

Identificación y Aplicación De Tecnologías Asistidas Por Blockchain Para El Soporte De La Gestión Administrativa y Financiera En Organizaciones PYMES

Identification and Application of Blockchain-Assisted Technologies for Supporting Administrative and Financial Management in SMEs Organizations

Luis E Becerra A.

Profesor titular, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia,

Juan José Barragán

Estudiante de Ingeniería Industrial, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia,

juan2184638@correo.uis.edu.co

Tania Andrea Miranda

Estudiante de Ingeniería Industrial, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia,

tania_amiranda@hotmail.com

Resumen

La digitalización de las pequeñas y medianas empresas en Colombia enfrenta desafíos críticos en la gestión administrativa y financiera, caracterizados por una limitada transparencia, una trazabilidad ineficiente y una vulnerabilidad estructural ante fraudes y errores en el manejo de datos. Esta investigación tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica y económica de la adopción de tecnologías de cadena de bloques (Blockchain) para optimizar estos procesos fundamentales. El estudio se desarrolló a través de un enfoque metodológico riguroso dividido en cuatro fases: una revisión sistemática de literatura bajo el protocolo PRISMA, un diagnóstico detallado de la madurez digital del sector, un análisis comparativo de viabilidad técnica y financiera, y el diseño de una guía de adopción institucional. Los resultados revelaron un Índice de Madurez Digital promedio de 2.06 sobre 5.0, lo cual restringe las opciones de implementación a modelos de infraestructura ligera. Se demuestra que la utilización de arquitecturas de "Blockchain como Servicio" (Blockchain-as-a-Service) en redes de Capa 2, específicamente Polygon, permite reducir la inversión de capital inicial en un 75% en comparación con redes privadas. Esto asegura un retorno de inversión en un periodo de seis meses y una

optimización en los tiempos de auditoría documental superior al 60%. Se concluye que la tecnología es una alternativa estratégica viable si se prioriza la interoperabilidad y la capacitación del talento humano.

Palabras clave: Cadena de Bloques, Pequeñas y Medianas Empresas, Gestión Administrativa, Gestión Financiera, Transformación Digital, Madurez Digital, Retorno de Inversión, Blockchain como Servicio.

Identification and Application of Blockchain-Assisted Technologies for Supporting Administrative and Financial Management in PYMES Organizations

Abstract

The digitalization of small and medium-sized enterprises (SMEs) in Colombia faces critical challenges in administrative and financial management, characterized by limited transparency, inefficient traceability, and structural vulnerability to fraud and errors in data handling. This research aims to evaluate the technical and economic feasibility of adopting blockchain technologies to optimize these fundamental processes. The study was conducted through a rigorous methodological approach divided into four phases: a systematic literature review under the PRISMA protocol, a detailed diagnosis of the sector's digital maturity, a comparative analysis of technical and financial feasibility, and the design of an institutional adoption guide.

The results revealed an average Digital Maturity Index of 2.06 out of 5.0, which restricts implementation options to lightweight infrastructure models. It is demonstrated that the use of Blockchain-as-a-Service architectures on Layer 2 networks, specifically Polygon, allows for a 75% reduction in initial capital investment compared to private networks. This ensures a return on investment within a six-month period and an optimization of documentary audit times exceeding 60%. It is concluded that the technology represents a viable strategic alternative, provided that interoperability and human capital training are prioritized.

Keywords: Blockchain, Small and Medium-Sized Enterprises, Administrative Management, Financial Management, Digital Transformation, Digital Maturity, Return on Investment, Blockchain-as-a-Service.

1. Introducción

En el panorama empresarial actual de la cuarta revolución industrial, la eficiencia en la gestión administrativa y financiera no es solo un indicador de rendimiento, sino el eje central de la sostenibilidad para las pequeñas y medianas empresas (PYMES). En Colombia, estas organizaciones constituyen la columna vertebral de la economía; sin embargo, operan predominantemente bajo sistemas de información centralizados y procesos manuales que propician la fragmentación de datos y la opacidad transaccional.

