMO contribuyen al éxito de los proyectos, este estudio también explorará cómo influyen factores como la cultura organizacional, la gestión del cambio y los recursos disponibles en los resultados obtenidos. Con esta investigación, se espera proporcionar una base de conocimientos más sólida que sirva de guía para las organizaciones que buscan implementar o mejorar sus PMO en entornos similares.

Método

Este estudio adoptó un enfoque cuantitativo diseñado para investigar la relación entre la existencia de Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO) en empresas privadas de Santiago, República Dominicana, y su impacto en el éxito en el cumplimiento de diversos objetivos clave en la gestión de proyectos. La investigación fue de carácter transversal, dado que los datos se recolectaron en un único momento en el tiempo. Esta metodología permitió capturar una fotografía precisa de las condiciones que prevalecían en las empresas durante el periodo en que se llevó a cabo el estudio.

Para este propósito, se diseñó un cuestionario estructurado que fue distribuido a una muestra de 57 empresas privadas pertenecientes a distintos sectores económicos de Santiago. El cuestionario fue sometido a un análisis de consistencia interna mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de 0.904, lo cual indica un alto nivel de confiabilidad del instrumento y asegura que las preguntas utilizadas reflejan de

manera coherente los aspectos evaluados. El cuestionario incluyó una serie de preguntas cerradas que exploraron diferentes aspectos relacionados con la gestión de proyectos. Entre estos aspectos se incluyó la presencia o ausencia de una PMO en la empresa, así como el grado de cumplimiento de varios objetivos de los proyectos, tales como la adherencia al cronograma, el respeto al presupuesto, el cumplimiento de los requisitos establecidos para el alcance, y la satisfacción del cliente. Las preguntas fueron formuladas en una escala Likert de 5 puntos, permitiendo a los participantes expresar su nivel de satisfacción o insatisfacción, desde "muy insatisfecho" hasta "muy satisfecho"

En cuanto a la selección de la muestra, se empleó un muestreo no probabilístico basado en la conveniencia, lo que permitió la inclusión de empresas accesibles y dispuestas a participar en el estudio. La población de esta investigación incluyó empresas privadas de la ciudad de Santiago, República Dominicana, registradas en la Asociación de Industriales de la Región Norte Inc. (AIREN), que cuenta con un total de 172 empresas en su base de datos pública. De esta población, se excluyeron 7 instituciones financieras, ya que, aunque tienen sucursales en la región Norte, su sede principal no corresponde a esta área. También se excluyeron empresas cuya operación principal se maneja desde la provincia de Santo Domingo, como la Cervecería Nacional Dominicana y Ambev Dominicana, además de empresas ubicadas en ciudades aledañas a Santiago. Tras estas exclusiones, se obtuvo una muestra de 78 empresas en Santiago, de las cuales 57 participaron en el estudio. La muestra final estuvo compuesta por empresas de diversos sectores industriales, lo que proporcionó una visión representativa del impacto de las PMO en el contexto empresarial de Santiago. Esta diversidad sectorial ofreció la oportunidad de captar un amplio espectro de experiencias y enfoques hacia la implementación y gestión de las PMO, enriqueciendo así los resultados y las conclusiones del estudio, y aportando hallazgos más generalizables para la región.

La recolección de datos se llevó a cabo a través de encuestas electrónicas, que fueron enviadas principalmente a gerentes de proyectos y otros tomadores de decisiones clave dentro de las empresas participantes. Con el objetivo de asegurar la confidencialidad de los participantes y promover respuestas sinceras y honestas, las encuestas fueron completamente anónimas. A los encuestados se les dio un período de tres semanas para completar las encuestas, lo que permitió maximizar la tasa de respuesta, contribuyendo así a la robustez de los datos obtenidos.

Posteriormente, los datos recopilados fueron sometidos a un análisis estadístico, que incluyó técnicas descriptivas y un análisis de correlación. Inicialmente, se evaluó la normalidad de los datos utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Estas pruebas revelaron que los datos no seguían una distribución normal ($p < 0.05$). Debido a este hallazgo, se decidió emplear el coeficiente de correlación de Spearman, que es apropiado para datos que no cumplen con el supuesto de normalidad. Este coeficiente se utilizó para examinar las relaciones entre las variables de interés, específicamente la relación entre la existencia de una PMO en las empresas y el grado de cumplimiento de varios objetivos clave de los proyectos.

El análisis de correlación se centró en explorar cómo la presencia de una PMO influyó en el éxito en cuatro áreas clave de la gestión de proyectos. Estas áreas incluyeron el grado de cumplimiento del cronograma, es decir, el éxito en la finalización de los proyectos dentro del plazo inicialmente establecido; el cumplimiento del presupuesto asignado al proyecto; el éxito en la entrega de los productos y servicios requeridos según el alcance y los requisitos definidos inicialmente; y, finalmente, el nivel de satisfacción del

cliente con los resultados finales del proyecto. El coeficiente de Spearman proporcionó una medida confiable para identificar las posibles relaciones entre estas variables, sin necesidad de asumir una distribución normal en los datos. Además, los valores de significancia ($p < 0.05$) se analizaron para determinar si las correlaciones observadas eran estadísticamente significativas, lo que ofreció una base sólida para interpretar los resultados del estudio y extraer conclusiones relevantes sobre la gestión de proyectos en el contexto de las PMO

Resultados

En este capítulo se presentan los hallazgos obtenidos a partir del análisis de los datos recolectados en las 57 empresas participantes de la investigación. El objetivo de este apartado es describir y analizar en detalle las respuestas obtenidas en relación con la presencia de Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO) y su impacto en el cumplimiento de los principales objetivos de los proyectos, tales como cronograma, presupuesto, alcance, satisfacción del cliente y del equipo involucrado en el proceso de ejecución.

Para ello, se ha realizado un exhaustivo análisis correlacional, diseñado para identificar las relaciones existentes entre la presencia de una PMO y el éxito de los proyectos en cada uno de estos aspectos clave. Este enfoque ofrece una visión integral y matizada de cómo las PMO influyen de manera directa e indirecta en los resultados obtenidos, considerando las características particulares del entorno empresarial de Santiago, República Dominicana, y las diferencias en la implementación de estas oficinas en las organizaciones locales.

Presencia de una PMO (Oficina de Gestión de Proyectos) en las Empresas

La Tabla 1 y la Figura 1 presentan la distribución de las empresas según la existencia de una Oficina de Gestión de Proyectos (PMO). Los datos recogidos reflejan si las empresas cuentan con una PMO, no cuentan con ella, o tienen otra estructura equivalente.

Tabla 1

Presencia de una PMO (Oficina de Gestión de Proyectos) en las Empresas

PMO en la Empresa	Cantidad de Respuestas	Porcentaje (%)
No posee PMO	33	57.89%
Otra	4	7.02%
Si Posee PMO	20	35.09%
Total	57	100%

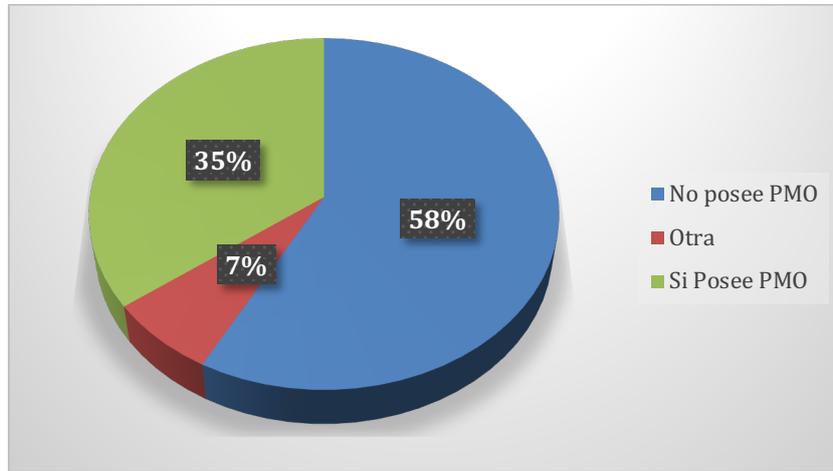
De los 57 encuestados, 33 indicaron que sus empresas no poseen una PMO, lo que representa el 57.89% del total de respuestas. Este grupo constituye la mayoría de los encuestados, sugiriendo que muchas empresas aún no han establecido una PMO formal para la gestión de sus proyectos.

Por otro lado, 20 participantes señalaron que sus empresas sí poseen una PMO, representando el 35.09% de las respuestas. Este porcentaje muestra una presencia significativa de PMOs en las empresas, aunque no mayoritaria.

Además, 4 encuestados indicaron que sus empresas tienen otra estructura o enfoque para la gestión de proyectos, representando el 7.02% del total de respuestas.

Figura 1

Presencia de una PMO (Oficina de Gestión de Proyectos) en las Empresas



Estos resultados indican que la mayoría de las empresas encuestadas aún no han implementado una PMO formal. Sin embargo, una proporción significativa sí cuenta con una PMO, lo que puede señalar un reconocimiento creciente de la importancia de una estructura dedicada a la gestión de proyectos.

Correlación entre la Existencia de una PMO y el Cumplimiento del Cronograma

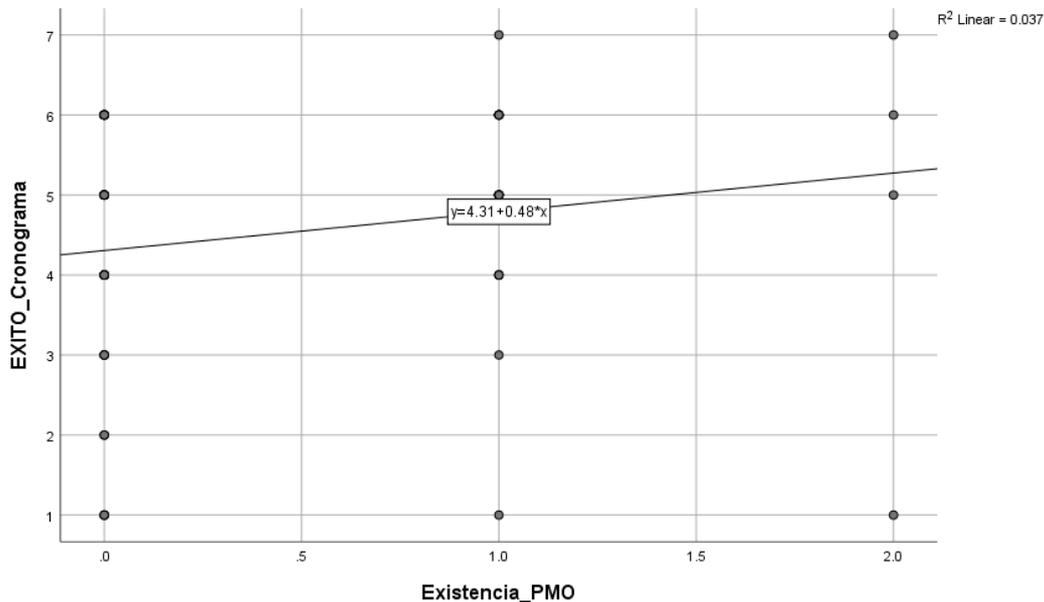
El análisis de los datos comenzó con la evaluación de la normalidad de las variables "Existencia de una PMO en las empresas" y "Éxito en el cumplimiento del cronograma", utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Los resultados, que se resumen en la Tabla 2, indicaron que ambas variables no siguen una distribución normal. Los valores de significancia para la "Existencia de una PMO" fueron de 0.361 y 0.709 en las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, respectivamente, mientras que para el "Éxito en el cumplimiento del cronograma", estos valores fueron de 0.227 y 0.877. Al ser ambos valores menores al umbral de 0.05, se concluye que las variables no presentan una distribución normal, lo que justifica la elección del coeficiente de correlación de Spearman para medir la relación entre ellas. Además, se utilizó una gráfica de dispersión para visualizar la relación entre la "Existencia de una PMO" y el "Éxito en el cumplimiento del cronograma" (Figura 2). Esta gráfica permite observar una tendencia ascendente, que refleja la correlación positiva débil observada en los datos, y proporciona una representación visual complementaria a los análisis estadísticos.

Tabla 2

Resultados de Pruebas de Normalidad y Correlación de Spearman entre la Existencia de una PMO y el Cumplimiento del Cronograma

Variable	Kolmogorov-Smirnov Statistic (Sig.)	Shapiro-Wilk Statistic (Sig.)	Coefficiente de Correlación de Spearman	Significancia (p-valor)
Existencia de PMO	0.361 (0.000)	0.709 (0.000)	0.25	0.061
Éxito en el Cronograma	0.227 (0.000)	0.877 (0.000)	-	-

Figura 2
Relación entre PMO y Cumplimiento del Cronograma



Posteriormente, se procedió al análisis de correlación de Spearman, obteniendo un coeficiente de 0.250 entre la "Existencia de una PMO en las empresas" y el "Éxito en el cumplimiento del cronograma". Este valor indica una correlación positiva débil entre ambas variables, lo que sugiere que, en general, a medida que la existencia de una PMO aumenta, el éxito en el cumplimiento del cronograma también tiende a mejorar ligeramente. Sin embargo, el valor de significancia asociado ($p = 0.061$) está ligeramente por encima del umbral de 0.05, lo que sugiere que esta correlación no es estadísticamente significativa en este contexto, aunque se encuentra cerca de serlo. Esto podría indicar que con una muestra más amplia o en otras condiciones, la relación podría ser marginalmente significativa.

En resumen, aunque se observó una correlación positiva débil entre la "Existencia de una PMO" y el "Éxito en el cumplimiento del cronograma", los resultados no son lo suficientemente concluyentes desde un punto de vista estadístico. Es posible que otros factores jueguen un rol más determinante en el éxito del cronograma, por lo que futuros estudios deberían considerar la inclusión de variables adicionales o un tamaño de muestra mayor para profundizar en esta relación.

Análisis de Correlación entre la Existencia de una PMO y el Cumplimiento del objetivo del presupuesto del proyecto.

El análisis de la relación entre la "Existencia de una PMO" y el "Cumplimiento del objetivo del presupuesto del proyecto" comenzó con la evaluación de la distribución de las variables, utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Los resultados, presentados en la Tabla 3, revelaron que ninguna de las dos variables sigue una distribución normal, con valores de significancia inferiores a 0.05 en ambos casos. Para la variable "Existencia de una PMO", los valores obtenidos fueron 0.361 y 0.709 en las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, respectivamente. Por su parte, la variable "Cumplimiento del objetivo del presupuesto del proyecto" presentó valores de

0.165 y 0.924. Dado que los datos no siguen una distribución normal, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para analizar la relación entre estas variables.

Además, se generó una gráfica de dispersión para visualizar la relación entre la "Existencia de una PMO" y el "Cumplimiento del presupuesto del proyecto" (Figura 3). Esta gráfica muestra una leve tendencia ascendente, consistente con la correlación positiva muy débil obtenida en los datos, y ayuda a interpretar visualmente la conexión entre las dos variables.

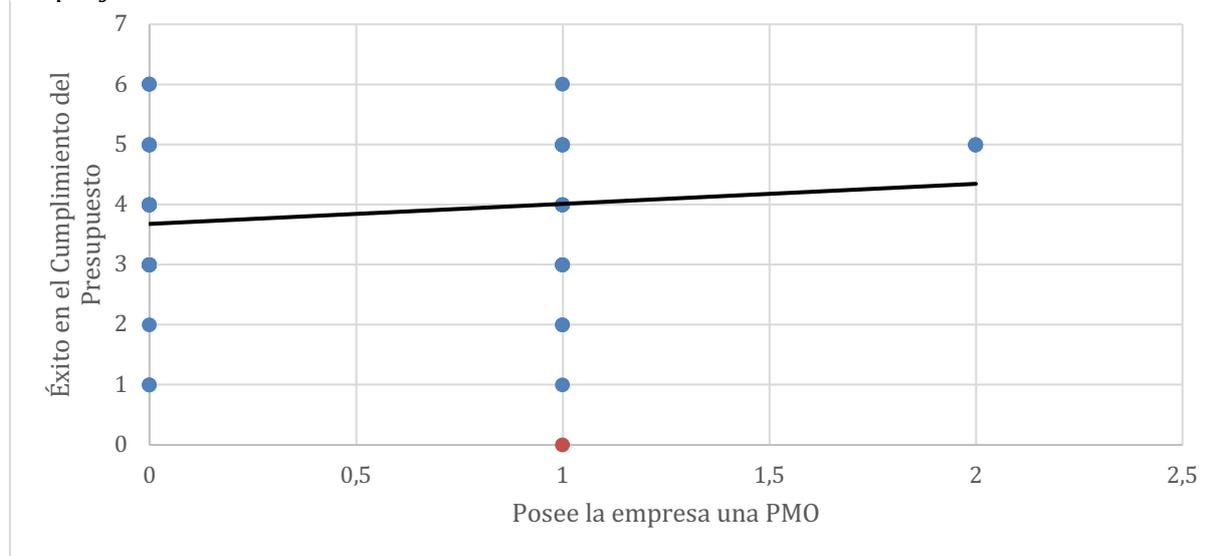
Tabla 3

Resultados de pruebas de normalidad y correlación de spearman entre la existencia de una pmo y el cumplimiento del presupuesto del proyecto

Variable	Kolmogorov-Smirnov Statistic (Sig.)	Shapiro-Wilk Statistic (Sig.)	Coefficiente de Correlación de Spearman	Significancia (p-valor)
Existencia de PMO en la Empresa	0.361 (0.000)	0.709 (0.000)	0.163	0.226
Éxito en el Cumplimiento del Presupuesto	0.165 (0.000)	0.924 (0.001)	-	-

Figura 3

Relación entre la existencia de una pmo y el cumplimiento de los objetivos presupuestarios del proyecto



El coeficiente de correlación de Spearman entre la "Existencia de una PMO" y el "Cumplimiento del objetivo del presupuesto" fue de 0.163, lo que sugiere una correlación positiva muy débil entre ambas variables. Sin embargo, el valor p asociado (0.226) indica que esta correlación no es estadísticamente significativa, ya que no alcanza el nivel de confianza del 95%. Esto implica que, aunque se observó una leve tendencia positiva, la relación no es lo suficientemente concluyente para afirmar que la existencia de una PMO influye de manera significativa en el cumplimiento del presupuesto.

A pesar de la ligera correlación observada, los resultados sugieren que otros factores, como la gestión de riesgos o la experiencia del equipo de proyecto, podrían estar jugando un papel más determinante en el éxito presupuestario.

Correlación entre la Existencia de una PMO y el Cumplimiento de los Objetivos de Alcance y Requisitos

El análisis de la relación entre la "Existencia de una PMO" y el "Cumplimiento de los objetivos de alcance y requisitos" se inició con la evaluación de la normalidad de las variables utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Los resultados obtenidos, que se encuentran consolidados en la Tabla 4, mostraron que ninguna de las variables sigue una distribución normal. En el caso de la variable "Existencia de una PMO", los valores de significancia fueron de 0.361 en la prueba de Kolmogorov-Smirnov y de 0.709 en la prueba de Shapiro-Wilk. De manera similar, para la variable "Cumplimiento de los objetivos de alcance y requisitos", los valores obtenidos fueron de 0.184 y 0.923, respectivamente. Estos valores, todos inferiores a 0.05, confirman la ausencia de normalidad, lo que justifica el uso del coeficiente de correlación de Spearman, una herramienta adecuada para datos no paramétricos.

Tabla 4

Resultados de Pruebas de Normalidad y Correlación de Spearman entre la Existencia de una PMO y el Cumplimiento de los Objetivos de Alcance y Requisitos

Variable	Kolmogorov-Smirnov Statistic (Sig.)	Shapiro-Wilk Statistic (Sig.)	Coefficiente de Correlación de Spearman	Significancia (p-valor)
Existencia de PMO en la Empresa	0.361 (0.000)	0.709 (0.000)	0.334	0.011
Cumplimiento de los Objetivos de Alcance	0.184 (0.000)	0.923 (0.001)	-	-

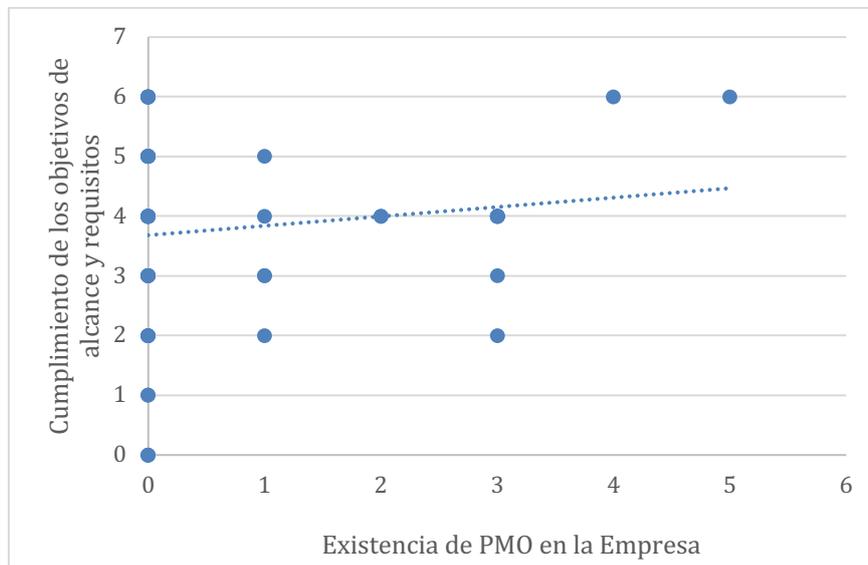
Por otro lado, se generó una gráfica de dispersión para visualizar la relación entre la "Existencia de una PMO" y el "Cumplimiento de los objetivos de alcance y requisitos" (Figura 4). La gráfica muestra una ligera tendencia ascendente, reflejando la correlación positiva observada en los datos y permitiendo una interpretación visual de la conexión entre estas variables.

Tras aplicar el coeficiente de Spearman, se obtuvo un valor de 0.334, lo que indica una correlación positiva débil entre la existencia de una PMO en las empresas y el éxito en el cumplimiento de los objetivos de alcance y requisitos. Sin embargo, a diferencia de análisis anteriores, esta correlación resulta estadísticamente significativa, ya que el valor de p asociado fue de 0.011, es decir, por debajo del umbral de 0.05. Este hallazgo sugiere que la presencia de una PMO puede estar relacionada de manera positiva con la consecución de los objetivos de alcance y requisitos, aunque la magnitud de esta relación sea modesta.

La consolidación de estos resultados se presenta en la Tabla 4, donde se exponen los valores correspondientes a las pruebas de normalidad y la correlación de Spearman. Aunque la correlación no es particularmente fuerte, su significancia estadística refuerza la idea de que la PMO podría jugar un papel en el éxito del cumplimiento de estos objetivos en los proyectos, ofreciendo una influencia positiva y relevante.

Figura 4

Relación entre la Existencia de PMO y el Cumplimiento de los Objetivos de Alcance y Requisitos



En resumen, los resultados destacan la posibilidad de que la existencia de una PMO contribuya a mejorar el cumplimiento de los objetivos de alcance y requisitos en los proyectos. Sin embargo, es importante considerar que otros factores podrían estar involucrados en este proceso, lo que abre la puerta a investigaciones futuras que busquen identificar y comprender mejor estas influencias adicionales.

Correlación entre la Existencia de una PMO y la Satisfacción del Equipo, Cliente y Usuarios Finales con los Resultados del Proyecto

La importancia de una Oficina de Gestión de Proyectos (PMO) en las organizaciones ha sido objeto de varios estudios, los cuales han explorado su relación con el éxito en la entrega de proyectos y la satisfacción de los diversos grupos de interés involucrados. Por ejemplo, Hobbs y Aubry (2007) destacaron que las PMO desempeñan un papel crucial al proporcionar soporte metodológico y administrativo, lo que puede mejorar el desempeño de los proyectos. Asimismo, estudios más recientes han señalado que la existencia de una PMO puede estar asociada con una mayor satisfacción de los clientes y equipos de proyecto, al facilitar la estandarización de procesos y la alineación de los objetivos del proyecto con los resultados esperados (Too & Weaver, 2014). Este análisis se enfoca en la correlación entre la existencia de una PMO y la satisfacción en tres áreas clave: el equipo del proyecto, el cliente y los usuarios finales. Los resultados de las pruebas de normalidad y correlación, consolidados en la Tabla 5, proporcionan una visión integrada de cómo la PMO puede influir en estas áreas críticas.

A medida que se profundiza en el análisis de los resultados obtenidos, se observará cómo la presencia de una PMO puede generar distintos niveles de impacto en la satisfacción de los diferentes actores clave del proyecto. A continuación, se presentarán las secciones que exploran estas relaciones en mayor detalle, comenzando con la satisfacción del equipo del proyecto, seguida por la satisfacción del cliente y, finalmente, la de los usuarios finales con los resultados obtenidos.

Tabla 5

Resultados de Pruebas de Normalidad y Correlación de Spearman entre la Existencia de una PMO y la Satisfacción del Equipo, Cliente y Usuarios Finales

Variable	Kolmogorov-Smirnov Statistic (Sig.)	Shapiro-Wilk Statistic (Sig.)	Coefficiente de Correlación de Spearman	Significancia (p-valor)
Existencia de PMO en la Empresa	0.361 (0.000)	0.709 (0.000)	-	-
Satisfacción del Equipo del Proyecto	0.349 (0.000)	0.796 (0.000)	0.2	0.135
Satisfacción del Cliente	0.321 (0.000)	0.826 (0.000)	0.233	0.082
Satisfacción de los Usuarios Finales	0.184 (0.000)	0.923 (0.001)	0.084	0.535

Satisfacción del Equipo del Proyecto

El primer aspecto abordado es la relación entre la existencia de una PMO y la satisfacción del equipo del proyecto. Se espera que una PMO, al proporcionar soporte y estructura, pueda contribuir a una mayor satisfacción dentro del equipo. Sin embargo, los resultados de las pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) mostraron que ninguna de las variables evaluadas sigue una distribución normal, con valores de significancia de 0.361 para la "Existencia de una PMO" y 0.349 para la "Satisfacción del equipo". Estos resultados justificaron el uso del coeficiente de correlación de Spearman, el cual arrojó un valor de 0.200, lo que indica una correlación positiva baja entre la PMO y la satisfacción del equipo. Sin embargo, el valor p de 0.135 sugiere que esta correlación no es estadísticamente significativa.

Aunque la presencia de una PMO podría estar asociada con una mayor satisfacción en algunos contextos, los resultados de este análisis sugieren que su impacto directo en la percepción del equipo del proyecto no es concluyente. Otros factores, como la dinámica del equipo, los estilos de liderazgo o las características del proyecto, podrían estar influyendo de manera más decisiva en la satisfacción del equipo.

Aunque la presencia de una PMO podría estar asociada con una mayor satisfacción en algunos contextos, los resultados de este análisis sugieren que su impacto directo en la percepción del equipo del proyecto no es concluyente. Otros factores, como la dinámica del equipo, los estilos de liderazgo o las características del proyecto, podrían estar influyendo de manera más decisiva en la satisfacción del equipo.

Satisfacción del Cliente con los Resultados del Proyecto

La satisfacción del cliente es otro factor crucial para el éxito de un proyecto. En este análisis, se exploró cómo la existencia de una PMO podría influir en la percepción del cliente sobre los resultados obtenidos. Al igual que en el caso de la satisfacción del equipo, las pruebas de normalidad indicaron que las variables no siguen una distribución normal, con valores de significancia de 0.361 para la "Existencia de una PMO" y 0.321 para la "Satisfacción del cliente". Estos resultados llevaron a utilizar nuevamente el coeficiente de correlación de Spearman.

El coeficiente de correlación entre la existencia de una PMO y la satisfacción del cliente fue de 0.233, lo que sugiere una correlación positiva débil entre ambas variables. Sin

embargo, el valor p asociado fue de 0.082, lo que indica que esta relación no es estadísticamente significativa. Aunque existe una tendencia leve hacia una mayor satisfacción del cliente en empresas con una PMO, los datos no son concluyentes.

Es posible que otros factores influyan de manera más significativa en la satisfacción del cliente, tales como la calidad del producto o servicio entregado, la comunicación a lo largo del proyecto, y el cumplimiento de los tiempos de entrega. La existencia de una PMO puede contribuir a una mayor formalización de los procesos, pero no parece ser suficiente para garantizar una satisfacción notablemente superior por parte del cliente.

Satisfacción de los Usuarios Finales con los Resultados del Proyecto

Finalmente, se evaluó la relación entre la existencia de una PMO y la satisfacción de los usuarios finales con los resultados del proyecto. Las pruebas de normalidad mostraron que ninguna de las dos variables sigue una distribución normal, con valores de significancia de 0.361 para la "Existencia de una PMO" y 0.184 para la "Satisfacción de los usuarios finales". De nuevo, se optó por utilizar el coeficiente de correlación de Spearman. El resultado del análisis arrojó un coeficiente de correlación de 0.084, lo que indica una correlación muy débil entre la existencia de una PMO y la satisfacción de los usuarios finales. El valor p asociado fue de 0.535, lo que significa que la relación observada no es estadísticamente significativa. Esto sugiere que la PMO no tiene un impacto significativo en la percepción de satisfacción de los usuarios finales.

En este caso, es probable que los usuarios finales centren su atención en la calidad del producto o servicio entregado, más que en la estructura de gestión que respalda el proyecto. Elementos como la facilidad de uso, la funcionalidad del producto y la satisfacción con el desempeño podrían tener un mayor peso en la evaluación de los resultados que la existencia de una PMO. Esta observación, junto con las correlaciones identificadas en las áreas de satisfacción del equipo y del cliente, sugiere que aunque la PMO puede aportar beneficios a la gestión de proyectos, su influencia directa en la satisfacción de los diferentes actores involucrados es limitada.

Al revisar los resultados presentados en la Tabla 5, queda claro que, aunque la existencia de una PMO puede estar débilmente relacionada con una mayor satisfacción tanto del equipo del proyecto, como del cliente y los usuarios finales, ninguna de estas correlaciones es lo suficientemente fuerte o significativa como para afirmar que la PMO es un factor determinante. En todos los casos, los valores de correlación fueron positivos pero bajos, y los valores p asociados indicaron que estas relaciones no son concluyentes desde un punto de vista estadístico.

Discusión y Conclusiones

Discusión

El presente estudio ha explorado la influencia de las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO) en distintos aspectos clave de la gestión de proyectos en empresas de Santiago, República Dominicana. A continuación, se discuten los hallazgos en relación con estudios previos y se analizan las implicaciones prácticas y teóricas de los resultados. Esta discusión se centra en la adopción y efectividad de las PMO en áreas como el cumplimiento de cronograma, presupuesto, alcance y satisfacción de los involucrados, destacando tanto las ventajas como las limitaciones observadas.

Presencia de PMO en las empresas

El 35.09% de las empresas encuestadas indicó tener una PMO establecida, lo que sugiere una adopción moderada de esta estructura en el contexto empresarial local. Este resultado es consistente con estudios previos que muestran que la implementación de PMO en regiones en desarrollo tiende a ser más limitada en comparación con economías avanzadas, donde las PMO son vistas como una práctica estándar en la gestión de proyectos (Hobbs & Aubry, 2007). Sin embargo, la baja tasa de adopción observada en Santiago podría estar relacionada con la percepción de que las PMO requieren una inversión significativa en recursos humanos y tecnológicos, lo que puede ser una barrera para las empresas más pequeñas o aquellas con limitaciones presupuestarias (Kerzner, 2017). Además, la falta de conocimiento sobre los beneficios tangibles que puede aportar una PMO puede estar contribuyendo a que muchas empresas locales opten por no implementar esta herramienta.

Es fundamental que las empresas que ya han implementado una PMO evalúen continuamente su efectividad y se aseguren de que esté alineada con los objetivos estratégicos de la organización. Las PMO no deben ser vistas únicamente como estructuras burocráticas, sino como facilitadoras del éxito de los proyectos a través de la estandarización de procesos y la optimización del uso de recursos. Para las empresas que aún no han adoptado una PMO, es importante considerar que la implementación de esta oficina puede llevar tiempo y requerir ajustes específicos para adaptarse a las necesidades particulares de la organización.

Cumplimiento del Cronograma

El hallazgo de una correlación positiva pero débil entre la existencia de una PMO y el cumplimiento del cronograma ($\rho = 0.25$) refleja la complejidad de gestionar el tiempo en proyectos, incluso en entornos con una estructura formal de gestión de proyectos. La falta de significancia estadística en este hallazgo sugiere que, si bien las PMO pueden contribuir a mejorar la planificación y el seguimiento de los plazos, no son el único factor que influye en el éxito temporal de los proyectos. Elementos como la experiencia del equipo, la capacidad de gestión del líder del proyecto y la disponibilidad de recursos juegan un papel crucial en el cumplimiento de los cronogramas (Müller et al., 2013).

Este resultado coincide con la literatura que indica que la PMO puede ser más eficaz cuando se complementa con herramientas tecnológicas avanzadas para el seguimiento del cronograma y con una formación constante del personal para mejorar sus habilidades de planificación y ejecución (Too & Weaver, 2014). Las empresas que han implementado una PMO en Santiago podrían beneficiarse de la integración de software especializado en la gestión del tiempo, así como de la promoción de una cultura organizacional que valore el cumplimiento de plazos realistas.

Cumplimiento del Presupuesto

La correlación baja y no significativa entre la existencia de una PMO y el cumplimiento del presupuesto ($\rho = 0.163$) subraya la necesidad de fortalecer la capacidad financiera dentro de la gestión de proyectos. Si bien las PMO pueden proporcionar una estructura para gestionar los costos, este estudio sugiere que su sola presencia no es suficiente para asegurar que los proyectos se mantengan dentro del presupuesto asignado. La gestión financiera eficaz depende de una combinación de factores, incluyendo el monitoreo constante de los gastos, la capacidad para anticipar costos imprevistos y la flexibilidad para ajustar el presupuesto cuando sea necesario (Unger, Gemünden & Aubry, 2012).

Es probable que muchas empresas en Santiago enfrenten restricciones financieras que limiten su capacidad para implementar sistemas de control de costos más robustos. Por tanto, es recomendable que las PMO en estas organizaciones consideren la implementación de herramientas de software que permitan un mejor seguimiento de los gastos en tiempo real, así como la formación en gestión financiera para los líderes de proyecto.

