

**Evaluación de la adopción de soluciones Blockchain para la mejora de procesos
empresariales en Colombia**

Jhoana Gabriela Alvarado Forero, Julian Caro Jimenez

**Trabajo de grado para optar el título de magister en Gestión y Consultoría en
Tecnologías de la Información y Comunicación**

Director

Ivan Javier Sanchez Galvis

Doctor en ingeniería

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Maestría en Gestión y Consultoría en Tecnologías de la Información y Comunicación

2024

Agradecimientos

Especial agradecimiento al profesor Iván Javier Sánchez Galvis y a la ingeniera Dolly Smith Flórez Moreno por su disposición y acompañamiento durante este proceso. Además, le agradecemos a la Universidad Santo Tomás y al conjunto de docentes por su formación y enseñanza durante estos tres semestres.

Contenido

Introducción.....	11
1. Evaluación de la adopción de soluciones Blockchain en Colombia.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
2. Justificación	14
3. Objetivos.....	15
3.1 Objetivo general.....	15
3.2 Objetivos específicos.....	15
4. Marco referencial	16
4.1 Marco teórico.....	16
4.2 Marco conceptual.....	18
4.3 Marco legal.....	24
5. Método.....	26
6. Resultados.....	27
6.1 Aspectos a contemplar para la adopción de Blockchain	29
6.2 Impacto en reducción de costos, diferenciación en el mercado y expansión de negocio....	34
6.3 Oportunidades en el uso de tecnologías Blockchain.....	36
7. Conclusiones	37
Referencias	40

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Descriptivo cinco casos de aplicación de tecnologías Blockchain en empresas colombianas de diferentes industrias.....</i>	28
Tabla 2. <i>Descripción de los resultados en los siete KPI's de adopción de tecnologías Blockchain en cada uno de los cinco casos de estudio</i>	31
Tabla 3. <i>Nivel de documentación en resultados obtenidos para cada uno de los siete KPI's</i>	34

Resumen

La investigación tiene como objetivo principal explorar la condición actual en términos de adopción de tecnologías Blockchain para mejorar la seguridad de los datos y la eficiencia de los procesos en el sector empresarial colombiano. A pesar de las ventajas significativas que ofrece, como transparencia y trazabilidad, existe una brecha en la literatura sobre su implementación en pequeñas y medianas empresas. El objetivo del estudio es identificar obstáculos y facilitadores en su adopción a través de la evaluación de cinco casos de aplicación analizando su impacto en la mejora de los procesos empresariales y promoviendo su adopción a nivel nacional. Se espera que los hallazgos proporcionen conocimientos valiosos para empresas del sector, ayudándolas a tomar decisiones informadas sobre la adopción de estas tecnologías, así como ser útiles para proveedores y consultores interesados en fomentar su implementación efectiva en Colombia.

Palabras clave: Blockchain, seguridad, eficiencia

Abstract

The main objective of this research is to explore the current state of Blockchain technology adoption to improve data security and process efficiency in the Colombian business sector. Despite the significant advantages it offers, such as transparency and traceability, there is a gap in the literature regarding its implementation in small and medium-sized enterprises. The study aims to identify the obstacles and facilitators of this adoption through the evaluation of five implementation cases, analyzing their impact on improving business processes and promoting adoption both nationally and internationally. The findings are expected to provide valuable insights for businesses in the sector, helping them make informed decisions about adopting these technologies, as well as being useful for suppliers and consultants interested in fostering their effective implementation in Colombia.

Keywords: Blockchain, security, efficiency

Glosario

Blockchain: cadena de bloques, una estructura de datos que consiste en bloques enlazados de manera criptográfica maximizando la integridad y la inmutabilidad de la información en los registros.

Consenso: acuerdo entre los nodos de la red sobre el estado actual del Blockchain. Diferentes algoritmos de consenso incluyen Prueba de Trabajo (PoW), Prueba de Participación (PoS) y Delegated Proof of Stake (DPoS).

Contrato Inteligente: (Smart Contract): programa informático autoejecutable que facilita, verifica o hace cumplir acuerdos contractuales en un Blockchain.

Nodo: usuarios activos en una red Blockchain que participa en la validación y propagación de transacciones.

Hash: valor único y fijo que representa datos, generado por una función de hash criptográfica buscando garantizar la integridad de los bloques en la red Blockchain.

Fork: división en la cadena de bloques, puede ser blando (soft fork) o duro (hard fork), que da lugar a dos versiones diferentes de la cadena.

DApp: (Aplicación Descentralizada): aplicación que opera en una red descentralizada, generalmente en Blockchain, en lugar de en un servidor centralizado.

Token: representación digital de un activo en una Blockchain. Puede representar criptomonedas, activos físicos o derechos específicos.

Privacidad y Seguridad: características clave que se centran en proteger la identidad y los datos de los usuarios en una red Blockchain.

Interoperabilidad: capacidad de diferentes Blockchains para comunicarse y compartir información de manera efectiva.

Consortio Blockchain: red Blockchain gestionada por un grupo de organizaciones en lugar de una única entidad, diseñada para facilitar la colaboración.

Oráculo: fuente externa de datos que proporciona información a un contrato inteligente en una Blockchain.

Sidechain: (Cadena lateral): una cadena de bloques secundaria que opera de manera independiente, pero está vinculada a la cadena principal.

KYC: (Conozca a su Cliente): este proceso busca la autenticación y validación en la identidad de los usuarios buscando mantener los requisitos legales y de seguridad.

Sharding: técnica que divide la cadena de bloques en fragmentos más pequeños (shards) para mejorar la escalabilidad.

Atomic Swap: intercambio de una criptomoneda por otra sin necesidad de un intermediario, de manera instantánea y sin riesgos.

Seguridad Criptográfica: la información transferida en una Blockchain está protegida por algoritmos criptográficos y las claves privadas y públicas aseguran la autenticidad de las transacciones y la confidencialidad de los datos.

Registro Inmutable: una vez que la información se registra en un bloque y se agrega a la cadena, no se puede modificar ni eliminar esto a su vez proporciona un historial completo y verificable de todas las transacciones y transferencias de información.

Activo digital: es cualquier tipo de recurso o bien que existe en formato digital y que tiene valor económico o de intercambio. Estos se almacenan, transfieren y gestionan a través de plataformas digitales- En el contexto de la tecnología Blockchain y las criptomonedas, un activo digital suele ser cualquier cosa que esté registrado y almacenado en una Blockchain.

Encriptación: se conoce como el proceso de convertir información o datos legibles en un formato ilegible (texto cifrado) utilizando un algoritmo y una clave. El propósito de la encriptación es proteger la confidencialidad de los datos, de modo que solo aquellas personas o sistemas que tengan la clave adecuada puedan acceder y entender la información original.

Plataformas de Blockchain: son sistemas tecnológicos basados en la tecnología Blockchain que permiten crear, gestionar y operar aplicaciones descentralizadas (DApps), contratos inteligentes y activos digitales de manera segura, transparente e inmutable, principales ventajas de la tecnología Blockchain.

Minería digital: también conocida como minería de criptomonedas, es el proceso mediante el cual se validan y registran nuevas transacciones en una Blockchain, a la vez que se emiten nuevas unidades de criptomonedas. Este proceso se realiza a través del uso de potencia computacional, generalmente por medio de hardware especializado, y tiene como objetivo asegurar la integridad y la seguridad de la red Blockchain.