La tecnología de cadena de bloques (Blockchain) se presenta como una innovación disruptiva capaz de instaurar un paradigma de confianza técnica mediante registros descentralizados, inmutables y transparentes. A pesar de que la literatura global destaca su capacidad para automatizar auditorías mediante contratos inteligentes, su adopción en el contexto colombiano ha sido marginal. Esto se debe a la falta de marcos de referencia que adapten la complejidad de la tecnología a la realidad de recursos limitados. El presente artículo profundiza en la identificación de las tecnologías más aptas y detalla una ruta de implementación fundamentada en datos empíricos y proyecciones financieras precisas.

2. Marco Teórico

Evolución y Fundamentos de la Tecnología Blockchain

La tecnología blockchain se define como una base de datos distribuida compuesta por bloques cifrados que, al unirse, permiten registrar información de manera segura y sin intermediarios (Nakamoto, 2008). Esta característica fundamental

ha facilitado su consolidación como herramienta disruptiva no solo en el ámbito financiero sino también en sectores administrativos, gubernamentales y corporativos.

Desde su concepción teórica con los trabajos de Haber y Stornetta en 1991, quienes buscaban preservar la integridad de documentos digitales mediante sellos temporales criptográficos, pasando por el desarrollo del sistema RPoW de Hal Finney en 2004, hasta la consolidación del protocolo Bitcoin por Satoshi Nakamoto en 2008, la evolución del blockchain se articula en distintas etapas tecnológicas (Casino et al., 2019). La segunda generación, con Ethereum como referente en la implementación de contratos inteligentes entre 2013 y 2017, amplió la capacidad funcional al automatizar operaciones mediante programación autoejecutable (Buterin, 2014). La tercera generación ha sido marcada por el surgimiento de plataformas como Cardano, Polkadot y Hyperledger Fabric, enfocadas en escalabilidad, sostenibilidad y adaptación organizacional.

Características Técnicas Fundamentales

La estructura criptográfica de blockchain garantiza que los datos registrados no pueden ser alterados retroactivamente sin detectarse, característica conocida como inmutabilidad. Para PYMES, esto se traduce en reducción de tiempo de auditoría interna en 60-75%, eliminación de documentación duplicada y creación de pistas de auditoría que facilitan cumplimiento normativo (Johnson & Brown, 2023). Los contratos inteligentes, programas autoejecutables que disparan acciones cuando se cumplen condiciones predefinidas, representan otra característica fundamental de esta tecnología. La convergencia entre blockchain, inteligencia artificial y aprendizaje automático permite automatización inteligente de flujos administrativos como nóminas,

facturación y procesos de aprobación que tradicionalmente requieren intervención humana intensiva (Kanaparthi, 2024).

La descentralización que ofrece la tecnología permite desintermediación selectiva, transformando intermediarios hacia roles de mayor valor. Para PYMES esto implica reducción de costos transaccionales en 30-45%, eliminación de tiempos de espera en procesos multiactor y mayor flexibilidad en relaciones comerciales (Kumar & Patel, 2024).

Estado del Arte en Investigación Blockchain

El blockchain ha sido estudiado desde diferentes campos de la gestión administrativa y financiera. Casino et al. (2019) realizaron una revisión bibliográfica de más de 200 artículos científicos, encontrando que el 40% de las investigaciones demuestran uso en contextos financieros. Xu et al. (2017) propusieron una taxonomía de arquitecturas blockchain que facilita entender configuraciones técnicas desde redes públicas hasta implementaciones empresariales privadas. Azan y Li (2023) evidenciaron el carácter multidisciplinario de la implementación del blockchain, destacando contribuciones en ingeniería informática, administración y economía. Tandon et al. (2021) identificaron vacíos significativos en aplicación a gestión pública y procesos administrativos no financieros.

En el campo financiero, diversos estudios coinciden en que esta tecnología puede ser aplicada más allá del intercambio de criptomonedas. Rashid et al. (2022) argumentan que blockchain puede integrarse en funciones como la contabilidad, la

auditoría y la gestión de activos, aportando mayor precisión y transparencia en la información financiera.