Cumplimiento de los Objetivos de Alcance y Requisitos

El hallazgo más sólido del estudio fue la correlación positiva y significativa ($\rho = 0.334$, $p < 0.05$) entre la existencia de una PMO y el éxito en el cumplimiento de los objetivos de alcance y requisitos. Este resultado sugiere que las PMO desempeñan un papel importante en garantizar que los proyectos se entreguen conforme a las especificaciones acordadas. La estandarización de procesos que aporta la PMO parece ser especialmente útil en la gestión del alcance, permitiendo una mayor claridad en la definición de objetivos y en la alineación de estos con los recursos disponibles.

Este hallazgo es consistente con estudios que señalan que las PMO bien estructuradas pueden actuar como guardianes del alcance del proyecto, evitando que se produzca una expansión no controlada de los objetivos (Kerzner, 2017). Las empresas en Santiago que ya cuentan con una PMO podrían capitalizar esta ventaja enfocándose en fortalecer los procesos de gestión del alcance, asegurando que las expectativas del cliente estén claramente definidas desde el principio y que se realice un seguimiento riguroso para evitar desviaciones.

Satisfacción del Cliente y del Equipo

Finalmente, las correlaciones bajas y no significativas entre la existencia de una PMO y la satisfacción del cliente ($\rho = 0.233$) y del equipo del proyecto ($\rho = 0.2$) sugieren que la PMO por sí sola no es suficiente para garantizar una alta satisfacción en estos grupos. En lugar de depender únicamente de la estructura de la PMO, las empresas deben prestar atención a otros factores, como la comunicación efectiva, la cultura organizacional y las dinámicas del equipo (Müller et al., 2013). La satisfacción del cliente y del equipo puede estar más influenciada por la calidad de las interacciones y la capacidad de respuesta a los problemas que surjan durante el proyecto.

Este hallazgo refuerza la idea de que la implementación de una PMO debe ir acompañada de esfuerzos para mejorar la cultura organizacional, promoviendo un entorno de trabajo colaborativo y enfocado en las necesidades de los clientes. En el contexto de Santiago, las empresas podrían beneficiarse de la capacitación en habilidades interpersonales y de comunicación para los líderes de proyecto, lo que podría aumentar tanto la satisfacción del equipo como del cliente.

Implicaciones Teóricas y Prácticas

Los hallazgos de este estudio tienen implicaciones relevantes tanto para la teoría de gestión de proyectos como para las prácticas empresariales en entornos similares a Santiago. Teóricamente, los resultados refuerzan la idea de que la implementación de una PMO puede contribuir al éxito en áreas específicas, como el cumplimiento del alcance, pero su efectividad depende de factores contextuales adicionales, como la cultura organizacional y la disponibilidad de recursos. Estos resultados sugieren que las teorías sobre PMO deben considerar la importancia de un enfoque adaptativo y contextual para su éxito en mercados emergentes. En cuanto a las implicaciones prácticas, este estudio subraya la necesidad de que las empresas no solo implementen una PMO como estructura formal, sino que también promuevan prácticas de gestión integrales que faciliten la

comunicación, la formación continua y el uso de tecnología avanzada. Esto es especialmente crítico para las organizaciones en entornos de recursos limitados, que pueden optimizar sus resultados al adaptar la PMO a sus necesidades específicas y fomentar una cultura organizacional de apoyo al proyecto.

Conclusión General

Este estudio sugiere que la presencia de una PMO puede influir en algunos aspectos del éxito en la gestión de proyectos, como el cronograma, el presupuesto y la satisfacción de los involucrados, aunque esta influencia no siempre es determinante. La implementación de una PMO no debe verse como una solución única para todos los problemas de gestión de proyectos; más bien, debe integrarse con otras prácticas organizacionales que promuevan la comunicación, la flexibilidad y la formación continua.

La PMO mostró un impacto positivo significativo en el cumplimiento de los objetivos de alcance y requisitos, lo que indica que, cuando se utiliza adecuadamente, puede ser una herramienta valiosa para asegurar que los proyectos se mantengan alineados con los objetivos iniciales. Sin embargo, su impacto en otros aspectos clave, como el control de costos y la satisfacción del cliente y del equipo, puede depender de la integración de prácticas complementarias y de la madurez de su implementación.

Futuras investigaciones deberían centrarse en cómo mejorar la implementación de PMO en entornos con recursos limitados, como Santiago, y explorar más a fondo cómo factores como la cultura organizacional, la flexibilidad en la gestión y el liderazgo pueden potenciar la efectividad de las PMO en diferentes contextos empresariales.

Limitaciones del Estudio

A pesar de los hallazgos significativos, el estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas:

- **Tamaño de la muestra:** La muestra se limitó a 57 empresas de Santiago, lo cual podría no ser representativo de todas las empresas de la región o del país. Una mayor cantidad de datos podría ofrecer resultados más robustos y generalizables.
- **Diseño transversal:** El estudio se realizó en un único punto en el tiempo, lo que impide observar los efectos a largo plazo de la implementación de una PMO en los proyectos. Un estudio longitudinal podría proporcionar una visión más clara de cómo evoluciona la efectividad de una PMO con el tiempo.
- **Factores no controlados:** Variables como la cultura organizacional, el liderazgo y la disponibilidad de recursos no fueron profundamente exploradas en este análisis, pero es probable que influyan significativamente en los resultados de los proyectos. Estos factores podrían haber afectado la relación entre la PMO y el éxito del proyecto.
- **Dependencia del autoinforme:** Los datos fueron recolectados mediante encuestas, lo que puede conllevar sesgos de autoinforme, ya que los encuestados podrían haber sobreestimado o subestimado el éxito de sus proyectos.

Estas limitaciones ofrecen oportunidades para futuros estudios, que podrían ampliar la muestra, explorar otros factores organizacionales y adoptar un enfoque longitudinal para obtener una visión más completa del impacto de las PMO en la gestión de proyectos.

Sugerencias para Investigaciones Futuras

Para enriquecer la comprensión sobre la eficacia de las PMO, se recomienda que futuras investigaciones amplíen el tamaño de la muestra y consideren un diseño longitudinal, permitiendo evaluar los efectos de las PMO en distintas etapas y en diversas industrias. Además, sería valioso investigar factores adicionales que pueden mediar o moderar la relación entre las PMO y el éxito en los proyectos, como el nivel de madurez organizacional, el uso de herramientas tecnológicas avanzadas, y el rol de la cultura organizacional. Estos enfoques contribuirán a una comprensión más precisa de las condiciones bajo las cuales una PMO maximiza su efectividad y brindarán recomendaciones prácticas para su implementación en diferentes contextos empresariales.

Referencias

- Aubry, M., & Hobbs, B. (2010). *The Project Management Office (PMO): A Quest for Understanding*. Project Management Institute.
- Müller, R., Gluckler, C., & Aubry, M. (2013). *Theoretical Approaches to Project Management*. Project Management Institute.
- PMI. (2021). Pulse of the Profession 2021: Beyond Agility. Project Management Institute. <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse>
- PMI. (2022). A roadmap to PMO excellence. Project Management Institute. <https://www.pmi.org>
- PM Solutions (2022). The State of the PMO 2022. <https://www.pmsolutions.com>
- Too & Weaver (2014). The management of project management: A conceptual framework for project governance. *International Journal of Project Management*, 32(8).
- Hobbs, B., & Aubry, M. (2007). A Multi-Phase Research Program Investigating Project Management Offices (PMOs): The Results of Phase 1. *Project Management Journal*, 38(1).
- Aubry, M., Hobbs, B. & Müller, R. (2010). Project Management Office: A Conceptual Framework for Understanding Project Management and Project Manager Performance. *International Journal of Project Management*, 28(3), 245-256.
- Unger, B., Gemünden, H. G., & Aubry, M. (2012). The Three Roles of a Project Management Office: Their Impact on Portfolio Management, Program Management, and Project Management. *International Journal of Project Management*, 30(5), 608-620.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. John Wiley & Sons.
- Müller, R., Drouin, N., & Aubry, M. (2013). *Theoretical Approaches to Project Management*. Project Management Institute.
- Project Management Institute (PMI). (2023). *Pulse of the Profession® 2023: Power Skills, Project Success, and the New Definition of Leadership*. Project Management Institute. <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse>
- The PMO Leader. (2023). *PMO Success in 2023 and Beyond*. The PMO Leader. <https://www.thepmoleader.com/blog/pmo-success-in-2023-and-beyond>
- Assystem. (2023). *PMO Insights Report 2023*. Assystem. <https://www.assystem.com/en/publications/pmo-insights-report>
- PwC. (2023). *What Will the PMO of the Future Look Like?* PricewaterhouseCoopers. <https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/managed-services/library/pmo-of-the-future.html>

La eficacia de la PMO en la gestión de proyectos: evidencia empírica del entorno empresarial en Santiago, Republica Dominicana

Wellington. (2023). *Tendencias PMO para 2023*. Wellington.
<https://wellington.es/tendencias-pmo-para-2023/>

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MODELO DE MADUREZ PARA
PROYECTOS DE DESARROLLO E IMPACTO SOCIAL BASADO EN
PRÁCTICAS GLOBALES CONSOLIDADAS**
**PROPOSAL FOR THE DESIGN OF A MATURITY MODEL FOR DEVELOPMENT AND
SOCIAL IMPACT PROJECTS BASED ON CONSOLIDATED GLOBAL PRACTICES**

Diego Fernando Rojas Escobar

Universidad Internacional Iberoamericana, México

(diego.rojas@doctorado.unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0002-5711-2201>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 03/06/24

Revisado/Reviewed: 30/09/2024

Aceptado/Accepted: 16/10/2024

RESUMEN

Palabras clave:

gestión de proyectos, PM4R,
modelos de madurez, integración,
mejora continua.

La gestión de proyectos efectiva es un pilar central para el éxito organizacional, especialmente en proyectos de desarrollo e impacto social donde los resultados tangibles y sostenibles son cruciales para el bienestar de las comunidades involucradas. En este contexto, metodologías orientadas a resultados como Project Management for Results (PM4R) han demostrado ser herramientas esenciales para asegurar que los objetivos estratégicos se traduzcan en beneficios concretos. Sin embargo, la adaptabilidad y eficacia de PM4R pueden verse potenciadas mediante un modelo de madurez específico que integre prácticas globales consolidadas y esté orientado a la obtención de resultados tangibles. Este estudio propone un modelo de madurez innovador para PM4R, fundamentado en una síntesis de los modelos de madurez más reconocidos como CMMI, OPM3, Modelo de Kerzner, PRINCE2 Maturity Model y P3M3. Mediante un enfoque de investigación cualitativa comparativa, se analizan y adaptan características clave de estos modelos para formular un marco que responda específicamente a los desafíos y necesidades de PM4R. Los hallazgos revelan que un modelo de madurez integrado y orientado a resultados no solo mejora la eficiencia y efectividad de la gestión de proyectos, sino que también facilita una cultura de mejora continua y adaptabilidad en contextos diversos. Este modelo representa un avance significativo en la literatura de gestión de proyectos y ofrece una guía práctica para organizaciones que buscan mejorar su capacidad de entrega y medición de resultados en proyectos.

ABSTRACT

Keywords:

project management, PM4R,
maturity models, integration,
continuous improvement.

Effective project management is a central pillar for organizational success, particularly in development and social impact projects where tangible and sustainable results are crucial for the well-being of the communities involved. In this context, results-oriented methodologies like Project Management for Results (PM4R) have proven to be essential tools to ensure that strategic objectives translate into concrete benefits. However, the adaptability and

effectiveness of PM4R can be enhanced through a specific maturity model that integrates established global practices and is focused on achieving tangible outcomes. This study proposes an innovative maturity model for PM4R, based on a synthesis of the most recognized maturity models such as CMMI, OPM3, Kerzner's Model, PRINCE2 Maturity Model, and P3M3. Using a qualitative comparative research approach, key features of these models are analyzed and adapted to formulate a framework that specifically addresses the challenges and needs of PM4R. The findings reveal that an integrated, results-oriented maturity model not only improves the efficiency and effectiveness of project management but also fosters a culture of continuous improvement and adaptability in diverse contexts. This model represents a significant advancement in project management literature and offers a practical guide for organizations seeking to enhance their delivery capacity and result measurement in projects.

Introducción

En el ámbito académico, el concepto de madurez en proyectos se refiere a la capacidad de una organización para evaluarse y reconocerse de forma autónoma, identificando sus prácticas habituales en comparación con un estándar establecido. Esta madurez organizacional también está ligada a la capacidad de la entidad económica para evolucionar, mejorando sus prácticas, procesos y protocolos con el fin de avanzar en la escala de madurez seleccionada (Solarte y Sánchez, 2014, citado en Higuera, 2019, p. 13).

Según Aguiar, Pereira, Vasconcelos y Bianchi (2018), un modelo de madurez presenta una secuencia de niveles aplicable a una categoría de elementos, lo cual representa una evolución anticipada o deseada de estos objetos en etapas bien definidas.

La madurez de proyectos en una organización puede entenderse como su capacidad para avanzar en competencias de gestión de proyectos tanto estratégicos como operacionales. Wojciechowska (2023) define la madurez del proyecto como la habilidad de una organización para seleccionar y gestionar efectivamente un portafolio de proyectos, alineado con su estrategia y objetivos, y aplicar metodologías de gestión que faciliten una ejecución exitosa.

En este contexto, los modelos de madurez también sirven como herramientas que fomentan el entendimiento común y el consenso entre los directivos de la organización. Klimko (2002) y Paulk (citados en Solarte y Sánchez, 2014, en Higuera, 2019) explican que, aunque las normas ISO 9000 establecen criterios mínimos para la gestión de calidad, los modelos de madurez proporcionan una visión completa del proceso de mejora continua.

Bartolome (2022) sostiene que los modelos de madurez son conceptos que permiten a las organizaciones estructurar sus procesos y áreas, progresando en niveles de madurez que reflejan mejoras en la eficiencia y el éxito organizacional. Además, García-Mireles, Moraga y García (2019) describen un modelo de madurez de procesos como un conjunto estructurado de elementos que caracteriza procesos eficientes y efectivos en diferentes etapas de desarrollo, proporcionando un camino evolutivo que orienta a la organización hacia una mayor calidad de productos y servicios.

Atoum y Ayyagari (2019) indican que el CMMI es un modelo de referencia en la mejora de procesos de software, que incrementa la eficiencia y productividad en proyectos de la organización, aunque deja espacio para que cada organización implemente sus métodos de desarrollo propios.

El Modelo de Madurez de Capacidad (CMM) fue desarrollado en 1987 por el Instituto de Ingeniería de Software (SEI) en el Centro de Investigación de la Universidad Carnegie-Mellon (EE.UU.), en respuesta a la necesidad de las estructuras militares y gubernamentales estadounidenses de evaluar la capacidad de los contratistas en el desarrollo de software. Posteriormente, en el año 2000, este modelo evolucionó al modelo de madurez de capacidad integrado (CMMI®), el cual permite evaluar no solo la madurez en procesos de desarrollo, sino también en procesos organizacionales, como adquisiciones y soporte de material. Desde 2006, CMMI® se ha dividido en tres modelos específicos (Nikolaenko y Sidorov, 2023, p. 3).

Woźniak y Sliż (2023) observan que la mayoría de los modelos de madurez de proyectos se centran exclusivamente en los procesos de gestión de proyectos. Sin embargo, el modelo PMMM de Kerzner ofrece una perspectiva más integral, al incorporar elementos del modelo de excelencia EFQM, lo cual permite una evaluación organizacional más completa en términos de gestión de proyectos. Según Kerzner, la madurez del

proyecto implica el desarrollo de sistemas y procesos repetitivos, que, aunque no garantizan el éxito, aumentan su probabilidad.

Khan y Mansur (2013) explican que los modelos de madurez de la gestión de proyectos (PMMMs) se dividen fundamentalmente en dos categorías: una basada en una representación escalonada de la madurez, como en el caso del CMMI, que sigue el enfoque de madurez incremental propuesto por Watts Humphrey, y otra en una representación no escalonada, como en el modelo OPM3. La estructura escalonada del CMMI ha sido ampliamente aceptada entre académicos y organizaciones, y ha influido en la mayoría de los modelos de madurez actuales, con algunas excepciones como OPM3.

Para Piña Ararat y Bazurto Roldán (2022), el modelo de madurez en gestión de proyectos se define como un conjunto estructurado de elementos, tales como buenas prácticas, herramientas de medición y criterios de análisis, que permiten evaluar las capacidades de dirección de proyectos en una organización, identificar áreas de mejora y promover procesos de mejora continua. En este sentido, el modelo OPM3 ofrece una estructura para que las organizaciones evalúen su nivel de madurez en gestión de proyectos y tracen un plan de mejora, promoviendo una cultura de gerencia de proyectos y retorno de inversión.

Por su parte, el modelo P3M3 (Portfolio, Programme, and Project Management Maturity Model), según AXELOS (2019), se compone de tres modelos específicos que abarcan la gestión de proyectos (PjM3), programas (PgM3) y carteras (PfM3). Esto facilita una mejora integral en cada una de estas áreas de la gestión organizativa, permitiendo adaptar el modelo a las necesidades específicas de cada organización y a sus distintos contextos.

En el ámbito de la evaluación del impacto social, el enfoque de Social Impact Assessment (SIA) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) promueve la integración de temas sociales en la planificación y ejecución de proyectos, lo cual mejora su calidad y sostenibilidad (Kvam, 2018; Banco Interamericano de Desarrollo (BID)).

Aunque el modelo de madurez de ciudades inteligentes desarrollado por MDPI no está específicamente orientado a proyectos de desarrollo social, Aljowder et al. (2023) destacan que ofrece un marco para evaluar el desempeño en áreas funcionales, incluyendo la social, proporcionando una visión comprensiva de fortalezas y debilidades.

Una vez analizados los modelos de madurez y destacadas sus similitudes y diferencias, se puede inferir que se cuenta con los insumos suficientes para proponer el diseño de un nuevo modelo de madurez enfocado en proyectos de desarrollo e impacto social. Para ello, también es necesario que, desde el punto de vista metodológico, se seleccione una guía de buenas prácticas o metodología apropiada para la gestión de estos proyectos, con el fin de lograr un enfoque preciso y efectivo en el nuevo modelo a diseñar. Es precisamente en ello que se trabajará en este artículo, desarrollando un marco conceptual y metodológico eficaz para abordar los desafíos específicos de los proyectos de desarrollo e impacto social.

Método

Con el propósito de seleccionar la metodología de gestión de proyectos más apropiada para a partir de ella realizar el diseño del modelo de madurez de proyectos propuesto, es crucial realizar un análisis exhaustivo de 9 metodologías y buenas prácticas de gestión de proyectos. Este análisis se basará en diez elementos esenciales para la gestión de proyectos de desarrollo e impacto social: 1) marco jurídico y normativo, 2)

evaluación del contexto social, 3) análisis de las partes interesadas y participación significativa, 4) identificación de beneficios y oportunidades, 5) identificación de riesgos, 6) definición de indicadores, línea de base y metodología de recopilación de datos, 7) reflejo de los aspectos sociales en el diseño y la ejecución de proyectos, 8) incorporación de los aspectos sociales en el sistema de gestión de proyectos, 9) producción y divulgación de informes y planes, y 10) seguimiento, gestión adaptativa y evaluación. Elementos de acuerdo a lo propuesto por (Kvam, 2018) (Inter-American Development Bank (IDB)).

Utilizando un enfoque de categorización inductiva (Pantoja Vallejo, 2015, p. 306), se realizó el análisis de las fuentes de información con el cual se busca dar respuesta a las preguntas de investigación: ¿Cuál es la metodología de gestión de proyectos más apropiada para proponer un diseño de modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social? y ¿Cómo se clasifican las metodologías estudiadas y cómo se seleccionó la más apropiada?

Para llevar a cabo este análisis, se evaluaron las metodologías y/o buenas prácticas señaladas en PMBOK, PRINCE2, P2M, ITIL, SCRUM, PM4R, PMDPRO, ICB IPMA e ISO 21500. Cada metodología es ponderada en función de su adecuación a los diez elementos clave de la evaluación del impacto social, que se describen a continuación:

1. Marco jurídico y normativo

La metodología debe ser capaz de integrarse con los marcos legales y normativos locales e internacionales. PMBOK y PRINCE2 son conocidos por su adaptabilidad a diferentes contextos regulatorios, proporcionando una base sólida para cumplir con los requisitos legales y normativos. PM4R también se alinea con los marcos normativos, especialmente en el contexto de proyectos financiados por el Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo y otras entidades de desarrollo.

2. Evaluación del contexto social

Para proyectos de desarrollo e impacto social, la evaluación del contexto social es fundamental. PMDPRO y PM4R están específicamente diseñados para proyectos de desarrollo y se destacan en la evaluación del entorno social. PM4R proporciona herramientas y métodos específicos para comprender y abordar las necesidades sociales y económicas de las comunidades beneficiarias.

3. Análisis de las partes interesadas y participación significativa

La gestión de partes interesadas es crucial para el éxito de los proyectos de desarrollo social. PMBOK y PRINCE2 incluyen procesos robustos para el análisis y la gestión de partes interesadas. Sin embargo, PM4R y PMDPRO se centran en la participación significativa de las partes interesadas, lo que es esencial para asegurar la aceptación y el apoyo comunitario.

4. Identificación de beneficios y oportunidades

Evaluar y maximizar los beneficios es esencial. PRINCE2 se enfoca en la justificación continua del negocio y la realización de beneficios. PM4R, por otro lado, se centra en resultados específicos y beneficios tangibles para proyectos de desarrollo, lo que lo hace altamente adecuado para proyectos de impacto social.

5. Identificación de riesgos

La gestión de riesgos es un componente clave en todas las metodologías. PMBOK es particularmente fuerte en este ámbito con procesos bien definidos para la identificación y gestión de riesgos. PM4R también incluye una sólida gestión de riesgos

adaptada a proyectos de desarrollo, considerando factores sociales, económicos y ambientales.

6. Definición de indicadores, línea de base y metodología de recopilación de datos

PMBOK y PRINCE2 proporcionan marcos sólidos para la definición de indicadores y la gestión de datos, esenciales para establecer líneas de base y medir el éxito del proyecto. PM4R sobresale en este aspecto, ofreciendo herramientas específicas para la recopilación de datos y la medición de impacto en proyectos de desarrollo.

7. Reflejo de los aspectos sociales en el diseño y la ejecución de proyectos

PMDPRO y PM4R destacan en la integración de aspectos sociales en todas las fases del proyecto, desde el diseño hasta la ejecución. PM4R, en particular, incorpora elementos sociales y de desarrollo económico en su enfoque, asegurando que los proyectos sean inclusivos y sostenibles.

8. Incorporación de los aspectos sociales en el sistema de gestión de proyectos

ISO 21500 son metodologías que permiten la incorporación de aspectos sociales dentro de un sistema de gestión de proyectos, promoviendo una gestión holística. PM4R, con su enfoque en resultados y desarrollo, también integra eficazmente los aspectos sociales en la gestión de proyectos.

9. Producción y divulgación de informes y planes

PRINCE2 y PMBOK tienen estructuras detalladas para la producción y divulgación de informes, asegurando transparencia y comunicación eficaz con todas las partes interesadas. PM4R enfatiza la importancia de la rendición de cuentas y la transparencia en los proyectos de desarrollo, proporcionando directrices claras para la elaboración de informes y planes.

10. Seguimiento, gestión adaptativa y evaluación

SCRUM, con su enfoque ágil e iterativo, es eficaz para el seguimiento y la gestión adaptativa. Sin embargo, PM4R y PMDPRO proporcionan un marco más específico y orientado a resultados en la evaluación continua y adaptativa, lo cual es crucial para proyectos de desarrollo e impacto social.

Justificación de la selección de metodologías

La selección de las nueve metodologías de gestión de proyectos se basa en su capacidad para abordar los requisitos únicos de los proyectos de desarrollo e impacto social, con énfasis en la adaptabilidad a distintos contextos y su aplicabilidad en marcos normativos diversos. Cada metodología fue cuidadosamente evaluada en relación con los diez elementos clave de gestión, mediante un proceso de análisis que permitió identificar y clasificar sus fortalezas y limitaciones. Esta aproximación comparativa busca establecer una base sólida para el diseño del modelo de madurez propuesto, garantizando que incorpore prácticas que optimicen el impacto social y fomenten una gestión eficiente y adaptable.

Resultados

El análisis reveló que la metodología PM4R (Project Management for Results) se destacó como la más adecuada debido a su fuerte alineación con los objetivos de desarrollo e impacto social. PM4R proporciona herramientas específicas para la evaluación del contexto social y la gestión de partes interesadas, integrando aspectos sociales en todas las fases del proyecto. Además, enfatiza la importancia de la rendición de cuentas y la transparencia, lo cual es crucial para los proyectos de desarrollo (World Bank, 2021).

PMDPRO (Project Management for Development Professionals) también obtuvo una alta puntuación, siendo especialmente fuerte en la evaluación del contexto social y la participación de partes interesadas. Está diseñada específicamente para proyectos de desarrollo, lo que la hace muy adecuada para este tipo de iniciativas (PM4NGOs, 2017).

ISO 21500 ofrece directrices que pueden alinearse con estándares internacionales y permite la incorporación de aspectos sociales dentro de un sistema de gestión de proyectos. Su flexibilidad y enfoque en la calidad la hacen adecuada para proyectos de desarrollo e impacto social (ISO, 2012).

PRINCE2 se destaca por su justificación continua del negocio y la realización de beneficios, además de sus procesos robustos para el análisis y la gestión de partes interesadas. Su estructura detallada para la producción y divulgación de informes asegura transparencia y comunicación eficaz (Axelos, 2017).

PMBOK (Project Management Body of Knowledge) es fuerte en la gestión de riesgos y en la definición de indicadores y metodologías de recopilación de datos. Aunque no está específicamente diseñado para proyectos de desarrollo, su adaptabilidad y estructura robusta lo hacen una opción viable (Project Management Institute, 2021).

ICB IPMA (International Competence Baseline for Project, Programme & Portfolio Management) ofrece un enfoque integral para la gestión de proyectos, programas y portafolios, pero no se enfoca específicamente en proyectos de desarrollo social (International Project Management Association, 2015).

P2M (Project and Program Management for Enterprise Innovation) proporciona un buen marco para la gestión de proyectos y programas, pero no se enfoca específicamente en el desarrollo social, lo que limita su adecuación para este tipo de proyectos (P2M Consortium, 2017).

SCRUM, con su enfoque ágil e iterativo, es eficaz para el seguimiento y la gestión adaptativa. Sin embargo, su falta de especificidad en aspectos sociales y normativos lo hace menos adecuado para proyectos de desarrollo social (Schwaber & Sutherland, 2020).

ITIL (Information Technology Infrastructure Library) es principalmente una metodología para la gestión de servicios de TI y, aunque tiene algunos elementos aplicables a la gestión de proyectos, no se adapta bien a los requisitos específicos de los proyectos de desarrollo e impacto social (AXELOS, 2019).

Resultados del análisis

El análisis de las nueve metodologías de gestión de proyectos bajo los diez elementos esenciales arrojó los siguientes resultados, ordenados desde la más apropiada hasta la menos apropiada para ser considerada como una línea metodológica estándar para diseñar un modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social:

1. PM4R (Project Management for Results)
2. PMDPRO (Project Management for Development Professionals)
3. ISO 21500

4. PRINCE2
5. PMBOK (Project Management Body of Knowledge)
6. ICB IPMA (International Competence Baseline for Project, Programme & Portfolio Management)
7. P2M (Project and Program Management for Enterprise Innovation)
8. SCRUM
9. ITIL (Information Technology Infrastructure Library).

Después de un análisis detallado de las metodologías mencionadas, se obtiene como resultado que PM4R es la metodología más adecuada para la gestión de proyectos de desarrollo e impacto social. Su enfoque en resultados específicos, la integración de aspectos sociales, y las herramientas específicas para la evaluación del contexto social y la gestión de partes interesadas, la hacen altamente efectiva para estos tipos de proyectos. Además, la flexibilidad de PM4R para adaptarse a los marcos normativos y su énfasis en la rendición de cuentas y la transparencia, la convierten en una opción robusta para diseñar un modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social.

A continuación, se presenta una matriz de ponderación que evalúa la adecuación de cada metodología en función de los diez elementos mencionados:

Tabla 1*Ponderación de metodologías de gestión de proyectos respecto de los 10 elementos (SIA)^a*

Elemento	PMBOK	PRINCE2	P2M	ITIL	SCRUM	PM4R	PMDPRO	ICB IPMA	ISO 21500
Marco jurídico y normativo	8	8	7	6	6	8	7	7	8
Evaluación del contexto social	6	6	6	5	5	9	9	6	7
Análisis de las partes interesadas y participación significativa	8	8	7	6	6	9	9	7	7
Identificación de beneficios y oportunidades	7	9	7	6	6	9	8	7	8
Identificación de riesgos	9	8	7	6	6	8	7	7	8
Definición de indicadores, línea de base y metodología de recopilación de datos	8	8	7	6	6	9	8	7	8
Reflejo de los aspectos sociales en el diseño y la ejecución de proyectos	7	6	7	5	5	9	9	6	7
Incorporación de los aspectos sociales en el sistema de gestión de proyectos	7	7	7	6	6	9	8	7	8
Producción y divulgación de informes y planes	8	9	7	6	6	9	8	7	8
Seguimiento, gestión adaptativa y evaluación	7	7	7	6	8	9	8	7	8
Ponderación total	75	76	69	58	60	88	81	68	77

Una vez realizados los análisis que fueron categorizados de forma inductiva, los resultados demuestran la necesidad de utilizar la metodología PM4R y, en conjunto con los 10 elementos considerados por el enfoque de Social Impact Assessment (SIA), como herramientas fundamentales del diseño del Modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social.

Diseño del modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social

A partir de la revisión de la literatura especializada de los modelos de madurez, se propone un diseño de modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social basado en la metodología PM4R (Project Management for Results) y los 10 elementos considerados por el enfoque de Social Impact Assessment (SIA). Este diseño de modelo de

^a El enfoque de Social Impact Assessment (SIA)

madurez tiene como objetivo proporcionar una estructura clara y efectiva para evaluar y mejorar las capacidades de las organizaciones en la gestión de proyectos de desarrollo social. El diseño del modelo se estructura en cinco niveles, siguiendo la tendencia de la mayoría de los modelos de madurez existentes:

Nivel 1: Inicial (Ad hoc)

En este nivel, la gestión de proyectos es informal y reactiva. No existen procesos estándar y los proyectos se gestionan de manera ad hoc. Las prácticas son inconsistentes y dependen de las habilidades individuales de los gestores de proyectos.

- Marco jurídico y normativo: La organización carece de procesos definidos para cumplir con los requisitos legales y normativos.
- Evaluación del contexto social: No se realiza una evaluación formal del contexto social.
- Análisis de las partes interesadas y participación significativa: La identificación y gestión de partes interesadas es limitada y no sistemática.
- Identificación de beneficios y oportunidades: Los beneficios y oportunidades no se identifican formalmente.
- Identificación de riesgos: La gestión de riesgos es reactiva y no sistemática.
- Definición de indicadores, línea de base y metodología de recopilación de datos: No existen indicadores ni metodologías formales para la recopilación de datos.
- Reflejo de los aspectos sociales en el diseño y la ejecución de proyectos: Los aspectos sociales se consideran de manera inconsistente.
- Incorporación de los aspectos sociales en el sistema de gestión de proyectos: Los aspectos sociales no se integran formalmente en la gestión de proyectos.
- Producción y divulgación de informes y planes: La elaboración de informes y planes es informal y no sistemática.
- Seguimiento, gestión adaptativa y evaluación: El seguimiento y la evaluación se realizan de manera ad hoc.

Nivel 2: Gestionado

En este nivel, se empiezan a establecer procesos básicos y prácticas estándar para la gestión de proyectos. La organización tiene algunos procesos repetitivos y existen intentos de formalización.

- Marco jurídico y normativo: Se establecen procedimientos básicos para cumplir con los requisitos legales y normativos.
- Evaluación del contexto social: Se realizan evaluaciones iniciales del contexto social.
- Análisis de las partes interesadas y participación significativa: Se empieza a identificar y gestionar a las partes interesadas de manera más sistemática.
- Identificación de beneficios y oportunidades: Los beneficios y oportunidades se identifican de manera más estructurada.
- Identificación de riesgos: Se implementan procesos básicos de gestión de riesgos.
- Definición de indicadores, línea de base y metodología de recopilación de datos: Se establecen indicadores iniciales y metodologías básicas para la recopilación de datos.
- Reflejo de los aspectos sociales en el diseño y la ejecución de proyectos: Los aspectos sociales se consideran de manera más consistente.

- Incorporación de los aspectos sociales en el sistema de gestión de proyectos: Se empiezan a integrar los aspectos sociales en la gestión de proyectos.
- Producción y divulgación de informes y planes: Se formaliza la producción y divulgación de informes y planes.
- Seguimiento, gestión adaptativa y evaluación: Se implementan procesos básicos de seguimiento y evaluación.

Nivel 3: Definido

En este nivel, los procesos de gestión de proyectos están bien definidos y documentados. La organización sigue un enfoque estándar para todos los proyectos y se asegura la consistencia en la aplicación de prácticas de gestión.

- Marco jurídico y normativo: Los procedimientos para cumplir con los requisitos legales y normativos están bien definidos y documentados.
- Evaluación del contexto social: Las evaluaciones del contexto social se realizan de manera sistemática y documentada.
- Análisis de las partes interesadas y participación significativa: Se implementan procesos sistemáticos y documentados para la identificación y gestión de partes interesadas.
- Identificación de beneficios y oportunidades: Los beneficios y oportunidades se identifican y documentan de manera sistemática.
- Identificación de riesgos: La gestión de riesgos se realiza de manera sistemática y documentada.
- Definición de indicadores, línea de base y metodología de recopilación de datos: Se establecen indicadores bien definidos y metodologías documentadas para la recopilación de datos.
- Reflejo de los aspectos sociales en el diseño y la ejecución de proyectos: Los aspectos sociales se integran de manera consistente en el diseño y la ejecución de proyectos.
- Incorporación de los aspectos sociales en el sistema de gestión de proyectos: Los aspectos sociales se integran formalmente en el sistema de gestión de proyectos.
- Producción y divulgación de informes y planes: La producción y divulgación de informes y planes se realiza de manera sistemática y documentada.
- Seguimiento, gestión adaptativa y evaluación: Los procesos de seguimiento y evaluación están bien definidos y documentados.