Nodos: dispositivo o entidad que participa activamente en una red Blockchain. Un nodo puede ser un servidor, computadora o dispositivo conectado a la red que mantiene una copia del registro de la Blockchain y ayuda a validar y transmitir las transacciones dentro de la red.

Tokens: es una unidad de valor digital creada y gestionada en una red Blockchain. A diferencia de las criptomonedas, que son monedas digitales con su propio propósito como medio de intercambio, los tokens pueden representar una amplia gama de activos o derechos dentro de un ecosistema Blockchain. Los tokens pueden ser utilizados para diversos fines, como realizar pagos, acceder a servicios, votar en decisiones de gobernanza, o representar propiedad de un activo.

ICOs: Un ICO (Initial Coin Offering, por sus siglas en inglés) es un método de recaudación de fondos utilizado por proyectos de criptomonedas o Blockchain para financiar el desarrollo de una nueva criptomoneda, token o plataforma. Funciona de manera similar a una oferta pública inicial (IPO, por sus siglas en inglés) en el mercado de valores, pero en lugar de ofrecer acciones, los proyectos ofrecen tokens que pueden tener diversos usos dentro de su ecosistema.

Introducción

La seguridad de los datos, la eficiencia en los servicios ofrecidos por entidades públicas y privadas, la transparencia en el intercambio de información y las imperfecciones que estos procesos tienen actualmente, impulsa a la revisión y búsqueda de soluciones que puedan simplificar, asegurar y mejorar los procesos (Hamed Taherdoost, agosto 2022, pp 4). Esta investigación se enfocará en las mejoras en términos de eficiencia de procesos y en la seguridad en la transferencia de información que puede representar para las empresas de colombianas. Las tecnologías o soluciones Blockchain actualmente ofrecen ventajas significativas como la simplificación de procesos y el impacto en términos de transparencia, seguridad y la trazabilidad de los datos compartidos en redes empresariales generando ahorros en los costos de procesos actuales (Rouhani & Deters, junio 2021, pp 1-2). Para las empresas colombianas este tipo de herramienta puede ser de gran ayuda, sin embargo; como las diferentes soluciones de tecnologías Blockchain son amplias, es necesario comprender cómo estas pueden ser productivas para las empresas y comprender como ellas pueden adaptarse y beneficiarse con la tecnología Blockchain. Aunque las soluciones Blockchain han sido ampliamente adoptadas por grandes empresas y corporaciones, existe una brecha en la literatura respecto a su adopción y aplicación en el sector empresarial colombiano (Alfonso et al., 2022, pp. 7) a pesar de los beneficios y grandes potenciales en su uso. Esta investigación busca identificar los obstáculos y facilitadores en el proceso de adopción, así como evaluar el impacto real en la mejora de procesos empresariales a través del estudio y análisis de cinco casos de aplicación de tecnologías Blockchain para diferentes industrias. La elección de los cinco casos de estudio estuvo determinada por su nivel de documentación y claridad en el aporte generado en la

industria estudiada y confiabilidad de las fuentes de información que en el 100% de los casos corresponde a proyectos de grado de importantes universidades colombianas. A su vez la selección de los casos de estudio estuvo motivada por lograr un enfoque de estudio multiindustria que pueda servir como referencia a diferentes y representativos sectores empresariales colombianos y ver cómo influye en sus objetivos de desarrollo y expansión. Se espera que los resultados de esta investigación proporcionen información valiosa para las empresas colombianas, ayudándolas a tomar decisiones informadas sobre la adopción de tecnologías Blockchain, además, los hallazgos podrían ser útiles para proveedores de este tipo de soluciones, consultores y otros actores interesados, que, aunque hay pocos actualmente, buscan promover la adopción efectiva de estas tecnologías en Colombia.

Este documento se organiza en varias secciones que permiten el desarrollo y entendimiento del estado de adopción de tecnologías Blockchain en Colombia. En primer lugar, la introducción proporciona una visión general del contexto y los objetivos a desarrollar en el proceso de investigación, seguidamente a través del marco referencial se entenderá el contexto y estado de situación en complemento con el estado del arte. En la sección método se detallan los procedimientos utilizados para recopilar y analizar los datos seguido de la sección resultados, en la cual evidenciaremos los hallazgos más importantes de la investigación y finalmente encontrar las respectivas conclusiones. También se incluye un apartado de referencias que detalla las fuentes consultadas a lo largo del estudio.

1. Evaluación de la adopción de soluciones Blockchain en Colombia

1.1 Planteamiento del problema

A pesar de los beneficios potenciales de las soluciones Blockchain muy pocas empresas colombianas han logrado adoptarlas buscando el impacto en la mejora de sus procesos empresariales. La brecha se presenta principalmente en las medianas y pequeñas empresas colombianas. El país se encuentra en una etapa temprana en la implementación de tecnologías Blockchain, con un número creciente de empresas iniciando con una oferta de soluciones innovadoras a distintos sectores e industrias. La tecnología Blockchain en Colombia se le considera como emergente, debido a que solo un pequeño porcentaje de empresas grandes han logrado implementar esta tecnología, pero las pequeñas y medianas empresas no han adoptado soluciones Blockchain de manera efectiva, lo que limita su capacidad para optimizar procesos y competir en el mercado.

La falta de adopción efectiva de soluciones Blockchain puede resultar en ineficiencias operativas, mayores costos y una menor capacidad de respuesta a las demandas del mercado, lo que pone en desventaja a las empresas frente a competidores más tecnológicamente avanzados. Adicional, Actualmente, Colombia no cuenta con una estructura sólida de investigación y desarrollo (I+D) que facilite la generación de conocimiento ni el avance tecnológico en el ámbito de Blockchain, además, el país carece de patentes y protocolos propios adaptados a su realidad y contexto empresarial que representa una limitante para las empresas que buscan mejorar sus procesos y ser más competitivas.

El gobierno colombiano, a través del Ministerio de las TIC, ha reconocido la importancia y las múltiples oportunidades de transformación que ofrece la tecnología Blockchain en diferentes

industrias (Espinosa, 2020). Las problemáticas empresariales resueltas a través de aplicación de tecnología Blockchain son cada vez más. Logrando un mayor grado de madurez y resolviendo los múltiples problemas de escalabilidad de las plataformas públicas y privadas con aplicabilidad práctica y real. Sin embargo, aún persisten barreras técnicas, organizativas y legales.

Si el problema no se aborda, las empresas colombianas corren el riesgo de quedarse atrás en términos de innovación, eficiencia operativa y mejora en sus procesos, lo que podría llevar a una pérdida de cuota de mercado y, eventualmente, a la obsolescencia. Aunque se ha investigado la adopción de soluciones Blockchain en general, hay una falta de estudios específicos sobre los desafíos y oportunidades que enfrentan las empresas en Colombia, así mismo el vacío legal y normativo que actualmente se presenta en términos de tecnología Blockchain crea una oportunidad de uso inapropiado e ilícito de esta tecnología.

2. Justificación

La motivación de esta investigación nace en la creciente necesidad de mejorar la seguridad de los datos y la eficiencia de los procesos en el sector empresarial colombiano. A medida que las entidades públicas y privadas enfrentan desafíos relacionados con la transparencia y la falta de confianza en el intercambio de información, la tecnología Blockchain se presenta como una solución viable que puede simplificar y asegurar estos procesos. A pesar de sus beneficios significativos, como la trazabilidad y la reducción de costos, entre muchos otros, la adopción de Blockchain ha sido limitada, especialmente en pequeñas y medianas empresas, donde la literatura y los casos de aplicación son pocos.