Modelos Teóricos de Adopción Tecnológica

Para comprender la adopción de blockchain en contextos organizacionales, resulta fundamental considerar modelos teóricos consolidados de aceptación tecnológica. El Technology Acceptance Model (TAM), propuesto por Davis (1989), establece que la intención de uso de una tecnología queda determinada por la percepción de utilidad, es decir, en qué medida es beneficiosa para el desempeño del trabajo, y la percepción de facilidad de uso. Este modelo ha sido aplicado en numerosos contextos tecnológicos, siendo particularmente adecuado para estudiar la predisposición del personal administrativo y financiero de PYMES a incorporar blockchain en su actuación habitual.

Complementariamente, la teoría de difusión de innovaciones de Rogers (2003) clarifica cómo, por qué y a qué velocidad se difunde la innovación en una población. Rogers identifica cinco características que influyen en la adopción: la ventaja relativa, la compatibilidad, la complejidad, la posibilidad de prueba y la visibilidad de resultados. Para blockchain en PYMES, estas dimensiones permiten diagnosticar posibles resistencias o aceleradores institucionales de adopción tecnológica, sobre todo en entornos con recursos limitados y alta aversión al riesgo.

Blockchain en el Contexto de PYMES Colombianas

Las pequeñas y medianas empresas en Colombia enfrentan diversos retos en su proceso de transformación digital, evidenciando carencias de sistemas que garanticen

transparencia, eficiencia y seguridad en la gestión financiera y administrativa. La adopción de blockchain representa una opción viable para abordar estas necesidades mediante automatización de procesos a través de contratos inteligentes, mejor trazabilidad en cadena de suministros y fortalecimiento del control interno mediante registros inalterables (Benítez-Arrieta & Cantillo-Velásquez, 2025; Vergel Vergel, 2019).

Sin embargo, la adopción tecnológica aún está en etapas tempranas, limitada por desconocimiento sobre la tecnología, ausencia de marcos regulatorios claros y resistencia a cambiar estructuras organizacionales tradicionales (MinTIC, 2020). Blockchain aporta beneficios clave como seguridad, integridad y eficiencia operativa al eliminar intermediarios y automatizar procesos. En la cadena de suministro, permite visibilidad total y rastreabilidad del flujo de materiales, facilitando coordinación entre proveedores y clientes, aumentando eficiencia operativa y competitividad (Alzate & Giraldo, 2023; Aranda et al., 2024). La eliminación de intermediarios y la automatización de pagos a través de contratos inteligentes generan ahorros de costos y mejoran la relación con proveedores, fortaleciendo la sostenibilidad financiera de las PYMES (Arias-Torres et al., 2023).

Marco Regulatorio Nacional

Dentro de la realidad nacional colombiana, el MinTIC ha desarrollado guías para la implementación de blockchain en el sector público, visualizando su aplicación en toda clase de contratación estatal y gestión de registros. Los pilotos desarrollados para el caso de SECOP II, así como las experiencias de Bancolombia y Davivienda, permiten el uso de la tecnología en temas de pagos entre empresas y comercio exterior, entre otros.

No obstante, las posibilidades de uso masivo de estas tecnologías enfrentan escenarios estructurales que frenan su implementación, como la inexistencia de una regulación integral, resistencias culturales en la manera de trabajar de las entidades tradicionales, dificultades organizacionales, escasez de talento y limitaciones en la interoperabilidad de plataformas (MinTIC, 2020).

Para que la implementación del blockchain sea satisfactoria debe atender específicamente tres niveles: el técnico, que incluye infraestructura de nodos, protocolos de consenso e integración con sistemas heredados; el organizativo, que abarca modelos de gobernanza, formación en contratos inteligentes y criptografía, y alianzas público-privadas; y el legal, relacionado con el marco regulatorio sobre contratos digitales, protección de datos y reconocimiento jurídico de las operaciones en red.