Nivel 4: Gestionado Cuantitativamente

En este nivel, la organización utiliza métricas y datos cuantitativos para gestionar y controlar los procesos de gestión de proyectos. Se utilizan herramientas avanzadas para medir el desempeño y la efectividad de los proyectos.

- Marco jurídico y normativo: Se utilizan métricas para garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y normativos.
- Evaluación del contexto social: Las evaluaciones del contexto social se realizan utilizando datos cuantitativos y métricas.
- Análisis de las partes interesadas y participación significativa: Se utilizan métricas para medir la participación y el impacto de las partes interesadas.
- Identificación de beneficios y oportunidades: Los beneficios y oportunidades se cuantifican y se utilizan métricas para medir su impacto.

- Identificación de riesgos: Se utilizan métricas para evaluar y gestionar los riesgos de manera cuantitativa.
- Definición de indicadores, línea de base y metodología de recopilación de datos: Se utilizan metodologías avanzadas y métricas para la recopilación y análisis de datos.
- Reflejo de los aspectos sociales en el diseño y la ejecución de proyectos: Los aspectos sociales se integran utilizando datos y métricas cuantitativas.
- Incorporación de los aspectos sociales en el sistema de gestión de proyectos: Se utilizan métricas para evaluar la integración de los aspectos sociales en la gestión de proyectos.
- Producción y divulgación de informes y planes: Los informes y planes se producen utilizando datos y métricas cuantitativas.
- Seguimiento, gestión adaptativa y evaluación: Se utilizan herramientas avanzadas y métricas para el seguimiento y la evaluación de los proyectos.

Nivel 5: Optimizado

En este nivel, la organización busca la mejora continua y la innovación en la gestión de proyectos. Se implementan prácticas avanzadas y se fomenta una cultura de aprendizaje y adaptación.

- Marco jurídico y normativo: Se implementan prácticas avanzadas para garantizar el cumplimiento continuo y la mejora de los procesos legales y normativos.
- Evaluación del contexto social: Se utilizan enfoques innovadores y se busca la mejora continua en la evaluación del contexto social.
- Análisis de las partes interesadas y participación significativa: Se implementan prácticas avanzadas para la participación significativa y la gestión de las partes interesadas.
- Identificación de beneficios y oportunidades: Se buscan continuamente nuevas oportunidades y se optimizan los beneficios de los proyectos.
- Identificación de riesgos: Se utilizan enfoques avanzados para la gestión proactiva de riesgos.
- Definición de indicadores, línea de base y metodología de recopilación de datos: Se implementan prácticas avanzadas para la definición de indicadores y la recopilación de datos.
- Reflejo de los aspectos sociales en el diseño y la ejecución de proyectos: Se buscan continuamente nuevas formas de integrar los aspectos sociales en los proyectos.
- Incorporación de los aspectos sociales en el sistema de gestión de proyectos: Se optimizan continuamente los procesos para integrar los aspectos sociales en la gestión de proyectos.
- Producción y divulgación de informes y planes: Se implementan prácticas avanzadas para la producción y divulgación de informes y planes.
- Seguimiento, gestión adaptativa y evaluación: Se fomenta una cultura de mejora continua y se implementan prácticas avanzadas para el seguimiento y la evaluación de los proyectos.

El diseño del modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social, basado en la metodología PM4R y los 10 elementos del enfoque de Social Impact Assessment (SIA), proporciona una estructura clara y efectiva para evaluar y mejorar las

capacidades de las organizaciones en la gestión de proyectos de desarrollo social. Este modelo de cinco niveles permite a las organizaciones progresar desde prácticas iniciales y ad hoc hasta prácticas optimizadas y avanzadas, asegurando la integración de aspectos sociales y el cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible.

Figura 1

Propuesta de niveles de madurez para proyectos de desarrollo e impacto social



La imagen ilustra un modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social a través de cinco niveles, cada uno representado por una barra de diferente altura y color. Los niveles están ordenados de menor a mayor, lo que indica un progreso ascendente en la capacidad y sofisticación de la gestión de proyectos. Las flechas entre las barras sugieren una transición y evolución continua entre cada nivel. Este tipo de representación visual ayuda a comprender cómo una organización puede avanzar desde prácticas iniciales y ad hoc hasta alcanzar un nivel optimizado, donde se busca la mejora continua y la integración completa de aspectos sociales en la gestión de proyectos.

Interpretación de los hallazgos y comparación con estudios previos

Los hallazgos destacan a PM4R como la metodología más adecuada para proyectos de desarrollo e impacto social, debido a su enfoque en la integración de aspectos sociales, rendición de cuentas y adaptación a marcos normativos, alineándose con estudios del Banco Mundial (2021). En comparación, PMDPRO también muestra alta adecuación al gestionar el contexto social y la participación de interesados, como destacan estudios de PM4NGOs (2017).

ISO 21500, aunque flexible y alineada con estándares internacionales (ISO, 2012), es menos específica en temas de desarrollo social en comparación con PM4R. Por otro

lado, PRINCE2 y PMBOK aportan solidez en justificación de negocio, gestión de riesgos e informes, pero con un enfoque menos centrado en el impacto social (Axelos, 2017; PMI, 2021).

En conjunto, este análisis y la literatura previa refuerzan la relevancia de PM4R para proyectos sociales, dado su alineamiento con los diez elementos de Social Impact Assessment (SIA). PM4R ofrece un marco ideal para construir un modelo de madurez que maximice el impacto y la sostenibilidad en el desarrollo social, un enfoque respaldado por Kvam (2018) y el BID en el avance hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Discusión y conclusiones

El análisis cualitativo realizado ha permitido identificar y adaptar las características clave de los modelos de madurez más reconocidos, tales como CMMI, OPM3, el Modelo de Kerzner, PRINCE2 Maturity Model y P3M3, para formular un marco que responda específicamente a los desafíos y necesidades de PM4R. Este enfoque ha revelado que un modelo de madurez integrado y orientado a resultados no solo mejora la eficiencia y efectividad de la gestión de proyectos, sino que también facilita una cultura de mejora continua y adaptabilidad en contextos diversos.

La metodología PM4R se destacó como la más adecuada debido a su fuerte alineación con los objetivos de desarrollo e impacto social. Proporciona herramientas específicas para la evaluación del contexto social y la gestión de partes interesadas, integrando aspectos sociales en todas las fases del proyecto. Además, enfatiza la importancia de la rendición de cuentas y la transparencia, lo cual es crucial para los proyectos de desarrollo. Estos hallazgos son consistentes con la literatura existente, que sugiere que un enfoque orientado a resultados es esencial para la sostenibilidad y el éxito de los proyectos de desarrollo social (World Bank, 2021).

Propuesta del Modelo de Madurez: El diseño de modelo de madurez propuesto, basado en PM4R y los 10 elementos del enfoque SIA, proporciona una estructura clara y efectiva para evaluar y mejorar las capacidades de las organizaciones en la gestión de proyectos de desarrollo social. Este diseño de modelo permite a las organizaciones progresar desde prácticas iniciales y ad hoc hasta prácticas optimizadas y avanzadas, asegurando la integración de aspectos sociales y el cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible.

Importancia de la Metodología PM4R: PM4R se destaca por su enfoque en resultados específicos, la integración de aspectos sociales y las herramientas específicas para la evaluación del contexto social y la gestión de partes interesadas. Su flexibilidad para adaptarse a los marcos normativos y su énfasis en la rendición de cuentas y la transparencia la convierten en una opción robusta para diseñar un modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social.

Evaluación de Metodologías: La evaluación de las metodologías bajo los diez elementos clave reveló que PM4R es la metodología más adecuada, seguida por PMDPRO y ISO 21500. Metodologías como PRINCE2, PMBOK, y ICB IPMA, aunque valiosas, no se alinean tan estrechamente con los objetivos específicos de los proyectos de desarrollo social.

Limitaciones y propuestas de continuidad

Aunque el estudio aporta un marco robusto para la creación de un modelo de madurez en proyectos de desarrollo social, presenta ciertas limitaciones. Una de ellas es

la dependencia de la metodología PM4R y los diez elementos del Social Impact Assessment (SIA) como ejes fundamentales, lo cual, aunque adecuado para el contexto social, podría requerir ajustes para sectores diferentes o regiones con marcos regulatorios distintos. Además, al centrarse en un análisis cualitativo, el estudio no explora cuantitativamente el impacto de cada metodología en el desarrollo de capacidades organizacionales, lo que podría ser un área valiosa para investigaciones posteriores.

Este artículo se limita únicamente a la propuesta del diseño del modelo de madurez de proyectos. La continuidad de este trabajo se está desarrollando en una tesis doctoral que propondrá el desarrollo metodológico y la implementación del modelo, junto con los instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de datos y el análisis posterior de los mismos para el establecimiento del nivel de madurez para una organización. Este proceso implica un caso de estudio en una organización dedicada a la estructuración y gestión de proyectos de desarrollo e impacto social en el suroccidente colombiano.

A futuro, se recomienda realizar estudios de implementación longitudinales que permitan observar el avance de las organizaciones en los niveles de madurez propuestos, así como validar el modelo en contextos y sectores variados. Esto facilitará una mayor adaptabilidad del modelo y permitirá refinarlo, incrementando su aplicabilidad en diversos escenarios de desarrollo social. Además, la incorporación de métodos cuantitativos de análisis de datos y el uso de métricas de desempeño podrían fortalecer el modelo y proporcionar evidencia empírica sobre su efectividad en mejorar la sostenibilidad e impacto de los proyectos sociales.

Proceso en la Organización Caso de Estudio

Para implementar el modelo de madurez en la organización dedicada a la estructuración y gestión de proyectos de desarrollo e impacto social en el suroccidente colombiano, se seguirá un proceso estructurado que incluye las siguientes fases:

Evaluación inicial

- **Diagnóstico:** Realizar un diagnóstico inicial exhaustivo de la organización para evaluar su estado actual en términos de capacidad de gestión de proyectos de desarrollo e impacto social.
- **Identificación de Prácticas Existentes:** Documentar las prácticas actuales de gestión de proyectos, identificando tanto las fortalezas como las áreas que necesitan mejora.

Definición de indicadores y metodologías

- **Establecimiento de Indicadores:** Definir indicadores clave basados en los 10 elementos del enfoque SIA.
- **Metodologías de Recolección de Datos:** Desarrollar metodologías específicas para la recopilación de datos necesarios para evaluar los indicadores definidos.

Desarrollo de instrumentos de recolección de datos

- **Encuestas y Entrevistas:** Diseñar encuestas y entrevistas estructuradas para recolectar datos de diversas partes interesadas.
- **Revisión Documental:** Revisar documentos existentes, informes de proyectos y otros registros relevantes.

Implementación del modelo

- **Aplicación del Modelo de Madurez:** Aplicar el modelo de madurez en la organización, utilizando los indicadores y metodologías definidas para evaluar su estado actual.
- **Evaluación de Niveles:** Evaluar la organización contra los cinco niveles de madurez propuestos, identificando su posición actual.

Análisis de datos

- **Procesamiento de Datos:** Analizar los datos recolectados para identificar patrones, tendencias y áreas de mejora.
- **Benchmarking:** Comparar los resultados de la organización con estándares y mejores prácticas reconocidas a nivel nacional e internacional.

Desarrollo de planes de mejora

- **Planes de Acción:** Desarrollar planes de acción específicos para abordar las áreas de mejora identificadas.
- **Capacitación y Desarrollo:** Implementar programas de capacitación para desarrollar las capacidades necesarias en el personal de la organización.

Implementación de mejoras

- **Ejecución de Planes de Mejora:** Ejecutar los planes de mejora desarrollados, haciendo ajustes según sea necesario.
- **Monitoreo y Evaluación:** Monitorear continuamente el progreso de la organización hacia niveles más altos de madurez y realizar evaluaciones periódicas.

Documentación y reportes

- **Informes de Progreso:** Producir informes periódicos que documenten el progreso de la organización en la implementación del modelo de madurez.
- **Recomendaciones:** Proporcionar recomendaciones basadas en los hallazgos del análisis de datos y la evaluación continua.

Validación y ajustes

- **Revisión Continua:** Validar los resultados obtenidos y ajustar el modelo de madurez según sea necesario.
- **Retroalimentación de Partes Interesadas:** Involucrar a las partes interesadas para obtener retroalimentación y asegurar que el modelo responda a sus necesidades y expectativas.

La implementación del modelo de madurez de proyectos de desarrollo e impacto social en la organización caso de estudio no solo validará el diseño propuesto, sino que también proporcionará una guía práctica para otras organizaciones que buscan mejorar sus capacidades en la gestión de proyectos de desarrollo e impacto social. Este proceso detallado asegura que las mejoras sean sostenibles y alineadas con los objetivos estratégicos de la organización, promoviendo así un impacto social positivo y duradero.

A partir de lo registrado en este documento, se recomienda la implementación del modelo de madurez propuesto, basado en la metodología PM4R y los 10 elementos del enfoque de Social Impact Assessment (SIA), en organizaciones dedicadas a la gestión de proyectos de desarrollo e impacto social. Este modelo no solo proporcionará una estructura clara y efectiva para evaluar y mejorar las capacidades organizacionales, sino

que también promoverá una cultura de mejora continua, rendición de cuentas y transparencia. La validación del modelo a través de estudios de caso específicos, como el que se está desarrollando en el suroccidente colombiano, será crucial para demostrar su efectividad y adaptar sus componentes a contextos diversos, asegurando así que las organizaciones puedan alcanzar niveles más altos de madurez y sostenibilidad en sus iniciativas de desarrollo social.

Referencias

- Aguiar, J., Pereira, R., Vasconcelos, J. B., & Bianchi, I. (2018). An overlapless incident management maturity model for multi-framework assessment (ITIL COBIT CMMI-SVC). *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 13, 137-163. <https://doi.org/10.28945/4083>.
- Aljowder, T., Ali, M., & Kurnia, S. (2023). Development of a maturity model for assessing smart cities: A focus area maturity model. *Smart Cities*, 6(4), 2150-2175. <https://doi.org/10.3390/smartcities6040099>.
- Atoum, I., & Ayyagari, M. R. (2019). CMMI-DEV implementation simplified: A spiral software model. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(4).
- Axelos. (2017). *Managing Successful Projects with PRINCE2® 2017 Edition*. TSO.
- Axelos. (2019). *ITIL Foundation ITIL 4 Edition*. TSO.
- Axelos. (2019). Portfolio, Programme, and Project Management Maturity Model (P3M3).
- Bartolome, L. O. (2022). Portfolio, Programme, and Project Management (P3M3): An Assessment to Maturity Level. *International Journal of English Literature and Social Sciences*, 7(3).
- García-Mireles, G. A., Moraga, M. A., & García, F. (2019). Development of maturity models: A systematic literature review. In *16th International Conference on Evaluation & Assessment in Software Engineering (EASE 2012)*, 279-283.
- Higuera, E. (2019). Modelos de madurez en la gerencia de proyectos. *Negonotas Docentes*, 13, 11-22.
- International Project Management Association. (2015). *IPMA Individual Competence Baseline for Project, Programme & Portfolio Management* (4th Ed.). IPMA.
- ISO. (2012). ISO 21500:2012 - Guidance on Project Management. International Organization for Standardization.
- Khan, F. J., & Mansur, A. K. (2013). Project Management Maturity Models and Organizational Project Management Maturity Model (OPM3®): A Critical Morphological Evaluation. In *International Conference on Innovation, Technology, and Knowledge Economy*. Lucerne, Switzerland.
- Kvam, R. (2018). *Social Impact Assessment: Integrating Social Issues in Development Projects*. Inter-American Development Bank. <https://publications.iadb.org/en/social-impact-assessment-integrating-social-issues-development-projects>.
- Nikolaenko, V., & Sidorov, A. (2023). Assessment of Project Management Maturity Models Strengths and Weaknesses. *Journal of Risk and Financial Management*, 16(2), 121. <https://doi.org/10.3390/jrfm16020121>.
- Pantoja Vallejo, A. (Ed.). (2015). *Manual básico para la realización de tesinas, tesis y trabajos de investigación* (2ª Ed.). EOS Universitaria.
- P2M Consortium. (2017). *P2M: A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation*. P2M Consortium.

- Piña Ararat, M. A., & Bazurto Roldán, J. A. (2022). Modelo de madurez aplicado al contexto organizacional de la Gestión de proyectos para la Alcaldía de Chinacota-Colombia. *Project Design and Management*, 4(2).
- PM4NGOs. (2017). *Project Management for Development Professionals Guide (PMDPro Guide)*. PM4NGOs.
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (7th Ed.)*. Project Management Institute.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide*. Scrum.org.
- Wojciechowska, A. (2023). Evaluation of Design Maturity Models for Usability in the IT Industry. Scientific Papers of Silesian University of Technology. *Organization and Management Series*, 170.
- World Bank. (2021). *Project Management for Results (PM4R) Guidelines*. World Bank Group.
- Woźniak, M., & Sliż, P. (2023). The impact of project excellence on the level of project maturity of an organization. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 169, 759-782.

DESAFÍOS Y OBSTÁCULOS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE JUAZEIRO DO NORTE EN UNA CIUDAD INTELIGENTE
DESAFIOS E OBSTÁCULOS PARA A TRANSFORMAÇÃO DE JUAZEIRO DO NORTE EM UMA CIDADE INTELIGENTE
CHALLENGES AND OBSTACLES TO TRANSFORMATION OF JUAZEIRO DO NORTE INTO A SMART CITY

Antônio Soares Barros^a

Unyleya, Brasil

(antoniosb65@yahoo.com) (<https://orcid.org/0000-0002-2432-6801>)

Información sobre el manuscrito:

Recibido/Received: 15/03/2024

Revisado/Reviewed: 12/10/2024

Aceito/Accepted: 31/10/2024

RESUMEN

Palabras clave:

ciudad inteligente, tecnología, sostenible, infraestructura.

Este artículo aborda los desafíos y obstáculos que enfrenta actualmente la ciudad de Juazeiro do Norte para convertirse en una ciudad inteligente y muestra temas como la infraestructura tecnológica limitada, las inversiones financieras, la educación tecnológica y la participación comunitaria que deben discutirse y, por lo tanto, impedir que la ciudad logre tanto propósito deseado. El objetivo de este estudio es verificar qué retos debe afrontar la gestión municipal para convertir la ciudad en una ciudad inteligente. La metodología adoptada se basó en una revisión bibliográfica y a través de datos obtenidos de los sitios web de los ayuntamientos para resaltar los problemas que deben resolverse y qué acciones deben tomarse. El análisis se enriquece con diálogos con otros autores que resaltan la importancia de la colaboración y la interoperabilidad y principalmente con investigaciones de datos que muestran las fallas y lo que aún falta para que la ciudad alcance el título de ciudad inteligente. El artículo concluye enfatizando la necesidad de estrategias e inversiones colaborativas para impulsar la transformación de la ciudad de Juazeiro do Norte en una ciudad inteligente. Destaca los principales puntos que los gestores deben resolver, como la infraestructura digital, la participación ciudadana y la planificación urbana sostenible, para que este deseo sea real y efectivo.

RESUMO

Palavras-chave:

cidade inteligente, tecnologia, sustentável, infraestrutura.

Este artigo aborda os desafios e obstáculos que a cidade de Juazeiro do Norte enfrenta no atual momento para se tornar uma smart city e mostra questões como infraestrutura tecnológica limitada, investimentos financeiros, educação tecnológica e participação comunitária para serem discutidas e por isso impedem que a cidade alcance esse propósito tão almejado. O objetivo desse estudo é verificar quais os desafios que precisam ser enfrentados pela gestão municipal para tornar a cidade em uma smart city. A metodologia adotada foi baseada em revisão

^a Autor de correspondencia.

bibliográfica e através de dados obtidos em sites da prefeitura para evidenciar os problemas que precisam ser resolvidos e quais atitudes que devem vir a ser tomadas. A análise é enriquecida por diálogos com outros autores que destacam a importância da colaboração e interoperabilidade e principalmente por pesquisa de dados que mostram a falhas e o que ainda falta para a cidade alcançar o título de cidade inteligente. O artigo conclui enfatizando a necessidade de estratégias colaborativas e investimentos para impulsionar a transformação da cidade de Juazeiro do Norte em uma cidade inteligente. Destaca os pontos principais que os gestores precisam resolver, como infraestrutura digital, participação cidadã e planejamento urbano sustentável, para tornar esse desejo real e efetivo.

ABSTRACT

Keywords:

smart city, technology, sustainable, infrastructure.

This article addresses the challenges and obstacles that the city of Juazeiro do Norte currently faces in becoming a smart city and shows issues such as limited technological infrastructure, financial investments, technological education and community participation to be discussed and therefore prevent the city from achieve this much-desired purpose. The objective of this study is to verify what challenges need to be faced by municipal management to turn the city into a smart city. The methodology adopted was based on a bibliographical review and through data obtained from city hall websites to highlight the problems that need to be resolved and what actions should be taken. The analysis is enriched by dialogues with other authors who highlight the importance of collaboration and interoperability and mainly by data research that shows the flaws and what is still missing for the city to achieve the title of smart city. The article concludes by emphasizing the need for collaborative strategies and investments to drive the transformation of the city of Juazeiro do Norte into a smart city. It highlights the main points that managers need to resolve, such as digital infrastructure, citizen participation and sustainable urban planning, to make this desire real and effective.

Introducción

En el siglo XXI, ante los retos de la superpoblación urbana, los problemas medioambientales y las complejidades de la planificación y gestión de las ciudades, los debates sobre la reorganización urbana y la aplicación de estrategias de gestión eficientes y sostenibles se han convertido en temas de gran relevancia en las agendas públicas (LEITE, 2012).

Según el Informe de las Naciones Unidas Perspectivas de la Urbanización Mundial 2018 (ONU, 2018), se estima que en 2050 alrededor de 6 600 millones de personas vivirán en aglomeraciones urbanas. En este contexto, se han intensificado los debates sobre la organización de las ciudades, y en 2015 la ONU lanzó la Agenda 2030, que establece 17 objetivos con 169 metas para el Desarrollo Sostenible (DS). Estos objetivos abarcan diversas realidades nacionales, capacidades y niveles de desarrollo, incluyendo cuestiones sociales, económicas, políticas y culturales, como la erradicación de la pobreza, la reducción de las desigualdades, el acceso al agua potable, el saneamiento básico, la energía limpia, la agricultura sostenible, las comunidades sostenibles, el consumo y la producción responsables, y la acción contra el cambio climático global, entre otros.

Según el Índice de Ciudades Sostenibles 2016, la mayoría de las ciudades se enfrentan a retos para equilibrar los tres pilares de la sostenibilidad: social, medioambiental y económico. Muchas ciudades obtienen resultados favorables hasta en dos de estas áreas, pero pocas logran resultados positivos en las tres. La encuesta, realizada en 100 de las principales ciudades del mundo, utilizó 32 indicadores diferentes para elaborar una clasificación indicativa de la sostenibilidad.

Ante la necesidad de optimizar los servicios, mejorar la calidad de vida y fomentar entornos innovadores y sostenibles, ha surgido el concepto de Ciudades Inteligentes, estrechamente vinculado a las innovaciones tecnológicas. En general, las Ciudades Inteligentes se caracterizan por la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) con las necesidades de un entorno urbano ecológicamente equilibrado. Estas ciudades pretenden utilizar el conocimiento y los avances tecnológicos para mejorar y optimizar la gestión urbana, haciéndola más sostenible y eficiente para los usuarios (BID, 2016).

La transformación de Juazeiro do Norte en una Smart City representa un paso ambicioso y necesario hacia el futuro, buscando optimizar la calidad de vida de los ciudadanos a través de la integración inteligente de tecnologías innovadoras. Sin embargo, este viaje está lejos de estar exento de retos y obstáculos que deben analizarse cuidadosamente y superarse. En esta introducción, exploraremos los diversos aspectos que hacen que la transición hacia una Smart City en Juazeiro do Norte sea un empeño complejo, desde cuestiones infraestructurales hasta retos relacionados con la aceptación social y la gobernanza, destacando la importancia de un enfoque integral y colaborativo para alcanzar este objetivo visionario.

Juazeiro do Norte, ciudad brasileña conocida por su riqueza cultural y sus tradiciones, ha sido objeto de debates sobre la posibilidad de convertirse en una "ciudad inteligente", una urbe que utiliza las tecnologías de la información y la comunicación para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Aunque el concepto de ciudad inteligente es atractivo, hay que superar varios retos y obstáculos si se quiere que Juazeiro do Norte haga efectivamente esta transición.

El 14 de junio de 2018, se aprobó la Ley Complementaria nº 117/2018, que convirtió a Juazeiro do Norte en el primer municipio del país en implementar una ley municipal de Innovación y Smart City.

Uno de los principales retos a los que se enfrenta Juazeiro do Norte es su limitada infraestructura tecnológica. El éxito de la implantación de una ciudad inteligente requiere una sólida red de conectividad de alta velocidad, sistemas de comunicación eficientes y una sólida infraestructura digital. La falta de estos elementos esenciales puede obstaculizar la aplicación efectiva de las soluciones tecnológicas que caracterizan a una ciudad inteligente.

Transformar una ciudad en una ciudad inteligente requiere importantes inversiones en tecnología, investigación y desarrollo. Juazeiro do Norte puede tener dificultades para atraer los recursos financieros necesarios para ejecutar proyectos de gran envergadura. Sin una inversión significativa, es difícil conseguir la infraestructura tecnológica y las innovaciones necesarias para convertirse en una ciudad inteligente.

En la sociedad actual, marcada por ciudades globales con una población en constante crecimiento, la aparición de diversos retos locales es cada vez más notable. Estos problemas afectan a menudo a la vida cotidiana de la población y requieren soluciones y planteamientos específicos para hacer frente a complejos dilemas urbanos.

El éxito de la adopción de tecnologías innovadoras depende de la formación y educación de la población. En Juazeiro do Norte pueden ser necesarios programas integrales de formación y educación para garantizar que los residentes tengan las habilidades necesarias para interactuar con las nuevas tecnologías. La falta de formación tecnológica puede dificultar la aceptación y utilización eficaz de las soluciones propuestas para una ciudad inteligente.

Otro punto crucial es la necesidad de una gobernanza eficaz y de la participación de la comunidad. La implantación de tecnologías a gran escala debe ir acompañada de políticas sólidas que garanticen la seguridad de los datos, la privacidad y el acceso equitativo a las tecnologías. La ausencia de un marco regulador adecuado y la falta de implicación de la comunidad pueden poner en peligro el éxito de la transición hacia una ciudad inteligente.

Los objetivos del estudio sobre "Desafíos y Obstáculos para la Transformación de Juazeiro do Norte en una Ciudad Inteligente" se pueden esbozar para abordar diferentes aspectos relacionados con el proceso de transformación urbana y así poder verificar los problemas a los que se enfrenta la ciudad para convertirse en una ciudad inteligente, buscando así identificar puntos importantes para esta transformación.

Fundamento teórico

Antes de analizar la producción académica más reciente sobre el concepto de Ciudades Inteligentes, es imprescindible introducir el marco teórico. En este sentido, esta sección comprende una revisión bibliográfica que pretende delimitar los conceptos esenciales, estableciendo así el fundamento teórico que subyace al tema en cuestión.

El enfoque metodológico de este artículo se basa en una revisión en profundidad de la literatura relacionada con las ciudades inteligentes, haciendo hincapié en los retos a los que se enfrenta Juazeiro do Norte. El análisis incluye una discusión de los trabajos académicos e investigaciones pertinentes sobre el tema, proporcionando una comprensión global de los obstáculos a la transformación de la ciudad.

Las ciudades inteligentes son un fenómeno relativamente reciente, acuñado a partir del estudio de caso de la iniciativa de Singapur para transformarse en una ciudad inteligente, documentada por Mahizhnan en 1999.

Sin embargo, diferentes investigaciones indican que este concepto aborda las nuevas tecnologías y su aplicación en el entorno urbano (LIU et al., 2010; KUIKKANIEMI

et al., 2011), así como la adopción de una gestión pública centrada en la tecnología (ODENDAAL, 2003).

Definición de ciudad inteligente

Las ciudades inteligentes se han convertido en uno de los principales temas de estudio en relación con el desarrollo urbano (GIL-GARCIA et al., 2016; JOSS et al., 2017). Esto se debe principalmente a los retos que plantea el rápido proceso de urbanización en todos los continentes, así como a la aparición de megaciudades, que son aquellas con más de 10 millones de habitantes. En 2020, aproximadamente 4.000 millones de personas vivían en zonas urbanas, y se prevé que esta cifra aumente a 7.000 millones en 2050 (lo que representa dos tercios de la población mundial), según datos del informe de las Naciones Unidas (ONU, 2018).

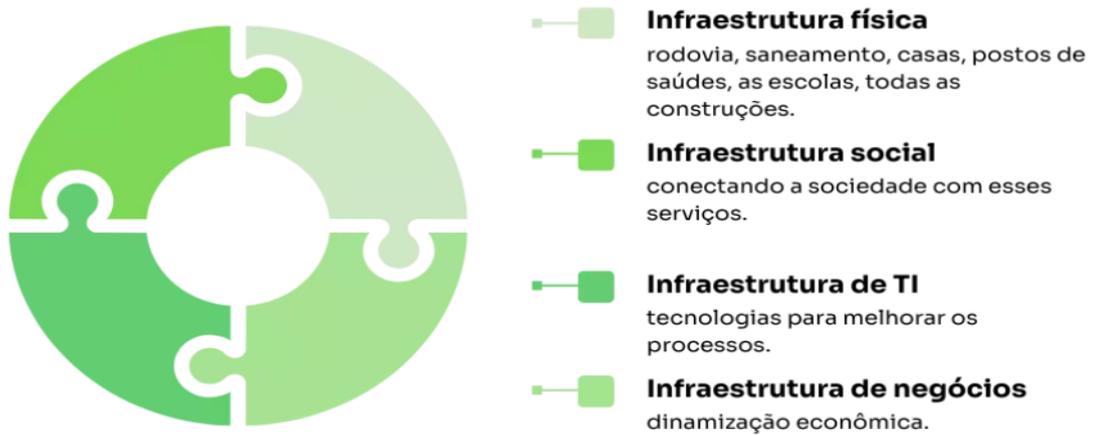
El término "ciudades inteligentes" tiene varias definiciones, ya que surgió en los años 90 centrándose principalmente en las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) que se estaban integrando en las infraestructuras urbanas. El California Institute for Smart Communities fue uno de los pioneros en examinar cómo las comunidades podían llegar a ser inteligentes y cómo podían diseñarse las ciudades para aplicar estas tecnologías de la información (Alawadhi et al., 2012). Más tarde, el Centro para la Gobernanza de la Universidad de Ottawa criticó la idea de que las ciudades inteligentes deben vincularse únicamente a cuestiones técnicas. En esta visión, una ciudad inteligente debería adoptar un enfoque orientado a la gobernanza, haciendo hincapié en el papel del capital social en el desarrollo urbano. Sin embargo, el término "ciudad inteligente" se extendió en los primeros años del siglo XXI como un fenómeno de "etiqueta urbana". En los últimos años, los investigadores han llamado la atención sobre el hecho de que las ciudades que se autodenominan "inteligentes" deben demostrar los diversos aspectos que justificarían esta autoproclamación de la etiqueta (Hollands, 2008).

En un documento corporativo de IBM, Harrison et al. (2010) definieron el término "ciudad inteligente" como una ciudad "instrumentada, interconectada e inteligente". El término "instrumentado" se refiere a la capacidad de captar e integrar datos de los ciudadanos mediante el uso de sensores, contadores, electrodomésticos, dispositivos personales y otras tecnologías similares. A su vez, "interconectado" se refiere a la sincronización de estos datos en una plataforma informática que permita la integración entre los distintos servicios de la ciudad. Por último, "inteligente" se refiere a la inclusión de servicios complejos de análisis, modelización, optimización y visualización para apoyar decisiones operativas más eficientes (Harrison et al., 2010).

Para Harrison et al. (2010), se trata de una ciudad que integra la infraestructura física, la infraestructura informática, la infraestructura social y la infraestructura empresarial para potenciar la inteligencia colectiva de la ciudad.

Es importante señalar que Harrison también hace hincapié en la interconexión de estas partes, como se muestra en la figura 1.

Figura 1
Interconexión de ciudades inteligentes



Nota. Fuente: Harrison et al., 2010.

En el contexto de la planificación urbana, el concepto de "ciudad inteligente" suele considerarse una dimensión ideológica que implica orientaciones estratégicas para un planteamiento más inteligente. Los gobiernos y los organismos públicos a todos los niveles están adoptando esta noción de inteligencia para diferenciar sus políticas y programas, con el objetivo del desarrollo sostenible, el crecimiento económico y la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos (Ballas, 2013). Alves et al. (2019) aclaran que el término "smart" abarca dos grandes áreas: por un lado, aporta una lógica de tecnópolis, que implica el uso de nuevas tecnologías como IoT, big data, gobernanza algorítmica, entre otras; por otro, representa la idea de ciudad innovadora, con énfasis en la inclusión y la participación ciudadana en la gobernanza urbana.

Posiblemente la razón por la que no existe un consenso general sobre el término "ciudades inteligentes" es que se ha aplicado a dos tipos diferentes de "dominios". Por un lado, se ha asociado a ámbitos más "duros", como los edificios, las redes de energía, los recursos naturales, la gestión del agua, la gestión de residuos, la movilidad y la logística (Neirotti et al., 2014), en los que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) pueden desempeñar un papel crucial en las operaciones del sistema. Por otra parte, el término también se ha atribuido a ámbitos "blandos", como la educación, la cultura, la política, la inclusión social y la gobernanza, en los que la aplicación de las TIC no suele ser decisiva.

Sostenibilidad urbana

La sostenibilidad urbana engloba una serie de medidas destinadas a preservar y proteger el entorno en el que se encuentra una ciudad, lo que incluye la conservación de la fauna y la flora locales. Esto permite a los habitantes permanecer en armonía con la naturaleza, sin causar daños, mediante iniciativas educativas y de concienciación.

El concepto de "desarrollo sostenible", según Sachs (1986), aunque a menudo se ha interpretado de distintas maneras, tiene su origen en una perspectiva más amplia que implica el análisis de los resultados sostenibles de las ciudades. En la década de 1960, surgió un nuevo enfoque en las agendas de debate, con la tríada medio ambiente-economía-humanidad, que pretendía hacer frente a los graves impactos medioambientales en todo el mundo (CARSON, 1962).