Esta investigación se justifica en la necesidad de proporcionar una comprensión más profunda y unificada sobre los aspectos más relevantes en aplicación de tecnología Blockchain,

así como impactos y limitaciones encontradas en cada una de los casos de aplicación en las diferentes industrias, proporcionando así a los interesados conocimiento, referenciación y la posibilidad comparar y generar nuevas ideas sobre oportunidades de aplicación.

la investigación no solo busca contribuir al desarrollo del sector empresarial en Colombia y suministrar información valiosa que les permita tomar decisiones informadas sobre su implementación, además busca servir como referenciación para proveedores y consultores, quienes juegan un papel crucial en la promoción de estas tecnologías.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Investigar el estado actual de la adopción de tecnología Blockchain en el sector empresarial colombiano, identificando las empresas y organizaciones que han implementado soluciones basadas en Blockchain en diversas aplicaciones, y analizando los beneficios y desafíos que han experimentado.

3.2 Objetivos específicos

Identificar las soluciones Blockchain utilizadas en diferentes aplicaciones dentro del sector empresarial colombiano a través de un cuadro que incluya: Institución, aplicación, tipo de solución Blockchain, descripción de la solución y fuente de información.

Analizar cada una de las soluciones Blockchain identificadas para determinar ventajas y desventajas en los escenarios de aplicación específicos. El análisis incluye la medición de la efectividad a través de indicadores claves de rendimiento KPI's para los diferentes casos de estudio

incluido el de notificaciones certificadas para la CRC desarrollado por la alianza Comisión Regulación de Comunicaciones - Universidad Santo Tomás CRC-USTA (Zabala-Vargas et al., 2024)

Evaluar el impacto de la adopción de soluciones Blockchain en la competitividad de las empresas tecnológicas en Colombia, considerando factores como la diferenciación en el mercado, la reducción de costos y la expansión de oportunidades de negocio.

4. Marco referencial

4.1 Marco teórico

Blockchain es una cadena de bloques que guarda información codificada sobre las transacciones realizadas en la red. Estos bloques, al estar vinculados entre sí, permiten la transferencia de datos de manera segura, gracias a la criptografía que asegura su integridad y confidencialidad.

Una de las características más destacadas de Blockchain es su capacidad para eliminar la necesidad de intermediarios en la validación de la información. En lugar de depender de una tercera parte para autenticar los datos, la información se distribuye entre nodos que operan de manera independiente y simultánea, sin necesidad de interactuar entre sí. Este sistema asegura que una vez que los datos se almacenan en la cadena, no puedan ser alterados ni eliminados. Cualquier intento de modificar un dato previo sería imposible sin alterar toda la cadena, ya que cada bloque está protegido por criptografía, creando una red de seguridad que garantiza la integridad de la información registrada.

La tecnología Blockchain que conocemos hoy en día es el producto de una evolución de diversas innovaciones tecnológicas que, al combinarse, ofrecen características como la

trazabilidad y la eliminación de intermediarios en la transmisión de información. Para comprender cómo funciona esta tecnología, resulta útil primero revisar brevemente los avances previos que la han hecho posible.

En sus inicios, los sistemas criptográficos permitían una limitada protección ante la interceptación de datos y con un alto riesgo de interceptación de los mensajes al tener que acordar de manera conjunta las claves. El rápido crecimiento de Internet y la expansión de la información en las redes y el ciberespacio facilitaron la creación de nuevos protocolos dentro de esta red, como el Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP), el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP) y el Protocolo de Transferencia de Correo Simple (SMTP). Estos nuevos protocolos mantenían el modelo “cliente-servidor” y a su vez la intermediación de los protocolos anteriores hasta la consolidación de la arquitectura peer to peer (P2P) con un enfoque de red distribuida a híbrida. Lo que se conoce como protocolo original de Bitcoin para después consolidarse como el concepto de tecnología Blockchain es la evolución de la primera generación de redes peer to peer descentralizadas que se masificaron en internet para en 2008 referirse como un sistema de pago electrónico basado en prueba criptográfica permitiendo las transacciones directas entre dos partes eliminando intermediarios. La naturaleza de operaciones directas sin una entidad centralizada que proporcionaba Blockchain rápidamente se fue adoptando en materia de contratos inteligentes, plataformas tecnológicas y otras aplicaciones en sectores como finanzas, logística, la salud y el sector público.

Gracias a los grandes beneficios demostrados tras la aplicación de tecnología Blockchain, múltiples entidades gubernamentales ven en esta, una herramienta que facilita la implementación acelerada de las diferentes estrategias de gobierno digital y democratización de servicios ciudadanos, a su vez facilitando las interacciones entre ciudadanos, instituciones y agentes

económicos. Se ha identificado que la implementación de esta tecnología se evidencia principalmente en los sectores económicos como salud, proptech y, naturalmente, el sector financiero (Fernández Vázquez, octubre 2022)

La aplicación de tecnologías Blockchain ha generado un creciente interés entre los líderes empresariales de diferentes sectores, debido a su potencial para transformar los procesos operativos, aumentar la confianza en las transacciones comerciales, integrar diversas tecnologías en una plataforma de manera uniforme y fomentar la automatización para mejorar la eficiencia interna. Sin embargo, la adopción de Blockchain en Colombia enfrenta obstáculos regulatorios, técnicos y administrativos, entre los cuales se destacan:

Marco Regulatorio: definición de reglas claras y transparentes para el establecimiento y avance de proyectos Blockchain en empresas del sector tecnológico en Colombia

Interoperatividad: la existencia de miles de redes, algunas con criptoactivos, otras en el ámbito privado, otras publicas exigen interconexión de manera estandarizada.

Conocimiento difusión y formación: trasladar el entendimiento de tecnologías Blockchain más allá de las criptomonedas. Aunque es poca la literatura existente alrededor de tecnologías Blockchain en empresas colombianas, importantes actores como MINTIC, resaltan las diferentes ventajas a nivel de optimización, seguridad y trazabilidad que permite la implementación de tecnologías Blockchain principalmente en empresas de industrias como finanzas, emprendimientos y Logística entre otras.

4.2 Marco conceptual

En general el ecosistema empresarial Colombiano tiene entre mucho otros requerimientos de conocimiento, formación e información sobre adopción de tecnologías Blockchain para la

optimización de sus procesos empresariales, los conceptos que se van a detallar a continuación buscan proporcionar a la industria del sector tecnológico en Colombia conceptos generales sobre las diferentes plataformas, tecnologías, evolución de las tecnologías Blockchain, temas de seguridad, redes y colaboración que abarca desde aspectos técnicos hasta aplicaciones prácticas en diversos casos que al final les permita construir una idea sólida sobre el uso de la tecnología en pro de la optimización de sus procesos.

Si bien muchos de los conceptos fundamentales de Blockchain son universales en diversos contextos, también hay diferencias en cómo se interpretan y aplican estos conceptos en diferentes situaciones, según su uso, modelo de consenso, privacidad y transparencia según el diseño de la red, alcance de interoperatividad y colaboración según el tipo de red; sin embargo los beneficios esperados son similares y fácil de evidenciar principalmente en procesos empresariales altamente estandarizados como cadena de suministros, transacciones financieras, verificación de autenticidad, automatización de procesos, gestión de accesos y licenciamiento digital entre otros.

En la búsqueda del entendimiento y comprensión de tecnologías Blockchain es importante conocer los términos clave que definen su operación. A continuación, se presenta un glosario con los términos más relevantes de Blockchain, que proporcionará una base sólida para entender sus componentes y aplicaciones.

