



TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

Estudio de prefactibilidad para la implementación de blockchain para una empresa de logística y transporte en la ciudad de Montería

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de ciencias básicas e ingeniería
Ingeniería industrial

Diana Carolina Rodríguez Oquendo
Daniel Ernesto Bastidas Garces.

Tutor: Juan Pablo Vélez Uribe
Opción de Trabajo de grado Seminario
2024

DEDICATORIA

Agradecemos a la Corporación Universitaria Remington y a todo su plantel educativo por su dedicación y apoyo durante nuestro proceso académico. En especial, queremos expresar nuestra gratitud al profesor Fernando Figueredo y a la profesora Alejandra Bedoya, quienes nos han guiado y enriquecido nuestras habilidades de análisis y escritura. Gracias por su compromiso con nuestra formación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres y hermana, Eufemia Garcés, Fredy Bastidas, Marily Oquendo y Patricia Rodríguez, quienes con su apoyo incondicional y confianza inquebrantable en nosotros nos han inspirado a seguir adelante. Su amor, siempre presente, y sus sacrificios diarios han sido la base sobre la cual hemos construido nuestros sueños y metas. Sin su guía y sin las lecciones que nos han dado, este logro no habría sido posible. Este trabajo es en gran parte, un reflejo de los valores que nos enseñaron y del esfuerzo compartido en el que siempre hemos contado con ustedes.

A nuestros amigos y seres queridos, por estar siempre presentes en los momentos más difíciles y por alegrar el camino con su compañía.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	6
OBJETIVOS	7
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS GENERALES.....	8
MARCO CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL.....	8
DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL APRENDIZAJE	15
1. Análisis de la situación	15
1.1. Análisis del entorno	15
1.1.1. Problemas identificados	18
1.1.2. Tendencias tecnológicas	20
1.1.3. Oportunidades	23
1.2. Análisis Técnico.....	25
1.2.1. Requerimientos tecnológicos	25
1.2.2. Infraestructura existente y necesidad de integración:	32
1.3. Análisis Económico y financiero	36
1.3.1. Inversión inicial (calculado en dólares)	36
1.3.2. Costos operativos:.....	38
1.3.3. Costos Totales Operativos Anuales:	38
1.3.4. Tasa Interna de Retorno (TIR):.....	39
1.3.5. Valor Actual Neto (VAN):.....	39
1.3.6. Proyección Financiera:.....	40
1.4. Análisis Legal y Normativo	41
1.4.1. Normativa vigente.....	41
1.4.2. Consideraciones legales	43
1.5. Análisis organizacional	44
1.5.1. Capacitación del personal:	44
1.5.2. Impacto en la estructura organizacional:	47
1.6. Análisis de Riesgos	49
1.6.1. Riesgos técnicos.....	49
1.6.2. Riesgos financieros	52
1.6.3. Riesgos operativos	54
1.6.4. Plan de mitigación.....	56
CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS.....	60

TABLA DE ILUSTRACIONES

- Ilustración 1: Componentes de mayor impacto en el costo logístico..... 10
- Ilustración 2: Componentes del coste logístico por actividades económicas 17
- Ilustración 3: Principales problemas en la entrega de pedidos 19
- Ilustración 4: Nivel de conocimiento y utilización de tecnologías 4.0 en logística..... 22

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1: Servicios ofrecidos por la empresa del sector logístico 15
- Tabla 2: Matriz de riesgos técnicos 49
- Tabla 3: Matriz de riesgos financieros 52
- Tabla 4: Matriz de riesgos operativos 54

RESUMEN

El presente documento tiene como objetivo determinar la viabilidad de integrar esta tecnología en una empresa local. Este estudio parte de los principales desafíos que enfrenta la ciudad, como la infraestructura de transporte limitada, la falta de transparencia en la cadena de suministro y la escasa digitalización en las empresas de logística, lo que afecta su competitividad tanto a nivel nacional como internacional.

La tecnología blockchain tiene un gran potencial para abordar estos problemas al mejorar la trazabilidad de los productos, automatizar procesos, reducir errores y fraudes, y optimizar la eficiencia operativa. Para su implementación, se requiere una infraestructura robusta tanto en hardware como en software. La empresa logística de Montería cuenta con algunos de los requisitos necesarios, como servidores, nodos, dispositivos de red, códigos QR y sensores IoT que permiten la trazabilidad en tiempo real. Sin embargo, presenta una notable carencia en cuanto al componente software, ya que no dispone de sistemas para el desarrollo de contratos inteligentes ni aplicaciones descentralizadas, lo que limita su capacidad para aprovechar todas las ventajas de la blockchain.

El estudio también analiza los riesgos técnicos, financieros y operativos asociados con la implementación. Entre los riesgos técnicos se identifican posibles fallos en los servidores y nodos, mientras que los riesgos financieros se centran en el control de costos y la rentabilidad del proyecto. En cuanto a los riesgos operativos, la resistencia al cambio y la integración de nuevos sistemas son las principales preocupaciones.

Finalmente, se propone un plan de mitigación para reducir los riesgos identificados, incluyendo la redundancia en infraestructura técnica, la capacitación del personal y el

control de los costos operativos. Con estos elementos, se busca garantizar que la implementación de blockchain sea factible y sostenible, permitiendo a la empresa mejorar su eficiencia y competitividad en el sector logístico de Montería.

PALABRAS CLAVE

Prefactibilidad, Blockchain, logística, transporte, implementación, tecnologías emergentes, optimizar, cadena de suministro, trazabilidad, viabilidad, estudio, contratos inteligentes, Vechain,

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la viabilidad de la implementación de blockchain en la cadena de suministro de una empresa de transporte y logística en Montería.

OBJETIVOS GENERALES

- Analizar el estado actual de los procesos logísticos y de transporte de la empresa, identificando las áreas que podrían beneficiarse de la implementación de blockchain.
- Investigar los requerimientos técnicos, de infraestructura y de personal necesarios para integrar
- Evaluar los costos y beneficios potenciales de la implementación de blockchain, con un enfoque en la reducción de errores, la mejora de la eficiencia y la optimización de
- Identificar los desafíos legales, regulatorios y de seguridad que podrían influir en la implementación de blockchain.

MARCO CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL

La implementación de tecnologías emergentes en la logística y transporte es clave para mejorar la competitividad y eficiencia de las empresas en un entorno cada vez más globalizado, la adopción de la tecnología blockchain se presenta como una opción debido a su capacidad para ofrecer transparencia y seguridad en el manejo de datos. ofreciendo así una oportunidad para optimizar la trazabilidad de envíos, mejora en la gestión de inventarios y una reducción de los costos operativos.

En el presente estudio se evaluará la viabilidad de implementar la tecnología blockchain para analizar su integración con la logística y el transporte, enfocándose en aspectos clave como la trazabilidad de la mercancía y la optimización de la cadena de suministro. Además, se examinarán las características fundamentales de blockchain, como la eficiencia y la descentralización, y se evaluará el impacto que pueda en la gestión de las operaciones logísticas.

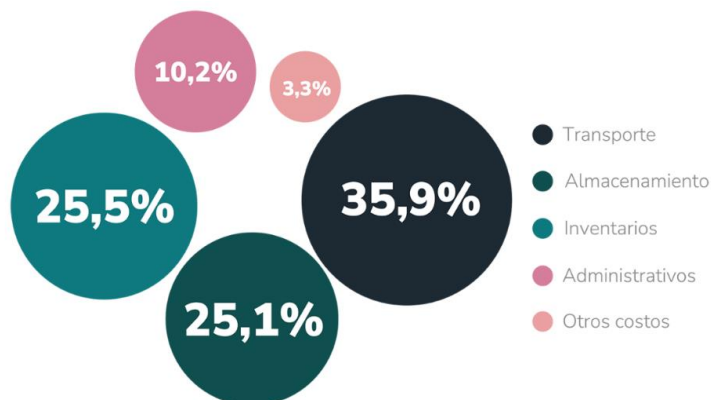
De acuerdo con Satoshi Nakamoto “Blockchain es la red que sella transacciones en el tiempo en una cadena continua de proof-of-work basada en hash, estableciendo un registro que no se puede modificar sin rehacer la proof-of-work”(Villameriel Martínez, 2019). En otras palabras, el blockchain es una tecnología de registro distribuido que registra datos en bloques en secuencia a lo largo del tiempo de una manera segura. Cada bloque contiene un conjunto de transacciones verificadas por los nodos operativos de la red. Los datos registrados en el blockchain son inalterables y transparentes, asegurando la integridad y confiabilidad de los datos sin una entidad centralizada.