La evolución de la situación en las últimas décadas ha puesto de relieve la importancia y el alcance de las políticas públicas en los estudios académicos. Varios factores han contribuido a este crecimiento, uno de los cuales es la adopción por parte de los gobiernos de políticas encaminadas a restringir el gasto, ahorrar recursos y promover políticas sociales centradas en la salud (SOUZA, 2007).

Según Mahler (2016), el Índice de Ciudades Verdes señala siete elementos clave para que una ciudad sea sostenible: i) gobernanza eficaz, ii) enfoques integrados, iii) promoción de la salud de la población, iv) fomento de la participación ciudadana, v) uso eficiente de la tecnología, vi) equilibrio entre desarrollo económico y preservación del medio ambiente, y vii) actuaciones de organizaciones no gubernamentales.

En este contexto, Secchi (2016) define la política pública, haciendo hincapié en la importancia de comprender dos conceptos fundamentales: el problema público y la política pública. El problema público es el punto de partida del análisis y representa la diferencia entre el estado actual y el estado deseado para una situación pública determinada. La política pública, por su parte, es una directriz diseñada para hacer frente a un problema público.

Comprendiendo estas restricciones, es importante reflexionar sobre su contribución a la sostenibilidad. Según Strapazzon (2009), en referencia al documento elaborado por el proyecto europeo de ciudades inteligentes, para ser considerada inteligente una ciudad debe cumplir seis aspectos con un rendimiento adecuado. Las expresiones definen las ciudades como espacios vitales adecuados, buenos lugares para el desarrollo económico, es decir, son esenciales a la hora de elaborar políticas públicas.

Teniendo en cuenta estas preocupaciones en el contexto de las políticas públicas, resulta crucial encontrar un equilibrio entre las opciones disponibles a la hora de aplicar, por ejemplo, políticas para fomentar la eficiencia energética y la generación descentralizada de energía, incluida la integración de los excedentes de energía en la red de las empresas de servicios públicos (FERREIRA et al., 2015).

Por ello, a la hora de desarrollar políticas públicas para las ciudades inteligentes, es esencial tener en cuenta la creación de entornos saludables y sostenibles. La interacción entre los ecosistemas locales es crucial, ya que la búsqueda de la calidad de vida de la sociedad es uno de los principales retos contemporáneos. Para hacer frente a estos retos, es esencial comprender los aspectos sociales, económicos y medioambientales que están estrechamente vinculados al contexto de las ciudades inteligentes (CURY; MARQUES, 2017).

Ciudades inteligentes de todo el mundo

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en colaboración con el Korea Research Institute for Human Settlements (KRIHS), realizó una serie de estudios de casos sobre ciudades inteligentes, financiados por el Korean Knowledge Alliance Fund for Technology and Innovation de la República de Corea. Entre las ciudades investigadas figuran: Anyang, Medellín, Namyangju, Orlando, Pangyo, Río de Janeiro, Santander, Singapur, Songdo y Tel Aviv. Estos estudios de casos ofrecen una visión del proceso de implantación de una ciudad inteligente y su impacto en la promoción de la sostenibilidad urbana.

En los últimos treinta años, la población urbana mundial ha aumentado una media de 65 millones de personas al año, un ritmo sin precedentes en la historia. Para 2050, se prevé que las ciudades sumen otros 2.500 millones de habitantes, casi el 90% de los cuales se concentrarán en Asia y África. Sin embargo, a medida que crecen la urbanización, la industrialización y el consumo, también se intensifican las presiones medioambientales. La degradación ambiental puede tener efectos en cascada sobre la salud y la calidad de

vida de los habitantes urbanos, así como sobre la sostenibilidad a largo plazo de la propia ciudad (McKinsey Company, 2018).

La ciudad surcoreana de Anyang, con más de 600.000 habitantes, inició su proyecto de ciudad inteligente en 2003. El objetivo inicial de este proyecto era el sistema de información para el transporte público, destinado a mejorar el uso de los autobuses por parte de los ciudadanos. Así surgió el Sistema de Transporte Inteligente (STI), y en los últimos doce años también se han desarrollado el Sistema de Prevención de la Delincuencia y el Sistema de Prevención de Catástrofes, todos ellos integrados de forma coordinada.

"La aplicación del sistema de prevención de la delincuencia ha dado lugar a una reducción de la tasa de delincuencia, [...] la ciudad de Anyang ha experimentado una importante reducción media anual de la tasa de delincuencia, con un descenso del 17,8%" (LEE et al, 2016, p. 34).

El centro de control desarrollado en la ciudad, conocido como U-City, se creó para unificar todos estos sistemas. A través del sitio web del centro de Anyang, los ciudadanos tienen acceso a información en tiempo real basada en vídeos y mapas.

La ciudad de Namyangju, en Corea del Sur, con más de 650.000 habitantes, inició su proyecto de ciudad inteligente en 2008 en respuesta al crecimiento demográfico. El objetivo inicial era implantar un sistema inteligente de control del tráfico y lucha contra la delincuencia. El proyecto se ha dividido en tres categorías principales: ITS, que incluye el Sistema Avanzado de Gestión del Tráfico (ATMS), el Servicio de Información de Autobuses (BIS) y el proyecto U - Ubiquitous. La participación activa de los ciudadanos es crucial para recopilar datos sobre el funcionamiento de los sistemas, utilizando los recursos de los medios sociales.

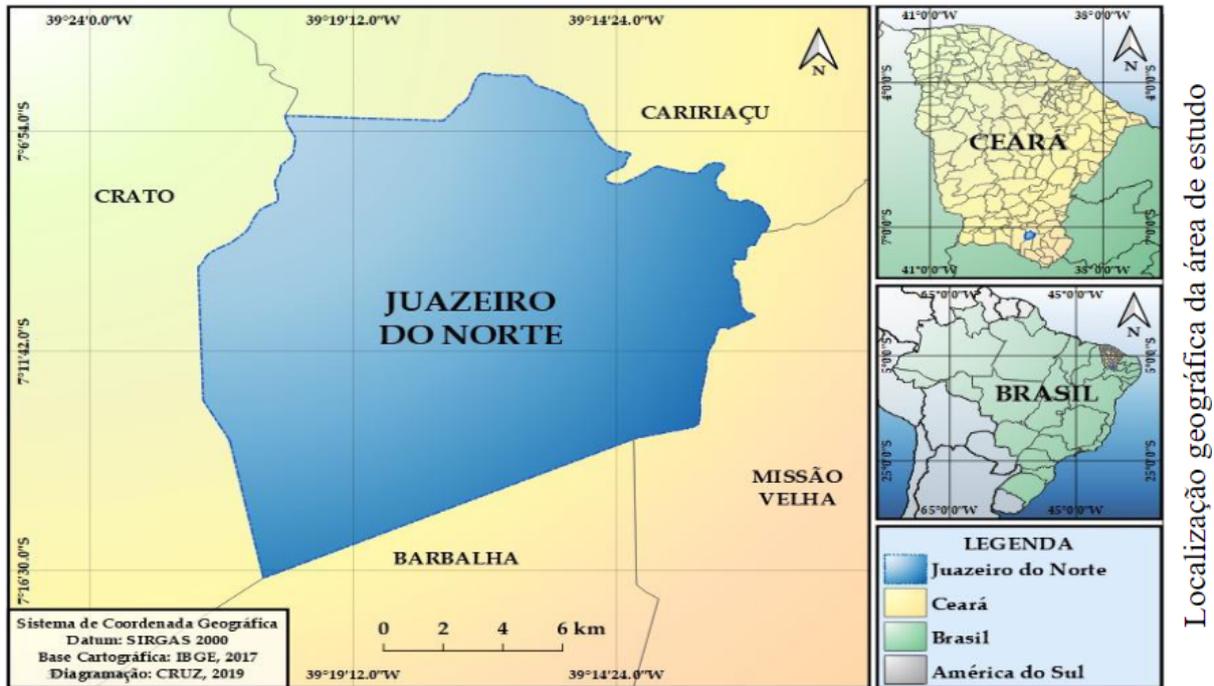
La ciudad de Orlando, en Estados Unidos, con más de 250.000 habitantes, se ha enfrentado a un importante crecimiento demográfico y también se vio afectada por una catástrofe natural en 1997. En respuesta a estos retos, en 1998 se inició un proyecto para crear el Centro de Operaciones de Orlando (OOC), que concluyó en 2001. Este proyecto integró cuatro subcentros esenciales: el Centro de Gestión del Tráfico, el Centro de Operaciones de Emergencia, el Centro de Comunicaciones 911 (Bomberos y Policía) y el Centro de Apoyo a las Operaciones de Red.

"El grupo de trabajo recoge las opiniones de los ciudadanos y busca formas de proporcionar información más precisa sobre el tráfico. Actualmente, hay 15.255 seguidores en twitter (@nyjtraffic) y 2.095 en facebook" (LEE, et al, 2016, p. 11).

Método

Juazeiro do Norte es un municipio brasileño situado en el estado de Ceará, en la Región Metropolitana de Cariri, al sur del estado, como podemos ver en la figura 2. Situada a 491 km de la capital, Fortaleza, la ciudad está a 350 metros sobre el nivel del mar y tiene una superficie de 258,788 km². Con una población estimada de 286.120 habitantes, Juazeiro do Norte es el tercer municipio más poblado de Ceará, sólo superado por Fortaleza y Caucaia. Es también la mayor ciudad del interior de Ceará y ocupa el 104^º lugar en población de Brasil (IBGE, 2022).

Figura 2
Área detallada de la región de estudio



Nota. Fuente: Barros *et al* 2020.

Destacándose como uno de los principales centros de religiosidad popular del país, Juazeiro do Norte ganó notoriedad debido a la figura del Padre Cícero, y es considerado uno de los tres mayores centros de devoción popular de Brasil, junto con Aparecida (SP) y Nova Trento (SC). La ciudad también se destaca como un importante polo cultural, siendo reconocida como uno de los mayores centros de artesanía y cordelería del Nordeste brasileño (IBGE, 2022).

Además de sus aportaciones culturales, Juazeiro do Norte destaca como importante centro académico en el interior del Nordeste, albergando uno de los mayores centros académicos de la región. La ciudad está reconocida como "capital regional" y se considera la "metrópoli de Cariri". Con una tasa de urbanización del 95,3%, la ciudad representa un punto central y dinámico en la región nordeste de Brasil (IBGE, 2022).

Como señalan Caragliu, Del Bo y Nijkamp (2011, p. 6), una ciudad alcanza la categoría de inteligente integrando inversiones en capital humano, capital social e infraestructuras de comunicación, armonizando elementos tradicionales y modernos. Este proceso pretende impulsar el desarrollo económico sostenible, promoviendo una gestión eficaz de los recursos naturales y adoptando una gobernanza participativa, siempre sin perder de vista la calidad de vida de los ciudadanos. En una contribución posterior, los autores subrayaron que las ciudades inteligentes surgen mediante la aplicación inteligente de la información digital, abarcando ámbitos como la salud humana, la movilidad, el consumo de energía, la educación, la transferencia de conocimientos y la gobernanza urbana (Caragliu *et al.*, 2015, p. 114).

Sampaio y Mancini (2007) definen una revisión sistemática, junto con otros tipos de estudios de revisión, como un enfoque de investigación que se basa en el análisis de la literatura relacionada con un tema específico. Esta metodología proporciona un resumen de la evidencia asociada a una determinada estrategia de intervención y se lleva a cabo

utilizando métodos de búsqueda, evaluación crítica y síntesis de la información seleccionada de forma explícita y sistematizada.

Para esta investigación, los criterios de inclusión fueron artículos relacionados con el tema y que estuvieran actualizados, ya que esto aporta resultados de investigaciones recientes para apoyar mejor la discusión sobre el tema.

Resultados y debate

Presentación Los resultados destacan la limitada infraestructura tecnológica, la necesidad de inversión financiera, la importancia de la educación tecnológica y la participación de la comunidad como los principales obstáculos a los que se enfrenta Juazeiro do Norte. Diálogos con autores como Caragliu et al. (2011) y Batty et al. (2012) destacan la colaboración y la interoperabilidad como elementos esenciales para superar estos retos.

El diálogo con otros autores sobre el tema muestra que las barreras a las que se enfrenta Juazeiro do Norte no son exclusivas de esta ciudad. Muchos lugares del mundo se enfrentan a retos similares en su intento de convertirse en ciudades inteligentes. Autores como Caragliu et al. (2011) destacan la importancia de la colaboración entre los sectores público y privado, así como la necesidad de políticas gubernamentales claras para superar estos retos.

Según Batty et al. (2012), la interoperabilidad entre distintos sistemas y la creación de ecosistemas innovadores son aspectos cruciales para el éxito de una ciudad inteligente. Por lo tanto, Juazeiro do Norte puede beneficiarse aprendiendo de las experiencias de otras ciudades, aplicando estrategias de cooperación eficaces y promoviendo asociaciones entre el sector público y el privado.

En el artículo "Smart Cities: A Conjunction of Four Forces", publicado por Angelidou en 2015, el autor realiza un exhaustivo repaso histórico de los debates relacionados con el uso de la tecnología en el entorno urbano. El recorrido histórico, desde mediados de la década de 1850 hasta nuestros días, pone de relieve las importantes transformaciones que se han producido en este escenario. La investigación bibliográfica realizada por el autor pretende identificar aspectos poco explorados del significado de la inteligencia en el contexto urbano, al tiempo que ofrece orientaciones estratégicas para la planificación y el desarrollo de las Smart Cities en la época contemporánea.

Entre los elementos más importantes del concepto de Ciudades Inteligentes, Angelidou destaca la integración entre el entorno urbano, la Economía del Conocimiento y la Innovación. En el contexto del avance tecnológico, la fusión de estas esferas anteriormente independientes promueve una transformación fundamental en la comprensión contemporánea de las ciudades inteligentes. El autor subraya la importancia de abordar la planificación urbana y tecnológica de forma cohesionada, garantizando que las estrategias equilibren la demanda y la oferta en la implantación de estas tecnologías, como se muestra en la figura 3.

Cuestiones relacionadas con preocupaciones sociales, como la calidad de vida, la privacidad y la accesibilidad, han sido abordadas por estudiosos como Van Zoonen (2016), Macke et al. (2018) y Alperstedt Neto, Rolt y Alperstedt (2018). Por otro lado, Colding y Barthel (2017) fueron los únicos en destacar la problemática asociada a la ecología urbana y la creciente preocupación por los aspectos medioambientales, cuestionando el dominio de los intereses económicos en la implantación de las smart cities, mostrando así la dificultad que encuentran las ciudades para convertirse en ciudades inteligentes.

Figura 3

Ejemplos de sectores que podrían verse afectados por las ciudades inteligentes



Nota. Fuente: Adaptado de <http://www.blog.researchonglobalmarkets.com/>.

Fue posible evaluar la infraestructura actual de Juazeiro do Norte, y mediante el análisis de la infraestructura tecnológica, de comunicaciones y de servicios públicos existentes en Juazeiro do Norte, fue posible identificar brechas y áreas de mejora necesarias para convertirse en una Smart City. Los datos del Ayuntamiento muestran que en enero de 2021, Juazeiro do Norte tenía más del 40% de su red vial sin ningún tipo de pavimentación, Fuente, SEINFRA.

Los temas que figuran a continuación son información obtenida de la página web del ayuntamiento. Para identificar las barreras tecnológicas, se analizaron las limitaciones tecnológicas que impiden la implantación de soluciones inteligentes en la ciudad. Esto incluye cuestiones relacionadas con la infraestructura informática, la conectividad y la interoperabilidad de los sistemas.

En cuanto a la aceptación de la comunidad, se investigó la aceptación y disposición de la comunidad local a adoptar tecnologías inteligentes. Se comprendieron las percepciones, expectativas y preocupaciones de la población en relación con la transformación digital de la ciudad.

En cuanto a la capacidad financiera, los estudios muestran que la capacidad financiera de la ciudad para invertir en tecnologías inteligentes incluye la identificación de posibles fuentes de financiación, asociaciones público-privadas y modelos de negocio sostenibles, y esto ya se ha demostrado en la ciudad.

El reto ya está en marcha. La participación del público, la industria y otros grupos interesados en el desarrollo de soluciones innovadoras de gobernanza para las ciudades brasileñas puede fomentarse mediante estudios adicionales, como éste, que pongan de relieve enfoques viables para implantar ciudades inteligentes. Este trabajo ha resumido finalmente que, al igual que los resultados presentados, compartir conocimientos y datos representa una vía viable en este camino. Queda mucho por hacer y es necesario realizar

más estudios para apoiar el desarrollo y la aplicación de soluciones integradas en favor de ciudades inteligentes, sanas y sostenibles.

En cuanto a la seguridad y la privacidad, se tuvieron en cuenta cuestiones de ciberseguridad y protección de datos a la hora de implantar soluciones inteligentes. Garantizar que la recogida y el tratamiento de la información respetan las normas de privacidad y seguridad, todo ello aún en proceso.

Para desarrollar estrategias de compromiso, el municipio debe proponer estrategias para involucrar activamente a los ciudadanos en el proceso de transformación, promoviendo la participación y la colaboración, en la figura 4 podemos ver la plaza giradouro, que es un ejemplo de integración en la ciudad. Sin embargo, los resultados muestran que ha habido pocas iniciativas de sensibilización, educación y consulta pública.

Otro punto importante es promover la sostenibilidad integrando los aspectos medioambientales y sostenibles en el plan de transformación, buscando soluciones que contribuyan a reducir el impacto medioambiental y promoviendo prácticas sostenibles.

Figura 4

La Praça do Giradouro, en Juazeiro, es conocida por ser un sitio modelo con Wi-Fi y otros servicios



Nota. Fuente: Foto, Antonio Rodrigues

Por último, el establecimiento de asociaciones estratégicas permitió identificar posibles socios, tanto en el sector público como en el privado, que podrían colaborar en la ejecución de proyectos inteligentes y en la superación de retos específicos.

Debate y conclusiones

Aunque en la actualidad Juazeiro do Norte tiene potencial para convertirse en una ciudad inteligente, es esencial afrontar y superar los retos mencionados. La colaboración entre los gobiernos, el sector privado y la comunidad es clave, y la ciudad puede beneficiarse de las experiencias y lecciones aprendidas en otras partes del mundo. Con

una inversión adecuada, educación tecnológica y un enfoque estratégico, Juazeiro do Norte puede allanar el camino para convertirse en una ciudad inteligente y proporcionar así ventajas para el bienestar de sus habitantes.

La innovación tecnológica tiene muchas ventajas. Aportan mejoras significativas en diversos sectores, impulsando el progreso y la eficiencia. Estas innovaciones tienen el potencial de transformar positivamente la sociedad, optimizando procesos, facilitando la comunicación, promoviendo avances en medicina, estimulando el crecimiento económico y contribuyendo a resolver retos globales. En resumen, las innovaciones tecnológicas desempeñan un papel fundamental en la mejora constante de la calidad de vida y el desarrollo sostenible.

Una ciudad inteligente en Juazeiro do Norte podría incluir:

1. Infraestructura conectada: Calles equipadas con sensores para controlar el tráfico, gestionar el alumbrado público y optimizar el uso de los recursos.
2. Transporte sostenible: Fomento de medios de transporte sostenibles, como carriles bici, transporte público eficiente e implantación de vehículos eléctricos.
3. La tecnología en la educación: Escuelas equipadas con tecnología punta, acceso a Internet de alta velocidad y programas educativos innovadores.
4. Salud digital: Uso de tecnologías sanitarias digitales para mejorar la prestación de servicios médicos, como los historiales electrónicos de los pacientes y la telemedicina.
5. Gestión inteligente de residuos: Optimización de los sistemas de recogida de residuos, reciclaje eficiente y uso de tecnologías para reducir el impacto ambiental.
6. Participación ciudadana: Plataformas digitales para el compromiso cívico, el voto en línea y canales de comunicación directa entre los ciudadanos y el Gobierno.
7. Energía eficiente: Adopción de fuentes de energía renovables, como la solar y la eólica, y uso de tecnologías inteligentes para controlar y optimizar el consumo de energía.
8. Seguridad pública inteligente: Sistemas inteligentes de vigilancia, control de cámaras y uso de datos para mejorar la seguridad en las zonas urbanas.

Es importante destacar que la transformación de una ciudad en una ciudad inteligente implica la colaboración de gobiernos, empresas, comunidades y otras partes interesadas para garantizar el éxito y la sostenibilidad de estas iniciativas.

Dados los retos identificados, la transformación de Juazeiro do Norte en una ciudad inteligente requiere estrategias de colaboración y una inversión sustancial. La lección aprendida de otras ciudades pone de relieve la importancia de unas políticas gubernamentales claras y de la colaboración entre el sector público y el privado. Concluimos que, con esfuerzos específicos, la ciudad puede superar los obstáculos y cosechar los beneficios de la innovación tecnológica.

Referencias

- Abdala, L. N. (2014). Como as cidades inteligentes contribuem para o desenvolvimento de cidades sustentáveis? Uma revisão sistemática de literatura. *International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)*, 3(5), 98-120.
- Alperstedt Neto, C. A., Rolt, C. R. de., & Alperstedt, G. D. (2018). Acessibilidade e Tecnologia na Construção da Cidade Inteligente. *Revista de Administração Contemporânea*, 22(2), 291-310.
- Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*, 47, 95-106. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.004>.
- An zoonen, L. (2016). Privacy concerns in smart cities. *Government Information Quarterly*, 33(3), 472-480. <http://dx.doi.org/10.1016/j.giq.2016.06.004>.

- Baqir, A., & Kathawala, Y. (2004). Ba for Knowledge Cities: A Futuristic Technology Model. *Journal of Knowledge Management* 8(5), 83–95.
- Banco interamericano de desenvolvimento. (2023). Caminho para as smart cities: da gestão tradicional para a cidade inteligente. <https://www.iadb.org/pt>
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518.
- Barros, A.S., Farias, L., & Marinho, J.L.A., (2020). Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte – CE. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 13(6), 2885–2895. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.6.p2885-2895>.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82.
- Colding, J., & Barthel, S. (2017). An urban ecology critique on the “Smart City” model. *Journal Of Cleaner Production*, 164, 95-101.
- Cury, M. J. F., Marques, J. A. (2017). Cidade inteligente: uma reterritorialização. *Redes*, 22(1), 102-117.
- Ferreira, M. L., Aguiar, A. O., Cortese, T. T. P., Kniess, C. T., Quaresma, C. C., Paschoalin Filho, J. A. (2015). Cidades inteligentes e sustentáveis: problemas e desafios. In S. Medina Benini, J. A. Rombi de Godoy Rosin, *Estudos Urbanos: uma abordagem interdisciplinar da cidade contemporânea*. Anap.
- Gil-garcia, J. R.; Pardo, Theresa A., Nam, Taewoo. (2015). What makes a city smart? Identifying core components and proposing an integrative and comprehensive conceptualization. *Information Polity*, 20(1), 61-87.
- Harrison, B. Eckman, R. Hamilton, P. Hartswick, J. Kalagnanam, J. Paraszczak, P., Williams, P. (2010). Foundations for Smarter Cities. *IBM Journal of Research and Development* 54(4), 1–16.
- Hollands, J. (2008). Will the Real Smart City Please Stand Up? *City: Analysis of Urban Trends, Culture, Theory, Policy, Action* 12(3), 303–320.
- Joss, S., Cook, M., Dayot, Y. (2017). Smart cities: towards a new citizenship regime? A discourse analysis of the British smart city standard. *Journal of Urban Technology*, 24(4), 29-49.
- Kuikkaniemi, K., Jacucci, G., Turpeinen, M., Hoggan, E., Müller, J. (2011). From space to stage: how interactive screens will change urban life. In *IEEE Computer Society*.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2022). Cidades e estados. <https://ibge.gov.br/>
- Lee, D. (2016). *International case studies of smart cities*. Inter-American Bank, <https://publications.iadb.org/publications/english/document/International-Case-Studies-of-Smart-Cities-Songdo-Republic-of-Korea.pdf>.
- Leite, C. (2012). *Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano*. Bookman.
- Liu, S., LIU, Y., NI, L. M., FAN, J., LI, M. (2010). *Towards Mobility-ba. lustering*.
- Neirotti, A., De Marco, A.C., Cagliano, G., & Mangano, F. (2014). Scorrano, “Current Trends in Smart City Initiatives: Some Stylised Facts. *Cities* 38, 25–36.
- Mahler, E. M. M. (2016). Cidades sustentáveis no contexto brasileiro. *Caderno de Gestão Pública*, 8(5).
- Mahizhnan, A. (1999). Smart cities: The Singapore case. *Cities*, 16(1), 13–18.
- Macke, J. (2018). Smart city and quality of life: Citizens’ perception in a Brazilian case study. *Journal of Cleaner Production*, 182, 717-726.

- Mckinsey Company. (2018). Smart cities: digital solutions for more livable future. <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/ourinsights/smart-cities-digital-solutions-for-a-more-livable-future>
- ONU – Organização das Nações Unidas. (2018). World urbanization prospects – The 2018 Revision.
- Odendaal, N. (2003). Information and communication technology and local governance: Understanding the difference between cities in developed and emerging economies. *Comput., Environ. and Urban Systems*, 27, 585–607.
- Pardo, H.J., & Scholl, S. (2012). Building Understanding of Smart City Initiatives. *Lecture Notes in Computer Science*, 7443, 40–53.
- Sachs, I. (1986). Ecodesenvolvimento crescer sem destruir. Terra dos Homens. Editora Vértice.
- Sampaio, R.F., & Mancini, M.C. (2007). Estudos De Revisão Sistemática: Um Guia Para Síntese Criteriosa Da Evidência Científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11(1), 83-89
- Souza, M. L. de, Freitas, D. A. de, & Gonçalves, C. S. (2024). Biodegradabilidade para a produção de energia renovável. *Divers@, Matinhos*, 11(1), 26-38.
- Secchi, L. (2016). *Análise de políticas públicas: diagnóstico de problemas, recomendação de soluções*. Cengage Learning.
- Strapazzon, C. L. (2009). Convergência tecnológica nas políticas urbanas: pequenas e médias “cidades inteligentes”. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4315777/mod_resource/content/1/Convergencia%20Tecnologia%20-%20Smart%20Cities.pdf
- United Nations. (2013). World Urbanization Prospects 2018. <https://esa.un.org/unpd/wpp/>

**EL SISTEMA TENDINOSO Y LA EVOLUCIÓN DE SU TECNOLOGÍA
CONSTRUCTIVA: UNA REVISIÓN**
**THE TENDOM SYSTEM AND THE EVOLUTION OF ITS CONSTRUCTION
TECHNOLOGY: A REVIEW**

Pedro Pablo Magaña Herrera^a

Universidad del Valle, Colombia

(ppmh131@hotmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-8797-0856>)

Débora Libertad Ramírez Vargas

Universidad Internacional Iberoamericana, México

(debora.ramirez@unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0001-8709-457X>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 07/04/24

Revisado/Reviewed: 17/06/24

Aceptado/Accepted: 03/08/24

RESUMEN

Palabras clave:

técnicas constructivas no convencionales, medio ambiente sostenible, muro tendinoso, mampostería no reforzada.

La presente investigación integra la relación existente entre tecnología constructiva y medio ambiente, para ser utilizada en la construcción de vivienda empleando el sistema de muros aligerados no estructurales. Con este sistema constructivo, se da a conocer esta nueva tecnología constructiva no tradicional, ya que integrar materiales de origen regional y de bajo impacto ecológico, con el objeto de alcanzar sostenibilidad constructiva a nivel ambiental, económico y social. Teóricamente, el principio filosófico de Cardellach, incorpora el término de sistemas tendinosos en las estructuras, como formas constructivas que tienen su origen en la arquitectura zoológica de los vertebrados, donde estas formas estructurales y constructivas están en un nivel superior de sensibilidad mecánica y de inspiración natural. En el 2002, Thomas integra diseño, tecnología y cultura, en una alternativa constructiva no convencional llamada muros tendinosos. La tipología de este sistema constructivo consiste en la fabricación in situ de paneles modulares rectangulares planos, reforzados en su interior con una malla de alambre de púas que hace las veces de tendones integrados, recubierta en sus dos caras por una mezcla de mortero, para conformar un marco estructural rígido, compuesto por alguno de las siguientes clases de materiales: madera aserrada, por bambú o guadua angustifolia (Colombia), por ángulo metálico o por estructura en hormigón; constituyendo de esta manera un elemento estructural monolítico que se comportará como un muro confinado, que le dará consistencia y acabado al muro.

ABSTRACT

Keywords:

non-conventional construction techniques, sustainable

Abstract. This research proposal integrates the existing relationship between construction technology and the environment, to be used in the construction of housing using the system of non-structural light walls. With this construction system, it is intended to publicize this new non-traditional construction technology, by integrating

^a Autor de correspondencia.

environment, unreinforced masonry.	sinewy wall,	materials of regional origin and low ecological impact, in order to achieve construction sustainability at an environmental, economic and social level. Theoretically, it is based on Cardellach's philosophical principle, by incorporating the term of tendinous systems in the structures, as constructive forms that have their origin in the zoological architecture of vertebrates, where these structural and constructive forms are at a higher level of mechanical sensitivity and naturally inspired. Subsequently, Thomas integrates design, technology and culture, in an unconventional construction alternative called sinewy walls. The typology of this construction system consists of the on-site manufacture of flat rectangular modular panels, reinforced inside with a barbed wire mesh that acts as integrated tendons, covered on both sides with a mixture of mortar, to form a rigid structural frame, composed of sawn wood, guadua, in metal angle or concrete structure, thus constituting a monolithic structural element that will behave like a confined wall, which will give consistency and finish to the wall.
------------------------------------	--------------	--

Introducción

Esta investigación forma parte de un proyecto que desarrollará el diseño de un sistema constructivo de muros tendinosos aligerados no estructurales, con una matriz de tubos de cartón reciclados amigables con el medio ambiente, emulando la arquitectura zoológica de las abejas en sus colmenas, conformando en su conjunto una matriz. La investigación se encuentra enmarcada en el campo de la Ingeniería de los Materiales y las Técnicas Constructivas, y se aborda desde el punto de vista ambiental en el área del reciclado de materiales para la construcción. El modelo propuesto investigado consiste en un nuevo sistema constructivo, compuesto por muros livianos tendinosos para uso no estructural, ya que se hace necesaria la búsqueda de alternativas y principalmente de materias primas no tradicionales, con el objeto de plantear soluciones de carácter tecnológico que optimice el aprovechamiento de estos recursos disponibles, que redunde en el bienestar de la comunidad, desde el punto de vista económico, y el mejoramiento del medio ambiente.

Con la delimitación del tema de investigación a una temática específica y restringida dentro de la mampostería no estructural, la consecución de las fuentes de información y referencias bibliográficas también se hace menos frecuente y reducida, particularmente porque esta temática nace exclusivamente en el departamento del Valle del Cauca, Colombia, Municipio de Santiago de Cali, Corregimiento de Pance, Vereda La Viga, (Thomas, 2002); que por su versatilidad constructiva y geográfica se ha extendido al eje cafetero del país y lo han implementado algunas universidades del área andina. De acuerdo a las diversas investigaciones realizadas sobre esta temática en la región, se hace factible encontrar estos recursos de investigaciones, que serán las fuentes bibliográficas de consulta para dar respuesta y resolución al problema. Derivado de lo anterior, es necesario realizar un análisis no solo bibliográfico del tema, sino de análisis estructural en las propuestas y prototipos que se han presentado principalmente en América Latina, por ejemplo, el estudio realizado por Casas (2011) donde asegura que el Sistema constructivo de muros tendinosos se ha usado con éxito en la construcción de viviendas de uno y dos pisos y en edificaciones complementarias en las zonas rurales y periurbanas del suroccidente colombiano.

Método

Diseño de la investigación

Al existir una realidad objetiva comprobada, como son los muros de mampostería en piedra y ladrillo como método constructivo desde épocas milenarias, estos han ido transformándose con la invención de nuevos materiales y metodologías constructivas. En los tiempos modernos este auge de las nuevas tecnologías en el sector de la construcción está propiciando un problema ambiental de proporciones incalculables, al estar empleando grandes cantidades de materias primas compuestas por materiales naturales no renovables (Ramírez 2022). Para dar solución a esta problemática ambiental se están desarrollando nuevas alternativas constructivas que sean más amigables con el medio ambiente.

El desarrollo y modificación de las técnicas tradicionales de construcción necesitan de la evolución y adaptación ante las necesidades de las sociedades, sino que, están directamente relacionados con salvaguardar la integridad de sus habitantes y el derecho de vivienda digna, sin embargo, debemos considerar el incremento de los cambios

climáticos como lo son las inundaciones, incremento de temperaturas extremas, y sequías que se han presentado en los últimos 10 años (Management Solutions, 2020). Derivado de lo anterior, se hace necesario el diseño y propuestas de nuevas técnicas constructivas que cumplan con las exigencias estructurales que permitan reducir el alto déficit habitacional existente en Colombia (Perera, 2012). Además del cumplir con el reto de las exigencias estructurales, es necesario que estas propuestas reduzcan el tiempo de edificación de una obra y mantengan un óptimo rendimiento entre materiales, mano de obra y quipo con una planificación y ejecución adecuada de sus elementos constructivos. Finalmente se presenta una propuesta de sistema de muros aligerados que consiste en la fabricación in situ de paneles modulares rectangulares planos, reforzados en su interior con una malla de alambre de púas que hace las veces de tendones integrados, recubierta en sus dos caras por una mezcla de mortero, para conformar un marco estructural rígido, compuesto por alguno de las siguientes clases de materiales: madera aserrada, por bambú o guadua angustifolia (Colombia), por ángulo metálico o por estructura en hormigón; constituyendo de esta manera un elemento estructural monolítico que se comportará como un muro confinado, que le dará consistencia y acabado al muro.

Instrumentos

Para la definición de la evolución estructural, actualizaciones e innovaciones de los muros tendinosos, se realizó una búsqueda bibliográfica en los sistemas de información especializada conocidas, Google Académico y Scopus o Reserach Gate. La búsqueda incluyó palabras claves como estructuras tendinosas, ecología de los muros tendinosos, muros de mampostería no estructurales mediante sistemas tendinosos, etc. Seguidamente, la selección de los productos científicos a estudiar se realizó desde su origen hasta el año 2023, ya que esta investigación marcará la importancia de utilizar este tipo de sistemas estructurales, sus limitantes y variables, que necesitan de actualizaciones constantes para garantizar un funcionamiento óptimo sostenible. Se realizó una matriz utilizando el propósito de cada una de los productos académicos/científicos seleccionados, para empezar a trazar una línea de tiempo en la evolución de los sistemas tendinosos constructivos. Con la selección de la zona de estudio, se terminó de delimitar los productos científicos que marcaron los resultados y análisis de esta investigación. Derivado del tipo de sistema constructivo al que responden, el tipo de sociedad a servir y el sistema de infraestructura para el cuál se encuentra diseñado, se procedió a realizar una jerarquía de recomendaciones para qué los sistemas tendinosos en especial los muros no estructurales, sean una primera opción en diferentes construcciones ya sea para vivienda, comercio, instalaciones educativas, ya sean urbanas o rurales.