Blockchain: cadena de bloques, una estructura de datos que consiste en bloques enlazados de manera criptográfica, que garantiza la integridad y la inmutabilidad de la información.

Consenso: se refiere al mecanismo o proceso utilizado por los participantes de una red para llegar a un acuerdo sobre el estado actual de la base de datos o libro mayor distribuido, asegurando que todas las transacciones y bloques sean válidos y aceptados por todos los nodos de la red.

Contrato Inteligente (Smart Contract): programa informático autoejecutable que facilita, verifica o hace cumplir acuerdos contractuales en un Blockchain.

Nodo: Usuario activo que participa en una red Blockchain para ejercer funciones de validación y propagación de transacciones.

Hash: valor único y fijo que representa datos, generado por una función de hash criptográfica, este tiene como función principal garantizar la integridad de los bloques en Blockchain.

Fork: división en la cadena de bloques, puede ser blando (soft fork) o duro (hard fork), que da lugar a dos versiones diferentes de la cadena.

DApp (*Aplicación Descentralizada*): aplicación que opera en una red descentralizada, generalmente en Blockchain, en lugar de en un servidor centralizado.

Token: representación digital de un activo en una Blockchain. Puede representar criptomonedas, activos físicos o derechos específicos.

Privacidad y Seguridad: características clave que se centran en proteger la identidad y los datos de los usuarios en una red Blockchain.

Interoperabilidad: capacidad de diferentes Blockchains para comunicarse y compartir información de manera efectiva.

Consortio Blockchain: red Blockchain gestionada por un grupo de organizaciones en lugar de una única entidad, diseñada para facilitar la colaboración.

Oráculo: fuente externa de datos que proporciona información a un contrato inteligente en una Blockchain.

Sidechain (*Cadena lateral*): una cadena de bloques secundaria que opera de manera independiente, pero está vinculada a la cadena principal.

KYC: (Conozca a su Cliente): es un proceso de autenticación y validación en la identidad de los usuarios que participan en una red Blockchain, buscando así cumplir con requisitos legales y de seguridad.

Sharding: técnica que divide la cadena de bloques en fragmentos más pequeños (shards) para mejorar la escalabilidad

Atomic Swap: Intercambio de una criptomoneda por otra sin necesidad de un intermediario, de manera instantánea y sin riesgos.

Seguridad Criptográfica: la información transferida en una Blockchain está protegida por algoritmos criptográficos y las claves privadas y públicas aseguran la autenticidad de las transacciones y la confidencialidad de los datos.

Registro Inmutable: una vez que la información se registra en un bloque y se agrega a la cadena, no se puede modificar ni eliminar esto a su vez proporciona un historial completo y verificable de todas las transacciones y transferencias de información.

Activo digital: es cualquier tipo de recurso o bien que existe en formato digital y que tiene valor económico o de intercambio. Estos se almacenan, transfieren y gestionan a través de plataformas digitales- En el contexto de la tecnología Blockchain y las criptomonedas, un activo digital suele ser cualquier cosa que esté registrado y almacenado en una Blockchain.

Encriptación: se conoce como el proceso de convertir información o datos legibles en un formato ilegible (texto cifrado) utilizando un algoritmo y una clave. El propósito de la encriptación es proteger la confidencialidad de los datos, de modo que solo aquellas personas o sistemas que tengan la clave adecuada puedan acceder y entender la información original.

Plataformas de Blockchain: son sistemas tecnológicos basados en la tecnología Blockchain que permiten crear, gestionar y operar aplicaciones descentralizadas (DApps), contratos

inteligentes y activos digitales de manera segura, transparente e inmutable, principales ventajas de la tecnología Blockchain.

Minería digital: también conocida como minería de criptomonedas, es el proceso mediante el cual se validan y registran nuevas transacciones en una Blockchain, a la vez que se emiten nuevas unidades de criptomonedas. Este proceso se realiza a través del uso de potencia computacional, generalmente por medio de hardware especializado, y tiene como objetivo asegurar la integridad y la seguridad de la red Blockchain.

ICOs: un ICO (Initial Coin Offering, por sus siglas en inglés) es un método de recaudación de fondos utilizado por proyectos de criptomonedas o Blockchain para financiar el desarrollo de una nueva criptomoneda, token o plataforma. Funciona de manera similar a una oferta pública inicial (IPO, por sus siglas en inglés) en el mercado de valores, pero en lugar de ofrecer acciones, los proyectos ofrecen tokens que pueden tener diversos usos dentro de su ecosistema.

Los casos de estudio seleccionados aportan información cualitativa sobre indicadores claves de desempeño (KPI's) orientados principalmente al impacto en el negocio y no a la evaluación del comportamiento de la red blockchain, siendo estos últimos datos mucho más cuantitativos. Estos KPI's orientados al impacto en el negocio, nos permitirá conocer los resultados cualitativos obtenidos en términos de eficiencia operativa, satisfacción del cliente, la capacidad de generar ingresos y la competitividad en el mercado, entre otros. Estos datos permiten tomar decisiones informadas, detectar áreas de mejora y ajustar las estrategias de manera efectiva. Por otro lado la evaluación de estos indicadores, permitirá a los proveedores de tecnología Blockchain estructurar mucho mejor su estrategia de comercialización según a los

estándares de la industria, mantenerse a la vanguardia frente a la competencia y mayor generación de valor a sus clientes.

Tiempo de Transacción: este indicador refleja el tiempo que tarda una transacción en ser procesada y aceptada dentro de la red Blockchain. Se trata de una métrica crucial para evaluar la rapidez y eficiencia de una solución Blockchain. Al analizar este KPI, las organizaciones pueden identificar posibles obstáculos y zonas de mejora, lo que les permite optimizar el flujo de trabajo y asegurar un procesamiento de transacciones más ágil y eficaz.

Reducción de Costos: evaluar los costos asociados con la ejecución y mantenimiento de las transacciones en la red Blockchain y valora la efectividad de Blockchain para minimizar la estructura de costos asociada a los diferentes procesos empresariales.

Eficiencia Operativa: analiza cómo la implementación de Blockchain ha mejorado la eficiencia de los procesos operativos y su impacto en la productividad y reducción de costos dentro de una industria específica.

Transparencia: este KPI evalúa la capacidad de Blockchain para proporcionar una trazabilidad completa y transparencia en las transacciones. Maximiza la confianza y la credibilidad entre las partes interesadas gracias a la trazabilidad de cada uno de los registros.

$$\text{Transparencia} = (\text{número de registros accesibles} / \text{número total de registros}) \times 100\%$$

Trazabilidad: determina la capacidad de una solución basada en Blockchain para seguir y registrar el traslado de activos o datos. Esto permite a las organizaciones contar con un proceso claro y verificable, asegurando la trazabilidad, la rendición de cuentas y reduciendo el riesgo de fraudes o errores.

Seguridad de Datos: este indicador determina la capacidad el almacenamiento y transmisión segura de los en la red distribuida. Este KPI ayuda a que las organizaciones puedan

mitigar el riesgo de violaciones de datos, mejorar la confianza del usuario y mantener el cumplimiento de las regulaciones de protección de datos y seguridad de la información.

Interoperabilidad: este indicador evalúa cómo las soluciones Blockchain pueden compartir datos e información de manera fluida con otros sistemas de información y aplicativos y entre redes Blockchain independientemente de los protocolos asegurando integrarse y operar de forma conjunta, asegurando su eficiencia y compatibilidad.