En este contexto, tenemos que la logística como el conjunto de tareas de planificación, ejecución y control del flujo físico de bienes y servicios desde el punto de origen hasta el lugar de consumo con el objetivo último de cumplir con las exigencias de

los consumidores obteniendo un beneficio (Benito & Cerdeño, 2023). Es decir, la logística es el proceso de planificación, implementación y control del flujo de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el punto de consumo. Por otro lado, tenemos que el transporte de mercancías es la movilización de los productos, utilizando diferentes medios como el terrestre, aéreo, marítimo y se ocupa de todas las actividades relacionadas directa e indirectamente con la necesidad de situar los productos en los puntos de destino correspondientes (Rivera et al., 2013). La eficiencia en estas actividades es fundamental para la competitividad de las empresas, ya que influye tanto en los costos como en los tiempos de entrega.

De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación, en la encuesta nacional de logística 2022, los componentes con mayor impacto en el costo logístico nacional se ubicaron en 17,9 %, por encima de la meta de 12,9% definida en la Política Nacional Logística para ese mismo año conforme al documentos CONPES 3982 (*Encuesta Nacional Logística*, s. f.). los componentes con mayor incidencia en el coste logístico se distribuyen de la siguiente manera (ver ilustración 1).

Ilustración 1: Componentes de mayor impacto en el costo logístico



Fuente: Encuesta nacional de logística del DNP- 2022

Tenemos que, la gráfica muestra los resultados de la encuesta nacional de logística realizada en 2022 sobre los componentes que impactan el costo logístico. El componente que representa el mayor costo es el transporte, con un 35.9%. luego, los inventarios representan un 25.5% del costo total. En tercer lugar, los costos de almacenamiento constituyen el 25.1%. Los costos administrativos ocupan el cuarto lugar con un 10.2%, y finalmente, otros costos representan el 3.3%.

Por otro lado, se analizará si la implementación de la tecnología blockchain es viable para optimizar la cadena de suministro. Primero, se definirá qué es la cadena de suministro, la cual se describe como "un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante los cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor al consumidor (*Espinal & Montoya, 2009*). Blockchain puede optimizar esta cadena al aumentar la transparencia, reducir los errores y facilitar el acceso a información precisa en tiempo real sobre el estado de los envíos.

En cuanto a las características que trabajaremos en el presente estudio, en primer lugar se encuentra la trazabilidad, el cual es un conjunto de acciones, medidas y

procedimientos técnicos que permiten identificar y registrar cada producto desde su nacimiento hasta el final de la cadena de comercialización (Cepeda, 2010).

En segundo plano está la descentralización, se caracteriza por la ausencia de una entidad de carácter central que intermedie en transacciones entre actores que no necesariamente tiene confianza entre sí, en una red blockchain el mismo protocolo es compartido por todos los participantes de la red, el cual cuenta con reglas preestablecidas que todos deben cumplir (Nespral & Hergueda, 2021).

Como tercera característica se encuentra la eficiencia el cual es la expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos (Rojas et al., 2018).

Montería es la capital del departamento de Córdoba, es una ciudad que ha mostrado un crecimiento económico constante, particularmente en los sectores agropecuario, comercial y logístico. Su ubicación en la región norte del país la convierte en un centro estratégico de distribución de mercancías convirtiéndola en un punto crucial para las actividades de transporte y logística, conectando diversas zonas productivas con los principales centros de consumo.

El blockchain como tecnología emergente y disruptiva, beneficia al sector de la logística ya que permite una mejor trazabilidad y visibilidad en tiempo real ya que ofrece una información completa y detallada de los productos en la cadena de suministro tal como el estado o el lugar donde se encuentra (Sánchez & Sosa, s. f.). además, como ventaja competitiva es la mejora de la eficiencia operativa con la automatización de procesos

mediante contratos inteligentes, se reducirían los tiempos de espera y los costos asociados a la verificación manual de datos (Rodríguez Cavazos et al., 2019).

Por otro lado tenemos que el uso del blockchain implicará en la logística, la práctica la realización de procesos más automatizados y por tanto, libres de errores, la cual además redundará en beneficios de la rapidez con la cual se ejecutarán las operaciones, adicionalmente dentro de los efectos previsibles del empleo de este tipo de tecnologías está la reducción de los costos operativos, hacer mucho más transparente la operación para todas las partes involucradas (Franco Zarate, 2021). En términos más sencillos, la reducción de los costos operativo se logra debido a que la tecnología blockchain disminuye el número de intermediarios y la necesidad de la documentación física, asimismo, al ser transparente, garantiza la integridad de la información a lo largo de la cadena de suministro finalmente al facilitar la automatización de los procesos, blockchain contribuye a evitar el fraude y las falsificaciones de productos durante el transporte.

Para la implementación de la tecnología blockchain se requiere una infraestructura tecnológica que cuente con acceso a redes de internet estables, capacitaciones en el uso adecuado de la tecnología de distribución, asimismo se debe educar tanto a las empresas como a los clientes y beneficiarios.

En cuanto a la normativa aun en Colombia se está desarrollando, siendo el caso del proyecto de Ley 139 de 2021, el cual busca regular las plataformas de intercambios de criptoactivos (exchanges) en el país. El representante Julián López destacó que la ley establecerá reglas claras para reconocer, vigilar y controlar estas plataformas, protegiendo a los usuarios de posibles fraudes. Se creará el Registro Único de Plataformas de Criptoactivos (RUPIC), que impondrá requisitos y regulaciones a las plataformas. Además,

la ley busca dinamizar la economía, generar empleo y prevenir el uso ilícito de estas plataformas, como el lavado de dinero (R & User, s. f.).

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL APRENDIZAJE

Para la implementación del estudio de prefactibilidad, se tomará como referencia una empresa del sector logístico en la ciudad de Montería, que cuenta con más de 4 años de trayectoria. Esta empresa se ha destacado como un verdadero modelo de emprendimiento, demostrando cómo la tenacidad, la intuición y el ingenio, puede generar resultados sorprendentes, convirtiéndose en pionero en el ámbito logístico.

1. Análisis de la situación

1.1. Análisis del entorno

La empresa mencionada fue constituida en 1982 por un grupo de hermanos en la ciudad de Bogotá. Está especializada en el transporte, entrega y soluciones relacionadas con el envío y recepción de mercancías. Actualmente, cuenta con sedes en diversas regiones del país, tales como Bogotá, Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, el Eje Cafetero, los Llanos Orientales, Barranquilla, Montería, entre otras. Además, tiene presencia internacional con oficinas en países como Venezuela, Ecuador, Perú, Panamá y Estados Unidos.

En la actualidad, la empresa opera con más de 4,000 franquicias a lo largo de Colombia. Los servicios que ofrece abarcan una amplia gama de soluciones logísticas.

Tabla 1: Servicios ofrecidos por la empresa del sector logístico

SERVICIOS	ITEMS
Transporte y entrega:	Documentos
	Mercancías
	Confidencial y valores

Soluciones de logística:	Almacenamiento 3PL
	Logística promocional
Soluciones digitales	E-mail certificado
	E-mailing masivo
	SMS masivo
	Llamadas automatizadas
	E-Conecta
Soluciones E-commerce	Almacenamiento y distribución
	Soluciones digitales
	Pago contra entrega
Soluciones para empresas	Transporte y entrega
	Soluciones de logística
	Soluciones digitales
	Ya mismo

Fuente propia

La empresa cuenta con una flota de más de 2,000 vehículos y aviones propios, además de una moderna flota de transporte, rastreable y adaptable a las necesidades de sus clientes. En Montería, los desafíos logísticos y de transporte abarcan áreas críticas, como la limitada infraestructura de transporte, ya que la ciudad aún se encuentra en proceso de expansión. Estas limitaciones en las vías y sistemas de transporte pueden ocasionar retrasos