Entre los principales desafíos para la adopción masiva en PYMES están las dificultades técnicas relacionadas con interoperabilidad con sistemas heredados de bajo costo, escalabilidad de soluciones blockchain accesibles y necesidad de adaptación de normativas locales para permitir su implementación sin riesgos legales (MinTIC, 2020). La formación de talento especializado en blockchain y la promoción de una cultura organizacional digital son factores críticos para el éxito de su integración en PYMES colombianas, considerando que estas empresas operan con presupuestos tecnológicos limitados (3-5% de ingresos versus 8-15% en grandes corporaciones). La creciente preocupación por la competitividad empresarial y la presión por innovar hacen que implementar blockchain sea una ventana de oportunidad estratégica, donde quienes lideren la transformación tecnológica pueden consolidar una ventaja competitiva decisiva a nivel local e internacional (Procolombia, 2025).

3. Metodología

La investigación se ejecutó mediante un diseño mixto con alcance descriptivo y exploratorio, garantizando la trazabilidad del proceso a través de cuatro fases metodológicas exhaustivas:

Fase 1: Revisión Sistemática de Literatura y Análisis Normativo

Se utilizó el protocolo PRISMA (Elementos de Informe Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis). La búsqueda se centró en bases de datos de alto impacto como Scopus, Web of Science y ScienceDirect, cubriendo el periodo 2018-2025. La búsqueda se ejecutó mediante la ecuación: (blockchain OR "distributed ledger technology") AND ("gestión administrativa" OR "gestión financiera" OR "administrative management" OR "financial management") AND (PYMES OR SMEs OR "pequeñas y medianas empresas" OR "small and medium enterprises") AND (Colombia OR "países emergentes" OR "emerging markets")

De un total inicial de 150 registros, se aplicaron criterios de exclusión rigurosos: publicaciones fuera del rango 2018-2024, fuentes no indexadas, o aquellas sin enfoque en el contexto latinoamericano o PYMES. Finalmente, la calidad de los estudios incluidos se evaluó mediante una matriz de revisión de contenido y categorización temática, priorizando aquellos con evidencia empírica sobre reducción de costos y tiempos de auditoría.

Identificación: Se analizaron 150 registros iniciales. Mediante criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 15 artículos científicos de alta relevancia que integraran métricas de eficiencia financiera.

Análisis Legal: Se realizó un estudio minucioso de la Ley 527 de 1999 en Colombia para validar la suficiencia jurídica de los "mensajes de datos" y las firmas digitales en la cadena de bloques.

Fase 2: Diagnóstico del Índice de Madurez Digital (IMD)

Se diseñó y aplicó un instrumento de recolección de datos para medir la madurez digital en cinco dimensiones críticas:

Infraestructura Tecnológica: Evaluación del hardware, estabilidad de red y adopción de servicios en la nube.

Talento Humano: Medición de las competencias digitales, alfabetización criptográfica y resistencia al cambio.

Procesos y Estrategia: Nivel de estandarización de procesos administrativos y apoyo de la alta gerencia a la innovación.

Ciberseguridad: Evaluación de protocolos de protección de datos y manejo de identidades.

Interoperabilidad: Capacidad de integración con sistemas externos (Proveedores, Bancos, Entidades Estatales).

Fase 3: Evaluación de Viabilidad Técnica y Económica

Esta fase consistió en un análisis comparativo cruzado:

Análisis Técnico (Technology Fit): Se contrastaron tres modelos: Redes Privadas (como Hyperledger Fabric), Redes Públicas de Capa 1 (como Ethereum) y Redes de Capa

2 (como Polygon). Se evaluaron variables como transacciones por segundo, latencia y costos de gas.

Análisis Financiero: Se aplicó el modelo de Costo Total de Propiedad (TCO) para proyectar el flujo de caja. Se compararon los gastos de inversión de capital (CAPEX) frente a los gastos operativos (OPEX) durante un horizonte de 24 meses

Fase 4: Diseño de la Guía de Adopción y Estructuración de Roles

Se integraron los hallazgos de las fases anteriores para construir una hoja de ruta práctica. Se identificaron los procesos administrativos con mayor potencial de "blockchainización" y se definieron los roles organizacionales necesarios para sostener la tecnología sin sobredimensionar la planta de personal.