Resultados

La necesidad de un cambio de paradigma en lo referente a los métodos constructivos tradicionales, y al manejo de los materiales desde el punto de vista tecnológico para implementar y construir viviendas más económicas y eficientemente ambientales el sistema constructivo no tradicional de los muros tendinosos, no es una metodología nueva, pero ofrece una alternativa viable y sostenible mediante el análisis y recuento cronológico de la evolución técnica y constructiva del muro tendinoso.

Sistemas tendinosos

Cardellach en 1910 expresa que el hombre debe ser contemplativo de la naturaleza, que es su gran verdad de todo el mundo material que lo rodea; ayudado de su

imaginación argumenta y raciocina expresando sus fenómenos “en forma de conceptos geométricos y expresiones matemáticas analíticas, constituyendo como un espiritual engranaje de racionales deducciones que nos llevan velozmente al descubrimiento de verdades nuevas”, (1970, p. 1).

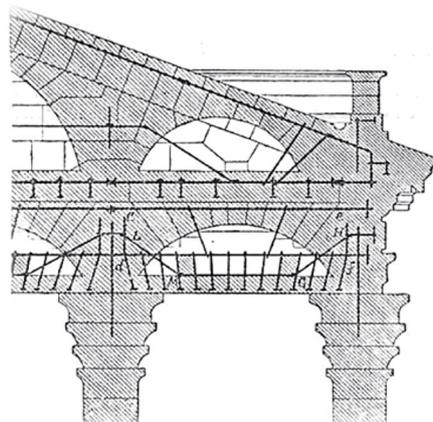
Todas las estructuras están sujetas a las leyes de las fuerzas externas de la naturaleza, llamándolo principio general mecánico, que se debe satisfacer simplificando la complejidad de los fenómenos naturales estableciendo hipótesis sencillas, para ser posible la estabilidad y la resistencia de la estructura, a esto lo llama el principio de la estructura. En la naturaleza se tiene un ejemplo, la arquitectura zoológica de los vertebrados conformada por el esqueleto animal. Concluyendo de esta manera que el ingeniero con ese espíritu innovador, debe descubrir nuevas formas de armazones resistentes para la actual construcción; el único origen de estas formas estructurales y constructivas está en un nivel superior de sensibilidad mecánica y de inspiración natural, los cuales son innatos en el hombre (arquitecto, ingeniero) y que han constituido una importante característica de su desarrollo, (Cardellach, 1970, p. 8-10). Sintetiza que las formas estructurales se deben clasificar o agrupar por armonía de textura, de mecánica y de construcción en dos grupos principales:

1. Formas bi resistentes, son aptas para soportar esfuerzos de compresión y esfuerzos de tensión, se utilizan sistemas constructivos de tendones de acero en forma de enrejado (esqueleto) y articuladas entre sí para absorber estos esfuerzos.
2. Formas uni resistentes, son aptas para soportar solamente esfuerzos de compresión o esfuerzos de tensión, se utilizan sistemas constructivos de dovelas compuestas por elementos flexibles, (Cardellach, 1970, p. 12-16).

Las configuraciones estructurales señalaron en un principio al tendón metálico su sitio apropiado en la mampostería y por circunstancias económicas facilitaron el desarrollo del sistema tendinoso, la mampostería pasa a un segundo plano siendo protectora del sistema enrejado al fijar el tendón tensado y transmitir su fuerza al hormigón, tal como se presenta en la Figura 1.

Figura 1

Refuerzos de hierro en piedra, Iglesia Santa Genoveva de París



Nota. Fuente: [http://www.wikiwand.com/es/Jacques-Germain Soufflot](http://www.wikiwand.com/es/Jacques-Germain_Soufflot)

Esta colocación estratégica del sistema tendinoso es una forma resolutoria del problema estructural, esta ramificación llega a alcanzar el aspecto de una red en la propia entraña de la estructura y en unión con ella, logra darle formas a la estructura, (Cardellach, 1970, p. 52-75). Cardellach concluye que

Tal es la finura y elegancia alcanzada por el sistema tendinoso en la resolución de un problema de resistencia estructural, obteniendo una estructura original y

económica, resistente y elástica, que sintetiza las ventajas de la construcción que son propias del hormigón armado..., aquí muere la racionalización mecánica de las estructuras romanas por consecuencia necesaria de la característica general del concreto, (1970, p. 83).

De acuerdo a Cardellach, dentro de los sistemas uniresistentes de transmisión de cargas clasifica el principio de apilamiento o sobreposición de materiales, como el principio de todo proceso constructivo, que es definido como “disposición rudimentaria que está inspirada en las que ofrecen las pilas naturales y sin ley aparente del material depositado por accidentes fortuitos”, (1970, p. 94). Estructuralmente define tres clases de tendones:

1. Tendones por ligamento, utilizados para unir puntos críticos en mampostería con el objeto de evitar deslizamientos parciales y mantener el monolitismo de la estructura.
2. Tendones aparentes, utilizados para ligar entre sí la totalidad de la superficie de contacto de los elementos, con el objeto de mejorar la resistencia mecánica de todos sus elementos.
3. Tendones adheridos, utilizados para ser colocados internamente en la estructura con el objeto de formar una sola estructura monolítica.

Torroja en 1957, expresa que el hormigón armado es una piedra orgánicamente constituida, dentro de cuya masa el complejo tendinoso de la armadura se distribuye óptimamente, se dosifica para prestar al hormigón la resistencia a la tracción que necesita en cada punto, el trabajo conjunto entre la masa del hormigón y las barras de acero va confinado a la adherencia, asegurando la transmisión de los esfuerzos de las armaduras al hormigón y viceversa, (Torroja, 2010, p. 67-68). El hormigón es un material diferente al acero de refuerzo, ya que es muy débil cuando trabaja a la tensión en comparación con su buen desempeño a la compresión, por esta razón en las estructuras se colocan entramados de varillas de refuerzo en las regiones donde se presenten esfuerzos de tensión, dando como resultado que la sección transversal de la estructura se va a comportar como una sección compuesta de dos materiales, el hormigón y el acero de refuerzo, (White, 1980, p. 52-54).

Sistema de muro tendinoso en Colombia.

Se presentan a continuación los resultados de la investigación realizada a nivel regional, donde se explica detalladamente los materiales constitutivos, la composición y estructura del muro tendinoso, al aplicar este sistema constructivo no tradicional en Colombia.

A) Thomas en la década de los 90's, presenta el Sistema Tendinoso como “una investigación que integra diseño, tecnología y cultura, que responde a la necesidad sentida de vivir en casa de material” (2002, p. 25), es una alternativa constructiva no convencional que parte de los saberes y técnicas arquitectónicas tradicionales campesinas, optimizando estos saberes y dando respuesta a la necesidad de estas comunidades de construir su propia vivienda en materiales de construcción más resistentes, seguros y duraderos en el tiempo, (2015, p. 170).

La tipología de este sistema constructivo consiste en la fabricación in situ de paneles modulares planos, reforzados en su interior con una malla de alambre de púas que hace las veces de tendones integrados, unida mediante grapas a elementos verticales y horizontales conformando un marco estructural rígido compuesto por madera aserrada o rolliza, guadua, ángulos metálicos de hierro u hormigón reforzado. El alma de los tabiques es un entramado en fibra natural biodegradable llamado costal, cuya base es la cabuya, mezcal o fique, que se entrelaza con el entramado de alambre de púas, con la

finalidad de servir de soporte para la aplicación de la mezcla de mortero, por capas sucesivas para suministrarle unión entre sus elementos y darle rigidez al entramado, constituyendo un elemento estructural monolítico que se comportará como un muro confinado, dándole terminado final al panel con unos espesores promedios de 4 a 5 centímetros, (Torres, 2013, p. 1), (Figura 2).

Figura 2

Componentes del sistema muro tendinoso



Nota. Fuente: Mora (2022, p. 47)

El sistema de muro tendinoso está constituido por la integración de dos elementos básicos, los elementos lineales (horizontales y verticales) que hacen las veces de marco y soporte estructural, y los elementos planos del panel o tabique modular, compuesto por el entramado o tendones de alambre de púas entrelazados con el alma de fique que tendrá adherido el mortero de pega. Thomas sostiene que “la apuesta investigativa consistió en estimular un enfoque integral de diseño ambiental, que recrease lo positivo de la tecnocultura existente” (2002, p. 28), donde impera un deslinde de tipo político que viene desde la conquista y posterior colonización, pues se impuso la arquitectura con materiales perdurables como el ladrillo, la cual llama tecnocultura colonial, sobre la tecnocultura local biodegradable de la madera (malocas y bahareque) la cual se excluyó siendo de tipo indígena, a esto él lo llama el gran olvido de la educación tecnológica. Desde esta perspectiva ideológica se materializa el sistema tendinoso, desarrollando técnicas constructivas y empleando estructuras de madera tradicional de la región, para que los pobladores fueran sus autoconstructores mediante las costumbres ancestrales de las mingas y convites (tradicción indígena de trabajo comunitario), otros factores importantes es que las construcciones resultantes sean confortables para sus habitantes, (Figura 3).

Figura 3
Construcción del sistema muro tendinoso



Nota. Fuente: <http://www.zuarq.co/>

Thomas lo define como “tecnología apropiada” al diseñar un sistema constructivo amigable con el medio ambiente, que responda a los determinantes socio culturales propios del lugar, desde el punto de vista estético, estructural y económico, (2002, p. 31).

B) Guerrero y Casas, analiza el aspecto sísmico, donde hace énfasis que la región pacífica se localiza en una zona de alta sismicidad, el comportamiento de las diferentes estructuras y su vulnerabilidad ante estos eventos y la seguridad que las construcciones puedan garantizar frente a los sismos, agrega que el sismo de Armenia en 1999 evidenció la alta vulnerabilidad sísmica de las edificaciones menores de uno y dos pisos que fueron construidas sin cumplir los requisitos de diseño sismorresistente, (2002, p. 51). Este sistema se puede clasificar como muros confinados de carga y su sistema estructural básico consiste en un aporticado de madera, guadua o acero, que al integrar el panel de muro tendinoso a esta estructura trabaja como un muro de carga, este sistema constructivo se ha empleado con éxito en viviendas de uno y dos pisos, (Guerrero y Casas, 2002, p. 52-53).

C) Velázquez realiza un análisis del sistema de muro tendinoso: debido a su versatilidad, rapidez en su construcción y economía, fue proyecto piloto de la Federación de Cafeteros de Colombia (Federecafé) empleando este sistema constructivo en el Departamento del Valle del Cauca (Colombia) y específicamente en los municipios del eje cafetero (Caicedonia, Sevilla, Restrepo, Trujillo, La Victoria, Bolívar) entre otros, donde existen grandes plantaciones de guadua o bambú, (Velázquez, 2010, p. 8-10).

Franco (2019), analizó diferentes técnicas constructivas tradicionales de Colombia, principalmente las que se basan en la utilización de bambú en la construcción de edificios de una o dos plantas, también estudió los posibles criterios bioclimáticos a tener en cuenta para garantizar una adaptación óptima al clima local, que derive en conseguir el confort de los usuarios sin necesidad de un elevado consumo energético. Este sistema poco a poco se fue masificando en otras regiones debido principalmente a su

facilidad constructiva, ya que no se necesita mano de obra calificada y se puede adelantar por métodos comunitarios de autoconstrucción, (Figura 4).

Figura 4

Construcción del sistema muro tendinoso



Este sistema constructivo no se encuentra avalado por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, (NSR-10), Título G sin embargo tuvo su primera prueba de fuego durante el sismo de Armenia en 1999 (magnitud sísmica en la Escala de Richter de 6,1) donde demostró un comportamiento óptimo por su ductilidad inherente que evita el colapso de los muros, algunas de las viviendas construidas por este sistema y que fueron afectadas por el sismo no presentaban mayores daños ni sus muros colapsaron, a diferencia del mal comportamiento de los sistemas tradicionales de construcción con ladrillo, (Velázquez, 2010, p. 8-10). Por su facilidad constructiva, rapidez de ejecución y su bajo costo, este sistema constructivo ha permitido dar respuesta a la necesidad de muchas personas con escasos niveles económicos, estas características han hecho que los muros tendinosos se hayan popularizado en estas zonas, reproduciendo y adaptando los métodos constructivos con nuevos materiales y diversas configuraciones geométricas, (Velázquez, 2010, p. 15-16). Desde el punto de vista estructural el muro tendinoso es de carácter heterogéneo, es un material compuesto, anisótropo y sus componentes presentan un comportamiento mecánico no lineal, sus características estructurales son las siguientes:

- Estructura de confinamiento, estos elementos trabajan con una doble función estructural al transmitir las cargas verticales a la cimentación, horizontalmente da confinamiento al marco del panel, además de ser el soporte físico de todos los demás elementos del sistema.
- Mortero de pega, a pesar de no tener una función específicamente estructural, su función principal es darle consistencia al muro ante cargas perpendiculares a su plano de colocación, también da adherencia al conjunto del muro tendinoso.

- Alambre de púas, su comportamiento es el de un cable tensor que absorbe cargas de tracción en la dirección horizontal del muro, también permite el agarre y sostenimiento del entramado natural de fique.
- Entramado en fibra natural de fique, es la superficie que permite la colocación y cohesión del mortero de pega ante cargas perpendiculares al plano del muro, (Velázquez, 2010, p. 21-22).

Adicionalmente, Velázquez diferencia los sistemas estructurales del muro tendinoso con sus diversos materiales constitutivos:

- Estructura con perfiles metálicos, las secciones de estos perfiles metálicos A-36 es pequeña (1 1/2" a 2" x 1/8"), su anclaje a la cimentación es totalmente empotrado (el ángulo o perfil queda embebido) o su fijación se puede realizar por el sistema de anclaje con pernos embebidos, la unión entre los elementos del entramado se realiza por medio de soldadura eléctrica, o sea que puede asumir movimientos de la estructura o entramado sin comprometer la estabilidad del muro, a estos perfiles se les debe soldar los ganchos galvanizados para fijar los tendones de alambre de púas, como las secciones de los perfiles son pequeñas no reduce el área arquitectónica de las viviendas.
- Estructura en madera, las secciones de este entramado en madera aserrada o rolliza pueden ser de 4" x 4" x 6 metros, su anclaje a la cimentación es totalmente empotrado (la columna queda embebida), la unión entre los elementos del entramado se realiza por medio de pernos, se requiere que a la madera se la haya hecho un proceso de inmunización.
- Estructura en guadua, las secciones de este entramado pueden ser de 10 centímetros a 15 centímetros de diámetro, su anclaje a la cimentación es totalmente empotrado (la columna queda embebida), la unión entre los elementos del entramado se realiza por medio de pernos, se requiere que a la guadua se la haya hecho un proceso de inmunización.

La geometría de los paneles del muro tendinoso es de forma rectangular, las columnas de la estructura de confinamiento se pueden dimensionar desde los 0,75 metros hasta un máximo de 1,2 metros, con una altura promedio de los 2,4 metros como máximo, la colocación de los alambres de púas puede ser entre los 20 y 30 centímetros, intercalando su distancia entre los paralelos, (Velázquez, 2010, p. 24-26). La funcionalidad del sistema de muro tendinoso lo analiza desde el punto de vista constructivo, como un conjunto en sí de la vivienda, destacando las siguientes funcionalidades:

- Cerramiento, su función básica es la de separar los diferentes ambientes de la vivienda, constituye una matriz sólida en su conjunto que es capaz de resistir impactos perpendiculares a su plano de acción y es relativamente liviana en comparación con los sistemas convencionales de construcción en mampostería de ladrillo.
- Resistencia, el muro tendinoso no es autoportante y su estructura vertical debe estar empotrada a la cimentación, la resistencia de todo el sistema de los muros tendinosos se encuentra supeditada al confinamiento dado en la estructuración del sistema constructivo, siendo apta para construcciones de uno y dos pisos.
- Aislamiento, no tiene ninguna clase de aislamiento acústico o térmico.
- Durabilidad, el muro tendinoso requiere de un adecuado mantenimiento cuando se presentan fisuras, descascaramientos en el mortero, grietas en las uniones de construcción, con el resane a tiempo se puede garantizar una buena durabilidad.

- Estanqueidad, el muro tendinoso por su naturaleza no es estanco debido a la porosidad del mortero de pega, para evitar este fenómeno se debe impermeabilizar el muro en su cara exterior para evitar filtraciones.
- Tiempo de construcción, una de las ventajas más importantes que tiene el sistema de muros tendinosos es su proceso constructivo de armado rápido.
- Versatilidad, este sistema constructivo es aplicable a viviendas de interés social (VIS), en viviendas campestres de estrato alto, por su adaptabilidad a toda clase de proyectos con diversos climas y topografías del terreno.
- Estética, las construcciones con muros tendinosos tienen mucha libertad desde el punto de vista arquitectónico, (Velázquez, 2010, p. 42-44).

D) Bedoya hace énfasis en el aspecto estético de la estructura, es muy necesario para la aceptación o rechazo de una técnica constructiva o material de construcción, (2011, p. 82). Enumera las características, propiedades y funciones de los materiales que intervienen en la construcción de un muro tendinoso, las cuales son los siguientes elementos:

- Alambre de púas, material base que actúa de refuerzo en el entramado tendinoso, su función estructural es la de absorber los esfuerzos de tensión en el panel del muro.
- Entramado en fibra natural de fique, este material es el alma del panel y está compuesto por sacos o empaques de fique, hace las veces de una malla que cubre toda la extensión del panel. Su función principal es la de dar adherencia al sistema tendinoso con el mortero que se le carga por capas sucesivas hasta obtener el espesor deseado del muro.
- Mortero de pega, este material es el encargado de darle solidez al panel del muro tendinoso y al mismo tiempo darle su acabado final, las actividades de la colocación de este mortero de pega es similar al repello, la primera actividad es la cargada del panel por medio de una mezcla de mortero rico en cemento y agua que se va lanzando sobre el entramado de fibra natural con la finalidad de obtener adherencia, posteriormente después del secado de esta capa se colocan las capas sucesivas que le darán el espesor necesario al muro tendinoso.
- Estructura de confinamiento, lo componen los elementos verticales (columnas) y horizontales (vigas) que le van a dar rigidez al sistema de los muros, los materiales puede ser madera, guadua, ángulos de hierro, hormigón armado, (Bedoya, 2011, p. 82-83).

E) Builes analiza el aspecto constructivo del muro tendinoso, donde la cimentación está constituida por una viga de sobrecimiento, sobre ella se construye un muro de mampostería perimetral de arranque en ladrillo con la finalidad de dar aislamiento al sistema estructural y al propio muro tendinoso, sobre este muro se construyen los paneles que componen la estructura resistente y están conformados por las columnas y vigas que le proporciona confinamiento al sistema, las columnas van empotradas en una solera tanto en su parte superior como inferior con el objeto de proporcionar rigidez al sistema, (Builes, 2011, p. 44-45).

F) Casas lo define como un sistema constructivo no convencional, que debe proporcionar seguridad, estabilidad y durabilidad en el tiempo, (2011, p. 27). Define los aspectos a evaluar de este sistema:

- Aspecto ambiental, este se compone de dos órdenes:
 1. Orden formal, es el entorno urbano o rural donde se implementará el sistema.

2. Orden funcional, que se encuentra compuesto por la geografía, el clima, la normatividad constructiva.
 - Aspecto tecnológico, este comprende el nivel de uso del sistema constructivo.
 - Aspecto socio-económico, relaciona la situación económica de la región, (Casas, 2011, p. 28-36).

G) En su investigación Giraldo - Raigoza y Sánchez, hace énfasis en la construcción de: Viviendas en la zona rural con la aplicación de bioarquitectura de muro tendinoso, basado en las características del entorno social, zonas de influencia con necesidad latente de un modelo de mejoramiento a nivel de vivienda y necesidad, se considera de manera urgente para satisfacer el déficit presentado. La conciencia ambiental, es otro de los factores a tratar en la ruralidad a partir de la incursión del nuevo modelo de vivienda rural planteado, (2016, p. 16). La guadua angustifolia es la materia prima mas importante en la construcción de una clase del muro tendinoso, es un recurso renovable y sostenible al ser fijadoras del dióxido de carbono (CO₂), cumpliendo con la sostenibilidad constructiva.

H) Mora realiza una investigación de carácter experimental en laboratorio, fabricando diversas clases de muros tendinosos sometidos a cargas laterales, las dimensiones de estos muros tendinosos tienen una altura de 2,20 metros, un ancho de 1,20 metros y un espesor variable entre 5 y 7 centímetros, enumerando los siguientes prototipos, (Mora, 2022, p. 47-49):

- Muro tendinoso tipo Thomas, el cual consiste en un pórtico de guadua, una matriz interna en costal de fique, alambre de púas y recubierto por ambas caras de mortero con cemento y arena.
- Muro tendinoso tipo Chacón, consistente en un pórtico en guadua, una matriz interna de malla metálica con vena, retículo interior reforzado con acero corrugado de 3/8" y recubierto por ambas caras de mortero con cemento y arena.
- Muro tendinoso tipo Morachá, el cual consiste en un pórtico de guadua, una matriz interna de esterilla de guadua, reforzada con acero corrugado de 3/8" y recubierto por ambas caras de mortero con cemento y arena.

Del ensayo a flexión con cargas laterales realizado a las muestras de muros tendinosos en laboratorio, se obtienen los siguientes resultados de la carga máxima de rotura, (Mora, 2022, p. 91):

- Muro tendinoso tipo Thomas, $\bar{X} = 6,12$ kN.
- Muro tendinoso tipo Chacón, $X = 7,00$ kN.
- Muro tendinoso tipo Morachá, $X = 6,55$ kN.

CARGA MÁXIMA DE ROTURA			
	THOMAS	CHACÓN	MORACHÁ
Ensayo 1	6,75	8,2	6,9
Ensayo 2	5,99	6,15	6,64
Ensayo 3	5,4	7,55	6,47
Ensayo 4	6,33	6,08	6,2
X =	6,12	7,00	6,55
S =	0,5705	1,0506	0,2941
CV =	9,33	15,02	4,49

Al realizar un análisis estadístico de los valores del ensayo lateral a flexión de los muros tendinosos, la mayor media aritmética corresponde al ensayo de Chacón, el valor

de Thomas es menor en un 12,6% y el de Morachá en un 6,4%, respecto al mayor valor. El valor del coeficiente de variación (CV) del ensayo de Chacón tiene una variación alta (15,02%), seguida por el ensayo de Thomas (9,33%) y el menor coeficiente para el ensayo de Morachá. Se concluye el buen comportamiento de las diversas clases de muros tendinosos ante las cargas horizontales o laterales a la flexión.

I) García y Velásquez en su investigación de carácter experimental en laboratorio, proponen una nueva alternativa de muros tendinosos, al reemplazar el costal de fique y el alambre de púas por un enmallado de botellas PET (tereftalato de poliuretano) y raquis (tallo) de plátano, materiales residuales reciclados, generando una nueva forma de reutilización de estos productos para ser utilizados en la fabricación de muros tendinosos para la construcción, (2021, pp. 15-17). Al realizar los respectivos ensayos de laboratorio, se concluye que las fibras de raquis no presentan una buena adherencia con el mortero, adicionalmente, de acuerdo a los ensayos de compresión y flexión, las mallas PET no generan ni aportan resistencia al muro tendinoso. Como conclusión de la investigación realizada, no es viable la implementación de esta clase de materiales en la fabricación de los muros tendinosos, (García y Velásquez, 2021, p. 97).

Discusión y conclusiones

Los sistemas tendinosos se consideran formas constructivas que tienen su origen en la arquitectura zoológica de los vertebrados, como es la combinación de esqueleto, músculos y tendones (Cardellach, 1970), en relación con esta investigación realizada, este sistema constructivo demuestra ser de utilidad en elementos de carga y división, principalmente en la relación directa de los materiales que lo conforman y el fin para el cual serán diseñados. Lo que queda respaldado por Cardellach (1970), quien afirma que, el único origen de estas formas estructurales y constructivas está en un nivel superior de sensibilidad mecánica y de inspiración natural. Cardellach concluye, que el Ingeniero con ese espíritu innovador, debe descubrir nuevas formas de armazones resistentes para la actual construcción.

El sistema del muro tendinoso se viene aplicando en Colombia desde los años noventa, al ser respetuoso con el medio ambiente ha permitido dar una respuesta a la necesidad de viviendas para personas de bajos recursos económicos, pues no se necesita mano de obra calificada. El confinamiento que trasmite el sistema de muros tendinosos es de alta resistencia a las cargas gravitacionales y muy estable a los eventos sísmicos como quedó demostrado en el sismo de Armenia (Colombia) en el año de 1998 (Zuluaga, 2012, p. 14-15). Desde el punto de vista tecnológico, la adopción de los sistemas alternativos no convencionales de construcción, traen consigo la innovación o mejoramiento de estos sistemas, ya sea, mediante el empleo de materiales tradicionales regionales, la implementación de nuevos métodos constructivos, de organización y producción para la reducción de los costos de construcción, la utilización de materiales reciclados en algunos casos, todos estos aspectos enumerados son posibilidades que en un momento dado se pueden convertir en opciones reales y efectivas para el aprovechamiento de los recursos existentes, y de esta manera ayudar a las clases menos favorecidas a mejorar sus niveles de vida con la construcción de viviendas dignas, como las que se construyeron en el barrio La Independencia, Municipio de Restrepo, Valle del Cauca, Colombia, Figura 5.

Figura 5

Conjunto de viviendas construidas con el sistema muro tendinoso



Las ventajas que presenta este sistema de muro tendinoso son:

- Se pueden aplicar y mejorar las tradiciones constructivas ancestrales campesinas.
- Se utilizan los recursos de mano de obra y materiales de la misma región.
- A los paneles revestido de mortero se les puede dar un acabado rústico, o se puede estucar y pintar posteriormente.
- El sistema de paneles permite la colocación interna de toda clase de tuberías para instalaciones eléctricas, hidráulicas, gas.
- Los paneles por su espesor sirven como aislantes térmicos y acústicos en la vivienda.
- El sistema tendinoso es muy económico por lo que se pueden construir viviendas a bajo costo, se pueden construir viviendas tanto en la zona rural como en la zona urbana de una localidad.
- El comportamiento de este sistema de muros tendinosos ante las acciones sísmicas presentadas en la región fue muy positivo, sismo de Páez en 1995 con un valor en la escala de Richter de 6,5, y el de Armenia en 1998 con un valor en la escala de Richter de 6,4, calificados por su valor como fuertes. Las viviendas construidas con el sistema de muro tendinoso no sufrieron daños estructurales.
- El sistema de muros tendinosos ante los sismos no presenta volcamientos, como si lo presentaron las construcciones en bahareque y muros en ladrillo simple, este factor de respuesta sísmica es muy importante, cuando se trata de salvaguardar las vidas de sus ocupantes.
- Es un sistema constructivo que es amigable con el medio ambiente.
- Este sistema constructivo, se inscribe en el marco planteado por el Plan de Acción Regional para el desarrollo sostenible del Programa 21 de las Naciones Unidas, en lo referente a la recuperación de sistemas y materiales tradicionales, al utilizar sistemas no convencionales y alternativos.

Las pocas desventajas que presenta este sistema de muro tendinoso son:

- Se pueden presentar humedades directas en los muros localizados en las partes externas de la vivienda, producto de las aguas lluvias, las cuales se pueden prevenir al realizar un mantenimiento periódico con revestimientos de pinturas plásticas impermeables.
- Al construir en madera o guadua, estas deben encontrarse bien inmunizadas prevenir ataques de insectos xilófagos, con el objeto de garantizar su durabilidad en el tiempo y buen comportamiento estructural.
- Otro factor muy importante a tener en cuenta, son los errores de carácter constructivos que se puedan presentar en su ejecución, producto de la inexperiencia en la autoconstrucción.

Como tema de discusión investigativa y de carácter técnico, se dejan los siguientes aspectos:

- Tal es la importancia alcanzada por el sistema tendinoso en la resolución de un problema de resistencia estructural, que se obtiene una estructura original, económica, resistente y elástica.
- Thomas materializa el sistema tendinoso, desarrollando técnicas constructivas y empleando estructuras de madera tradicional de la región, implementando el sistema de autoconstrucción.
- Con este sistema constructivo de muro tendinoso, se da respuesta a las necesidades de vivienda de las clases menos favorecidas, su implementación se puede dar en cualquier lugar geográfico.
- Con esta nueva tecnología de sistema constructivo, se pretende dar cumplimiento a las exigencias ambientales, teniendo en cuenta desde esta perspectiva, la aplicación de nuevas tecnologías limpias en el campo de la construcción.
- Es una herramienta básica que debe garantizar la calidad de vida digna, dando respuesta a las necesidades primarias insatisfechas de las familias de bajos recursos económicos.
- Se puede implementar el sistema comunitario de autoconstrucción, debido a que no necesita elementos prefabricados.
- Por ser un sistema constructivo muy flexible, se pueden adaptar y modular fácilmente los espacios arquitectónicos de la vivienda.
- El sistema es adaptable a cualquier zona geográfica y topografía del terreno, lo mismo que es amigable con el medio ambiente.
- Por su versatilidad en la construcción, es posible utilizar varios materiales en la estructura de la vivienda, ya sea madera, guadua de la propia región.

De este proceso investigativo, se enumeran las siguientes conclusiones:

1. Se demostró la viabilidad del sistema constructivo para dar respuesta al problema del déficit de vivienda tanto en las zonas urbanas como rurales.
2. El sistema tendinoso da como resultado una construcción de calidad con materiales de la región.
3. Desde su principio filosófico aportó el concepto integrador de tecnologías apropiadas.
4. Desde el punto de vista profesional y académico, al trabajar con la comunidad se hace una aprehensión de los saberes constructivos ancestrales.
5. Académicamente, se supera el concepto de la arquitectura excluyente por la función evolutivamente creadora de la arquitectura incluyente.
6. Filosóficamente, es significativa la aceptación social de esta tecnología, que la comunidad la califica como apropiada para ser implementada por ellos.

7. Los proyectos constructivos de los muros tendinosos en urbanizaciones rurales o urbanas, deben satisfacer las necesidades físicas y básicas de carácter social de las comunidades, en concordancia con la construcción sostenible y manteniendo un equilibrio entre los ecosistemas existentes.

Referencias

- Bedoya Montoya, C. M. (2010). *Los muros tendinosos en la arquitectura y la construcción*. Libro cuatro de arquitectura (1ª Ed.). Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Bedoya Montoya, C. M. (2011). *Construcción Sostenible, para volver al camino*. Biblioteca Jurídica DIKĚ, Cátedra UNESCO de Sostenibilidad. https://issuu.com/iscucen/docs/construccion_sostenible_para_volver
- Builes Hoyos, T. & Giraldo Montoya, C. (2011). *Estado del arte de la guadua como material alternativo para la construcción sostenible*. [Trabajo de Grado, Universidad EAFIT]. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/5451>
- Cardellach, F. (1970). *Filosofía de las estructuras*. Editores Técnicos Asociados, S. A.
- Casas Figueroa, L. H. (2011). *Sostenibilidad, Sistemas Constructivos, Muros Tendinosos*, Seminario Biocasa - CAMACOL, Hábitat y Desarrollo Sostenible, Santiago de Cali, Colombia.
- García, D. A. F. (2019). Análisis de una construcción con bambú y adobe. Propuesta para la construcción de una escuela en Quibdó (Chocó, Colombia). [Trabajo fin de Grado, Oficina de Medio Ambiente (OMA-UDC)]. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/25606/Premio_UDC_sustentabilidad_TFG_TFM_I_2018.pdf?sequence=8#page=53
- García León, D. F. & Velásquez Ramírez J. A. (2021). *Viabilidad de muros tendinosos a base de bandas PET y fibras de raquis de plátano*. [Trabajo de Grado, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/959/
- Giraldo Marín, S., Raigoza, Valencia, A., C., & Sánchez Restrepo, A., (2016). *Estudio de factibilidad para construcción y comercialización de viviendas ecológicas de interés prioritario con uso de técnica muro tendinoso en zona rural de Risaralda*. [Trabajo de Grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://core.ac.uk/download/pdf/84108257.pdf>
- Guerrero, P. & Casas, F. L. (2002). Materiales y sistemas alternativos para la vivienda, Los muros tendinosos. *Revista CITCE, Territorio, construcción y espacio*, 4, 48 – 55.
- Hernández, N. J. (2013). *El lenguaje de la estructura: el muro descompuesto*. [Trabajo fin de Máster, Universidad Ramón Llull]. <https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/256777/Hernandez-Navarro-MPIA.pdf?sequence=1>
- Management Solutions. (2020). *La gestión de riesgos asociados al cambio climático*. <https://www.managementsolutions.com/sites/default/files/publicaciones/esp/gestion-riesgos-cambio-climatico.pdf>
- Mora Chacón, W. F. (2022). *Determinación del desplazamiento lateral en muros tendinosos, ante cargas laterales, monotónicas y cíclicas*. [Trabajo final de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83329>
- Ramírez, Q. D. C. (2022). *Técnicas de rehabilitación de muros de mampostería*. [Trabajo de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://www.resilienciasismica.unam.mx/docs/TesisDianaRamirez.pdf>

- Rivas, R. I. (2009). *Muros tendinosos*. <https://es.scribd.com/doc/214883597/3-Muros-Tendinosos-1>
- Soufflot, J. G. (2012). *Biografía*. <http://www.wikiwand.com/es/Jacques-Germain-Soufflot0>
- Thomas, M. A. & Supelano, P. (2002). Diseño y Tecnocultura, Alternativas Constructivas: el Caso del Sistema Tendinoso, *Revista Ingeniería y Competitividad, Facultad de Ingenierías, Universidad del Valle, Colombia*, 4 (1), 25-32.
- Thomas M. A., Supelano, P., & Vergara, C. (2015). Tendón + Tendido = Tendinoso, *Revista digital Constructivo*, 106, 170-178. http://constructivo.com/cn/suscriptor/pdfart/150410043301_ARTICULO104.pdf
- Torres, R., J., E. (2013). *Bioarquitectura: Muro tendinoso*. [Blog Ingeniería en arquitectura y diseño medioambiental]. <http://ingenieroenarquitecturamedioambiental.blogspot.com/2013/01/bioarquitectura-muro-tendinoso.html>
- Torroja Miret, E. (2010). *Razón y ser de los tipos estructurales* (7ª Ed.). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Velásquez Ramírez, J. A. & García León, D. F. (2021). *Viabilidad de muros tendinosos a base de bandas PET y fibras de raquis de plátano*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/959
- Velásquez Rendon, A. (2010). *Transferencia tecnológica: el caso de los muros tendinosos*. [Trabajo de Máster, Universidad Politécnica de Catalunya]. <https://es.scribd.com/document/249974865/Velasquez-pdf>
- White, R., Gergely, P., & Sexsmith, R. (1980). *Introducción a los conceptos de análisis y diseño, Ingeniería estructural* (Vol. 1). Limusa S. A.
- Zuluaga, C. & Zuleta, A. (2016). Arquitectura sostenible, sistema tendinoso. *Revista digital Colconstrucción*, 14-15. https://issuu.com/colconstruccion/docs/colconstruccioned3-5_imprimir

ANÁLISIS COMPARATIVO DE POLÍTICAS DE RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL EN EL SECTOR PETROLERO DE AMÉRICA LATINA
COMPARATIVE ANALYSIS OF CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY POLICIES IN THE OIL SECTOR OF LATIN AMERICA

Germán Castro Bernal¹

Universidad Internacional Iberoamericana, Colombia

(german.castro.b@professional.universidadviu.com) (<https://orcid.org/0000-0001-6414-233X>)

Jaime N. Borda Valderrama

Universidad Internacional de Valencia, España

(jaimenesio.borda@professional.universidadviu.com) (<https://orcid.org/0000-0002-2247-0295>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 11/06/2023

Revisado/Reviewed: 08/12/2023

Aceptado/Accepted: 20/12/2023

RESUMEN

Palabras clave:

responsabilidad social empresarial, sostenibilidad ambiental, petróleo, gases efecto invernadero.