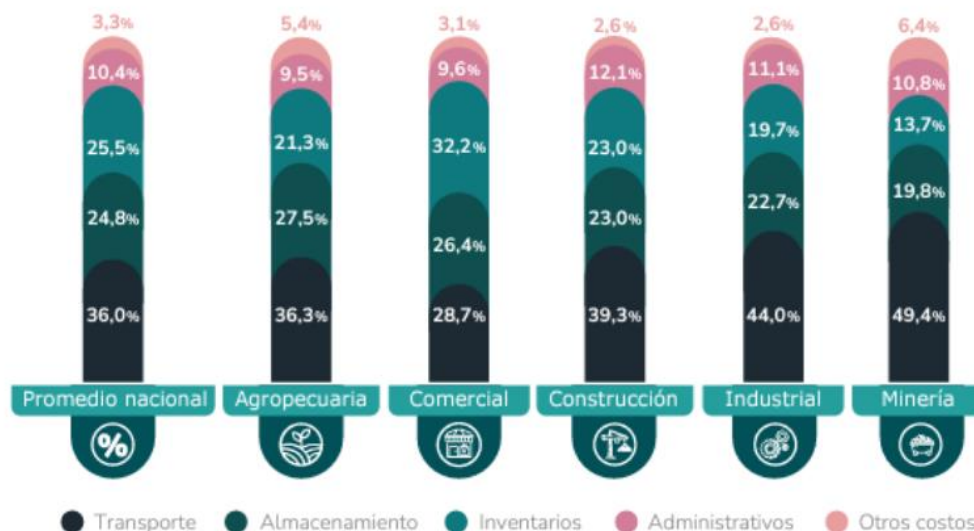
y sobrecostos en las operaciones logísticas, lo que impacta negativamente en la eficiencia de la cadena de suministro y puede afectar la competitividad de las empresas locales

Como segunda área tenemos la falta en la transparencia de la cadena de suministro, la gestión manual de la cadena de suministro presenta desafíos significativos en términos de control y visibilidad de las mercancías. Este enfoque tradicional aumenta el riesgo de errores, pérdidas o fraudes, lo que dificulta el seguimiento preciso y la garantía de la integridad de los productos a lo largo del proceso.

Por último, es evidente la necesidad de digitalización, ya que muchas empresas de transporte y logística en Montería aún operan con procesos manuales o con un bajo nivel de automatización. Esta carencia reduce la eficiencia operativa y limita la capacidad competitiva de las empresas, tanto a nivel nacional como internacional. La adopción de tecnologías avanzadas resulta crucial para mejorar la eficiencia y modernizar el sector (Montería, 2017).

En cuanto a la estructura de costos logísticos, el sector comercial se distingue del resto debido a que el componente de inventarios tiene un mayor protagonismo (32,2 %). Por otro lado, el sector de minería presenta el mayor costo logístico en el componente de transporte (49,4 %) en comparación con otras actividades económicas.

Ilustración 2: Componentes del coste logístico por actividades económicas



Fuente: Encuesta nacional de logística del DNP- 2022

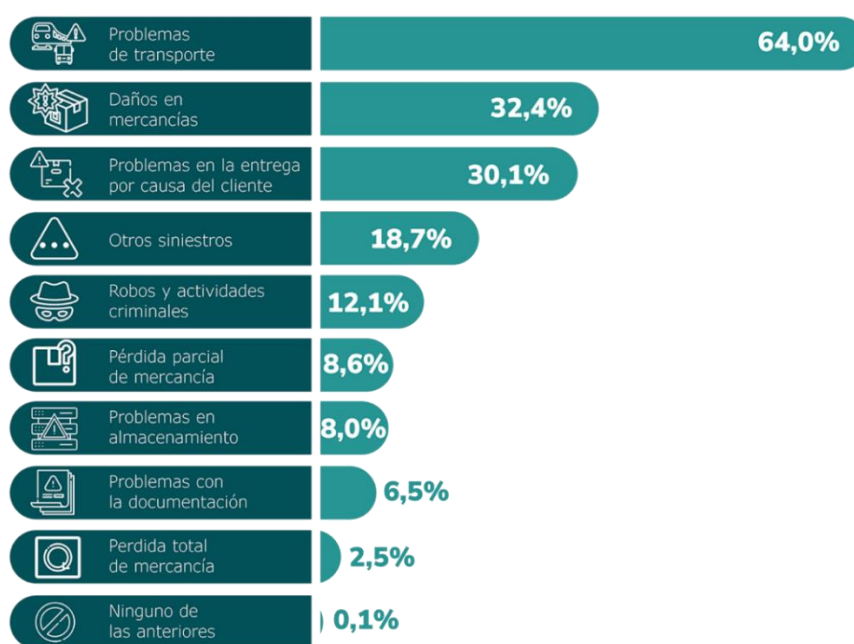
Se observa que el transporte es el componente con el costo logístico más representativo. A nivel del promedio nacional, representa el 36% del costo total. En el sector agropecuario, su participación es similar, alcanzando el 36.3%. En el sector de la construcción, el transporte tiene un peso del 39.3%, mientras que en el sector industrial es el costo predominante, con un 44%. Finalmente, en el sector minero, el transporte alcanza su mayor proporción, representando el 49.4% del costo logístico total.

1.1.1. Problemas identificados

Según la Encuesta Nacional de Logística realizada por el Departamento Nacional de Planeación, los principales problemas a los que se enfrenta el sector logístico, específicamente en el transporte de mercancías, incluyen varios factores críticos. Entre ellos destacan las limitaciones de infraestructura vial, que generan cuellos de botella y retrasos en la distribución, la falta de conectividad entre regiones, el alto costo de transporte debido a las ineficiencias en rutas y tiempos de entrega, y la limitada adopción de tecnologías avanzadas para optimizar los procesos logísticos y aumentar la transparencia

en la cadena de suministro (*Encuesta Nacional Logística, s. f.*). esta misma encuesta también arrojó datos sobre los principales problemas en la entrega de pedidos.

Ilustración 3: Principales problemas en la entrega de pedidos



Fuente: Encuesta nacional de logística del DNP- 2022

La encuesta revela que el principal problema en la entrega de pedidos está relacionado con el transporte, representando un 64%. En segundo lugar, se destacan los daños en las mercancías, con un 32.4%, seguido por los problemas en la entrega causados por los clientes, que alcanzan un 30.1%.

Las empresas de logística y transporte pueden enfrentar una variedad de problemas y dificultades que afectan su operación y eficiencia. Entre ellos, se destacan los desafíos relacionados con el rastreo y la visibilidad de la carga, donde la falta de información en tiempo real puede llevar a retrasos y pérdidas. Además, la empresa puede enfrentar problemas de fraude y errores administrativos, como la manipulación de documentos y

errores en la facturación y manejo de inventarios. La gestión de inventarios también puede ser complicada, con desajustes entre el inventario físico y el registrado.

Otro problema común es la eficiencia en la entrega, incluyendo dificultades para coordinar la logística y optimizar rutas, así como ineficiencias en la administración de recursos como vehículos y personal. Los altos costos operativos pueden resultar de ineficiencias en la cadena de suministro y la administración de documentos. También puede haber problemas con el cumplimiento regulatorio, con riesgos asociados al incumplimiento de normativas de seguridad y calidad. La comunicación y coordinación entre diferentes partes de la cadena de suministro puede ser deficiente, afectando la relación entre proveedores, transportistas y clientes. Finalmente, la seguridad de los datos es una preocupación, ya que las empresas deben proteger la información sensible contra ataques cibernéticos y pérdidas de datos. Implementar una solución basada en blockchain podría ayudar a abordar varios de estos problemas al proporcionar una plataforma segura y transparente para el rastreo de carga, la gestión de inventarios y la coordinación entre las partes involucradas.

1.1.2. Tendencias tecnológicas

En un mundo cada vez más digitalizado, la adopción de tecnologías innovadoras se ha convertido en un factor importante para mejorar la competitividad y eficiencia en diversos sectores. Las tendencias globales en este ámbito muestran un avance acelerado hacia la implementación de soluciones tecnológicas que transforman los modelos de negocio y optimizan los procesos operativos. Se presentan las principales tendencias que están marcando el rumbo en la adopción de estas tecnologías:

La digitalización y automatización de los procesos logísticos: Tecnologías como IoT (internet de las cosas), el blockchain, los Big Data, la inteligencia artificial (IA) junto con la irrupción del 5G permitirán obtener más datos, más transparentes, que aporten mayor visibilidad en toda la cadena de suministro y mayor capacidad de anticipar y adaptarse a los cambios.

La expansión del e-commerce: El consumidor final iba a los lugares físicos para adquirir los productos; ahora y cada vez más, las personas compran sus productos desde sus casas y esperan a que estos lleguen lo más rápido posible. Si en los últimos años el e-commerce estaba creciendo en torno al 20 % anual en nuestro país, la pandemia ha provocado un aumento del 30 % en el último año.