4.3 Marco legal

En el año 2009, el Congreso de la República de Colombia aprobó la Ley 1341, un marco legal destinado a regular la sociedad de la información y el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Aunque la ley se centró en organizar el sector de las telecomunicaciones, también marcó un paso relevante en la regulación de las tecnologías en general. En su artículo segundo, se incorpora el principio de neutralidad tecnológica, el cual establece lo siguiente:

El Estado garantizará la libre adopción de tecnologías, teniendo en cuenta recomendaciones, conceptos y normativas de los organismos internacionales competentes e idóneos en la materia, que permitan fomentar la eficiente prestación de servicios, contenidos y aplicaciones que usen Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y garantizar la libre y leal competencia, y que su adopción sea armónica con el desarrollo ambiental sostenible (Ley 1341 2009).

De acuerdo con este principio, en Colombia se tiene la libertad de utilizar cualquier tecnología, ya que el gobierno respalda su adopción sin restricciones, a menos que exista una ley que limite, prohíba o regule su uso.

El ministerio de las TIC en el año 2020 publicó su primera versión de la “guía de referencia para la adopción e implementación de proyectos con tecnología Blockchain para entidades del estado colombiano” y su segunda versión en mayo de 2022 la cual contó con el apoyo del banco de desarrollo de América latina CAF, esta extensa guía documenta información desde la academia sobre la tecnología, arquitecturas, ejemplos de implementación por países e industria, principios y buenas prácticas y detalle paso a paso de implementación de tecnologías Blockchain.

Al ser una tecnología emergente Blockchain carece de regulación y normativa la cual se irá construyendo con base al crecimiento de su aplicación y popularidad en el sector empresarial colombiano.

Estado del arte

La historia de tecnologías Blockchain nace con la creación del código hash en 1961 y la creación del cifrado de clave publica en 1976, para el año 1982 David Chaum propone la cadena de bloques y diez años después los investigadores Stuart Haber y W. Scott Stornetta crean un sello de tiempo utilizando Blockchain con una solución práctica para almacenar documentos digitales con sello de tiempo que no pudieran ser alterados o manipulados. En 1997 Adam Back crea la prueba de trabajo Hashcash y en 1998 Wei Dai desarrolla la moneda virtual B-Money y Nick Szabo crea el sistema monetario descentralizado Bit Gold.

En los años 2000 Stefan Konst propone un modelo transparente de Blockchain y Satoshi Nakamoto publica las bases de Bitcoin. Finalmente, en el año 2015 Vitalik Buterin lanza Ethereum que incluye el contrato inteligente e inicia el desarrollo de multitudes de aplicaciones Blockchain.

la tarea más compleja que ha tenido que enfrentar Blockchain “es la de desprenderse de la complicada herencia que la vincula con bitcoin” (DON TAPSCOTT, 2017) ya que es un importante referente de innovación en diversos sectores de la economía al proponer un gran

impacto en la disminución de costos, el aumento de la confianza y la garantía de inmutabilidad de registros.

En Colombia se requiere el desarrollo de las capacidades y generar recursos para implementar este tipo de proyectos. Es por esto que importantes instituciones de educación superior junto con entidades estatales han desarrollado una potente oferta académica en formación de capacidades en el desarrollo de proyectos Blockchain; instituciones como el SENA, Red UxTIC.co, universidad de los andes, Universidad Javeriana y Cámara de comercio de Bogotá entre otras.

En la literatura encontrada se documenta los múltiples beneficios en la aplicación de tecnologías Blockchain en el sector corporativo, para las diferentes industrias, sin embargo, se identifican preocupaciones recurrentes sobre escalabilidad, marco regulatorio, interoperabilidad, conocimiento difusión y formación.

Un debate emergente en la literatura se centra en la "identidad digital y custodia de datos". Es importante conocer estos conceptos debido a su capacidad para proporcionar seguridad, transparencia, confianza y eficiencia en la gestión de datos, lo cual tiene implicaciones significativas en diversas industrias y ámbitos, desde las finanzas y la cadena de suministro hasta la gestión de identidad y la protección de datos personales

5. Método

La presente investigación se desarrolla con un enfoque cualitativo y su objetivo principal es obtener el estado actual de la adopción de tecnología Blockchain en el sector empresarial de

Colombia través del estudio de cinco casos de estudio en diferentes industrias. Las principales fuentes de información consultadas corresponden a bases de datos especializadas como Google Scholar, EBSCO, Scopus entre otras y repositorios documentales.

De manera cualitativa, se recopilarán datos a través de un cuadro que describe los diferentes casos de estudios y propuestas de soluciones Blockchain, esto permitirá identificar patrones, tendencias y factores clave relacionados con la adopción de Blockchain en Colombia. Tras el análisis de los casos de estudios, y resultados encontrados en cada uno de los KPI's, se determinará el nivel de documentación encontrado, incluido el caso de estudio desarrollado por la alianza CRC-USTA del cual se tiene más información y contacto directo con los desarrolladores del proyecto permitiendo hacer un análisis profundo.

En última instancia, esta investigación busca contribuir al conocimiento existente sobre la adopción tecnológica en el contexto empresarial colombiano y dar a conocer las limitaciones y ventajas que existen actualmente para su adopción, así como identificar cuáles son las principales problemáticas empresariales actuales que tienen oportunidad de resolverse a través de Blockchain.

6. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de la investigación, la cual se centró en el análisis de cinco casos de estudio sobre la aplicación de tecnologías Blockchain en diferentes sectores. A través de la recopilación y el análisis de datos cualitativos principalmente relacionados con cada uno de estos casos. Se han identificado los resultados obtenidos, tendencias y hallazgos clave que permiten comprender mejor el impacto y las ventajas de Blockchain en casos de aplicación reales. Los resultados se presentan de manera estructurada de acuerdo con los objetivos específicos planteados al inicio de la investigación, destacando los aspectos más

relevantes de cada caso de estudio utilizando tablas para facilitar su interpretación. A continuación, se exponen los principales hallazgos derivados de este análisis, los cuales serán discutidos en detalle en las siguientes secciones.

Tabla 1. *Descriptivo cinco casos de aplicación de tecnologías Blockchain en empresas colombianas de diferentes industrias*

Ficha casos de estudio					
Número de caso	Sector	Caso de aplicación	Tipo de solución Blockchain	Descripción de la solución	Fuente de información
Caso 1	Construcción	Propuesta de incorporación de tecnología Blockchain en proyectos de construcción de edificaciones	De carácter mixto semi privada	Blockchain para registro de información sobre histórico de las diferentes adquisiciones y ciclo de vida del proyecto	Proyecto de grado
Caso 2	Salud	Propuesta de solución Blockchain para acceso a información sobre donaciones entre bancos de sangre, hospitales y donantes	IBM Hyperledger Fabric privada	Blockchain para registro de información sobre los donantes y sus donaciones, con el fin de garantizar la calidad de estas últimas.	Proyecto de grado
Caso 3	Ganadería	Propuesta de solución Blockchain para producción y comercialización de carne bovina	Blockchain privada con permisos	Blockchain para producción y comercialización de carne bovina garantizando la transparencia en la información para proveedores, ganaderos, carniceros, distribuidores entre otros, hasta consumidores finales	Proyecto de grado
Caso 4	Mercado Energético	Propuesta de solución Blockchain contratos codificados para la comercialización de energía eléctrica	Blockchain Mixta	Blockchain de Smart Contracts para administrar las diferentes modalidades de contratos y mecanismos de comercialización de energía eléctrica así como tipos de servicios, precios, plazos y condiciones	Proyecto de grado
Caso 5	Gobierno CRC	Propuesta de solución Blockchain notificaciones certificadas para entidades estatales principalmente en la Comisión de regulación de	Blockchain Pública	Blockchain para notificaciones certificadas desde y hacia los actores relacionados con la Comisión de Regulación de Comunicaciones	Propuesta de notificaciones certificadas

Ficha casos de estudio

Número de caso	Sector	Caso de aplicación	Tipo de solución Blockchain	Descripción de la solución	Fuente de información
		comunicaciones en Colombia CRC			

Nota: la información descrita se extrae de los diferentes casos de propuestas de aplicación de tecnologías Blockchain estudiados.