En el presente artículo se expone un análisis comparativo sobre las acciones y los resultados que muestran tres empresas petroleras de América Latina (Ecopetrol, Pemex y Petrobras) en sus informes anuales de responsabilidad social empresarial. Previo al análisis se expone una revisión del concepto de responsabilidad social empresarial y su evolución a lo largo de la historia, así como un panorama general de la industria petrolera en América Latina y su relación con el tema de la sostenibilidad ambiental. Luego se explica la metodología del estudio, que en este caso es, fundamentalmente, una investigación mixta diagnóstica-descriptiva, con enfoque socio-crítico. En tercer lugar, se presentan los datos más importantes relacionados con las tres dimensiones de la sostenibilidad, esto es, la económica, la ambiental y la social, tomando como base los informes anuales de sostenibilidad de las tres empresas. También se revisan algunas noticias relacionadas con aspectos sociales y ambientales que involucran a las tres empresas. Por último, se procede al análisis correspondiente de los datos expuestos y se concluye que si bien las tres petroleras latinoamericanas

¹ Autor de correspondencia.

elaboran sus informes con base en las tres dimensiones de la sostenibilidad, aún no se alcanzan los niveles óptimos de inversión social y ambiental que se requiere para lograr cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible trazados por la Agenda 2030.

ABSTRACT

Keywords:

corporate social responsibility, environmental sustainability, oil, greenhouse gases.

This article presents a comparative analysis of the actions and results shown by three Latin American oil companies (Ecopetrol, Pemex and Petrobras) in their annual corporate social responsibility reports. Before doing the analysis, a review of the concept of corporate social responsibility and its evolution throughout history is exposed, as well as an overview of the oil industry in Latin America and its relationship with the key issue of environmental sustainability. Then the methodology of the study is explained, which basically, it is a mix diagnostic-descriptive investigation, with a socio-critical approach. Thirdly, the most important data related to the three dimensions of sustainability, economic, environmental and social, are presented. This data is gathered based on the annual sustainability reports of the three companies. Some news related to social and environmental aspects involving the three companies are also reviewed. Finally, the corresponding analysis of the exposed data is carried out; as a result, it is concluded that, although the three Latin American oil companies prepare their reports based on the three dimensions of sustainability, the optimal levels of social and environmental investment required for achieving the sustainable development goals outlined by the 2030 Agenda are not yet reached.

Introducción

El concepto de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) o Responsabilidad Social Corporativa (RSC) ha venido tomando cada vez mayor relevancia, tanto dentro del ámbito académico, como en el propio mundo empresarial, especialmente entre las grandes compañías como, por ejemplo, las del sector petrolero. El concepto de RSE ha evolucionado a lo largo de la historia, como se explicará más adelante. En la actualidad, las grandes empresas presentan informes de Responsabilidad Social Empresarial que suelen contener tres aspectos esenciales: lo económico (o financiero), lo social y lo ambiental (Goloshchapova et al., 2019), enfocados en resaltar el compromiso de la empresa con la sociedad de la que hace parte, tanto dentro de ella (ambiente laboral-trabajo decente), como fuera de ella (impacto social) y, por supuesto, con el cuidado del medio ambiente, lo que incluye medidas contra el cambio climático y estrategias para cuidar o restaurar los ecosistemas en los que opera. Cada compañía puede seguir un modelo particular para presentar sus logros y sus desafíos. No obstante, cada vez más empresas se rigen, para la elaboración de estos informes, por los parámetros establecidos por la organización *Global Reporting Initiative*, la cual busca impulsar la elaboración de reportes enfocados en la sostenibilidad (económica, social y ambiental) de las organizaciones (Benites-Lazaroa, Gremaudb, & Benitesc, 2018; Junco Trujillo & Martínez Acuña, 2021).

La preocupación creciente por los efectos adversos que ocasionan las emisiones de gases y los desechos industriales contra el medio ambiente ha impulsado a muchas compañías a tomar cartas en el asunto y llevar a cabo acciones concretas que ayuden a minimizar, al menos hasta cierto punto, los daños que sus procesos infligen a los ecosistemas donde operan. Por ahora, la mayoría de las empresas desarrollan estas acciones más por intereses económicos y de imagen corporativa que por voluntad propia y por conciencia ante la problemática.

El concepto de RSE tiene sus orígenes en los inicios del siglo XX, pero fue solo hacia las décadas de los 50 y los 60 que se afianzó como un aspecto importante de las teorías administrativas (Cezpo Razeg, 2010), pero sin ser todavía tan relevante como lo es hoy en día. Ya en la década de los 90 surgen nuevas corrientes que impulsan el fortalecimiento y desarrollo de este concepto reconfigurándolo hacia lo que es hoy (Pache Durán, 2017).

En sus inicios este término se entendía solo como la responsabilidad, por parte de las directivas de la empresa, de orientar los esfuerzos de la administración en maximizar las utilidades (Marcó, Loguzzo & Fedi, 2016). Ahora, en el siglo XXI, la RSE es mucho más que eso; implica tomar en cuenta, en las decisiones que se tomen y en las acciones que se emprendan, aspectos éticos, sociales, económicos y medioambientales (Pache Durán, 2017; Tinoco Cantillo, Arango Buelvas & Benavides, 2012).

Cabe señalar aquí que no hay una definición única del concepto de Responsabilidad Social Empresarial, tal como lo argumentan varios autores (Crespo Razeq, 2009; Tinoco, Arango & Benavides, 2012; Nave & Ferreira, 2019; Bom-Camargo, 2021); es más, existen múltiples maneras de entenderla y explicarla, aunque pueden identificarse elementos comunes en casi todas las definiciones o al menos en muchas de ellas. Es posible que esta sea una de las causas por las que algunas empresas, pequeñas, medianas e incluso grandes, no tienen políticas claras de RSE y por ende tampoco realizan acciones bien definidas y efectivas para responder a las demandas sociales, ambientales y económicas de su contexto.

Ahora bien, aunque no haya un consenso sobre qué es propiamente RSE o RSC, todas apuntan a subrayar la importancia de promover unas “buenas prácticas en los negocios”, lo que implica que la empresa asume su responsabilidad en cuanto a “los impactos que genera la actividad productiva a la que se dedica” (Nuñez, 2003, p. 11). En palabras de Kotler (2005, citado en Marietza & Ilhami, 2023), la Responsabilidad Social Corporativa puede definirse como “el compromiso de una compañía por mejorar el bienestar de la sociedad por medio de prácticas empresariales discretas y por la contribución de (sus) recursos corporativos” (p. 44).

Bathrinath et al. (2021), en un estudio sobre la gestión de la sostenibilidad dentro de la industria petrolera declaran que una empresa sustentable se enfoca en ofrecer productos y seguir procesos económicamente viables, que ocasionen un impacto ambiental adverso mínimo, buscando conservar los recursos naturales y procurando el cuidado responsable de los empleados y del medio ambiente. Adicionalmente, hacen hincapié sobre la importancia de que las empresas asuman una responsabilidad real hacia los asuntos de justicia social, definiendo esta característica como “la habilidad de una empresa para tomar acciones y ser responsable por los impactos sociales y ambientales” (Bathrinath et al., 2021, p. 1); cabe subrayar que se hace referencia a los impactos directos e indirectos de sus actividades tanto en el contexto específico donde operan, como a mediana y gran escala.

En el marco de la crisis climática que vive la humanidad y la perspectiva de un planeta insostenible, la prioridad ya no puede ser la mera ganancia económica (ni individual, ni colectiva), sino que ahora es necesario cambiar de paradigma y trabajar conjuntamente (empresas, gobiernos y ciudadanos) por agenciar un verdadero desarrollo sostenible; esto implica, principalmente, hacer un uso racional de los recursos naturales (Haines, 1992; Shah, 2022); procurar una distribución equitativa de las riquezas; y trabajar en pro de la restauración de los ecosistemas que aún se puedan restaurar, como lo señalan varios autores (Tepper, 2022; Martins et al., 2022).

Según diversos informes y artículos académicos existe evidencia suficiente que permite afirmar que una de las industrias que más inciden en la problemática del cambio climático, por su contribución a la emisión de gases efecto invernadero y al aumento de la huella ecológica global, es la industria petrolera (Castro, 2015; Delgado Ramos, 2011; Gudynas, 2011; Wilches, 2012; Çakmak & Acar, 2022). Teniendo en cuenta esto, surge entonces la siguiente pregunta: ¿Cómo están asumiendo y gestionando su responsabilidad social las empresas petroleras en América Latina para favorecer el desarrollo sostenible y por ende para contribuir a disminuir su impacto en la degradación del medio ambiente?

Para responder a esta pregunta, es necesario primero definir con más precisión qué se entiende por RSE ambiental y qué elementos son esenciales para determinar si las empresas dedicadas a la extracción, explotación y producción de hidrocarburos están o no gestionando sus proyectos y operaciones bajo una perspectiva medioambiental, esto es, priorizando el cuidado realmente responsable de los ecosistemas donde operan.

Adicional a las definiciones antes expuestas, claramente la RSE, con enfoque ambiental, hace referencia al conjunto de principios, políticas y acciones que una empresa asume en aras de contribuir, de manera efectiva, con los tres pilares de la sostenibilidad (economía, medio ambiente y sociedad), especialmente en lo relativo al cuidado y protección de la biodiversidad y las acciones concretas contra el cambio climático que normalmente se

miden en términos de la contribución –positiva o negativa– de una empresa a la emisión de gases efecto invernadero.

En este momento de la historia, las personas, las organizaciones grandes, medianas o pequeñas, y un número considerable de ONGs están cada vez más atentas a que las empresas demuestren que están manejando, de manera honesta, decidida y responsable, “las consecuencias de sus operaciones en la comunidad y en el medio ambiente” (George et al., 2016, p. 197). En este sentido, se entiende por RSE, con enfoque medioambiental, el conjunto de políticas y acciones que una empresa pone en práctica en aras de contribuir al desarrollo sostenible del planeta (cumpliendo con los ODS), lo que se traduce en buscar, por todos los medios posibles, “el equilibrio entre avance económico, bienestar social, [y un] buen uso de [los] recursos naturales y [el] medio ambiente” (García Lozano, 2018, p. 54).

Cabe anotar que el tema del “medio ambiente” como elemento importante de las políticas de Responsabilidad Social Empresarial no es algo nuevo. En realidad, es un aspecto sobre el que varios autores han hablado ya, desde hace algo más de cincuenta años, tal como lo señala Pache Durán (2017). No obstante, los resultados no son los mejores hasta el momento. Así lo corroboran las noticias permanentes sobre sequías, lluvias torrenciales, deshielo de los polos, quemadas de bosques y otros desastres naturales. Al parecer las empresas no ven (o no quieren ver) la urgencia del tema, ni tampoco los beneficios, incluso económicos, que puede traer el ejercer acciones responsables con el medio ambiente.

En el caso de América Latina, y en particular de las empresas petroleras, es necesario señalar que, desde hace ya varios años, estas se han caracterizado por que la gestión administrativa de las mismas es liderada por el Estado (Lertzman, Garcia & Vredenburg, 2013), bien sea porque es el único accionista, o porque es el accionista mayoritario, con una participación minoritaria de algunas empresas privadas (nacionales y/o extranjeras), como es el caso de Ecopetrol, en Colombia, una “empresa de economía mixta (...) la más grande de Colombia, top siete de América Latina” (Murillo Vargas, García Solarte & Azuero Rodríguez, 2022, p. 178). Esta característica particular incide directamente en las políticas de Responsabilidad Social Corporativa, pues las empresas, por ser estatales, no la tienen como una verdadera prioridad (Vives, 2008; García-Rodríguez et al., 2013; Lertzman et al., 2013; Bathrinath et al., 2021) y por ende, no la ponen en práctica como los afectados lo esperan (Giraldo González, 2017); en varios casos se limitan a apoyar los programas sociales del gobierno de turno o, simplemente a transferir los dineros que la ley exige.

Tanto las evidencias que se registran casi a diario sobre diferentes fenómenos naturales que ocasionan muerte y destrucción, como los innumerables artículos académicos y periodísticos que hacen un llamado a tomar acción para detener el ascenso de 1.5° en la temperatura del planeta, confirman que las medidas tomadas hasta ahora no han sido suficientes para detener un posible desastre de dimensiones colosales. Las empresas, los gobiernos y un alto porcentaje de los ciudadanos de a pie actúan como si el problema no fuera con ellos o que igual dará espera. Entretanto, se sigue con el mismo estilo de vida; los cambios de comportamiento son mínimos o incluso nulos.

En el caso particular de la industria petrolera, a pesar de saber que es el sector que más contribuye con la emisión de gases efecto invernadero y con el deterioro de los ecosistemas donde opera, esta sigue en la misma dirección, extrayendo, explotando y produciendo petróleo cada vez en mayores cantidades y con tecnologías poco amigables con el medio ambiente. Existe evidencia de que la industria petrolera no ha prestado mayor

importancia a la urgencia de trabajar por la sostenibilidad ambiental y social de su entorno y del planeta en general (Bathrinath et al, 2021). Es más, no hay investigaciones relacionadas con la implementación de programas de RSE, ni de estrategias efectivas, enfocadas en procurar un verdadero desarrollo sostenible por parte de las empresas petroleras (Angulo Muñoz, 2010; Lertzman et al, 2013). En atención a este planteamiento, la pregunta principal que se busca responder es: ¿de qué manera las empresas petroleras de América Latina están asumiendo y gestionando su Responsabilidad Social Corporativa, con miras a lograr un verdadero desarrollo sostenible?

Método

Investigación documental, desde un enfoque socio crítico. En primer lugar, se parte de los informes de sostenibilidad (o sustentabilidad) de tres empresas petroleras importantes de América Latina, como son: Petrobras, Pemex y Ecopetrol. Adicionalmente, se han consultado algunas páginas web de noticias que registran hechos relacionados con estas empresas y sus acciones socio-ambientales, sean estas positivas o negativas. Como fuente secundaria se consultó la página web del Centro de Información sobre Empresa y Derechos Humanos.

De las empresas que funcionan actualmente se ha optado por analizar tres casos en particular, como son: ECOPETROL, PEMEX y PETROBRAS. La primera porque es de la que más información se tiene y las otras dos porque hacen parte de las petroleras más grandes de América Latina. Se contempló la posibilidad de analizar también a PDVSA, sin embargo, no se encontró información suficiente sobre esta, al menos no de la misma calidad y precisión que ofrecen las tres empresas mencionadas, en sus informes anuales de responsabilidad social empresarial, con énfasis en la sostenibilidad económica, social y ambiental.

Análisis a partir de los informes de RSE

Los informes de Responsabilidad Social Empresarial de las tres empresas que se han escogido para este estudio, se analizan tomando como punto de partida las tres dimensiones de la sostenibilidad, esto es, la económica, la social y la ambiental. En lo económico simplemente se identifican las utilidades o pérdidas de la empresa durante los últimos cuatro años, así como las principales inversiones realizadas durante el 2020 y 2021. En lo social se identificará el monto asignado a este aspecto y las acciones más destacadas que cada empresa realiza en el país donde opera. Y, por último, en la dimensión ambiental, se identificará la evolución de la cantidad de gases efecto invernadero que han reportado, también, durante los últimos cuatro años, así como acciones o programas clave que tengan para mitigar el impacto ambiental negativo de sus operaciones, en especial las relacionadas con la extracción y explotación de crudo.

En primer lugar, se han identificado las utilidades o pérdidas de ECOPETROL, PEMEX Y PETROBRAS, entre 2018 y 2021, las cuales se muestran en la tabla 1. En el caso de Ecopetrol, las utilidades de 2018 y 2019 estuvieron por encima de los 2.400 millones de dólares, pero en el 2020 (año de la pandemia por COVID-19) las utilidades de la empresa llegaron a tan solo 362 millones de dólares, 87% menos que en el 2019, y un 85% menos que en el 2018. Sin embargo, en el 2021 la empresa logró una recuperación importante, llegando

a una cifra récord de 3.600 millones de dólares (ECOPETROL, 2021, 2022). Este comportamiento muestra la solides financiera de la empresa, aún en medio de una situación económica mundial caracterizada por la incertidumbre y las fluctuaciones en el precio del petróleo.

Tabla 1
Utilidad neta / Pérdida (en Millones de dólares)

EMPRESA	2018	2019	2020	2021
ECOPETROL	2.490	2.854	362	3.600
PEMEX	(10.090)	(15.400)	(28.490)	(16.500)
PETROBRAS	11.063,4	14.606,0	23.562,2	33.710,6

La empresa además tuvo la capacidad para invertir, en 2021, poco más de 41 mil millones de dólares en proyectos I+D+i, casi el doble de lo invertido en el 2020, y un 24% por encima de lo invertido en este rubro en 2019. De igual manera, en ese año, ECOPETROL, destinó 267 millones de dólares para proyectos de gestión ambiental, 25% por encima de lo invertido en el 2020. Estas cifras muestran que el 2021 fue un año muy positivo para la compañía (ECOPETROL, 2022).

En segundo lugar, PEMEX viene mostrando pérdidas por encima de los 10.000 millones de dólares al año, con un pico de 28.490 millones en el 2020. Según los informes anuales y varios artículos periodísticos, la petrolera mexicana viene presentando este comportamiento desde hace ya diez años, aproximadamente. Una de las causas reportadas, son los altos impuestos pagados por la compañía al gobierno. No obstante, a pesar de las pérdidas de los estados financieros, en el 2021, esta empresa destinó alrededor de 19.400 millones de dólares en inversiones de distinta índole, tales como: infraestructura y transformación industrial, logística y la línea de fertilizantes, entre otras. Según el informe de sustentabilidad 2021 no hay inversiones directas en proyectos medioambientales, aunque una buena parte de los 3.900 millones de dólares invertidos en infraestructura se han destinado a mejorar los sistemas de explotación y producción para disminuir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

En tercer lugar, PETROBRAS, la más grande de las tres empresas aquí analizadas y la segunda más grande de América Latina, después de PDVSA, ha presentado un comportamiento financiero indudablemente positivo. Es más, como se deduce de los datos presentados en la tabla 1, para 2021 la petrolera brasileña logró triplicar sus utilidades netas con respecto al año fiscal 2018 y contrario a lo que sucedió con ECOPETROL en 2020, PETROBRAS alcanzó a aumentar sus ganancias en un 61% con respecto a 2019. En 2021, la estatal brasileña invirtió un total de 1.757.290 millones de dólares, el mayor monto de las tres petroleras latinoamericanas. De esta cantidad, PETROBRAS invirtió 1.428.849 millones en infraestructura. Por otra parte, según el informe de 2021, la empresa destinó 11,7 millones de dólares a proyectos de energía eólica y solar, así como 7,23 millones en el segmento de los biocombustibles. Si bien es un porcentaje mínimo del presupuesto de inversiones, son cifras significativas, y esto muestra que, al parecer, PETROBRAS, al igual que ECOPETROL, está comprometida con su responsabilidad de cuidar el medio ambiente. No obstante, habría que analizar si realmente estas inversiones son suficientes para cumplir con las metas trazadas por la Agenda 2030 o si solo representan un esfuerzo mínimo que no responde a las

necesidades actuales del planeta –que es lo más probable- y se hacen solo como una medida estratégica para proteger la imagen de la empresa y mantener su reputación.

Tabla 2

Inversión social (Millones de dólares)

EMPRESA	2018	2019	2020	2021
ECOPETROL	11,2 (0,45%)	49,2 (1,72%)	48,5 (13,4%)	42,7 (1,2%)
PEMEX	117,5	129,7	98,6	83,6
PETROBRAS	44,2 (0,40%)	47,3 (0,32%)	24 (0,10%)	27,5 (0,08%)
Total	172,9	226,2	171,1	153,8

Como ya se ha señalado anteriormente, un eje fundamental de la Responsabilidad Social Corporativa son sus acciones sociales, las cuales no deben entenderse como mera filantropía sino como una contribución efectiva a la justicia social, más específicamente como una respuesta a los objetivos de desarrollo sostenible 1 (fin de la pobreza), 2 (hambre cero) y 10 (reducción de las desigualdades). Desde una mirada más amplia, las acciones, de las grandes empresas, encaminadas a procurar una verdadera justicia social también deben contemplar estrategias que cumplan con los ODS 3 (salud y bienestar), 4 (educación de calidad), 5 (igualdad de género) y 8 (trabajo decente y crecimiento económico).

En la tabla 2 se muestra un cuadro comparativo de los montos y los porcentajes (de la inversión social con respecto a las utilidades netas) destinados al rubro de inversión social por parte de las empresas objeto de este estudio. En el caso de PEMEX no se ha calculado el porcentaje toda vez que la empresa ha reportado pérdidas en los cuatro años consecutivos. No obstante, cabe resaltar que PEMEX es la empresa con el monto de inversión social en millones de dólares más alto de las tres.

Cabe señalar que cada una de estas empresas tiene unas políticas bien definidas en cuanto al tipo de proyectos en los que enfoca sus inversiones de dimensión social. Así, en el caso de ECOPETROL, la empresa tiene cinco líneas estratégicas de inversión social, a saber: i) Educación, deporte y salud; ii) Desarrollo rural inclusivo; iii) Emprendimiento y desarrollo empresarial (en los territorios); iv) Infraestructura pública y comunitaria; y v) Servicios públicos (ECOPETROL, 2020, 2021). Cada año la empresa evalúa los proyectos en curso y genera nuevas iniciativas encaminadas a beneficiar a las comunidades donde ejecuta sus operaciones de explotación y producción.

De acuerdo con las políticas de RSE vigentes, “los proyectos e iniciativas se priorizan” luego de realizar una consulta previa a “los Grupos de Interés (gobiernos nacional, departamental y local, sociedad y comunidad)” y con base en ello “se formulan y estructuran de manera rigurosa como parte integral de los planes de entorno de la Compañía para viabilizar las operaciones” (ECOPETROL, 2021, p. 341). En otras palabras, existe un procedimiento claramente establecido para definir los proyectos de inversión social de la petrolera colombiana.

Pemex por su parte tiene cuatro estrategias de inversión social, a saber: a) donaciones, b) programa de apoyo a la comunidad y al medio ambiente (PACMA); c) contratos integrales

de exploración y producción (CIEP); y d) obras de beneficio mutuo (OBM) (PEMEX, 2021, 2020). A continuación, se expone de manera breve en qué consisten estas líneas estratégicas.

Dentro del PACMA, la empresa “promueve acciones en los ejes de infraestructura, salud, seguridad pública y protección civil, proyectos productivos, protección ambiental, educación y deporte” (PEMEX, 2021, p. 141). Por otra parte, los llamados contratos integrales de exploración y producción “son contratos de prestación de servicios que incluyen una cláusula de desarrollo sustentable en la que los contratistas de Pemex se obligan a ejecutar” unas determinadas obras “en el área en donde se desarrolla el proyecto”. Según reza en las políticas de RSE de esta empresa, la finalidad de estas acciones “es mitigar los impactos que la industria petrolera pudiera ocasionar en la comunidad y en el medio ambiente” (PEMEX, 2020, p. 110). Y las obras de beneficio mutuo (OBM), “son acciones de construcción, mejoramiento o rehabilitación de infraestructura vial para el servicio de las comunidades, así como para cubrir las necesidades para la operación de la empresa” (PEMEX, 2020, p. 110). De acuerdo con los cuatro informes consultados, del 2018 al 2021, el mayor porcentaje de inversión social está siempre destinado al eje de las donaciones, que hace referencia a productos (por ejemplo, gasolina u otros derivados del petróleo) que la empresa dona, mediante contratos, a diferentes localidades o regiones del país, según las necesidades del momento.

Por último, PETROBRAS, la empresa con mayores ganancias de las tres, es la que destina un menor porcentaje de sus utilidades a la inversión social. Las líneas estratégicas de la petrolera son: i) incentivos sociales y ambientales; ii) patrocinios culturales y deportivos; y iii) patrocinios en el campo de los negocios, ciencia y tecnología. Este último se enfoca tanto en impulsar empresas pequeñas, como en patrocinar proyectos de innovación en ciencia y tecnología. Esta empresa tiene tres pilares estratégicos que son: seguridad, medio ambiente y salud; y trabaja en cada uno de ellos, buscando tanto el beneficio interno como el beneficio de la sociedad.

Ahora se analizará lo correspondiente al compromiso de las empresas con la problemática del cambio climático y la sostenibilidad ambiental. Para esto se han identificado las toneladas de gases efecto invernadero que vierte cada empresa anualmente. Gracias a la presión ejercida por los organismos internacionales, las empresas petroleras deben reportar, dentro de su informe de sostenibilidad, las toneladas de CO₂ que se producen en sus operaciones. Para el presente estudio se han tomado en cuenta las emisiones de los últimos cuatro años, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3
Emisiones de CO₂e MMt

EMPRESA	2018	2019	2020	2021
ECOPETROL	11.19	11.14	10.24	10.3
PEMEX	46.3	48.0	65.8	71.1
PETROBRAS	61.4	58.8	55.5	61.4
Total	118.89	118.08	131.54	142.8

De acuerdo con los datos recolectados, se deduce que la empresa que ha logrado una mayor efectividad en cuanto a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero es ECOPETROL. PEMEX y PETROBRAS por su parte, por el contrario, en lugar de disminuir han

aumentado las toneladas de CO₂ que emiten (directamente) en todas sus operaciones. Al hacer un balance general, sumando las emisiones de las tres petroleras el panorama resulta desalentador, pues se pasa de 118.89 millones de toneladas en 2018, a 142.8 en 2021. Esto puede deberse al aumento en la extracción y producción de crudo, o a deficiencias tecnológicas en los sistemas de control, o una negligencia de las empresas.

Ahora bien, además de las emisiones de gases efecto invernadero, otro factor a analizar es la disposición de las empresas a invertir en energías renovables o en proyectos relacionados directamente con el cuidado del medio ambiente. En este sentido, ECOPETROL ha firmado convenios de cooperación con entidades internacionales, tales como Water Mandate, Water Action Hub y con organismos nacionales como Coalición Agua para Colombia. Adicionalmente, esta empresa tiene una división específica de Biodiversidad y servicios eco-sistémicos, a través de la cual gestiona proyectos relacionados con zonas en conservación y árboles sembrados o las acciones encaminadas a evitar la deforestación, entre otras (ECOPETROL, 2021).

De otra parte, en 2021, “se gestionaron 161 acuerdos voluntarios de conservación para el cumplimiento de obligaciones ambientales (...). Con otras acciones, estos acuerdos llevaron a la conservación de otras 111 ha en 2021 y a que la Compañía haya conservado o restaurado 5,549 ha” (ECOPETROL, 2021, p. 211). En este mismo año, la empresa, a través de una de sus filiales (Cenit), inauguró el Ecoparque Solar San Fernando, “en el departamento del Meta (Colombia), con una capacidad instalada de 61 MWp”. En este parque se han puesto en funcionamiento “más de 113,000 paneles con tecnología bifacial para captar energía por ambas caras” (ECOPETROL, 2021, p. 232).

PETROBRAS, por su parte, también tiene varios proyectos relacionados con el cambio climático y la protección a la biodiversidad. De hecho, en sus políticas de Responsabilidad Social Empresarial, en el marco de la sostenibilidad ambiental y las acciones contra el cambio climático, la empresa ha definido tres estrategias que son: i) Cuantificación y transparencia del carbono; ii) Valor y resiliencia de la posición en fósiles ante la transición a bajas emisiones de carbono; iii) Fortalecimiento de habilidades para crear valor bajo en carbono. Adicionalmente, la petrolera es miembro activo de la *Oil and Gas climate initiative* (OGCI). En esta misma línea, la empresa manifiesta su interés en buscar opciones para operar dentro de una matriz energética baja en carbono. En 2021, por ejemplo, se realizaron acciones puntuales que contribuyeron a recuperar y conservar más de 175.000 hectáreas de bosques y áreas naturales de varias zonas del país (PETROBRAS, 2022).

En tercer lugar, PEMEX muestra, según sus informes de RSE, un menor interés por los temas ambientales que las otras dos petroleras aquí analizadas. En su informe de sustentabilidad 2021, manifiesta que la empresa “es un organismo descentralizado que tiene como función prioritaria llevar a cabo las actividades de exploración, explotación y demás acciones que demanda la operación y gestión estratégica de la industria petrolera”, y adicionalmente subraya que “las actividades relacionadas con energías renovables o alternativas representan un segmento menor dentro de la línea de negocio”. (PEMEX, 2022, p. 43)

Ahora bien, PEMEX ha contribuido desde hace varios años al programa gubernamental de las llamadas Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), las cuales son “un mecanismo de certificación voluntaria de propiedades, enfocado en la preservación de sus ecosistemas por parte de privados, ejidos y comunidades” (PEMEX,

2022, p. 48). Un programa similar existe también en Colombia. En 2002, la petrolera mexicana “certificó el primer predio (...) correspondiente al “Parque Ecológico Jaguaroundi”, ubicado en Coatzacoalcos, Veracruz”. Además, desde ese año, la empresa “evalúa de manera periódica la biodiversidad del parque para monitorear su estado de conservación mediante muestreos en campo [realizados] por especialistas” (PEMEX, 2022 p. 48).

Evidencias desde los diarios digitales

Como se anotó anteriormente, a fin de evitar posibles noticias falsas o sin fundamento, se consultó principalmente la página web del Centro de Información sobre Empresa y Derechos Humanos (www.business-humanrights.org/es/).

En esta búsqueda, que se reconoce no es exhaustiva, se encontraron noticias sobre las tres empresas, aunque sobre todo de ECOPETROL y de PEMEX. A continuación, se exponen brevemente las principales noticias relacionadas con derechos humanos (sostenibilidad social) y con afectaciones al medio ambiente que involucran a estas empresas.

En relación con la petrolera colombiana, las noticias más relevantes fueron las siguientes:

- a) El tribunal de Casanare determinó que Ecopetrol debe compensar los daños ambientales ocasionados en este departamento, en especial a la comunidad afectada por el proyecto Cupiagua. Esta noticia es del 4 de abril de 2023. Muy reciente.
- b) En enero de 2023 se pone en conocimiento de la ciudadanía que las comunidades indígenas se oponen a 32 contratos petroleros que, al parecer, el gobierno busca reactivar.
- c) Según la consultora Mongabay Latam, entre enero de 2015 y junio de 2002 se han presentado en Colombia 2133 incidentes ambientales ocasionados por derrames de hidrocarburos, de los cuales un 67% corresponden a Ecopetrol.

En cuanto a PEMEX, se encontraron las siguientes noticias más relevantes:

- a) El 4 de noviembre de 2022 se publica que los pescadores de Salina Cruz, en la bahía La Ventosa, denuncian que en 40 días se han presentado 4 derrames de petróleo en la zona.
- b) El 25 de abril de 2022, un diario digital reporta que varios trabajadores de PEMEX denunciaron que la empresa ha venido violando sus derechos laborales, pues no se han cumplido los acuerdos pactados en años anteriores.

En cuanto a PETROBRAS, no se encontraron noticias relacionadas con los temas en cuestión. La única noticia reportada en la página web tiene que ver con una alianza de la petrolera con otras dos empresas (Total y Total Eren) para analizar la posibilidad de desarrollar, de manera conjunta, proyectos relacionados con energía solar y energía eólica, en Brasil.

Discusión

Desde el punto de vista de la sostenibilidad económica, ECOPETROL y PETROBRAS muestran un comportamiento de utilidades netas positivo y al alza, en especial la petrolera brasilera. Ecopetrol pasó de generar ganancias por 2.490 millones de dólares en 2018, a 3.600 millones en 2021, lo que significa un aumento del 44%, aunque con un bache

importante en 2020, año de la pandemia por COVID-19. Petrobras, por otra parte, en 2018 obtuvo una utilidad neta superior a los 11.000 millones de dólares y en 2021, la ganancia estuvo por encima de los 33.700 millones de dólares, lo que se traduce en un aumento del 204%. Por su parte, Pemex, pasó de tener una pérdida de 10.090 millones de dólares, en 2018, a una de 16.500 millones, en 2021, lo que equivale a una diferencia negativa de 63,5%. El comportamiento financiero de PEMEX es sorprendente por cuanto es una empresa que a pesar de venir presentando resultados negativos durante diez años seguidos, sigue funcionando. Esto no puede ser positivo ni para la empresa, ni para el país, ni siquiera para la industria petrolera. Es una situación sobre la que debe investigarse más a fondo.