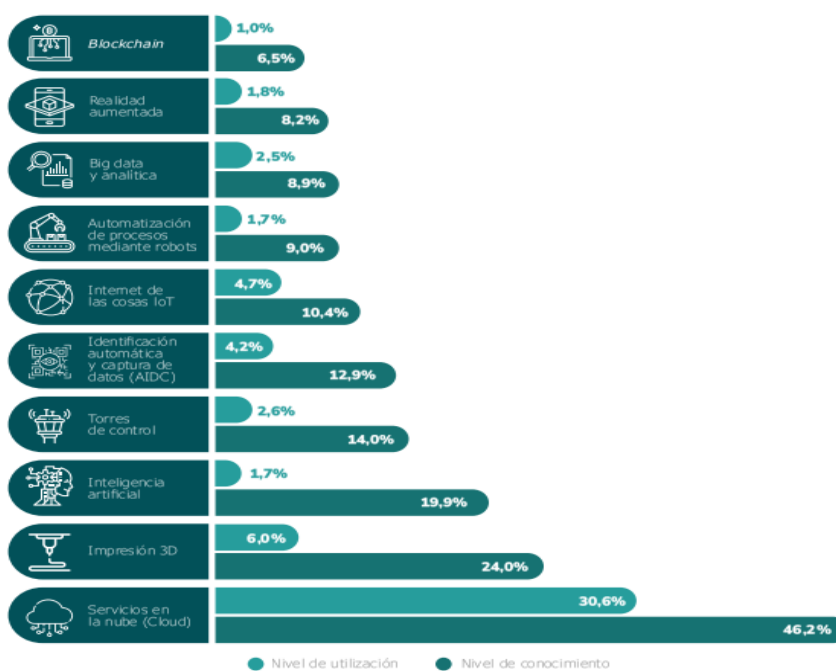
El replanteamiento de la cadena de suministro: El coste de un contenedor en determinados tráficos se ha incrementado entre un 400 y un 500 % en el último año. El aumento ha sido aún mayor si se observan los últimos dos años en 2021 el precio fue de 13.126 dólares (11.269 euros), cerca de diez veces más. Este incremento de precios, junto con la fragilidad actual de las cadenas de suministro internacionales y tensionadas –hecho que se puso en evidencia con la pandemia sumado al precio creciente de la huella de carbono- que se va a traducir en un coste de «pagar por contaminar»-, pueden tener como consecuencia un acercamiento de los centros de producción y un acortamiento de las cadenas de suministro (Universitat Oberta de Catalunya et al., 2022).

En Colombia, se está presentando una clara tendencia hacia la adopción de tecnología en el sector logístico, un fenómeno que está transformando de manera significativa la manera de gestionar y optimizar los procesos de transporte y distribución. Esta tendencia se evidencia en la creciente incorporación de soluciones tecnológicas avanzadas como

sistemas de gestión de transporte (TMS), plataformas de seguimiento en tiempo real y tecnologías emergentes como el blockchain.

La necesidad de mejorar la eficiencia y la transparencia en la cadena de suministro ha impulsado a las empresas a adoptar estas tecnologías. Los sistemas de gestión de transporte, por ejemplo, permiten una planificación más eficiente de las rutas y una gestión más precisa de las flotas, reduciendo costos operativos y tiempos de entrega. Las plataformas de seguimiento en tiempo real ofrecen a los clientes visibilidad completa de sus envíos, lo que no solo mejora la satisfacción del cliente, sino que también permite una respuesta más ágil ante cualquier incidencia.

Ilustración 4: Nivel de conocimiento y utilización de tecnologías 4.0 en logística



Fuente: Encuesta nacional de logística del DNP- 2022

La gráfica muestra una visión de las principales tecnologías emergentes y su nivel de adopción en diferentes industrias. Los servicios en la nube (Cloud) lideran con un 46.2% de implementación, seguidos por la impresión 3D con un 24%, y la inteligencia artificial, que alcanza el 19.9%. Otras tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), la automatización de procesos mediante robots, y el BIG DATA también tienen una adopción creciente. Sin embargo, tecnologías como blockchain y realidad aumentada aún presentan una baja penetración, con apenas un 1% y 1.8% respectivamente. Esto refleja una tendencia clara hacia la digitalización, impulsada principalmente por la nube y la inteligencia artificial, mientras que otras tecnologías están comenzando a ganar terreno en los procesos logísticos y productivos.

1.1.3. Oportunidades

La tecnología blockchain ofrece diversas oportunidades para mejorar la eficiencia y efectividad en empresas de logística y transporte. Inicialmente, blockchain puede reducir significativamente los costos asociados con intermediarios al permitir transacciones directas entre las partes involucradas a través de una plataforma descentralizada. Esto elimina la necesidad de corredores, agentes y plataformas de terceros, disminuyendo los costos administrativos y operativos relacionados con la verificación y reconciliación de datos (Mougayar, 2016)

También, blockchain mejora la gestión de inventarios al proporcionar registros inmutables y transparentes. Cada movimiento de inventario, desde la recepción hasta el envío, se registra en un libro mayor digital accesible para todas las partes autorizadas, facilitando una actualización en tiempo real y una sincronización precisa de los niveles de inventario. Esto reduce errores y discrepancias entre el inventario físico y el registrado, y permite una planificación y reposición de stock más eficientes (Baliga, 2017).

La tecnología también ofrece una mayor confianza en la trazabilidad de los productos. Al registrar cada paso del proceso de manera inmutable, blockchain proporciona un historial verificable de la ruta de cada artículo, aumentando la confianza en su autenticidad y calidad. Esta capacidad de seguimiento ayuda a mitigar problemas como el fraude y la falsificación, al ofrecer a clientes y socios acceso a información precisa sobre el origen y el trayecto de los productos. (Nakamoto, 2008).

Blockchain facilita una mejor coordinación y comunicación entre las partes de la cadena de suministro mediante un sistema de registro compartido y accesible. Centralizando la información y permitiendo el acceso en tiempo real, blockchain reduce fricciones y malentendidos derivados de la falta de información y la duplicación de esfuerzos,

mejorando la eficiencia operativa y fomentando una colaboración más efectiva entre proveedores, transportistas y clientes (Seebacher & Schüritz, 2017).

En términos de seguridad de datos, blockchain ofrece una mayor protección mediante el uso de criptografía y mecanismos de consenso para validar las transacciones. Su naturaleza descentralizada reduce el riesgo de ataques cibernéticos y manipulaciones de datos, garantizando la integridad y confidencialidad de la información almacenada a lo largo de la cadena de suministro (Mougayar, 2016).

Finalmente, los contratos inteligentes en blockchain permiten la automatización de procesos al ejecutar automáticamente acuerdos y condiciones predefinidos. Esto simplifica y agiliza la liberación de pagos, la actualización de registros y la verificación de cumplimiento de contratos, reduciendo la necesidad de intervención manual y errores asociados, y mejorando la eficiencia operativa (Nakamoto, 2008).

1.2. Análisis Técnico

1.2.1. Requerimientos tecnológicos

Para implementar una solución basada en blockchain en una empresa de logística y transporte, es fundamental considerar diversos recursos tecnológicos que incluyen hardware, software e integración con sistemas existentes.

A. HARDWARE:

Servidores

- **Nodos de Red:** Se necesitan servidores para actuar como nodos de la red blockchain. Estos servidores deben tener suficiente capacidad de procesamiento, memoria y almacenamiento para manejar el registro y la

verificación de transacciones. Los nodos pueden ser locales o basados en la nube, dependiendo de las necesidades y la infraestructura de la empresa.

- **Infraestructura de Backup:** Servidores de respaldo y sistemas de almacenamiento para asegurar la integridad y disponibilidad de los datos en caso de fallos o desastres.

Dispositivos de Red:

- **Enrutadores y Switches:** Equipos de red robustos para garantizar una comunicación eficiente y segura entre nodos.

B. SOFTWARE:

Plataforma Blockchain:

- **Elección de la Plataforma:** Selección de una plataforma blockchain adecuada que se ajuste a las necesidades de la empresa. Las opciones incluyen plataformas públicas como Ethereum y privadas como Hyperledger Fabric o Corda. La elección depende de factores como la necesidad de permisos, escalabilidad, y características específicas del negocio.
- **Software de Nodo:** Instalación y configuración del software de nodo para conectar con la red blockchain. Esto incluye clientes y servicios necesarios para la operación y mantenimiento de la red.

Contratos Inteligentes:

- **Desarrollo e Implementación:** Herramientas y lenguajes de programación para el desarrollo de contratos inteligentes que automatizan procesos y transacciones. Ejemplos incluyen Solidity para Ethereum y Chaincode para Hyperledger Fabric.