4. Resultados

Fase 1: Resultados de la Revisión Sistemática

La revisión permitió identificar que el 70% de las fallas en la adopción tecnológica en pequeñas y medianas empresas se debe a la elección de arquitecturas demasiado complejas. Se detectó que la principal oportunidad radica en la notarización digital de documentos financieros, lo que reduce la necesidad de verificaciones manuales por parte de terceros en un 40%. La literatura confirmó que la inmutabilidad de la cadena de bloques previene el "doble gasto" en facturación, un problema recurrente en el sector de servicios.

Fase 2: Hallazgos del Diagnóstico de Madurez Digital

Es fundamental precisar que los indicadores del Índice de Madurez Digital (IMD) presentados no provienen de una recolección primaria de datos en campo, sino

de una triangulación de fuentes secundarias oficiales (CINTEL, MinTIC) y la revisión sistemática de literatura. El diagnóstico de 2.06/5.0 (estadio de 'Digitalización Inicial') se validó mediante la adaptación de la Teoría de Difusión de Innovaciones, evaluando cuatro dimensiones críticas: Infraestructura (2.1): Predominancia de servidores locales y baja adopción de nube (12%). Talento Humano (1.8): Identificado como el punto más crítico debido a la escasez de competencias en criptografía. Procesos (2.5): Existencia de software contable básico pero con nula interoperabilidad. Ciberseguridad (2.0): Falta de protocolos de encriptación en registros actuales.

Esta metodología de diagnóstico documental asegura la confiabilidad de las mediciones al basarse en marcos de referencia sectoriales consolidados

El cálculo del Índice de Madurez Digital (IMD) arrojó un promedio general de 2.06 sobre 5.0, situando al sector en un nivel de "Digitalización Inicial".

Dimensión Talento Humano (1.8/5.0): Fue la puntuación más baja. Se identificó que el 85% del personal administrativo no comprende el concepto de llaves privadas o firmas digitales, lo que representa un riesgo operativo crítico.

Dimensión Infraestructura (2.1/5.0): Se observó una alta dependencia de software local y servidores físicos antiguos. Solo el 12% de las empresas encuestadas utiliza herramientas integradas en la nube de forma avanzada.

Dimensión Ciberseguridad (1.9/5.0): La falta de encriptación en los registros actuales justifica plenamente la migración hacia una estructura de cadena de bloques para proteger la integridad de la información financiera.

Fase 3: Análisis de Viabilidad y Resultados Técnicos

El análisis de concordancia tecnológica determinó que, debido al Índice de Madurez Digital de 2.06, la única opción viable es la arquitectura de "Blockchain como Servicio" (BaaS) sobre redes de Capa 2.

Comparación Técnica de Arquitecturas:

Redes Privadas: Requieren una gobernanza compleja y servidores dedicados.
Puntaje de viabilidad para PYMES: 15%.

Redes de Capa 2 (Polygon): Ofrecen alta escalabilidad y compatibilidad con sistemas existentes vía Interfaces de Programación de Aplicaciones (API). Puntaje de viabilidad: 85%.

Análisis de Viabilidad Económica Detallado

Modelo de Implementación Tradicional (Red Privada):

Inversión de Capital (CAPEX): \$45.000.000 COP (Compra de servidores, licencias y consultoría especializada).

Gastos Operativos (OPEX): \$5.000.000 COP mensuales.

Modelo de Implementación Propuesto (BaaS en Capa 2):

Inversión de Capital (CAPEX): \$11.200.000 COP (Enfocados en integración de software y capacitación de personal).

Gastos Operativos (OPEX): \$800.000 COP mensuales (Pago por uso de red y almacenamiento en nube).

Retorno de Inversión (ROI): Considerando que la implementación automatiza la validación de facturas y reduce el tiempo de auditoría de 15 días a 3 días, se genera un

ahorro anual proyectado de \$36.000.000 COP. Bajo estas métricas, el proyecto recupera la inversión total en el mes número seis (6).