6.1 Aspectos a contemplar para la adopción de Blockchain

El estudio de los casos de aplicación permitió conocer que las principales motivaciones para implementar tecnologías Blockchain incluyen la reducción de costos, así como la calidad, velocidad, sostenibilidad y flexibilidad en sus procesos de negocios, garantizando la maximización en su eficiencia. Blockchain ofrece beneficios clave como transparencia, inmutabilidad, descentralización, auditabilidad y seguridad de la información, lo que a su vez permite a las empresas colombianas aumentar la confianza antes sus clientes y proveedores, facilita la regulación y genera diferenciación entre los demás competidores. En el estudio de los procesos de aplicación de tecnología Blockchain se identificaron los siguientes aspectos importantes a contemplar para su implementación.

Un primer aspecto para considerar es el reto de garantizar la interoperabilidad entre los diferentes actores de las cadenas de suministros y sus aplicativos de negocio, fuentes de información y los datos que estos generan, esto representa una gran dificultad en la búsqueda de la centralización en la administración de la información, la confianza en la transparencia y veracidad de esta, un claro ejemplo es el caso de estudio de producción y comercialización de carne bovina (caso 3 de estudio) (Sánchez, 2023) en el cual es necesario integrar fuentes de

información y actores que van desde el granjero en las fincas productoras hasta clientes los finales nacionales y extranjeros. pasando por proveedores, plantas de sacrificio, distribuidores.

Si bien existen elementos en común en todas las Blockchains como las transacciones, los códigos hash y los bloques, hay una gran variedad de formas y opciones para determinar cómo será la administración de la red, quienes formarán parte de esta, cuál será su grado de descentralización y su transparencia. Estos detalles serán los que definan otra de las grandes decisiones en cuanto a la adopción de esta tecnología; qué tipo de Blockchain será la ideal para el caso de uso las cuales, según el caso de aplicación para producción y comercialización de carne bovina (caso 3 de estudio), comúnmente están clasificadas en cuatro grupos: Blockchain públicas, de consorcio, privadas y Blockchain de servicio (BaaS)(Sánchez, 2023).

Otras de las variables a la hora de contemplar la implementación de tecnologías Blockchain es garantizar la infraestructura y el acceso a internet especialmente en poblaciones rurales, locaciones muy comunes en casos de uso de cadenas de suministros como los estudiados en el presente trabajo como Blockchain para cadena de suministros en producción y comercialización de carne bovina (caso 3 de estudio)(Sánchez, 2023)así mismo garantizar la disponibilidad de los componentes de software y hardware necesarios para el despliegue (Arias, 2019).

La implementación de nuevas tecnologías trae consigo el reto de sobrellevar posibles posturas de negación y rechazo al cambio por parte de los diferentes actores junto con el esfuerzo requerido para aprender sobre el nuevo proceso. En actores de la cadena de suministros que desarrollan actividades altamente operativas es posible encontrar un grado importante de desconocimiento sobre el uso de la tecnología e incluso condición de analfabetismo, un claro ejemplo serían los granjeros en las fincas productoras de carne bovina (caso 3 de estudio) (Sánchez, 2023).

Como se ha mencionado anteriormente, garantizar componentes de conectividad, software, hardware, y transferencia de conocimientos entre otras, hace que la inversión necesaria para la implementación de tecnologías Blockchain pueda requerir financiación complementaria y búsqueda de diferentes alternativas para garantizar el retorno de la inversión a través de modelo de rentabilización de las diferentes redes Blockchain a implementar, se mencionan principalmente tres posibles modelos de negocio: cobro por transacciones, modelo de suscripción o compraventa de datos respaldados por la tecnología como lo menciona el caso de Blockchain para producción y comercialización de carne bovina (caso 3 de estudio)(Sánchez, 2023).

Tabla 2. Descripción de los resultados en los siete KPI's de adopción de tecnologías Blockchain en cada uno de los cinco casos de estudio

Sector- industria	Construcción	Salud	Ganadería	Mercado energético	CRC
KPI's	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
Tiempo de Transacción	No se evidencia información	No se evidencia información	No se evidencia información	No se evidencia información	No se evidencia información
Reducción de Costos	Con Smart contracts se pueden mejorar los costos de los proyectos al eliminar la intermediación y la automatización de la celebración del contrato así mismo como el control financiero del proyecto, pagos según la ejecución.	La Blockchain propuesta se evita el cobro al ministerio de salud por parte de la EPS de tratamientos inexistentes de alto costo al tener un registro completo y confiable sobre los procedimientos realizados y los pacientes relacionados a estos mismos	La Blockchain planteada beneficios en términos de reducción de costos, reducción de tiempos y maximiza la eficiencia a la hora de validar información y hacer seguimiento de los procesos.	La Blockchain planteada permite reducir los costos asociados a facturación, la implementación de la facturación en tiempo real y a evitar los fraudes comerciales.	La solución planteada permite la reducción de costos administrativos en dobles revisiones con mayor profundidad de los diferentes casos, así mismo suministra datos confiables para procesar con mayor agilidad penalizaciones o multas hacia los diferentes actores del sector
Eficiencia Operativa	La implementación de Blockchain permite encontrar posibles fallas o causas de deterioro debido a	La red Blockchain planteada permite disminuir los indicadores de muestras de sangre incineradas por vencimiento	La red Blockchain planteada maximizar la eficiencia operativa en las plantas de beneficio, impacto en la	La red Blockchain planteada permite implementar sistemas auditables y a crear nuevos	Los resultados empíricos demostraron una mejora significativa en la confianza de los datos y una marcada reducción en

Sector- industria	Construcción	Salud	Ganadería	Mercado energético	CRC
KPI's	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
	características de la materia prima con la que se fabricó el material o el manejo inadecuado en la cadena de suministro		reputación internacional, acceso a la información por parte del consumidor final sobre el producto que está consumiendo	esquemas de negocio	los casos de manipulación de datos.
Trasparencia	No se evidencia información	No se evidencia información	No se evidencia información	No se evidencia información	No se evidencia información
		A través de la implementación de la red Blockchain planteada los bancos de sangre conocen el estado de las bolsas de sangre para así conseguir un mejoramiento en el manejo y uso de hemocomponentes.	La Blockchain planteada permite tener trazabilidad de la información desde las fincas productoras hasta proveedores, mataderos, carniceros y distribuidores, entre otros.	La red Blockchain planteada permite compartir información, mantener dicha información abierta a los usuarios para su gestión, garantizando un sistema auditable y confiable	La red Blockchain planteada permite el envío de notificaciones entre la CRC y los diferentes actores del sector con acciones como creación y respuesta de notificaciones, revisión de correos, acceder a reportes para seguimiento de lo casos asegurando la inmutabilidad de la información contenida en cada mensaje enviado a través de la plataforma
Trazabilidad.	Se establece que a través de Smart contracts lograron tener trazabilidad sobre la procedencia y calidad de los materiales de construcción			Con la red Blockchain de Smart contracts y su característica de registro criptográfico el cual genera un histórico prácticamente inmutable que garantiza la confiabilidad de la información altamente blindada frente a las posibles prácticas	
	Se logra establecer que la Blockchain planteada es una red segura e inalterable toda la información relacionada con la cadena de suministro y adquisiciones	La red Blockchain planteada a través de servicios que permiten consultar y verificar la información registrada garantiza la seguridad de los datos	La red Blockchain planteada permitiría a los participantes de la cadena controlar quién tiene acceso a la información, lo que garantiza la privacidad y seguridad de los datos de la industria		la incorporación de tecnología Blockchain, asegura la inmutabilidad de la información contenida en cada mensaje enviado. a través de la plataforma.
Seguridad de datos					