C. INTEGRACIÓN CON SISTEMAS ACTUALES:

Sistema ERP (Enterprise Resource Planning)

- **Integración de Datos:** Desarrollo de interfaces para conectar la plataforma blockchain con el sistema ERP existente. Esto puede incluir módulos o API que permitan la sincronización de datos de inventarios, pedidos, y otros procesos empresariales críticos con la blockchain.
- **Middleware:** Soluciones de middleware para facilitar la integración y comunicación entre el sistema ERP y la plataforma blockchain.
- **Sincronización de Inventarios:** Implementación de herramientas o adaptadores para integrar los sistemas de gestión de inventario con la blockchain. Esto permite el registro y actualización en tiempo real de los datos de inventario en la cadena de bloques.
- **Actualización de Protocolos:** Ajustes en los protocolos de manejo de inventarios para que coincidan con los procesos automatizados y los registros en blockchain.

D. SEGURIDAD Y GESTIÓN:

Seguridad de la Red

- **Cifrado y Autenticación:**
Implementación de medidas de seguridad como cifrado de datos, autenticación de nodos, y protección contra ataques cibernéticos.
- **Firewalls y Sistemas de Detección:**
Instalación de firewalls y sistemas de detección de intrusiones para proteger la infraestructura blockchain.

Herramientas de Monitoreo:

Uso de herramientas para el monitoreo continuo del rendimiento de la red blockchain, la disponibilidad de nodos y la integridad de los datos.

- Soporte Técnico:

Recursos para el soporte y mantenimiento continuo de la infraestructura blockchain y la integración con los sistemas existentes.

Al considerar la implementación de una solución basada en blockchain para una empresa de logística y transporte, es crucial evaluar y comparar diferentes plataformas blockchain para determinar cuál se adapta mejor a las necesidades específicas de la empresa.

HYPERLEDGER

Hyperledger es un proyecto de código abierto respaldado por la Linux Foundation que ofrece una suite de frameworks para el desarrollo de soluciones blockchain empresariales. Sus componentes más destacados incluyen Hyperledger Fabric, Hyperledger Sawtooth y Hyperledger Iroha (Androulaki et al., 2018).

VENTAJAS

- **Permisado:** Hyperledger es una plataforma de blockchain permitida, lo que significa que los participantes de la red deben ser autorizados para unirse. Esto proporciona mayor privacidad y control sobre quién puede acceder a la información.

- **Flexibilidad y Modularidad:** Ofrece un marco modular y flexible, permitiendo a las empresas personalizar su solución blockchain según sus necesidades específicas.
- **Escalabilidad:** Está diseñada para manejar grandes volúmenes de transacciones y datos, lo que es ideal para aplicaciones empresariales a gran escala.

DESVENTAJAS

- **Menos Orientada al Público:** A diferencia de plataformas públicas como Ethereum, Hyperledger no está diseñada para aplicaciones públicas, lo que puede limitar su uso en contextos que requieren acceso abierto y descentralización total.
- **Curva de Aprendizaje:** La complejidad de los módulos y la configuración pueden requerir una curva de aprendizaje significativa y experiencia técnica.

ADECUACIÓN

Hyperledger es adecuado para empresas que requieren una solución blockchain permissionada con alta privacidad, seguridad y control sobre los participantes de la red. Es ideal para aplicaciones empresariales que manejan grandes volúmenes de datos y transacciones.

ETHEREUM

Ethereum es una plataforma blockchain pública y descentralizada que permite el desarrollo de contratos inteligentes y aplicaciones descentralizadas (dApps). Es una de las plataformas blockchain más conocidas y ampliamente adoptadas (Blockchain technology, bitcoin, and Ethereum, s. f.).

VENTAJAS

- **Contratos Inteligentes:** Permite el desarrollo de contratos inteligentes que automatizan procesos y transacciones. Esto puede simplificar la gestión de operaciones y contratos en la cadena de suministro.
- **Descentralización:** Proporciona un alto grado de descentralización, lo que puede ser ventajoso para aplicaciones que requieren una red abierta y transparente.
- **Ecosistema Activo:** Tiene un ecosistema activo de desarrolladores y una amplia gama de herramientas y recursos disponibles.

DESVENTAJAS

- **Escalabilidad y Costos:** La red de Ethereum ha enfrentado problemas de escalabilidad y altos costos de transacción, especialmente durante periodos de alta demanda. Las actualizaciones recientes, como Ethereum 2.0, están trabajando para abordar estos problemas, pero aún pueden ser un factor para considerar.
- **Privacidad:** Al ser una red pública, toda la información registrada en Ethereum es accesible para cualquier persona, lo que puede ser una desventaja en términos de privacidad.

ADECUACIÓN

Ethereum es adecuado para empresas que buscan una solución descentralizada con la capacidad de desarrollar contratos inteligentes para automatizar procesos. Es ideal para

aplicaciones que pueden beneficiarse de la transparencia y el acceso abierto de una red pública.

VECHAIN

VeChain es una plataforma blockchain enfocada en la gestión de la cadena de suministro y la logística. Ofrece soluciones específicas para el seguimiento de productos y la autenticación a lo largo de la cadena de suministro (Motola Villanueva et al., 2022).

VENTAJAS

- **Enfoque en la Cadena de Suministro:** Diseñada específicamente para la gestión de la cadena de suministro, ofrece herramientas y características que facilitan el seguimiento de productos y la autenticación.
- **Integración de IoT:** Compatible con la integración de dispositivos de Internet de las Cosas (IoT) para mejorar el seguimiento y la recopilación de datos en tiempo real.
- **Facilidad de Uso:** Proporciona una interfaz amigable y herramientas para facilitar la implementación y el uso por parte de empresas.

DESVENTAJAS

Menor Adopción General: Aunque está enfocada en la cadena de suministro, VeChain tiene una adopción menor en comparación con plataformas más grandes como Ethereum.

Flexibilidad Limitada: Está altamente especializada en la cadena de suministro, lo que puede limitar su aplicabilidad para otros casos de uso fuera de este ámbito.

ADECUACIÓN

VeChain es ideal para empresas que se centran en la gestión de la cadena de suministro y la logística, y que necesitan una solución que integre características específicas para el seguimiento de productos y la autenticación. Es especialmente útil para empresas que buscan integrar IoT en su solución blockchain.

Podríamos inferir que para el estudio de prefactibilidad en mención VeChain es la mejor opción para la empresa objeto de estudio ya que se centra en la cadena de suministro y la logística, que necesitan herramientas especializadas para el seguimiento de productos y la autenticación.

1.2.2. Infraestructura existente y necesidad de integración:

Para la implementación de la plataforma de la plataforma blockchain vechain dividiremos en tres secciones: Software, Hardware y consideraciones técnicas.

Requerimientos del Software:

A. Plataforma VeChainThor:

- **VeChainThor** Blockchain es la plataforma blockchain que impulsa VeChain. El cual necesitará conectarse a esta red para realizar las operaciones de trazabilidad, validación y registro de datos de la cadena de suministro.

- **VeChain ToolChain:** Es desarrollada por VeChain, la cual permite integrar soluciones blockchain en los procesos de negocio sin necesidad de un conocimiento técnico avanzado.

B. Smart Contracts:

Los contratos inteligentes son fundamentales para automatizar procesos. Se deben desarrollar o configurar smart contracts para las operaciones logísticas, como la automatización del seguimiento de mercancías, pago de tarifas o gestión de inventarios, entre otros.

C. APIs y Software de integración:

- APIs que permitan la conexión de los sistemas existentes (como ERP o sistemas de gestión de transporte) con la blockchain de VeChain.
- Integración de IoT: Se utilizará Internet de las Cosas (IoT) para el seguimiento de mercancías en tiempo real, el software de VeChain debe integrarse con sensores y dispositivos IoT para capturar datos y registrarlos en la blockchain.

La empresa logística de Montería presenta una notable carencia en cuanto al componente software necesario para implementar una plataforma Vechain. Actualmente, no dispone de los elementos esenciales mencionados previamente, tales como sistemas para el desarrollo de contratos inteligentes, aplicaciones descentralizadas (dApps), o APIs para la integración de la blockchain con sus sistemas internos. Esta falta de infraestructura tecnológica no solo limita la eficiencia operativa, sino que también impide aprovechar las ventajas de la automatización, la trazabilidad y la transparencia que ofrece la tecnología

blockchain. Para mantenerse competitiva y mejorar su capacidad de respuesta, es fundamental que la empresa modernice su ecosistema digital, implementando soluciones que le permitan integrar blockchain en sus procesos logísticos y de transporte.

Requerimientos de Hardware

A. Servidores y Nodos:

Para operar nodos de la red blockchain o utilizar servicios a nivel empresarial, se necesitará servidores dedicados que soporten la plataforma de VeChainThor. Estos servidores deben tener suficiente capacidad de procesamiento y almacenamiento para ejecutar nodos, procesar transacciones y almacenar registros de la blockchain.