En síntesis, ECOPETROL y PETROBRAS presentan unos estados financieros sanos que, en principio, garantizan su sostenibilidad económica a corto y mediano plazo. No puede decirse lo mismo de PEMEX. Ahora bien, no debe omitirse el hecho de que el petróleo es un recurso natural no renovable y que las reservas mundiales son cada vez menos. Dentro de este panorama, si estas empresas no buscan otras alternativas de negocio, pueden perecer en el largo plazo. Ecopetrol y Petrobras, parecen tenerlo claro.

En cuanto a la sostenibilidad social, las tres empresas muestran un claro interés por el tema con proyectos y acciones que repercuten positivamente en las comunidades donde trabajan e incluso con otras que están por fuera de su territorio. Un aspecto en el que coinciden las tres empresas es en el impulso que le dan a proyectos educativos, especialmente en cuanto a material de dotación para estudiantes e infraestructura de centros educativos. Al menos por lo que reportan en sus informes de sostenibilidad no buscan incidir en la calidad educativa como tal. Haciendo un análisis comparativo, de las tres empresas, la que ofrece una estructuración más clara y detallada de sus planes y proyectos de inversión social es Ecopetrol.

En tercer lugar, en cuanto a la sostenibilidad ambiental, los resultados que muestran las petroleras latinoamericanas aún están lejos de ser los esperados y los necesarios para cumplir con las metas de la Agenda 2030. De las tres empresas analizadas, la que presenta mayores avances en cuanto a la reducción de emisión de gases efecto invernadero es Ecopetrol. Pemex y Petrobras, por el contrario, han seguido aumentando las toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera de manera directa. Es claro que estas empresas deben redoblar sus esfuerzos a fin de contribuir de manera efectiva, y significativa, en la lucha contra el cambio climático.

Ahora bien, cabe señalar que las tres empresas desarrollan acciones encaminadas a mitigar el impacto de sus operaciones en el medio ambiente. Sin embargo, en este sentido Pemex también presenta un esquema menos proactivo que las otras dos petroleras. Tanto Ecopetrol como Petrobras, además de trabajar en procura de la restauración de algunos ecosistemas y en la protección de la biodiversidad, tienen dentro de sus empresas una división claramente definida que se dedica, básicamente, a diseñar y ejecutar proyectos de sostenibilidad ambiental. En el caso de Pemex, al menos por lo que se lee en sus informes de sustentabilidad, no es tan claro.

En cuanto a las noticias consultadas, se evidencia que al menos ECOPETROL y PEMEX han presentado incidentes importantes en los últimos años, relacionados con afectaciones al medio ambiente, en especial la petrolera colombiana. Al parecer, PETROBRAS ha sido más cuidadosa en este sentido. Dado que el tema del cuidado del medio ambiente tiene cada vez mayor importancia y despierta mayor sensibilidad, es natural que las empresas grandes,

como las petroleras, quieran mostrar una imagen positiva de responsabilidad ambiental, ante la sociedad, lo cual se evidencia en los informes consultados, pero no tanto en las noticias encontradas. Por este motivo, se sugiere hacer una búsqueda más rigurosa de noticias, en diarios nacionales, que involucren a cualquiera de las tres petroleras.

De otra parte, cabe resaltar que, en la búsqueda preliminar realizada en el desarrollo de esta investigación, no se encontraron noticias sobre problemas internos, es decir, con los trabajadores, lo que confirma la idea generalizada de que las petroleras suelen ofrecer salarios justos e incluso por encima del promedio, y además tratan bien a sus empleados. No obstante, es un tema sobre el que vale la pena profundizar y hacer otro estudio comparativo, en el marco de la RSE, pero enfocado en este aspecto en particular.

Conclusiones y recomendaciones

Los retos que afronta actualmente la humanidad para lograr cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible y, en particular, en la lucha contra el cambio climático son enormes. Como se ha determinado en este artículo y como lo han señalado numerosos autores, las empresas petroleras tienen una gran cuota de responsabilidad en esta tarea (Grasso, 2019). Infortunadamente, por los resultados obtenidos hasta el momento, al menos en el caso de las petroleras latinoamericanas, el panorama es poco alentador. La evidencia (ver tabla 3 y las noticias reportadas) muestra que aún queda mucho por hacer en este tema, para revertir los efectos negativos de la explotación y producción de combustibles fósiles en el cambio climático.

Tomando como base los informes de Responsabilidad Social Empresarial analizados, Ecopetrol, Petrobras y Pemex tienen claridad sobre la importancia de las tres dimensiones de la sostenibilidad, y muestra de ello es que dichos informes están estructurados teniendo como guía las tres líneas de acción demarcadas por la Global Reporting Initiative, esto es la económica, la social y la ambiental. Sin embargo, esta última merece todavía una mayor atención por parte de las tres petroleras latinoamericanas.

Por los resultados financieros consultados, Ecopetrol y Petrobras se pueden calificar como empresas económicamente sostenibles a mediano plazo, no así Pemex que viene presentando pérdidas sustanciales desde hace varios años. En cuanto a la sostenibilidad social, si bien las empresas invierten un porcentaje muy reducido de sus utilidades (o pérdidas, en el caso de Pemex), es un tema claramente importante dentro de sus informes anuales de sostenibilidad y muestra de ello es que cada una de las empresas tiene bien definidos sus planes de acción para contribuir con el logro de una mayor justicia y equidad social en los países donde operan.

En cuanto a las noticias más relevantes, según el portal web del Centro de Información sobre Empresa y Derechos Humanos, tanto ECOPETROL como PEMEX han tenido situaciones que han puesto en riesgo algunos de los ecosistemas donde operan, y por ende el medio ambiente, de algunas de las zonas donde desarrollan sus operaciones de exploración y extracción del crudo. Ahora bien, para futuras investigaciones se recomienda hacer un análisis más a fondo de las noticias relacionadas con las acciones positivas y negativas de las petroleras en América Latina. De igual manera, se sugiere indagar más a profundidad, usando métodos cuantitativos y/o cualitativos, sobre los proyectos medioambientales que desarrolla cada empresa y su impacto en los ecosistemas donde desarrollan sus actividades de explotación, extracción y producción de crudo.

Referencias

- Angulo Muñoz, R. A. (2010). *Economías extractivas y desarrollo sostenible: análisis y reflexiones de sus relaciones, a partir de la explotación petrolera del Putumayo*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70293>
- Bathrinath, S., Abuthakir, N., Koppiahraj, K., Saravanasankar, S., Rajpradeesh, T., & Manikandan, R. (2021). An initiative towards sustainability in the petroleum industry: A review. *Materials Today: Proceedings*, 46, 7798-7802. doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.330
- Benites-Lazaroa, L.L.; Gremaudb, P.A.; Benitesc, L.A. (2018). Business responsibility regarding climate change in Latin America: An empirical analysis from Clean Development Mechanism (CDM) project developers. *The Extractive Industries and Society*, 5, 297-306. doi.org/10.1016/j.exis.2018.02.011
- Bom-Camargo, Y. I. (2021). Hacia la responsabilidad social como estrategia de sostenibilidad en la gestión empresarial. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 27(2), 130-146. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7927655>
- Çakmak, E. E. & Acar, S. (2022). The nexus between economic growth, renewable energy and ecological footprint: An empirical evidence from most oil-producing countries. *Journal of Cleaner Production*, 352(131548). doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131548
- Castro, E. (2015). Panorama regional del desarrollo sostenible en América Latina. *Luna Azul*, 40, 195-212.
- Crespo Razeg, F. (2009). Entre el concepto y la práctica: responsabilidad social empresarial. *Estudios Gerenciales*, 26(117), 119-130. [doi.org/10.1016/S0123-5923\(10\)70137-6](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(10)70137-6)
- Delgado Ramos, G. C. (2011). Petróleo, medio ambiente, cambio climático y seguridad: Macondo, otra advertencia más. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 30, 1-16. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18120143001>
- ECOPETROL (2022). *Reporte integrado de gestión sostenible 2021*.: Ecopetrol S.A.
- ECOPETROL (2021). *Reporte integrado de gestión sostenible 2020*. Ecopetrol S.A.
- García Lozano, J. (2018). El pacto mundial, punto de convergencia en la línea del tiempo del desarrollo sostenible y la responsabilidad social empresarial y su influencia en las empresas. *Dictamen libre*. 23, 51-59. <https://bdigital.uniquindio.edu.co/handle/001/5582>
- García-Rodríguez, F. J., García-Rodríguez, J. L., Castilla-Gutiérrez, C. & Major, S. A. (2013). Corporate Social Responsibility of Oil Companies in Developing Countries: From Altruism to Business Strategy. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* 20, 371-384. <https://doi.org/10.1002/csr.1320>
- George, R.A., Siti-Nabiha, A.K., Jalaludin, D., & Abdalla, Y.A., (2016). Barriers to and enablers of sustainability integration in the performance management systems of an oil and gas company. *Journal of Cleaner Production*, 136, 197-212. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.097>

- Giraldo González, S. M. (2017). Impacto en el medio ambiente y Responsabilidad Social por exploración y producción de petróleo de la empresa Ecopetrol en Colombia. *Dictamen Libre*, (21), 21-27. <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.21.2954>
- Goloshchapova, I., Poon, S. H., Pritchard, M., Reed, P. (2019). Corporate social responsibility reports: topic analysis and big data approach. *The European Journal of Finance*, 25(17), 1637-1654. <https://doi.org/10.1080/1351847X.2019.1572637>
- Grasso, M. (2019). Oily politics: A critical assessment of the oil and gas industry's contribution to climate change. *Energy Research & Social Science*, 50, 106-115. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.11.017>
- Gudynas, E. (2011). Desarrollo y sustentabilidad ambiental: diversidad de posturas, tensiones persistentes. En: A. Matarán Ruiz & F. López Castellano (Ed.) *La Tierra no es muda: diálogos entre el desarrollo sostenible y el postdesarrollo*. Universidad de Granada.
- Haimes, Y. Y. (1992). Sustainable development: a holistic approach to natural resource management. *IEEE Transactions on systems, man and cybernetics*, 22(3), 413-417. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/155942>
- Junco Trujillo, J. S. & Martínez Acuña, S.M. (2021). *Comparación de las prácticas de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) aplicadas por las empresas Ecopetrol S.A y Frontera Energy Corporation, en Colombia*. [Monografía]. Fundación Universidad de América.
- Marcó, F., Loguzzo, H. A., & Fedi, J. L. (2016). *Introducción a la Gestión y Administración en las organizaciones*. 2ª Ed. [Libro digital]. Universidad Nacional Arturo Jauretche.
- Marietza, F. & Ilhami, G. (2023). Corporate social responsibility disclosure, green innovation and corporate profitability. *Jurnal Akuntansi*, 13(1), 42-50. <https://ejournal.unib.ac.id/JurnalAkuntansi/article/view/26663/11839>
- Martins, W. B. R., de Matos Rodrigues, J. I., de Oliveira, V. P., Ribeiro, S. S., dos Santos Barros, W., & Schwartz, G. (2022). Mining in the Amazon: Importance, impacts, and challenges to restore degraded ecosystems. Are we on the right way? *Ecological Engineering*, 174, 106468. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106468>
- Murillo Vargas, G., García Solarte, M., y Azuero Rodríguez, A. R. (2022). Responsabilidad social empresarial, cambio institucional y organizacional del sector petrolero colombiano. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 28(1), 175-186.
- Nuñez, G. (2003). *La responsabilidad social corporativa en un marco de desarrollo sostenible*. Serie medio ambiente y desarrollo. CEPAL/Sociedad Alemana de Cooperación.
- Pache Durán, M. (2017). *La teoría de la ecoeficiencia: efecto sobre la performance empresarial*. [Tesis de doctorado]. Universidad de Extremadura.
- PEMEX (2022). *Informe de sustentabilidad 2021*. Pemex.
- PEMEX (2021). *Informe de sustentabilidad 2020*. Pemex.
- PEMEX (2020). *Informe de sustentabilidad 2019*. Pemex.
- PEMEX (2019). *Informe de sustentabilidad 2018*. Pemex.
- PETROBRAS (2022). *Relatório de Sustentabilidade 2021*. BR Petrobras.
- Shah, M. S. (2022). Nexus between environmental corporate social responsibility and sustainable performance: The mediating role of green intellectual capital. *Administrative and Management Sciences Journal*, 1(1), 63-72. <http://mdripublishing.com/index.php/AMSI/article/view/27>

- Tepper, F. (2022). The Importance of Environmental Restorative Justice for The United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030). In: Pali, B., Forsyth, M., Tepper, F. (Eds) *The Palgrave Handbook of Environmental Restorative Justice*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04223-2_12
- Tinoco Cantillo, U. C.; Arango Buelvas, L. J.; & Benavides, O. (2012). Evolución, aproximación al concepto y teorías de responsabilidad social empresarial. *Revista Panorama Económico*, 20; 189-220. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/4045>
- Vives, A. (2008). El papel de la RSE en América Latina: ¿diferente al de Europa? *Documentos de Trabajo (Fundación Carolina)*, (21), 63-77. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2573663.pdf>

FORMULACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD ELÉCTRICA Y LA EVALUACIÓN DE SU IMPACTO MEDIANTE UN ESTUDIO DE CASO EN LA GRAN MINERÍA DE CHILE
FORMULATION OF A NEW ELECTRICAL SAFETY MANAGEMENT SYSTEM AND ASSESSMENT OF ITS IMPACT THROUGH A CASE STUDY IN CHILEAN LARGE-SCALE MINING

Ronaldo Humberto López Serrazina¹

Universitat Politècnica de València, España

(rolo4@doctor.upv.es) (<https://orcid.org/0000-0003-3073-8316>)

Jaime Jimenez Ayala

Universitat Politècnica de València, España

(jaijiay@upv.es) (<https://orcid.org/0000-0003-3137-0242>)

Joaquin Catalá Alis

Universitat Politècnica de València, España

(jcatala@cst.upv.es) (<https://orcid.org/0000-0002-2286-3638>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 11/06/2023

Revisado/Reviewed: 08/12/2023

Aceptado/Accepted: 20/12/2023

RESUMEN

Palabras clave:

sistema de gestión, seguridad eléctrica, riesgos industriales, indicadores de seguridad, riesgos de accidentes.

Actualmente la normativa eléctrica internacional como, la IEEE y la NFPA, y la legislación de diversos países exigen realizar gestión sobre la seguridad eléctrica, pero no existe un sistema para su implementación. Por ello, se diseñó un sistema de gestión en seguridad eléctrica con base en los requerimientos de la norma ISO 45001 y normas técnicas como la NFPA 70E y la IEEE 3007.2. Primero, se realizó una investigación de las normativas nacionales e internacionales en lo que respecta a la seguridad eléctrica y se diseñó el sistema de gestión de seguridad eléctrica. Con base en el sistema de gestión de seguridad eléctrica propuesto, se realizaron auditorías de diagnóstico a empresas de diversas actividades económicas para evaluar su gestión de seguridad eléctrica. Los resultados de estas auditorías indicaron que todas las empresas auditadas realizaban acciones específicas, pero no se hacía gestión de seguridad eléctrica. Posteriormente se aplicó el sistema de gestión de seguridad eléctrica a una de las empresas auditadas y a

¹ Autor de correspondencia.

la que, después de implementado el sistema se le realiza una auditoria de seguimiento. Finalmente, se realizó un análisis de los datos obtenidos donde se pudo demostrar el impacto positivo del sistema ya que mostró beneficios al aumentar el cumplimiento de la normativa legal, además de reducir los accidentes a las personas, reducir los costos por daños a los equipos e instalaciones y optimizar los costos operacionales, buscando el uso seguro y eficiente de la energía eléctrica.

ABSTRACT

Keywords:

management system, electrical safety, industrial risks, safety indicators, accident risks.

Currently, internationally electrical regulations like, IEEE and NFPA, and legislation in various countries require management of electrical safety, but there is no existing system for its implementation. Therefore, a system for electrical safety management was designed based on the requirements of ISO 45001 standard and technical norms such as NFPA 70E and IEEE 3007.2. First, an investigation of national and international regulations regarding electrical safety was conducted, and the electrical safety management system was designed. Based on the proposed electrical safety management system, diagnostic audits were performed on companies from various economic sectors to assess their electrical safety management. The results of these audits indicated that all the audited companies were taking specific actions, but there was no management of electrical safety. Subsequently, the electrical safety management system was applied to one of the audited companies, and after the system was implemented, a follow-up audit was conducted. Finally, an analysis of the obtained data was carried out, which allowed us to demonstrate the positive impact of the system, as it showed benefits such as increasing compliance with legal regulations, reducing accidents involving individuals, lowering costs related to equipment and facility damages, and optimizing operational costs. This was aimed at promoting the safe and efficient use of electrical energy.

Introducción

En la actualidad, las normas internacionales de seguridad eléctrica como la IEEE 3007.3 y NFPA 70E, vienen exigiendo mayor consciencia sobre el coste real de las lesiones eléctricas y aprender a apreciar los riesgos relacionados con la electricidad, es por eso que países como Estados Unidos, Costa Rica o Colombia las han exigido en sus normas nacionales y países como España, Australia o Canadá las han usado como referencia (Crow et al., 2018). Ante esto, la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA, 2021) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, 2012), recomiendan al empleador implementar y documentar un programa de seguridad eléctrica que ordene las actividades adecuadas para los riesgos relacionados con los peligros eléctricos.

En países como Costa Rica, Colombia y México ya se ha incluido la seguridad eléctrica y programas de seguridad eléctrica como norma específica basados en los criterios de la NFPA 70E. Por ello, a pesar de que se ha vuelto una exigencia legal para las empresas contar con un programa de seguridad eléctrica, aún existe un desconocimiento generalizado de como implementarlo. Actualmente, los entes reguladores de distintos países como la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) en Chile, mediante el Reglamento de las instalaciones eléctricas de consumo DS 8, exige a las empresas que las instalaciones eléctricas de carácter general deberán cumplir con los requisitos básicos de operación y mantención de acuerdo con lo definido en el DS 8 – RIC 17: “Operación y Mantenimiento”. Este documento, establece que cada empresa deberá implementar y documentar un programa de seguridad eléctrica (PSE), en concordancia con el sistema de gestión de riesgos laborales que lleve a cabo dicha empresa, ya sea a través de normas de uso universal (ISO, OHSAS, ANSI) o a través de los programas específicos de prevención de riesgos que implemente la empresa.

Al igual que Chile, otros países como EE. UU, Colombia, México y Perú dentro de sus requerimientos legales exigen la incorporación de normas técnicas como por ejemplo el Código Eléctrico Nacional (Comité Ejecutivo Nacional), la norma de seguridad eléctrica en el lugar de trabajo (NFPA 70E), el Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESC), entre otros. También existen otras normas y guías reconocidas que contienen información de seguridad eléctrica a la que se puede hacer referencia en un caso legal como lo son la IEEE y las normas NETA, sin embargo se presenta la misma problemática de no contar con un sistema de gestión de seguridad eléctrica implementado.

Otra dificultad es la tendencia de las organizaciones a implementar sistemas de gestión que no consideran las complejidades de los riesgos eléctricos, ni los beneficios que su reducción puede aportar a la continuidad y eficiencia operacional. Esto sumado a la ausencia de una definición clara y consensuada de lo que implica la seguridad eléctrica, lo que genera confusión realizando actividades aisladas para solucionar problemas específicos, pero no sistematizado para poder realizar mediciones y tomar acciones para mejorar la independencia de la gestión de la seguridad eléctrica de la actividad productiva donde se implementa, sin considerar las variables y condiciones propias de cada sector o industria.

Estos factores limitan la capacidad de las organizaciones para garantizar una gestión en seguridad eléctrica efectiva, que proteja a los trabajadores, mejore el desempeño operacional y contribuya al desarrollo sostenible. Por ello, se plantea la necesidad de diseñar e implementar un sistema de gestión específico para la seguridad eléctrica, que considere sus

particularidades y beneficios, y que se adapte a las características y necesidades de cada organización.

Para cumplir con esto, un requisito clave para cualquier instalación a nivel internacional, es que se sigan las buenas prácticas de diseño; que los nuevos sistemas se instalen de acuerdo con la NFPA 70E, el NEC y/u otros códigos y normas técnicas aplicables; y que cualquier cambio en el sistema eléctrico se documente adecuadamente. (Drewiske y Kalcec, 2020). Otros países como México y Colombia, por ejemplo, incluyen en sus exigencias normativas que las empresas destinadas a la producción, transformación, transporte y distribución de energía eléctrica contar con un sistema de gestión de activos para asegurar la integridad de las instalaciones eléctricas, en conformidad a las normas de la Organización Internacional de Normalización, específicamente la norma ISO 55000.

A pesar de todos estos esfuerzos legislativos, la falsa seguridad y la comodidad en el trabajador aumentan, lo que se transforma en que pequeños fallos se conviertan en accidentes graves (Lee et al, 2019). Los riesgos eléctricos son muy diferentes de los riesgos no eléctricos, ya que son muy difíciles de tratar. Aparentemente es muy difícil prever el nivel de riesgo asociado a un circuito eléctrico sólo con una simple inspección visual del mismo. También se observa que, en la mayoría de los casos de sucesos peligrosos, el trabajador que realizó un acto inseguro no fue la víctima de la lesión, sino que fue un miembro de su equipo que confiaba en su aptitud por lo que se lesionó. (Sarkar, 2021).

De acuerdo con auditorías in situ realizadas como parte de este estudio, se observó el bajo cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales. En este sentido, la mayoría de las empresas auditadas poseen programas de seguridad eléctrica y cumplen las recomendaciones, pero no son procesos sistemáticos ni estructurados, más bien son actividades aisladas que buscan solucionar un problema o cumplir una normativa puntual siendo NFPA norma 70E, esta define programa de seguridad eléctrica como un sistema documentado que consiste en principios, políticas, procedimientos y procesos de seguridad eléctrica que rige las actividades apropiadas para el riesgo asociado a los peligros eléctrico. Es decir, la norma NFPA lo que viene exigiendo es la implementación de un sistema de gestión de seguridad y no un programa de actividades aisladas o actividades para una circunstancia específica.

En este sentido, el problema que se desprende de la evaluación de las auditorías realizadas es que se implementan programas de actividades enfocadas en la seguridad eléctrica, pero no se implementa una gestión que sustente la seguridad eléctrica y que permita la mejora continua de esta gestión.

De acuerdo con el problema planteado, el objetivo de este trabajo fue proponer un sistema de gestión de seguridad eléctrica y mostrar los beneficios de la implementación de dicho sistema. El sistema se basa en 3 principios fundamentales: Personas, equipos/instalaciones eléctricas y la continuidad operacional que permita a la empresa identificar las necesidades, implementar los controles buscando reducir los incidentes, cumplir la normativa legal y/o corporativa y asegurar la continuidad operacional, lo que a su vez, disminuye los daños a las personas, los costos por daños a equipos y las costosas pérdidas operacionales producidas por los eventos no deseados que ocasionan el uso de la electricidad.

Sistema de gestión

El término gestión Lopez Cachero (1998), lo definió como el orden metódico de actividades interdependientes y procedimientos relacionados que posibilita el buen hacer de una organización. Por lo tanto, un sistema de gestión es un conjunto integrado de procesos y herramientas que interactúan y utiliza una organización para desarrollar una estrategia y así poder desarrollar acciones operacionales, monitoreando y mejorando la eficacia de ambas (Kaplan y Norton, 2008).

Si se amplía un poco más el concepto, un sistema de gestión de riesgos consiste en construir la información mínima que permita calcular el riesgo que se va a asumir y prever las reservas que permitirían la supervivencia en condiciones adecuadas (Lavell, 2001).

El objetivo del sistema de gestión de la seguridad, es prevenir lesiones y deterioro de la salud relacionados con el trabajo y proporcionar lugares de trabajo seguros y saludables; en consecuencia, es de importancia crítica para la organización reducir el peligro y eliminar los riesgos, tomando medidas de prevención y protección eficaces (ISO, 2018).

Programa de seguridad eléctrica

Anualmente, el promedio de fatalidades de origen laboral en Chile supera los 200 trabajadores, de los cuales entre un 10 y un 13% es de origen eléctrico (Electro Industria, 2016). Particularmente, la industria eléctrica presenta indicadores de tasa de accidentalidad inferiores a un 2%, es decir, se accidentan 2 trabajadores por cada 100, siendo el promedio país en el año 2013 de 4,3%. Sin embargo, “la Tasa de Mortalidad es notoriamente superior, resultando ser de un 3,5 en las empresas adheridas a las Mutualidades y de un 6,4% en el total de las empresas”.

En Electro Industria (2016) se relata como en un informe sobre accidentes eléctricos llevado a cabo por la ACHS entre 2009 y 2012, se observó que alrededor del 17% de los accidentes laborales relacionados con la electricidad se considera de gravedad. Aunque esta cifra parece ser baja en términos absolutos, es importante destacar que estos pocos incidentes representan casi el 80% de los Días Perdidos debido a licencias médicas laborales. De estos casos, el 72% está relacionado con el efecto de choque eléctrico, mientras que el 28% restante se debe al arco eléctrico, según lo señala el experto de la ACHS.

Según la NFPA (2021), un programa de seguridad eléctrica un sistema documentado que consiste en principios, políticas, procedimientos y procesos de seguridad eléctrica que rigen las actividades apropiadas para los riesgos asociados al peligro eléctrico.

En este sentido, el objetivo del PSE consiste en abordar de manera sistemática, proactiva y preventiva los riesgos eléctricos en el lugar de trabajo, que es un enfoque más efectivo que reaccionar a las lesiones y muertes causadas por esos riesgos.

La IEEE 3007.3 (2012), por su parte indica que un programa de seguridad eléctrica, es un plan diseñado para que ni las condiciones del lugar de trabajo ni las acciones de las personas expongan al personal innecesariamente a peligros eléctricos. Establecer un programa de seguridad eléctrica y asegurarse de que los empleados lo sigan puede significar una gran herramienta contra lesiones accidentales o la muerte debido a incidentes eléctricos.

Si se consideran los requisitos y las definiciones que se entregan al concepto de programa de seguridad eléctrica de las distintas normativas, lo que viene exigiendo la normativa es un sistema de gestión de seguridad eléctrica a pesar de que el término empleado no lo define explícitamente. Las empresas al desconocer el concepto y al no haber un sistema de gestión de seguridad eléctrica definido que puedan implementar, en el mejor

de los casos, aplican acciones aisladas para intentar cumplir con los requisitos de esa normativa.

Al implementar un sistema de gestión de seguridad eléctrica, los principios de este deben identificarse y enseñarse a los empleados (Eastwood et al., 2002), como un componente clave para mejorar la cultura de seguridad eléctrica. Esto se logra al alinear los objetivos del programa de seguridad eléctrica con los objetivos organizacionales de cada empresa.

El objetivo de los programas de seguridad eléctrica fue establecido para ocuparse de las prácticas de trabajo e instalaciones no seguras (Becker y Davis, 2015), por lo que al establecer un programa es fácil centrarse únicamente en los aspectos técnicos del programa (Crow et al., 2018), como por ejemplo, el mantenimiento de las instalaciones, dejando de lado la gestión documental, la cual es la que demuestra que las acciones planificadas se han desarrollado. Sin embargo, la seguridad eléctrica no ha sido bien definida (Liggett, 2006). Identificar los incidentes que pueden causar lesiones a los trabajadores del sector eléctrico ayuda a evitar que este tipo de lesiones se produzcan (Anderson, 2019).

Los responsables de la implementación y seguimiento del programa de seguridad eléctrica deben informarse sobre la evolución de los conocimientos en materia de indicadores principales y ayudar a los responsables de la gestión de la formación a establecer un cuadro de mando equilibrado de métricas que pueda servir más eficazmente a la organización para identificar y controlar el riesgo de los peligros eléctricos. Los indicadores principales deben estar estrechamente relacionados con la seguridad eléctrica. Por ejemplo, una organización con un indicador principal que mide la gestión/liderazgo de la seguridad y la salud en general necesita añadir una métrica que mida la gestión/liderazgo de la seguridad eléctrica (Landis, 2022). Las lesiones eléctricas, en comparación con otros tipos de lesiones industriales, representan un porcentaje relativamente pequeño, sin embargo, en cuanto al número de lesiones con resultados graves y mortales ocupa el primer lugar. Por eso hay que prestar la máxima atención a las indicaciones de la normativa técnica con relación a la seguridad eléctrica (Lebedev, 2021).

Método

El enfoque de la investigación se basó en una metodología de análisis documental de información y análisis estadístico, en donde la identificación y recopilación de la documentación se realizó mediante el análisis de la información disponible. Por motivos de confidencialidad este artículo se reserva el derecho de nombrar y/o identificar a las empresas auditadas, debido a que puede existir un incumplimiento en las normativas nacionales o internacionales, en su defecto se nombran empresa 1 (E1), empresa 2 (E2) y así sucesivamente.

Recopilación de datos

En primera instancia, se realizó una investigación de las normativas nacionales e internacionales vigentes, tales como las normas ISO 45001; ISO 31001, la Norma NFPA 70E (NFPA, 2021) y IEEE 3007.2. Producto de esta investigación se elaboraron listados de

verificación, que fueron utilizados para la recolección de datos de las auditorías de diagnóstico o de la verificación de brechas.

Posterior a esto, se diseñó una auditoría de seguridad eléctrica basada en la ISO 19011 (ISO, 2018). La auditoría evaluó 7 tópicos los cuales son: instalaciones generales, salas eléctricas, sistema contra incendios, equipos de seguridad y EPP, procedimientos de seguridad, documentación y el entrenamiento eléctrico. El detalle de cada uno de estos tópicos se incluye en los listados de verificaciones utilizados para la recolección de datos. Los datos recopilados de estas auditorías se evaluaron con una escala que va desde 0 a 5, siendo 0 un incumplimiento total de normativa, 3 el cumplimiento mínimo de la normativa y 5 el cumplimiento a cabalidad de las normas, buenas prácticas e innovación a la hora de implementar la gestión de seguridad eléctrica. Para esto se desarrollaron matrices que incorporan indicadores específicos aplicables a cada situación. Estos indicadores engloban todas las etapas del proceso de gestión de la seguridad eléctrica, y se detallan en la Tabla 1 y Tabla 2. Estos indicadores tienen como objetivo medir de manera precisa cada uno de los tópicos sujetos a auditar, lo que permite un análisis posterior imparcial y objetivo de los resultados obtenidos en la auditoría.

Tabla 1
Criterios de aceptación para variables operativas

Variables	Norma	No cumple	No cumple	No cumple (por muy poco)	Cumplimiento mínimo	Cumple con buenas prácticas	Estándar Mundial
		0	1	2	3	4	5
Instalaciones eléctricas generales	<ul style="list-style-type: none"> ■ DS 132 ■ DS 08 ■ NFPA 70E ■ IEEE 3007.3 	No está definido ningún tipo de control	Deficiencias considerables con respecto a lo esperado	Deficiencias menores con respecto a lo esperado	Actualizado sin implementar recomendaciones	Estudios actualizados y sistematizados	Practicas por sobre lo esperado
Gestión de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> ■ DS 132 ■ DS 08 ■ NFPA 70B 	No está definido ningún tipo de control	Deficiencias considerables con respecto a lo esperado	Deficiencias menores con respecto a lo esperado	El Requerimiento se cumple en forma efectiva	Se cumple en forma efectiva y sistematizada	Practicas por sobre lo esperado
Equipo y EPP	<ul style="list-style-type: none"> ■ DS 132 ■ DS 08 ■ DS 40 ■ NFPA 70E 	No está definido ningún tipo de EPP de uso eléctrico	Los EPP de uso eléctrico no son suficientes	Se entrega EPP choque, pero no de arco	Existe para arco y choque eléctrico y se controla y repone	Se cumple en forma efectiva. Entrega y reposición sistematizada	Practicas por sobre lo esperado
Sistemas contra incendios	<ul style="list-style-type: none"> ■ DS 109 ■ DS 132 	No se cuenta con sistemas contra incendios	No cumplen con lo exigido por la normativa legal	Existen, pero no se lleva control de las inspecciones y mantenciones periódicas	Existen y se les realiza inspección y mantención periódicamente.	Se cumple en forma efectiva. Prueba e inspección sistematizada	Practicas por sobre lo esperado

En la Tabla 1 se muestran los criterios de aceptación para variables operativas, donde se exhiben las variables consideradas y el puntaje asociado. Las variables consideran varios aspectos basados en la normativa legal, estos se explican con más detalle a continuación:

- Instalaciones eléctricas generales: Busca proporcionar entornos de trabajo seguros sin o con mínima exposición a los riesgos eléctricos, viendo que se cumpla con la legislación vigente, normativas técnicas y directrices del fabricante. El diseño debe considerar aspectos como la protección contra choque eléctrico y arco eléctrico, medidas contra incendios, adecuada iluminación, disposición de espacios de trabajo y consideraciones de diseño.
- Gestión de mantenimiento: Busca llevar a cabo un mantenimiento adecuado de los sistemas eléctricos para preservar su condición original. Esto se hace a través de programas de medición (mantenimiento predictivo) y de mantenimiento programado (mantenimiento preventivo) para evitar fallos inesperados. La planificación previa, la documentación detallada, y la realización por personal calificado son fundamentales para lograr este objetivo.

- Equipo y EPP: Incluye la selección de elementos y equipos de protección personal (EPP) para las personas expuestas a riesgos eléctricos. Esto se verifica mediante la revisión del EPP de choque eléctrico que debe ser aislante, considerando el voltaje al que estarán expuestas las personas, y para el EPP para arco eléctrico que debe ser ignífugos, tomando en cuenta la energía incidente que podría generarse en caso de un arco eléctrico.
- Sistemas contra incendios: Se enfoca en la existencia y mantenimiento de los sistemas contra incendios en las instalaciones eléctricas.