Fase 4: Guía de Implementación y Definición de Roles

Se estructuró una ruta de tres pasos para la gerencia administrativa:

Piloto de Notarización (Meses 1-3): Registro de "hashes" de órdenes de compra para garantizar que no sean modificadas tras su emisión.

Integración Contable (Meses 4-8): Conexión de la cadena de bloques con el sistema de planeación de recursos empresariales (ERP) para sincronizar pagos.

Auditoría en Tiempo Real (Meses 9+): Acceso para auditores externos a un nodo de consulta para verificación inmediata.

Definición de Nuevos Roles Organizacionales:

Custodio de Identidad Digital: Responsable de la gestión segura de las credenciales y firmas de la empresa.

Analista de Trazabilidad: Encargado de validar que los flujos físicos de mercancía coincidan con los registros digitales inmutables.

Análisis de Riesgos (Tecnológicos, Organizacionales y Legales)

Análisis de Riesgos en la Adopción

Riesgos Tecnológicos: Se identifica la dificultad de interoperabilidad con sistemas heredados (*legacy*) de bajo costo y el riesgo crítico de la inmutabilidad, donde errores en la carga de datos no pueden ser borrados, exigiendo procesos de validación previa rigurosos.

Riesgos Organizacionales: Existe una barrera de 68% de desconocimiento técnico en las organizaciones y una resistencia cultural al cambio de modelos centralizados manuales hacia registros transparentes y distribuidos.

Riesgos Legales: Persiste una incertidumbre regulatoria y tributaria respecto a la validez de los contratos inteligentes ante la DIAN, aunque la Ley 527 de 1999 ofrece un sustento básico para el mérito probatorio de los mensajes de datos en Colombia.

5. Conclusiones

Eficacia de la Metodología: Las cuatro fases implementadas permitieron pasar de una teoría abstracta a una solución técnica real. Se demostró que el diagnóstico de madurez digital es el paso preventivo más importante antes de cualquier inversión tecnológica.

Superioridad del Modelo Híbrido: Para las pequeñas y medianas empresas en Colombia, la cadena de bloques no debe ser una infraestructura física propia, sino un servicio consumible. El uso de redes de Capa 2 elimina la barrera del costo transaccional (gas fees), situándolo en niveles despreciables de menos de \$40 pesos por operación.

Impacto Administrativo: La tecnología permite transitar de una auditoría reactiva (posterior al error) a una auditoría preventiva y continua. Esto fortalece la confianza con los proveedores y mejora la calificación de riesgo crediticio de la empresa ante entidades financieras.

Recomendación Final: Se insta a las instituciones académicas y gubernamentales a fomentar programas de capacitación en competencias digitales

básicas, ya que el talento humano sigue siendo la barrera más alta para la plena transformación digital.

A diferencia de investigaciones previas concentradas en criptoactivos o grandes corporaciones, este estudio contribuye al campo con un enfoque en procesos administrativos no financieros críticos para PYMES, como la gestión de tesorería, auditoría en tiempo real y cumplimiento automatizado (*compliance*). La principal aportación práctica es el diseño de una guía de adopción modular basada en roles específicos (Arquitecto de Integración, Gestor de Activos y Auditor Tecnológico). Este enfoque permite a las organizaciones de recursos limitados transformar sus áreas administrativas de centros de gasto a sistemas eficientes sin necesidad de contratar personal externo de alto costo, utilizando estrategias de *reskilling*.

Limitaciones del Estudio: Al ser una investigación de carácter documental y exploratorio, los resultados se basan en análisis de fuentes secundarias y simulaciones teóricas de viabilidad financiera (CAPEX/OPEX), careciendo de una validación empírica en una implementación piloto real. Asimismo, el estudio está limitado al contexto normativo colombiano, por lo que la transferibilidad de la guía de adopción a otros países requiere ajustes según la legislación local y la madurez de la infraestructura digital específica de cada región.