- Capacidad de procesamiento: CPU robusta, preferiblemente con procesadores multicore.
- Almacenamiento: Dependiendo de la cantidad de datos generados, podría requerirse desde cientos de gigabytes hasta terabytes de almacenamiento.
- Memoria RAM: Al menos 16 GB de RAM para garantizar un funcionamiento fluido.
- Sensores IoT: Para registrar datos en tiempo real sobre el estado de los productos durante el transporte (temperatura, ubicación, humedad, etc.).
- Etiquetas RFID o códigos QR: Para identificar productos y registrar su movimiento a través de la cadena de suministro en la blockchain de VeChain.

B. Dispositivos de Red:

- Enrutadores y computadores que proporcionen una conexión de red estable y segura para asegurar una comunicación continua entre los nodos, sensores IoT y sistemas de información.

C. Dispositivos de Escaneo:

- Escáneres de códigos QR o RFID para capturar la información de los productos y subirla a la blockchain en cada punto de la cadena de suministro.

La empresa logística de Montería cuenta con los servidores y nodos requeridos por la plataforma VeChain, asegurando la capacidad de procesamiento, almacenamiento y memoria RAM suficientes para soportar las operaciones de la blockchain. Además, dispone de códigos QR y sensores IoT que permiten la trazabilidad en tiempo real de las mercancías, optimizando el monitoreo y la eficiencia de la cadena de suministro. En cuanto a los dispositivos de red, la empresa posee los enrutadores y computadoras necesarios para garantizar una conectividad eficiente y fluida en sus operaciones. Finalmente, la infraestructura también incluye dispositivos de escaneo que facilitan la captura de datos y su integración con la plataforma blockchain, lo que contribuye a una mayor precisión y seguridad en el seguimiento de los productos. Estas características colocan a la empresa en una posición favorable para adoptar y maximizar los beneficios que ofrece la tecnología blockchain.

Consideraciones Técnicas

A. Seguridad y Mantenimiento:

Ciberseguridad: Implementar firewalls, cifrado de datos y otros mecanismos de seguridad para proteger las transacciones y la información almacenada en la blockchain.

Soporte y mantenimiento: Personal técnico capacitado para garantizar el mantenimiento de la infraestructura, actualizar el software de blockchain y responder ante posibles problemas técnicos.

La empresa cuenta con expertos en ciberseguridad y soporte de mantenimiento, quienes se encargan de garantizar la protección de la infraestructura tecnológica, prevenir amenazas cibernéticas y asegurar la integridad de los datos. Además, estos especialistas supervisan el correcto funcionamiento de los sistemas, realizando actualizaciones y mantenimientos preventivos para asegurar la operatividad continua y minimizar posibles interrupciones en los procesos logísticos.

1.3. Análisis Económico y financiero

1.3.1. Inversión inicial (calculado en dólares)

A. Adquisición de Hardware

- **Servidores y Nodos:** Adquisición de servidores para los nodos de la red blockchain. Los costos dependerán de la capacidad de procesamiento y almacenamiento necesarios. Aproximadamente, el costo puede variar entre \$5,000 y \$20,000 por servidor.
- **Dispositivos de Red:** Enrutadores y conmutadores para garantizar una comunicación eficiente. Los costos pueden oscilar entre \$2,000 y \$5,000.

- **Plataforma Blockchain:** Dependiendo de la elección, los costos pueden variar. Las plataformas públicas como Ethereum pueden tener costos menores en licencias, pero las soluciones privadas como Hyperledger pueden tener costos adicionales asociados con el software y licencias. Estimación aproximada: \$10,000 a \$50,000.
- **Desarrollo de Contratos Inteligentes:** Los costos para desarrollar y auditar contratos inteligentes varían según la complejidad. Estimación: \$15,000 a \$50,000.

B. Consultoría

- **Consultoría para Implementación:** Asesoramiento y desarrollo de estrategias para la integración de blockchain con sistemas existentes. Estimación de costos: \$20,000 a \$40,000.

C. Capacitación del Personal

- **Entrenamiento y Formación:** Capacitación para el personal en el uso de la plataforma blockchain y sus funcionalidades. Estimación: \$5,000 a \$15,000.

D. Costos Totales de Inversión Inicial

- **Rango estimado:** \$57,000 a \$130,000

1.3.2. Costos operativos:

A. Mantenimiento de la Plataforma:

- **Costos de Mantenimiento:** Incluye actualizaciones, parches de seguridad y ajustes en la plataforma blockchain. Estimación anual: \$10,000 a \$30,000.

B. Actualización de sistemas:

- **Mejoras y Actualizaciones:** Costo de implementar nuevas versiones y mejorar los sistemas existentes. Estimación anual: \$5,000 a \$15,000.

C. Soporte Técnico:

- **Servicio de Soporte:** Costos asociados con el soporte técnico para la resolución de problemas y la asistencia continua. Estimación anual: \$10,000 a \$25,000.

1.3.3. Costos Totales Operativos Anuales:

A. **Rango estimado:** \$25,000 a \$70,000

B. Reducción de Costos Operativos:

- **Eficiencia en Procesos:** Mejora en la eficiencia de operaciones y reducción de costos asociados con procesos manuales. Estimación anual de ahorro: \$30,000 a \$60,000.

C. Disminución de Errores y Pérdidas en Inventario:

- **Menos Errores:** Reducción de errores y pérdidas debido a una gestión más precisa de inventarios. Estimación anual de ahorro: \$20,000 a \$50,000.

D. Mayor Eficiencia en la Cadena de Suministro:

- **Optimización de Procesos:** Aumento en la eficiencia de la cadena de suministro y reducción de tiempos de espera. Estimación anual de ahorro: \$25,000 a \$55,000.

E. Fraude menor:

- **Reducción de Fraude:** Menor riesgo de fraude y falsificación de productos. Estimación anual de ahorro: \$15,000 a \$40,000.

F. Beneficios Totales Anuales Estimados:

- **Rango estimado:** \$90,000 a \$205,000

G. Análisis de rentabilidad:**1.3.4. Tasa Interna de Retorno (TIR):**

Cálculo: La TIR se calculará en función de los flujos de caja proyectados, considerando los costos de inversión inicial y los beneficios anuales. Un TIR positivo y superior al costo de capital indicará viabilidad financiera.

1.3.5. Valor Actual Neto (VAN):

Cálculo: El VAN se calculará descontando los flujos de caja futuros esperados al valor presente, utilizando una tasa de descuento apropiada. Un VAN positivo indicará que el proyecto generará más valor del que costará implementar.

1.3.6. Proyección Financiera:

3 años:

Inversión Inicial: \$57,000 a \$130,000

Costos Operativos Totales (3 años): \$75,000 a \$210,000

Beneficios Totales (3 años): \$270,000 a \$615,000

5 años:

Inversión Inicial: \$57,000 a \$130,000

Costos Operativos Totales (5 años): \$125,000 a \$350,000

Beneficios Totales (5 años): \$450,000 a \$1,025,000

10 años:

Inversión Inicial: \$57,000 a \$130,000

Costos Operativos Totales (10 años): \$250,000 a \$700,000

Beneficios Totales (10 años): \$900,000 a \$2,050,000

La implementación de blockchain muestra una proyección financiera positiva con beneficios potenciales que superan los costos de inversión y operativos. El análisis de TIR y VAN confirmará la viabilidad del proyecto. Se recomienda realizar un estudio más detallado con datos específicos y ajustar las estimaciones según las condiciones particulares de la empresa para una evaluación precisa.

1.4. Análisis Legal y Normativo

1.4.1. Normativa vigente

En Colombia, la regulación sobre blockchain es poca, pero hay algunas normativas y directrices que afectan su uso, especialmente en el contexto de criptomonedas y contratos inteligentes. Como es el caso de:

Ley 1273 de 2009: No hace alusión a blockchain, pero en esta se establece el marco normativo para la protección de datos personales y la seguridad en las transacciones electrónicas, lo cual es relevante para las aplicaciones de blockchain.

“Por medio de la cual se modifica el Código Penal, se crea un nuevo bien jurídico tutelado - denominado "de la protección de la información y de los datos"- y se preservan integralmente los sistemas que utilicen las tecnologías de la información y las comunicaciones, entre otras disposiciones”

Ley 1753 de 2015 (Plan Nacional de Desarrollo): Incluye una serie de disposiciones para fomentar la adopción de tecnologías emergentes y la digitalización en Colombia. Aunque no menciona blockchain específicamente, es parte del contexto general que favorece la innovación tecnológica. Específicamente el artículo 147, literal 6, el cual reza:

“Artículo 147: Transformación digital publica

Priorización de tecnologías emergentes de la Cuarta Revolución Industrial que faciliten la prestación de servicios del Estado a través de nuevos modelos incluyendo, pero no limitado a, tecnologías de desintermediación, DLT (Distributed Ledger Technology),

análisis masivo de datos (Big data), inteligencia artificial (AI), Internet de las Cosas (IoT), Robótica y similares.