Tabla 2
Criterios de aceptación para variables documentales

Variables	Norma	No cumple	No cumple	No cumple (por muy poco)	Cumplimiento mínimo	Cumple con buenas prácticas	Estándar Mundial
		0	1	2	3	4	5
Proyectos y Documentos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> ■ DS 132 ■ DS 08 	No cuentan con ningún tipo de documento	Los documentos presentados se encuentran desactualizados	Deficiencias menores con respecto a lo esperado	El Requerimiento se cumple en forma efectiva	Se cumple en forma efectiva y sistematizada	Practicas por sobre lo esperado
Documentos de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> ■ DS 132 ■ DS 08 ■ NFPA 70E ■ IEEE 3007.3 	No hay respaldo de documentos	Procedimiento no cumple con todos los requerimientos	Se entrega procedimiento, pero no se evalúa comprensión	Se entregan los procedimientos y se evalúa el entendimiento, pero no está sistematizado	Seguimiento y medición del cumplimiento de los documentos y está sistematizada	Practicas por sobre lo esperado
Capacitación y calificación	<ul style="list-style-type: none"> ■ DS 132 ■ DS 08 ■ NFPA 70E 	No hay capacitación	Solo se capacita en forma ocasional	Se capacita y se realiza capacitación In Situ	Se entrega entrena y se autoriza, pero el proceso no está sistematizado	Seguimiento y medición del cumplimiento de las calificaciones. Está sistematizada	Practicas por sobre lo esperado

De igual forma se definieron variables para los criterios de aceptación para variables documentales de la siguiente forma:

- Proyectos y documentos técnicos: Verifica los proyectos y documentos técnicos, los cuales son herramientas que detallan las especificaciones técnicas de las instalaciones eléctricas. Estos consisten en planos y memorias descriptivas que se crean con el propósito de ilustrar el diseño de la instalación eléctrica y la cantidad de materiales requeridos.
- Documentos de seguridad: Se hace referencia a diversos documentos, como autorizaciones de trabajo, inspecciones, auditorías, identificación de peligros, evaluación de riesgos, procedimientos, regulaciones, charlas, listas de verificación, pautas y planes de acción ante no conformidades.

- **Capacitación y calificación:** La capacitación es fundamental para proteger a todo el personal, incluyendo a contratistas, que enfrenta riesgos eléctricos. Esta verifica que se cumpla una estrategia efectiva para garantizar la seguridad de los trabajadores y también para crear conciencia sobre la seguridad eléctrica. Su objetivo es que los trabajadores puedan identificar los peligros eléctricos y reducir su exposición a los mismos.

Finalmente, se realizaron auditorías in situ a diversas empresas mineras de Chile y con los datos obtenidos se realizó un gráfico de superficie, que facilitó el análisis de estos para justificar el problema para esta etapa.

Población y muestra

Para esta investigación se realizaron auditorías de seguridad eléctrica a una muestra dirigida a 15 empresas de la gran minería de Chile, debido a que es uno de los rubros más desarrollados y normados con respecto a la seguridad eléctrica, esto se debe a que las empresas seleccionadas para el presente estudio son corporativos internacionales, lo que implica que no solo se debe cumplir la normativa nacional, sino que también la de su país de origen haciéndolas más exigentes. Entre estas, se seleccionó a una de ellas como caso de estudio para realizar los análisis. Los datos del caso de estudio son los siguientes:

- **Actividad Económica:** Gran minería del cobre. Chile.
- **Cantidad de Trabajadores:** 900 propios y una media de 3.100 trabajadores contratistas.
- **Trabajadores electricistas:** 60 propios y una media de 250 trabajadores contratistas.

Formulación del sistema

Este sistema fue desarrollado con base en la estructura del ciclo de Deming (Fisher et al., 2005), con una base teórica extraída de la norma ISO 45000 (ISO, 2018) y las recomendaciones de las normas NFPA 70E (NFPA, 2021) e IEEE 3007, destacando la adición de una evaluación de contexto al ciclo y la mejora continua aplicada de manera transversal en todo el sistema.

Se comenzó con una evaluación del contexto de la organización. Esto tenía como objetivo identificar factores internos y externos que pudieran influir en el logro de los objetivos y en la consecución de los resultados deseados para el sistema. La evaluación del contexto abordó tanto la información interna de la empresa como la información externa que afecta su aplicación.

Después se procedió al diseño de la planificación. En esta fase, se creó la estructura completa para la gestión del sistema propuesto. Esto implicó realizar un análisis de los aspectos de seguridad y mantenimiento que serían relevantes, así como establecer aspectos organizativos como el alcance y las responsabilidades de los roles. Se llevó a cabo el diseño y la creación de procedimientos documentados específicos para el sistema propuesto, y se establecieron las actividades y requisitos que debían cumplirse.

En la implementación se optó por establecer un sistema basado en la gestión por procesos. Esto implicó definir la gestión necesaria, cumpliendo con los requisitos esenciales de las normas de referencia (ISO 45000, ISO 31000) y las normas técnicas ampliamente reconocidas, como NFPA 70E e IEEE 3007.1. La gestión se centró en áreas como la autorización de trabajos, inspección, mantenimiento, identificación de peligros y evaluación de riesgos, además de la creación de procedimientos, entre otros aspectos.

La etapa de verificación del sistema se basó en los objetivos y metas previamente definidos durante la fase de planificación. Para llevar a cabo esta verificación, se establecieron las acciones y procesos que requerían seguimiento y medición, lo que incluyó aspectos legales y otros requisitos, actividades relacionadas con peligros y riesgos eléctricos, el progreso hacia el logro de los objetivos, la efectividad de los controles, entre otros.

La evaluación y seguimiento del sistema propuesto implicaron la comparación de la información recopilada en la evaluación inicial con los resultados obtenidos después de la fase de implementación. Se propuso lograr esto mediante la realización de una auditoría o la aplicación de otros indicadores de gestión.

Aplicación del sistema de gestión de seguridad eléctrica

Basado en las auditorías de diagnóstico se toma una de las empresas auditadas inicialmente, que proporcionó las facilidades para realizar el estudio y, se desarrolló un proceso de implementación del sistema de gestión de seguridad eléctrica propuesto. Posteriormente, se realizó una segunda auditoría para evaluar la mejora en la gestión de seguridad.

También se realizó un análisis de los incidentes, a causa de la energía eléctrica, producidos en esta misma empresa antes y después de haber implementado el sistema de gestión de seguridad eléctrica.

Análisis de resultados y obtención de beneficios

Se presenta la información de la auditoría inicial en un gráfico de superficie. Subsiguientemente, la implementación y las acciones realizadas por parte de la empresa para mejorar sus procesos. Y posteriormente, se presenta un gráfico de superficie correspondiente a una auditoría final que muestra el progreso obtenido al implementar dicho sistema de gestión.

Finalmente, se comparó la auditoría de diagnóstico versus la auditoría de seguimiento y se realizó un cuadro comparativo con la evaluación inicial versus la evaluación final del estudio del caso, dando a conocer en cuanto mejoró la evaluación y como esto afecta a la empresa.

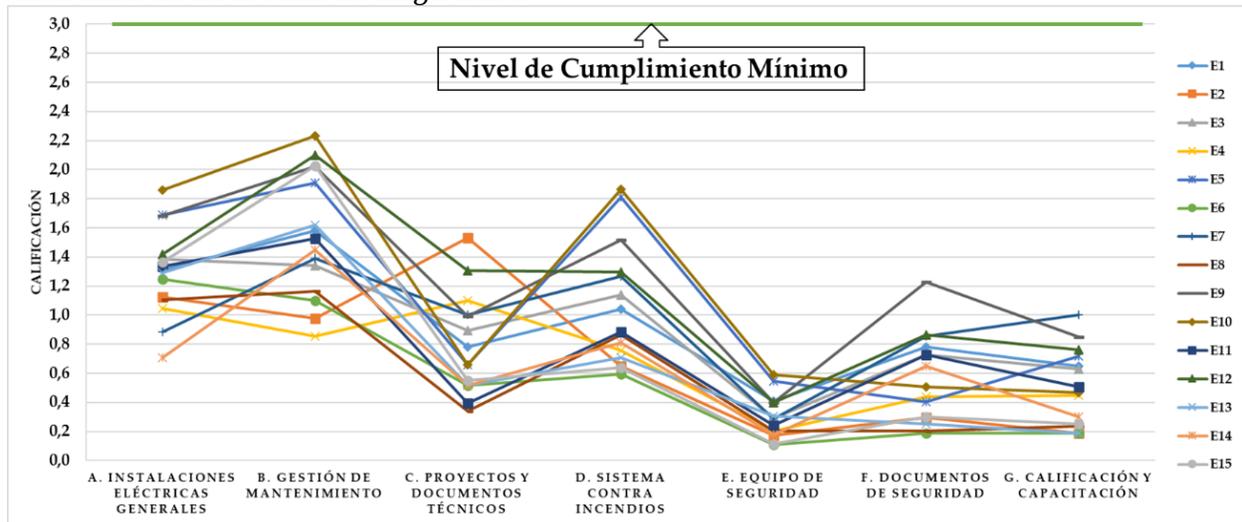
Resultados

Análisis de recopilación de datos

Las auditorías realizadas a distintas empresas mineras fueron agrupadas en la Figura 1, la cual muestra las similitudes en las falencias y sus puntos mejores evaluados.

A través de las auditorías se pudo detectar incumplimientos legales, pérdidas de recursos, incidentes a causa de la electricidad, entre otros hallazgos no deseados producto del desconocimiento de la normativa y/o mala aplicación de la gestión de seguridad eléctrica. De las 15 empresas auditadas, todas desarrollaban actividades de seguridad eléctrica. Sin embargo, ninguna de ellas tenía implementado un sistema de gestión de seguridad eléctrica. También se encontró que la gestión dependía única y exclusivamente del liderazgo de la persona que estaba a cargo, que es justamente lo que un sistema de gestión trata de evitar. Lo que es peor aún, en varias de estas empresas la gestión completa recaía en la superintendencia o departamento eléctrico, no insertando dichos programas en la gestión de SSO de la empresa.

Figura 1
Resultados de auditorías de diagnóstico



Sistema de gestión

Analizando la problemática se identificaron las falencias más comunes entre todas las empresas y se desarrolló un sistema de gestión de seguridad eléctrica para así mejorar los procesos mal evaluados. El sistema propuesto fue desarrollado con base en el ciclo de Deming, el cual es un método de probada eficacia a nivel mundial en gran parte de las organizaciones (Azadeh et al., 2014; Roldán-Molina et al., 2021; Rungtusanatham et al., 2003). Este se compone de cinco grandes etapas (Figura 2), las cuales son la planificación, la implementación, la verificación, la evaluación y la mejora continua la cual se puede efectuar en cada una de las etapas del ciclo.

Figura 2
Representación gráfica del sistema de gestión de seguridad eléctrica propuesto



Adicionalmente, para dar inicio al ciclo propuesto por el sistema, se considera la evaluación de contexto, en la cual se lleva a cabo un análisis del contexto interno y externo de la organización, igualmente se establecen las políticas y objetivos concernientes a la seguridad eléctrica con la que se da comienzo la etapa de planificación.

La primera etapa del sistema es la planificación, donde se desarrolla toda la esquematización y estructuración del sistema de gestión. Para ello se realiza un análisis de los aspectos de seguridad ocupacionales y de mantenimiento, igualmente se establecen aspectos organizacionales como el alcance, los roles y responsabilidades y posteriormente se realiza la identificación de peligros y evaluación de riesgos eléctricos con el fin de establecer las medidas de control preventivas y mitigatorias a los riesgos asociados.

A continuación, en la etapa de implementación se elabora la documentación del sistema propuesto, esta documentación debe ser realizada con base en el cumplimiento de los requisitos básicos exigidos por las normas de referencia (ISO 31000, ISO 45000), considerando también la normativa legal y técnica que aplique. Como mínimo considera elaborar un manual de gestión de seguridad eléctrica, el cual contiene toda la documentación general, técnica, de la gestión de prevención de riesgos eléctricos y de mantenimiento, plasmada en procedimientos e instructivos, enfocados a la operatividad del sistema de gestión de seguridad eléctrica. Además, considera todas las acciones que se desprenden de la planificación.

En la etapa de verificación se realiza el seguimiento de las acciones implementadas bajo una frecuencia establecida en la planificación. Esto se lleva a cabo mediante la ejecución de una auditoría específica para el sistema de gestión de seguridad eléctrica, la cual se centra en diversos objetivos, incluyendo la verificación del cumplimiento de requisitos legales y normativos, la evaluación de la eficacia del sistema de gestión de seguridad eléctrica, la identificación de riesgos y medidas de prevención, la promoción de la mejora continua y la promoción de una cultura de seguridad eléctrica. Esta auditoría abarca siete aspectos clave: la gestión de seguridad eléctrica, el diseño e ingeniería de áreas de trabajo seguras, el mantenimiento de instalaciones eléctricas, el estado de recintos eléctricos, la documentación normativa y procedimientos, los sistemas contra incendios relacionados con electricidad, la capacitación y calificación del personal expuesto a riesgos eléctricos, así como el estado de los equipos de protección personal y los sistemas de protección eléctrica disponibles.

En la evaluación se establece el nivel de cumplimiento de las acciones planificadas versus las acciones implementadas, pudiendo determinar las brechas y las buenas prácticas mediante el análisis de los resultados de las verificaciones realizadas; finalmente en este punto se entregan recomendaciones sobre los hallazgos e inicia el nuevo ciclo planificando las acciones para corregir las brechas detectadas.

La mejora continua se ubica al centro del ciclo, para demostrar que esta mejora se puede realizar en cualquiera de las etapas del ciclo, donde se detecte la desviación y no tener que esperar hasta las etapas de verificación y evaluación para hacer una nueva planificación. Por el contrario, en la etapa que se detecta la desviación se vuelve a la planificación para después implementar correctamente y, por consiguiente, verificar y evaluar la mejora propuesta.

Caso de estudio

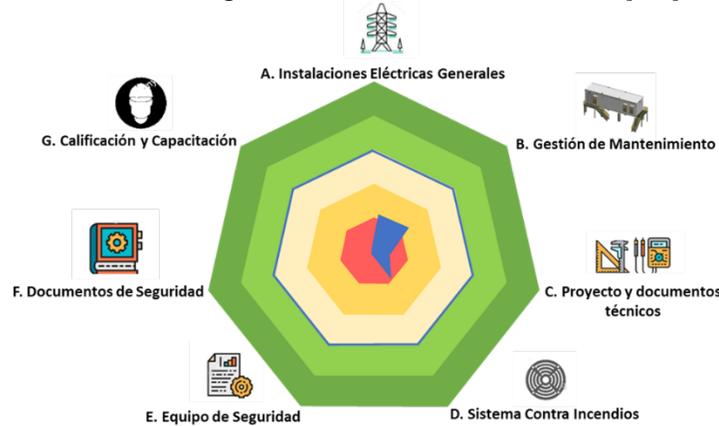
De la Figura 1 se seleccionó la empresa N°8 (E8), para realizar un estudio de implementación y seguimiento y así evaluar el impacto de la implementación de un sistema de gestión de riesgos eléctricos.

Evaluación de contexto

La auditoría inicial (Figura 3), muestra los resultados de la evaluación de los distintos tópicos antes de la implementación del sistema de gestión desarrollado en el caso de estudio. Tal es el caso de los tópicos extremos, como sería el tópico mejor evaluado que son las salas eléctricas. Aquí muestra una evaluación de 1.2 pts. En contraste, el punto peor evaluado es la documentación del sistema eléctrico, con una evaluación de 0.2 pts, sin mencionar que se muestra el nivel de cumplimiento legal mínimo señalado con la línea verde.

Figura 3

Representación gráfica del sistema de gestión de seguridad eléctrica propuesto



Por otro lado, mediante la auditoría inicial, realizada en 2019, en el análisis documental se logró establecer que han ocurrido 3 accidentes y 5 incidentes sin daño a las personas. Posterior a esto, el caso de estudio (la empresa E8 señalada en la Figura 1), brindó las facilidades para realizar la implementación del sistema de gestión de seguridad eléctrica y se dispuso a crear un comité de seguridad eléctrica que será responsable de implementar las distintas etapas definidas en el sistema de gestión, por lo que también se definieron: objetivos, alcances y planes de los grupos de trabajo, programas de reuniones, planes de trabajo, métodos de evaluación de los resultados del sistema de gestión, entre otros.

Planificación

Los factores fundamentales para el éxito de esta implementación es el apoyo de la alta administración y el apoyo de personal experimentado con conocimiento actualizado. Según las normas de seguridad eléctrica los requisitos mínimos a cumplir son:

- Establecimiento de roles y responsabilidades de los encargados de gestionar e implementar el sistema como representantes, un comité de seguridad eléctrica o coordinadores.

- Diseño y mantenimiento de instalaciones mediante un procedimiento para las condiciones de ingeniería y construcción de instalaciones eléctricas y se elaboró un estándar para el mantenimiento de equipos e instalaciones eléctricas.
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos eléctricos en base a las actividades presentes en las tareas del personal de la organización, tanto personal especialista como usuarios, de la energía eléctrica.
- Inspección y evaluación los equipos eléctricos a través de revisiones documentales e inspecciones de campo.
- Elaboración de procedimientos generales, específicos y permisos de trabajos, requeridos para la seguridad eléctrica. Esto puede incluir manuales, auditorías, procedimientos para realizar tareas específicas, entre otros.
- Desarrollo de un modelo de capacitación y calificación del personal, para la implementación en las organizaciones.
- Diseño de procedimientos de emergencia de seguridad eléctrica para emergencias operacionales, este se elaboró en conjunto con el personal de emergencias, medico, eléctrico y SSO un procedimiento de emergencias eléctricas, así como capacitaciones sobre el rescate víctimas relacionados a accidentes eléctricos.

Implementación

Algunas de las acciones que se implementaron para el refuerzo y mejoramiento de los procesos fueron:

- La alta gerencia consideró la integración de los requisitos de SSO en los procesos del sistema de gestión de seguridad eléctrica, además de la misión, visión y la política de seguridad eléctrica.
- Elaboración de una normativa de seguridad eléctrica de acuerdo con la normativa legal y norma técnicas aplicables a la seguridad eléctrica.
- Implementación de planes de mantenimiento los cuales contienen las acciones, los procedimientos, los recursos, los métodos y el tiempo necesario para desarrollo y sistematización de las tareas mediante software como SAP.
- Estudios de los sistemas eléctricos como lo son, los de potencia, de cortocircuitos, coordinación de protecciones y de energía incidente.
- Evaluación de riesgos eléctricos mediante el desarrollo de un método específico que incluye, la probabilidad, la consecuencia y el factor humano, además de las medidas de control apropiadas respetando la jerarquía de controles.
- Aplicación de procesos de calificación y autorización del personal electricista y capacitación a los usuarios de la energía eléctrica respecto a los riesgos eléctricos a que se exponen desarrollando un modelo el cual incluye inducciones generales y específicas, capacitaciones y entrenamientos relacionados con la seguridad eléctrica y evaluaciones.

Verificación y Evaluación

Para verificar el proceso de implementación se realizó una auditoría de seguimiento. Esta auditoría entregó resultados de la implementación del sistema de gestión de seguridad eléctrica (Figura 4). En este caso, a pesar de que los valores obtenidos no logran llegar al cumplimiento legal (línea verde marcada en la nota 3), todos los tópicos evaluados están muy

próximo a lograrlo. La brecha disminuyó considerablemente destacando la documentación que pasa de un 0,2 a 2.8.

Se realizó una tabla comparativa (Tabla 3), entre los resultados de la auditoría inicial versus los resultados de la auditoría de seguimiento. En esta tabla se logra observar la disminución de las brechas en cada uno de los tópicos evaluados, en contraposición a la baja evaluación que obtuvieron en la auditoría inicial.

Figura 4

Gráfico de superficie que muestra los resultados de la auditoría de seguimiento y evaluación de la implementación del sistema de gestión de seguridad eléctrica

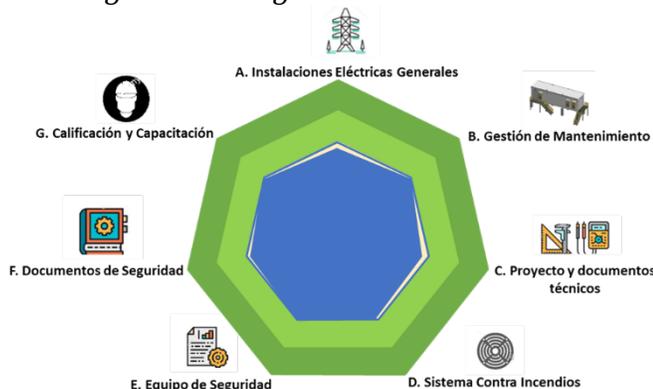


Tabla 3

Tabla comparativa entre los resultados de la auditoría inicial v/s la auditoría final

Tópicos evaluados en las auditorías	Inicial	Final
Instalaciones eléctricas generales	1.1	2.8
Gestión de mantenimiento	1.2	3.0
Proyecto y documentos técnicos	0.3	2.8
Sistema contra incendios	0.9	2.9
Equipo de seguridad	0.2	2.9
Documentos de seguridad	0.2	2.8
Calificación y capacitación	0.2	3.0

Discusión y conclusiones

Interpretación de los datos

En la Figura 1, se puede observar como las diferentes auditorías muestran una tendencia negativa en la evaluación lo que permitió determinar fallas en la gestión o vulnerabilidades existentes en la organización (Biler, 2017), en donde los puntos mejores evaluados siempre son las instalaciones generales, las salas eléctricas y el equipo eléctrico y, aun así sus evaluaciones no logran alcanzar los requisitos mínimos para cumplir la normativa. Por otro lado, los puntos peores evaluados son los procedimientos de seguridad, la documentación y el entrenamiento eléctrico, que no logra llegar a la puntuación 1, lo que significa que el desempeño en estas áreas fue más que deficiente demostrando las falencias administrativas, falla en el seguimiento, falta de sistematización de los procesos en la

evaluaciones del riesgo y desconocimiento de los requisitos mínimos de las normativas vigentes, producto de la falta de un sistema de gestión de seguridad eléctrica.

Un sistema de gestión brinda soluciones eficientes para resolver los problemas de las organizaciones a través de principios dinámicos, previsoros, holísticos y contingentes, además de darles la oportunidad que puedan desarrollar mejores estrategias para la supervivencia de las organizaciones aprovechando métodos más regulares y lógicos (Gholizadeh et al., 2021). Por lo mismo, para resolver los problemas planteados en el estudio se desarrolló un sistema de gestión que logre subsanar las problemáticas identificadas (Figura 2), el cual consiste en una serie de pasos que luego de una acción inicial de evaluación del contexto correspondiente al análisis de un estado inicial de la empresa, se procede a seguir un ciclo de etapas, la que consta en la planificación de las medidas necesarias para la mejora de las falencias, la implementación de estas medidas, la verificación de la efectividad del sistema y la evaluación final y la toma de acciones de contingencias si estas fuesen necesarias.

Implementación del sistema de gestión

Para la implementación y demostración de la efectividad del sistema de gestión de seguridad eléctrica se realizó un estudio de caso. El estudio revisado en esta sección, brinda una visión general sobre algunos aspectos de la integración del sistema de gestión propuesto a la gestión de seguridad y salud ocupacional de la empresa donde se implementó y, más específicamente, sobre los beneficios y dificultades de tenerlo (Simon et al., 2012). De acuerdo con el sistema de gestión de seguridad eléctrica desarrollado, en primera instancia se realiza una evaluación de contexto, en esta etapa se realizó una auditoría inicial (Figura 3), la cual muestra las deficiencias de la empresa estudiada y como se observa en la Figura 1, no está muy alejada de las deficiencias que muestran la mayoría de las empresas antes auditadas.

Siguiendo en las etapas del sistema de gestión de seguridad eléctrica, se procede a realizar la etapa de planificación en donde se formuló un plan de implementación con acciones como mejorar la infraestructura eléctrica, planes de mantenimiento, sistematización de los sistemas de documentación, los procedimientos de seguridad, los entrenamientos eléctricos, entre otros, ya que el sistema de gestión de seguridad eléctrica se basa en un enfoque integral que abarca todos los factores que influyen en la seguridad no solo los controles administrativos y EPP. Si se limita a solo eso, entonces el esfuerzo de seguridad eléctrica no verá un significativo cambio (Liggett, 2006). Posteriormente se procede a implementar lo propuesto en la etapa anterior.

La efectividad de los sistemas de gestión puede ser evaluada y medida por el análisis de una amplia variedad de factores que, en su conjunto, constituyen el aporte a la gestión de seguridad eléctrica (Acosta-Palmer y Troncoso-Fleitas, 2011). Por lo que, para verificar la eficacia del sistema de gestión propuesto se realizó una segunda auditoría, con el fin de recopilar los datos de los progresos y de esta manera cuantificar el mejoramiento alcanzado (Figura 4).

Reconocimiento de los beneficios

La implementación de la gestión de seguridad eléctrica beneficia a todos los empleados y sobre todo a la empresa que lo implante (Lavell, 2001). Lo que queda demostrado en la tabla comparativa entre la auditoría inicial versus la auditoría de

seguimiento (Tabla 3), en donde queda de manifiesto la mejora en todos los tópicos evaluados, pero a pesar de estos grandes resultados aún no se logra tener la evaluación de cumplimiento mínima. Aun así, entre las numerosas ventajas que proporciona la implementación de un sistema de gestión de seguridad eléctrica se lograron reconocer:

- Reducción potencial en el número de accidentes e incidentes en el lugar de trabajo.
- Reducción potencial de tiempos improductivos y costes asociados.
- Demostración frente a todas las partes interesadas del compromiso con la seguridad y salud laboral. Entre las partes interesadas se encuentran, trabajadores, delegados, de personal y prevención, autoridades laborales, etc.
- Reducción potencial de los costos asociados a gastos médicos.
- Permite obtener una posición privilegiada frente a la autoridad competente al demostrar el cumplimiento de la legislación y regulación vigente y de los compromisos adquiridos.
- Asegura credibilidad centrada en el control de la seguridad eléctrica. Se obtiene mayor poder de negociación con compañías aseguradoras gracias al respaldo confiable de la gestión del riesgo en la empresa.
- Mejor manejo de los riesgos en seguridad eléctricos ahora y en un futuro.

Limitación del método

A pesar de que los resultados positivos son evidentes, aun no se logra cumplir con la totalidad de los requerimientos para el cumplimiento de las normativas vigentes, debido a que el tiempo de implementación de un sistema de gestión de seguridad eléctrica como este, necesita como mínimo un periodo de 3 años para cumplir los objetivos planeados. Si bien los controles administrativos son posibles de implementar a corto plazo, acciones como la estandarización de las instalaciones, formulación de planes de mantenimiento, estudios eléctricos y otros requerirán más tiempo porque puede que incluso se tengan que formular planes de inversión a largo plazo.

Otra limitación importante es la cultura de seguridad existente actualmente, la de evaluar la seguridad eléctrica de similar manera a como se evalúan todos los procesos de seguridad, siendo que la seguridad eléctrica está regulada por normas legales y técnicas y que según las evaluaciones realizadas en la mayoría de los casos no son consideradas.

Recomendaciones

Dado que los resultados obtenidos son consistentemente positivos, se recomienda la implementación del sistema propuesto de seguridad eléctrica integrado al sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional de la empresa que lo implemente, ya que quedaron demostrados los beneficios que el sistema propuesto proporciona. Además, la sistematización de la gestión aumenta la eficiencia y eficacia de los procesos considerados en el sistema de gestión de seguridad eléctrica.

Proyecciones

Si bien los resultados se basan en una sola empresa, el sistema de gestión de seguridad eléctrica se está implementado en 5 empresas incluidas en las auditorías iniciales. Los resultados de los procesos de implementación no se incluyen en este estudio debido a que no

fue posible realizar la auditoría de seguimiento, por las restricciones de la actual pandemia de COVID-19 la implementación se ha visto retrasada. Se proyecta que a partir de la publicación de los resultados de los procesos de implementación de esta y las otras empresas que lo están implementando, más empresas estarán interesadas en implementar, ya que la seguridad eléctrica en los distintos países es uno de los procesos de seguridad más regulado tanto por normativas legales como por normas técnicas. Precisamente, uno de los objetivos del sistema de gestión propuesto es cumplir con la normativa tanto legal como técnica según sea la empresa que lo implemente y el país donde se implementa, más si se considera que todas las prácticas propuestas se integran fácilmente a la gestión habitual en materia de Seguridad y Salud Ocupacional.

Las principales conclusiones derivadas de esta investigación son:

- En conclusión, con base a los resultados obtenidos de las auditorías iniciales queda demostrado el problema planteado en este estudio. Es decir, que las empresas analizadas no aplican un sistema de gestión de seguridad eléctrica, principalmente por desconocimiento de este concepto o porque no existe un sistema el cual implementar.
- Con la implementación del sistema de gestión propuesto los estándares de seguridad eléctrica necesarios para cumplir con las normativas vigentes, son alcanzables ya que existe un mejoramiento en la cultura y educación acerca de la seguridad eléctrica, se mejoran las instalaciones, el mantenimiento pasa a ser un control preventivo y eficiente, una sistematización de gestión documental facilita también la calificación y autorización, lo que se traduce en mejores y específicos procedimientos, capacitaciones y entrenamiento lo que finalmente mejora los sistemas de protección y prevención de incidentes eléctricos en la empresa que implementa el sistema.
- Estas mejoras significan una serie de beneficios tangibles como es la protección de los equipos eléctricos, disminución de costos producidos por la interrupción operacional y la disminución de incidentes, sin mencionar los beneficios intangibles como el aumento en la sensación de seguridad de los trabajadores, mejores capacitaciones, etc.
- Finalmente quedó demostrado que el sistema propuesto está basado en los principios de la seguridad eléctrica, lo que se traduce en reducir los accidentes a las personas, reducir los costos por daños a los equipos e instalaciones y optimizar la continuidad operacional buscando el uso seguro y eficiente de la energía eléctrica.

Referencias

- Acosta-Palmer, Héctor R., & Troncoso-Fleitas, Mayra de la C. (2011). Auditoria integral de mantenimiento en instalaciones hospitalarias, un análisis objetivo. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 107-118.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442011000200003&lng=es&tlng=es.

- Anderson, R., McGaw, S., & Parra, G. (2019). An analysis of a decade of electrical safety incidents in the global EPC industry. In 2019 IEEE Petroleum and Chemical Industry Committee Conference (PCIC). <https://doi.org/10.1109/PCIC30934.2019.9074527>
- Azadeh, A., Gaeini, Z. & Moradi, B. (2014). Optimization of HSE in maintenance activities by integration of continuous improvement cycle and fuzzy multivariate approach: A gas refinery. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 32, 415–427. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.10.006>
- Becker, T. & Davis, C. (2015). Electrical Safety: A Program Development Guide. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 51(5), 4284–4290. <https://doi.org/10.1109/TIA.2015.2433893>
- Biler, S. (2017). Auditoria. Elementos esenciales Audit. *Essential elements Auditoria. elementos essenciais. Dominio de Las Ciencias*, 3, 138–151. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5907383>
- Crow, D., Liggett, D., & Scott, M. (2018). Changing the electrical safety culture. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 9(1), 93–96. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v9.i1.pp93-96>
- Drewiske, G. W. & Kalcec, A. (2020). Assessing the Health of an Electrical System: An Approach From the Forest Products Industry. *IEEE Industry Applications Magazine*, 26(4), 54-58. <https://doi.org/10.1109/MIAS.2020.2981099>
- Eastwood, K., Liggett, D., & Hesla, E. (2002). Electrical safety programs. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 38(6), 1677–1681. <https://doi.org/10.1109/TIA.2002.805562>
- Electro Industria. (2016). *El panorama de la seguridad eléctrica en los lugares de trabajo*. <https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2711&ni=el-panorama-de-la-seguridad-electrica-en-los-lugares-de-trabajo>
- Fisher, C. M., Barfield, J., Li, J., & Mehta, R. (2005). Retesting a model of the deming management method. *Total Quality Management and Business Excellence*, 16(3), 401–412. <https://doi.org/10.1080/14783360500053758>
- Gholizadeh, P., Onuchukwu, I. S., & Esmaeili, B. (2021). Trends in Catastrophic Occupational Incidents among Electrical Contractors, 2007–2013. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5126. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18105126>
- IEEE. (2012). IEEE recommended practice for electrical safety in industrial and commercial power systems. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2012.6179956>
- Landis, H. (2022). Considerations for a Balanced Scorecard of Leading and Lagging Indicators for Your Electrical Safety Program: Leading and Lagging Indicators. *IEEE Industry Applications Magazine*, 28(3), 16-20. <https://doi.org/10.1109/MIAS.2021.3114640>
- Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS*, 4, 1-22. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019254/PDF/SobrelagestiondelriesgosAllanLavell.pdf>
- Lebedev, G., Zakharov, S., Zakharenko, S., Sytnik, V., & Zakharova, R. (2021). Influence of individual psychophysical characteristics of the worker on electrical accidents. In *E3S Web of Conferences*, 315, 02010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131502010>
- Lee, K. Y., Moon, H. W., Kim, D. W., Lim, Y. B., & Ryu, I. H. (2021). A study on the development of an autonomous electrical safety management service using an IoT-based smart

- outlet. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 58(2), 168-178. <https://doi.org/10.1177/0020720918822753>
- Liggett, D. (2006). Refocusing electrical safety. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 42(5), 1340–1345. <https://doi.org/10.1109/TIA.2006.880902>
- Lopez Cachero, M. (1998). La gestión integral de la calidad, los riesgos medioambientales y los laborales: Ventajas de la gestión integrada frente a la gestión independiente. *UNE: boletín mensual de AENOR*, 121, 9. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019254/PDF/SobrelagestiondelriesgosAllanLavell.pdf>
- National Fire Protection Association. (2021). Standard for electrical safety in the workplace. <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=70E>
- Organización internacional de normalización. (2018). Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- Kaplan, R., y Norton, D. (2008). Cómo dominar el sistema de gestión. *Harvard Business Review*, 86(1), 40-57. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2506525>
- Roldán-Molina, G. R., Ruano-Ordás, D., Basto-Fernandes, V., & Méndez, J. R. (2021). An ontology knowledge inspection methodology for quality assessment and continuous improvement. *Data and Knowledge Engineering*, 133, 101889. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2021.101889>
- Rungtusanatham, M., Ogden, J. A., & Wu, B. (2003). Advancing theory development in total quality management: A “Deming management method” perspective. *International Journal of Operations and Production Management*, 23(7–8), 918–936. <https://doi.org/10.1108/01443570310486356>
- Sarkar, F., & Sarkar, I. (2021). Development of Proactive Mine Electrical Safety Management System (MESMS) for Indian Underground Hard Rock Mines: A Risk Assessment Based Approach. <https://www.ieomsociety.org/proceedings/2021india/179.pdf>
- Simon, A., Karapetrovic, S., & Casadess, M. (2012). Difficulties and benefits of integrated management systems. *Industrial Management and Data Systems*, 112(5), 828–846. <https://doi.org/10.1108/02635571211232406>