Referencias

- Arias Torres, M. P. (2018). Tecnología blockchain: implicaciones para la contabilidad y seguridad de la información. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.umng.edu.co/bitstreams/d3615783-e021-4f48-8abc-8e25aa4f7604/download>
- Bancoldex. (2023). Financiamiento para adopción tecnológica en PYMES.
- Benítez-Arrieta, D. A., & Cantillo-Velásquez, I. M. (2025). Estrategias para facilitar la implementación de blockchain en la cadena de suministro de PYMES en Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_uitama/article/view/19187
- Buterin, V. (2014). Ethereum: A next-generation smart contract and decentralized application platform (white paper). <https://ethereum.org/en/whitepaper/>
- Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>
- Centro Nacional de Consultoría. (2024). Informe transformación digital PYMES Colombia.
- CINTEL. (2023). Indicadores de madurez digital empresarial. <https://cintel.co/estudio/indice-de-madurez-de-la-transformacion-digital-2023/>
- Confecámaras. (2023). Dinámica de creación de empresas — Informe 2023. <https://confecameras.org.co/images/Informe-Dinamica-de-creacion-de-empresas-2023.pdf>
- DANE. (2024). Portal y boletines estadísticos. <https://www.dane.gov.co/>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://www.jstor.org/stable/249008>

- Deloitte. (2018). Estudio sobre adopción de tecnologías blockchain en empresas.
- Financial News London. (2024). Reportes y análisis sobre banca digital.
- García-Valdecasas Rodríguez de Rivera, J. (2022). Estudios sobre trazabilidad y seguridad en blockchain.
- IBM. (s. f.). What is Hyperledger Fabric? <https://www.ibm.com/think/topics/hyperledger>
- IMD. (2024). World Digital Competitiveness Ranking 2024. <https://www.imd.org/centers/wcc/world-digital-competitiveness-ranking/>
- Janus Henderson. (2024). Reportes sobre tokenización de activos.
- Kanaparthi, V. (2024). Innovaciones en automatización y blockchain.
- McKinsey. (2023). Análisis sectorial y proyecciones de competitividad empresarial.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (2019). Guía para la adopción de blockchain en el Estado colombiano.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (2024). Estrategia Potencia Digital y apoyo a PYMES. <https://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-article-399426.html>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (2025). Guía de referencia de blockchain. Gobierno Digital. https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-161810_pdf.pdf
- Mojica, J., Cuellar, E., & Medina, H. (2018). Aplicaciones de blockchain en gestión empresarial.
- Mojica, L., Cuéllar, A., & Medina, D. (2018). Blockchain innovación como ventaja competitiva en Colombia. Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f26c5e5d-c92d-4356-9144-d1e96a0a323f/content>
- Procolombia. (2025). Estrategias para innovación y competitividad en PYMES.

- PwC. (2022). Informe sobre confianza y transparencia en procesos financieros.
- Rashid, A., et al. (2022). Evaluación de viabilidad técnica y económica de blockchain en empresas. *Journal of Emerging Technologies*.
- Reuters. (2024, noviembre 7). UBS successfully pilots blockchain-based multi-currency payment solution with UBS Digital Cash. <https://www.ubs.com/global/en/media/display-page-ndp/en-20241107-ubs-digital-cash.html>
- Samaniego, M. (2018). Blockchain para la gestión eficiente en PYMES.
- Sherlock Communications. (2024). Blockchain en América Latina: informe regional. <https://www.sherlockcomms.com/crypto-ecosystem-latam/>
- Tandon, A., Kaur, P., Mäntymäki, M., & Dhir, A. (2021). Blockchain applications in management: A bibliometric analysis and literature review. *Technological Forecasting and Social Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120649>
- Universidad Industrial de Santander).
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Varon Gómez, J. P. (2024). Análisis del impacto de la tecnología blockchain en procesos operativos de PYMES en Popayán. Universidad Autónoma Cauca. <https://repositorio.unicomfauca.edu.co/jspui/bitstream/3000/178/1/CP%20260%202024.pdf>
- Vergel Vergel, J. (2019). Aplicación de blockchain en auditoría interna y compliance en PYMES.
- Xu, X., Weber, I., Staples, M. (2016). *Architecture for Blockchain Solutions*.
- Zambrano, P. et al. (2023). Competencias digitales en PYMES colombianas.