En cuanto a la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC): Ha emitido varias circulares y comunicados relacionados con criptomonedas y activos digitales, que afectan el uso de blockchain. En general, la SFC ha mostrado una postura cautelosa respecto a las criptomonedas y ha requerido que las entidades financieras informen sobre sus actividades relacionadas con activos digitales. Tales como:

- Circular Externa 029 de marzo 26 de 2014: Esta circular se centra en la prevención de riesgos asociados con la inversión en criptoactivos, en particular las criptomonedas
- Concepto 2017008234-001 del 23 de febrero de 2017: se centra en la regulación de los criptoactivos o criptomonedas, en el cual especifica la naturaleza, prohibición, riesgo, entre otros.
- Concepto 2020259314-001 del 18 de diciembre de 2020: Hace referencia a las criptomonedas y su uso en el país, este concepto aborda temas como la regulación y la supervisión de actividades financieras que involucran activos digitales.

Banco de la República ha expresado su preocupación y su interés en monitorear el uso de criptomonedas y tecnologías relacionadas. Aunque no ha regulado a la tecnología blockchain, sus políticas afectan el entorno en el que opera esta tecnología.

El gobierno colombiano ha mostrado interés en el uso de blockchain en áreas como la trazabilidad en la cadena de suministro y la administración pública. Un ejemplo de esto es el proyecto piloto de la Registraduría Nacional para emplear blockchain en procesos electorales (Civil, s. f.). Aunque el país aún no cuenta con una legislación específica para blockchain, ha regulado aspectos relacionados con criptomonedas. El marco regulatorio continúa en evolución, y se espera que en el futuro cercano se establezcan normativas más claras que regulen directamente el uso de blockchain, especialmente en sectores como la logística.

1.4.2. Consideraciones legales

En Colombia, la regulación sobre blockchain aún se encuentra en una fase inicial, aunque existen algunas normativas y directrices que impactan su aplicación, especialmente en el ámbito de las criptomonedas y los contratos inteligentes. Un ejemplo de esto es:

- Proyecto de Ley 139 de 2021 el cual busca establecer un marco regulatorio para los exchanges de criptoactivos, creando un registro único para estas plataformas y definiendo requisitos para su operación.
- La Ley 527 de 1999 y su reglamentación establecen el marco para las firmas electrónicas en Colombia. Los contratos digitales ejecutados mediante blockchain deben cumplir con los requisitos de firma electrónica para ser válidos.

“Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales, y se establecen las entidades de certificación y se dictan otras disposiciones.”

- **Tributación de Criptoactivos:** La Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) ha indicado que los criptoactivos están sujetos a impuestos. Las transacciones con criptoactivos deben ser reportadas y pueden estar sujetas a impuestos sobre la renta y otros tributos.
- **Ley 23 de 1982** la cual habla de los derechos de autor y Patentes, las invenciones y desarrollos relacionados con blockchain pueden estar sujetos a derechos de propiedad intelectual. Las empresas deben considerar la protección de sus innovaciones mediante patentes o derechos de autor según corresponda. El artículo 1 de la ley en mención, reza:
“Los autores de obras literarias, científicas y artísticas gozarán de protección para sus obras en la forma prescrita por la presente Ley y, en cuanto fuere compatible con ella, por el derecho común. También protege esta Ley a los intérpretes o ejecutantes, a los productores de programas y a los organismos de radiodifusión, en sus derechos conexos a los del auto”
- **Licencias de Software** se basan en la ley 600 del 2000, donde establece el uso de software de blockchain debe cumplir con las licencias y acuerdos de uso, especialmente si se utilizan soluciones de código abierto o plataformas con licencias específicas.

1.5. Análisis organizacional

1.5.1. Capacitación del personal:

La formación de nuevos profesionales en el campo logístico, la gestión de inventarios, el comercio electrónico, la seguridad alimentaria y la gestión de residuos vislumbran como los retos más urgentes a los que se enfrenta la logística y la cadena de suministros. Permitirá

en gran medida garantizar un elevado nivel de servicio al cliente tras el impacto que ha tenido la situación pandémica en el mundo (Sánchez Suárez et al., 2021).

La capacitación del personal es uno de los aspectos clave en el éxito de la implementación de blockchain en una empresa de logística y transporte. Esta tecnología puede ser novedosa para la mayoría de los empleados, por lo que es fundamental asegurar que tengan el conocimiento y las habilidades necesarias para manejar la plataforma eficientemente y aprovechar sus ventajas en términos de seguridad, automatización y trazabilidad. Según Mougayar (2016), el éxito en la adopción de blockchain radica en la comprensión adecuada de sus principios y aplicaciones, ya que esto permite a las empresas maximizar el valor que la tecnología puede aportar a sus operaciones.

El objetivo principal de la capacitación es proporcionar al personal un conocimiento sólido sobre los conceptos básicos de blockchain, como su funcionamiento descentralizado, la inmutabilidad de los registros y el uso de contratos inteligentes para automatizar procesos logísticos. Además, es esencial que los empleados comprendan cómo gestionar la plataforma de manera segura, cómo interactuar con los datos y cómo integrar blockchain con los sistemas empresariales existentes, como los ERP y los sistemas de gestión de inventarios. Este tipo de integración permitirá una mejora considerable en la eficiencia operativa y en la transparencia de los procesos, en su análisis de modelos de consenso en blockchain (Baliga, 2017).

La capacitación debe dividirse en varios niveles para adaptarse a los diferentes roles dentro de la empresa. Para los usuarios finales, que interactuarán principalmente con la interfaz de usuario, la capacitación debe enfocarse en cómo realizar tareas básicas como el seguimiento de productos, la verificación de transacciones y la consulta de datos en tiempo

real. Para el equipo técnico, es necesario un entrenamiento más avanzado que aborde la configuración, administración y mantenimiento de la infraestructura blockchain, incluyendo la gestión de nodos y la seguridad de la red. Por otro lado, los desarrolladores que trabajan con contratos inteligentes necesitarán formación especializada para aprender a diseñar, programar y auditar estos contratos, los cuales son fundamentales para automatizar operaciones dentro de la cadena de suministro, como sugiere Nakamoto (2008) en el documento fundacional de cadena de bloques.

La capacitación también puede adoptar diferentes métodos y formatos. Las clases presenciales o virtuales permiten una enseñanza estructurada, mientras que las simulaciones y talleres prácticos son especialmente útiles para que los empleados experimenten escenarios reales de uso de blockchain, lo que mejora la retención de conocimiento y la adaptación tecnológica. Además, la creación de manuales, tutoriales en línea y guías técnicas asegura que el personal tenga acceso continuo a recursos que los ayuden a resolver dudas o problemas específicos en el futuro (Seebacher & Schüritz, 2017).

En cuanto a la duración y costos, estos factores dependerán de la profundidad del contenido y del número de empleados a capacitar. Para los usuarios finales, los programas básicos pueden durar entre 1 y 2 semanas, mientras que la formación avanzada para el personal técnico puede extenderse de 3 semanas a 2 meses. Según estimaciones, los costos de una capacitación integral para una empresa mediana pueden oscilar entre \$5,000 y \$15,000, dependiendo de la complejidad del proyecto y de si se contratan consultores externos o se desarrollan programas internos de formación (Mougayar, 2016).

Uno de los principales beneficios de una adecuada capacitación es que garantiza una transición fluida hacia el uso de blockchain, minimizando los posibles errores durante la

fase de implementación. Además, mejora la adopción tecnológica entre los empleados y aumenta su confianza en el uso de la plataforma, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la cadena de suministro, reducción de costos operativos y mejora en la precisión del manejo de inventarios. La formación también es clave para garantizar que el personal comprenda las implicaciones de la seguridad en blockchain, lo que resulta esencial para prevenir vulnerabilidades y mantener la integridad de los datos en la red (Baliga, 2017).

Finalmente, es fundamental realizar evaluaciones periódicas del nivel de competencia del personal y ofrecer cursos de actualización conforme evolucionen las necesidades tecnológicas de la empresa o se implementen nuevas funcionalidades en la plataforma blockchain. Este enfoque asegura que la empresa no solo implementará blockchain exitosamente, sino que también podrá escalar y adaptar su uso a largo plazo (Nakamoto, 2008).