Sector- industria	Construcción	Salud	Ganadería	Mercado energético	CRC
KPI's	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
				fraudulentas que puedan presentarse a nivel transaccional.	
					La red Blockchain planteada permite la interoperatividad entre las aplicaciones de los diferentes actores; entre la CRC y Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST), Proveedores de Contenidos y Aplicaciones (PCA), y Operadores de Servicios Postales (OSP).
Interoperabilidad	Se establece en el caso de estudio que es posible consumir información de diferentes aplicativos como CRM de la empresa constructora	Se logra determinar que la solución planteada permite la interoperatividad entre actores como los bancos de sangre, hospitales, entre otros	La red Blockchain planteada permite el flujo de información entre proveedores, ganaderos, carniceros y distribuidores	La red Blockchain planteada permite el flujo de información entre los diferentes aplicativos de empresas comercializadoras de energía y mayoristas	

Nota: la medición de los resultados de los siete KPI's para cada uno de los casos estudiados se presenta de manera cualitativa ya que no se encontró información cuantitativa para obtener esta medición.

Se creo la siguiente rubrica con el objetivo de establecer los criterios utilizados para determinar el nivel de documentación encontrada sobre los resultados obtenidos en cada uno de los KPI's tras la iniciativa de implementación de tecnología Blockchain. Bajo: no reporta información cualitativa ni cuantitativa que permita determinar el resultado del indicador. Medio: establece suficiente información cualitativa que permite determinar el resultado del indicador. Alto: establece suficiente información cualitativa y cuantitativa como porcentajes y datos numéricos permite determinar con mayor precisión el resultado del indicador.

Tabla 3. Nivel de documentación en resultados obtenidos para cada uno de los siete KPI's

KPI's	Construcción	Salud	Ganadería	Mercado energético	CRC
	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
Tiempo de Transacción.	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Reducción de Costos.	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Eficiencia Operativa.	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Trasparencia.	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Trazabilidad.	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Seguridad de datos.	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Interoperabilidad	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio

6.2 Impacto en reducción de costos, diferenciación en el mercado y expansión de negocio

Los casos de aplicación de tecnologías Blockchain estudiados logran importantes impactos en sus procesos empresariales más allá de la seguridad y disponibilidad de la información que son algunas de las principales características de las redes Blockchain, Es importante materializar estas características en impacto a los procesos empresariales, algunas de los impactos logrados más importantes son lograr diferenciación en el mercado, reducción de costos y expansión o crecimiento del negocio.

De los casos evaluados, un claro ejemplo de logros en términos de diferenciación en el mercado podemos apreciarlo en el caso de estudio de incorporación de Blockchain en proyectos de construcción de edificaciones (caso 1 de estudio), allí gracias a la implementación de Blockchain en el proceso de adquisiciones de materiales y construcción se puede tener trazabilidad del histórico del tipo de material, origen, proveedor y medir a futuro indicadores como durabilidad y calidad de estos materiales contribuyendo así en primer lugar a la facilitación de los certificados de sostenibilidad de las edificaciones y en segundo lugar agregando valor al suministrar al futuro propietario una ficha histórica de la edificación a lo largo del proyecto (Estrada, 2021).

La reducción de costos es un aspecto clave para la sostenibilidad y competitividad de las empresas en un entorno económico cada vez más desafiante, el caso de estudio de Smart Contracts

para comercialización de energía eléctrica (caso 4 de estudio), se evidencia la reducción de los costos asociados a facturación, reducción de fraudes comerciales y acceso a la visualización en tiempo real de la factura gracias a sus funcionalidades de auditoría. Al poder agregar funcionalidades y dinamismo a los contratos, permite la creación de nuevos esquemas de negocio que como resultado presenta una disminución en el precio de la energía eléctrica (Arias, 2019).

Finalmente, la expansión y el crecimiento empresarial son factores fundamentales para asegurar la longevidad y competitividad de una organización en un mercado globalizado. Al expandirse, las empresas no solo diversifican sus fuentes de ingresos, sino que también adquieren nuevas oportunidades para innovar y mejorar su posicionamiento frente a la competencia, en el caso de estudio de Blockchain para la producción y comercialización de carne bovina (caso 3 de estudio) se muestra cómo se maximiza la reputación en mercados internacionales incrementando el volumen de ventas y dar apertura a nuevos mercados como lo refiere el caso de estudio de producción y comercialización de carne bovina.

La exportación de ganado en Colombia ha tenido un importante incremento en los últimos años, lo que ha generado grandes oportunidades para el sector ganadero y su cadena de valor. En los primeros cuatro meses de 2022, las exportaciones de ganado vivos llegaron a 194,109 cabezas y representaron un valor de USD \$148 millones. Además, las ventas externas de carne hasta abril de este mismo año ascendieron a 11,898 toneladas, lo que representa USD \$52 millones. El número de países a los que se exporta la carne también aumentó, y actualmente, se exporta a 14 mercados diferentes (Sánchez, 2023, pp. 59-60).

6.3 Oportunidades en el uso de tecnologías Blockchain

Los casos de estudio vistos, nos permitió conocer problemas claves de cada industria para resolver con aplicación de tecnologías Blockchain, adentrarnos en los retos del día a día de la operación y sensibilizarnos sobre el gran impacto que puede representar la implementación de estas tecnologías principalmente relacionados con la seguridad, la transparencia y la eficiencia en la gestión de datos.

El fraude y la seguridad son temas de gran preocupación para las empresas colombianas, a través de Blockchain se proporciona un registro inmutable de todas las transacciones, lo que dificulta su alteración o manipulación (Arias, 2019). Esto reduce significativamente el riesgo de fraude y garantiza la integridad de los datos, algo especialmente importante en sectores como el financiero, la salud y el comercio electrónico.

Gracias a la naturaleza descentralizada de Blockchain, en la que las transacciones realizadas son visibles para todos los participantes en la red se logra aumentar la generación de confianza entre los diferentes actores, esto es fundamental para establecer relaciones de confianza a largo plazo entre empresas, clientes, intermediarios y proveedores entre otros.

Por otro lado, en empresas de servicios financieros la eliminación de intermediarios y costos de transacción gracias a que Blockchain permite realizar transacciones directas entre partes sin necesidad de intermediarios, lo que reduce los costos asociados a pagos, transferencias y otros servicios financieros. Además, la eliminación de intermediarios acelera el proceso de transacción, haciendo que las operaciones sean más rápidas y económicas (Baquero y Prieto, 2008).

Los casos estudiados concluyen que procesos logísticos y cadenas de suministros es de los grandes procesos empresariales que se pueden impactar a través de tecnología Blockchain al facilitar el rastreo de materia prima y productos durante todo el ciclo de producción y distribución.

En el caso de estudio de Blockchain para producción y comercialización de carne bovina (caso 3 de estudio) se refiere un claro ejemplo de esto; mediante IBM Food Trust, IBM y Nestlé ofrecen a los consumidores a través del escaneo de un código QR ubicado en el empaque del café, información acerca de los agricultores, tipo de cosecha, transporte y proceso de tostión, proporcionando así transparencia e información detallada sobre sus productos a los diferentes consumidores (Sánchez, 2023, pp.35-36). Importantes industrias como la clínica, farmacéutica, alimentaria y constructora podrían verse altamente beneficiadas con la aplicación de Blockchain para sus procesos logísticos y cadenas de suministros.

Las grandes limitantes sobre la trazabilidad de pagos y contratos inteligentes también logran a través de Blockchain que se ejecuten automáticamente cuando se cumplen ciertas condiciones predefinidas, pueden simplificar y automatizar procesos legales y comerciales, de facturación, de compra y venta permitiendo la reducción de los precios en servicios, eliminación en posibles errores de facturación como lo describe el caso de Smart Contracts para comercialización de energía eléctrica (caso 4 de estudio) (Arias, 2019). En resumen, el uso de Blockchain puede transformar la manera en que las empresas operan, resolviendo problemas críticos relacionados con la seguridad, la eficiencia, la confianza y la transparencia en las transacciones y la gestión de datos.

7. Conclusiones

El presente estudio, aunque a muy alto nivel proporciona de forma unificada a los posibles actores interesados en aplicación de tecnologías blockchain en Colombia, una visión general y resumida sobre los aspectos más relevantes, así como impactos y limitaciones encontradas en cada una de las propuestas de aplicaciones en importantes sectores empresariales del país. Esto

fundamentalmente proporciona a los interesados conocimiento, referenciación y la posibilidad de comparar y generar nuevas ideas sobre oportunidades de aplicación.

El estudio de los casos de aplicaciones de tecnologías Blockchain en diferentes industrias del sector empresarial colombiano, aunque es limitado y se dispone de pocos casos documentados, permite determinar que importantes empresas multinacionales y nacionales, junto con grandes fabricantes de tecnología e importantes entidades estatales han hecho su apuesta en el gran potencial y múltiples beneficios que aporta la tecnología Blockchain en términos de productividad y mejora de procesos empresariales.

Es importante mencionar que los casos de aplicación de tecnología Blockchain estudiados aportan suficiente información sobre los resultados cualitativos obtenidos en los diferentes indicadores clave de rendimiento analizados en su procesos de adopción, alcanzando en su gran mayoría un nivel medio de documentación, excepto para los KPIS “tiempo de transacción” y “transparencia” para los cuales no se encontró información. Es importante incentivar la documentación de los casos de implementación ya que sirve como referenciación para otras empresas que ven en la tecnología Blockchain el camino para mejorar sus operaciones, reducir sus costos, lograr diferenciación en el mercado o perseguir determinado crecimiento y expansión a otros mercados y clientes.

Dada el gran potencial de mejora que encuentran los diferentes actores del ecosistema empresarial y tecnológico en la aplicación de tecnologías Blockchain, es importante promover la cooperación entre la academia, empresas y entidades estatales en la construcción de políticas públicas que faciliten el aprovechamiento y la aplicación de nuevos casos de tecnología Blockchain en empresas colombianas.

Para finalizar, durante el desarrollo de este proyecto de investigación, se logró cumplir con los objetivos establecidos en la fase inicial, los cuales fueron fundamentales para guiar el proceso y evaluar los resultados obtenidos. A continuación, se detallan los logros alcanzados en relación con cada uno de los objetivos:

Como objetivo general, a través del estudio de los cinco casos de aplicación de tecnologías Blockchain en Colombia se logra identificar empresas que han implementado soluciones basadas en Blockchain en diversas aplicaciones, y analizando los beneficios y desafíos que han experimentado.

Seguidamente se logra identificar las soluciones Blockchain utilizadas en diferentes aplicaciones dentro del sector empresarial colombiano a través de la tabla 1 que detalla: Institución, aplicación, tipo de solución Blockchain, descripción de la solución y fuente de información.

El desarrollo del siguiente objetivo específico se logra a través de la construcción de la tabla 2, en la cual se logra determinar los resultados cualitativos obtenidos para cada uno de los KPI's evaluados, así como las diferentes ventajas y desventajas en los escenarios de aplicación específicos.

Finalmente se describe como la adopción de tecnologías Blockchain impacta la competitividad empresarial, genera diferenciación en el mercado y permite grandes reducciones de costos y expansión de negocio.

Referencias

- Alfonso, A., Rugel, L., Enrique, J., & Logacho, L. (2022). *Página 2 de 41 Autor(es): Dirigido por.*
- Arias. (2019). *Uso de contratos inteligentes en la comercialización de energía eléctrica en Colombia bajo la tecnología Blockchain* [Tesis de maestría, ingeniería Eléctrica y Automática]. Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia-. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77489>
- Baquero y Prieto. (2008). *Activos financieros en Colombia respaldados con tecnología Blockchain* [Tesis de maestría- Ingeniería Financiera]. Universidad Piloto de Colombia. Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia-. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4850>
- Camilo Baquero Gómez Mónica Prieto Villada director, C., & Cristina Del Socorro Bonilla Sebá, E. (n.d.). *“Activos financieros en Colombia respaldados con tecnología Blockchain”* [Tesis de grado- Ingeniería Financiera]. Universidad Piloto de Colombia Facultad de ingeniería Financiera. Repositorio institucional Universidad Piloto de Colombia- <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4850>
- Congreso de la República de Colombia. (2009, 30 de julio). Ley 1341 de 2009. *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones- TIC. (2009). Ley 1341.* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>
- Espinosa, S. (2020). *Guía de referencia de Blockchain para la adopción e implementación de proyectos en el estado colombiano.* https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-161810_pdf.pdf
- Estrada Maya, S. (2021). *Análisis de la tecnología Blockchain para proponer su incorporación y uso en los proyectos de construcción de edificaciones en Colombia* [Tesis de maestría,

Ingeniería Civil]. Universidad de los Andes. Repositorio Institucional Universidad de los Andes-. <http://hdl.handle.net/1992/50623>

Fernández Vázquez, S. (2022). *Análisis y tecnología Blockchain para la industria*. <http://hdl.handle.net/10651/67338>

Hamed Taherdoost. (2022). An Overview of Trends in Information Systems: Emerging Technologies that Transform the Information Technology Industry. *Cloud Computing and Data Science*, 1–16. <https://doi.org/10.37256/ccds.4120231653>

Rouhani, S., & Deters, R. (2021). Data Trust Framework Using Blockchain Technology and Adaptive Transaction Validation. *IEEE Access*, 9, 90379–90391. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3091327>

Sánchez Velásquez, J. A. (2023). *Oportunidades de aplicación de la blockchain en la producción y comercialización de la carne bovina* [Tesis de maestría, ingeniería Administrativa]. Universidad EIA. Repositorio Institucional Universidad EIA. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/5939>

Zabala-Vargas, S., Álvarez-Pizarro, Y., Sánchez-Galvis, I., & Rubio-Vásquez, K. (2024). Blockchain-Based Strategy to Optimize Certified Notifications from Government Entities. *Administrative sciences. Administrative Sciences*, 14(9), 9. <https://doi.org/10.3390/admsci14090195>