1.5.2. Impacto en la estructura organizacional:

La implementación de blockchain en una empresa de logística y transporte conlleva un impacto significativo en la estructura organizacional, modificando tanto los procesos internos como la dinámica de trabajo entre empleados y departamentos. En primer lugar, blockchain permite la automatización de procesos a través de contratos inteligentes, que eliminan la necesidad de intervención humana en tareas rutinarias como la verificación de entregas y la facturación, liberando recursos para actividades más estratégicas y de mayor valor (Mougayar, 2016). Esto implica una redistribución de las responsabilidades y una reconfiguración en la asignación de recursos dentro de la empresa.

Otro impacto importante es la reducción de la dependencia de intermediarios. Al ser una tecnología que permite la validación de transacciones de manera directa y sin la

necesidad de terceros, blockchain elimina la necesidad de intermediarios en áreas como finanzas y auditoría. Según Baliga (2017), esta desintermediación puede llevar a una reestructuración de departamentos que normalmente dependen de la interacción con actores externos, como el área de compras o control de calidad.

Además, la adopción de blockchain crea la necesidad de nuevas funciones y roles especializados. La empresa deberá incorporar expertos en blockchain, desarrolladores de contratos inteligentes y personal de seguridad informática para gestionar y mantener la infraestructura tecnológica. Este cambio implica una reestructuración interna, con la creación de roles técnicos avanzados que antes no existían en la organización (Seebacher & Schüritz, 2017).

La toma de decisiones también se ve impactada, ya que la naturaleza descentralizada y transparente de blockchain facilita el acceso a información en tiempo real, lo que promueve una toma de decisiones más ágil y horizontal. Esto puede reducir la dependencia de estructuras jerárquicas tradicionales, fomentando una mayor colaboración y autonomía entre los distintos departamentos (Nakamoto, 2008).

Otro aspecto clave es la mejora en la coordinación y colaboración interdepartamental. Al tener acceso a datos inmutables y en tiempo real, los distintos departamentos, como logística, finanzas y ventas, pueden trabajar con la misma información, lo que mejora la eficiencia operativa y elimina la duplicidad de datos. Esto fomenta la creación de equipos de trabajo multidisciplinarios que colaboran de manera más integrada y efectiva (Baliga, 2017).

Finalmente, la implementación de blockchain puede transformar la cultura organizacional al promover valores como la transparencia, la confianza y la

responsabilidad. La capacidad de rastrear cada paso dentro de la cadena de suministro y garantizar la integridad de los datos empodera a los empleados, fomentando una mayor responsabilidad individual y un compromiso más profundo con la calidad de los procesos (Mougayar, 2016)

1.6. Análisis de Riesgos

El siguiente análisis se realizará mediante una matriz de riesgo de acuerdo con cada factor de riesgo el cual se regirá por los siguientes pasos:

1. Identificación del riesgo
2. Evaluación de la probabilidad de que ocurra
3. Evaluación del impacto si ocurre
4. Asignación de la clasificación del riesgo (baja, media, alta)
5. Medidas de mitigación.

La clasificación del riesgo Se obtendrá combinando la probabilidad y el impacto.

- **Alta:** Riesgos que requieren acción inmediata.
- **Media:** Riesgos que deben ser monitoreados y gestionados.
- **Baja:** Riesgos menos prioritarios que deben ser considerados.

1.6.1. Riesgos técnicos

Tabla 2: Matriz de riesgos técnicos

Riesgo	Descripción	Probabilidad	Impacto	Clasificación del riesgo	Medidas de mitigación
Falta de infraestructura de software	La empresa carece de sistemas para contratos inteligentes, dApps y APIs para la integración de blockchain con sus sistemas internos.	Alto	Alta	Alto	Adquirir y desarrollar software especializado, además de contratar consultores de

					blockchain para implementación e integración y finalmente capacitar al personal en el uso de la tecnología.
Fallo en los servidores o nodos	Los servidores y nodos pueden no ser suficientes para soportar cargas elevadas de procesamiento o almacenamiento en el futuro.	Medio	Media	Alta	Implementar un plan de escalabilidad para aumentar la capacidad de procesamiento y almacenamiento conforme crezca la demanda, además de realizar mantenimiento regular.
Problemas de compatibilidad con los sensores IoT	Los sensores IoT y los códigos QR pueden no integrarse correctamente con la plataforma VeChain o sus sistemas internos.	Medio	Baja	Media	Realizar pruebas de integración previas y asegurarse de que los dispositivos sean compatibles con VeChain y así mismo, contratar expertos en IoT y blockchain.
Vulnerabilidades en ciberseguridad	Los sistemas y nodos de la empresa podrían ser vulnerables a ataques cibernéticos que comprometan la integridad de los datos de la blockchain.	Alto	Media	Alto	Implementar protocolos robustos de ciberseguridad, también, encriptación de datos y auditorías frecuentes y contratar un equipo de seguridad especializado en blockchain.
Falta de soporte para	La falta de experiencia en el desarrollo de contratos inteligentes	Alto	Alta	Alto	Contratar expertos en desarrollo de

contratos inteligentes	puede generar errores en la automatización de procesos logísticos.				contratos inteligentes y realizar pruebas rigurosas antes de la implementación a gran escala.
Fallo en la conectividad de los dispositivos de red	Los enrutadores y computadoras podrían fallar, afectando la conectividad entre los nodos y la blockchain, lo que afectaría la eficiencia operativa.	Medio	Media	Alta	Asegurar el mantenimiento regular de dispositivos de red y disponer de redundancias en la infraestructura de red para evitar interrupciones.
Mal funcionamiento de los dispositivos de escaneo	Fallos en los dispositivos de escaneo podrían afectar la captura precisa de datos y su integración con la blockchain.	Medio	Baja	Media	Realizar mantenimientos preventivos de los dispositivos de escaneo y adquirir equipos con soporte técnico continuo.
Escalabilidad insuficiente para el aumento de transacciones	La plataforma puede enfrentar problemas de escalabilidad a medida que aumenten las transacciones o los volúmenes de datos en la blockchain.	Alto	Media	Alta	Implementar una solución escalable desde el inicio y monitorear continuamente el uso de la plataforma para ajustar la infraestructura según sea necesario.
Sobrecarga en el procesamiento de información en tiempo real	La gran cantidad de datos en tiempo real, debido a la integración de IoT, puede sobrecargar los servidores y ralentizar las operaciones.	Alto	Media	Alta	Hay que asegurar que los servidores sean capaces de procesar grandes volúmenes de datos y considerar la implementación de nodos adicionales para

					equilibrar la carga.
Problemas en la adopción del sistema por parte del personal	La falta de formación o familiarización del personal con la tecnología blockchain podría retrasar la adopción del sistema y afectar su uso eficiente.	Medio	Media	Media	Ofrecer capacitaciones continuas al personal y asegurar que la transición a los nuevos procesos se realice de manera gradual para facilitar la adopción.

Fuente propia

Esta matriz de riesgos técnicos está identificando los posibles problemas que se pueden presentar en la implementación de la plataforma blockchain como VeChain y se sugirieron planes de mitigación para minimizar el impacto de estos riesgos en la operación logística de la empresa.

1.6.2. Riesgos financieros

Tabla 3: Matriz de riesgos financieros

Riesgo	Descripción	Probabilidad	Impacto	Clasificación del riesgo	Medidas de mitigación
Sobrecosto en adquisición de hardware	La estimación de costos puede aumentar si los servidores, nodos o dispositivos de red requieren más capacidad o se presentan dificultades de suministro.	Media	Alta	Alta	Hacer un análisis previo de necesidades y adquirir hardware con capacidad escalable.
Costos elevados de implementación	Los costos de consultoría y desarrollo de contratos inteligentes pueden exceder lo planeado, afectando el	Alta	Media	Alta	Negociar tarifas fijas con proveedores y planificar un margen adicional en el presupuesto para estos servicios.

	presupuesto general del proyecto.				
Mantenimiento y actualizaciones costosas	La plataforma blockchain puede requerir actualizaciones frecuentes que aumenten los costos operativos, afectando la rentabilidad a largo plazo.	Alta	Media	Media	Establecer contratos de mantenimiento con costos fijos y negociar mejoras dentro de estos contratos.
Falta de ahorro en costos operativos	La reducción de costos proyectada en términos de eficiencia operativa puede no ser tan significativa como se estima, afectando la rentabilidad.	Media	Alta	Media	Monitorear constantemente los beneficios obtenidos y ajustar la estrategia según los resultados reales.
Dependencia del soporte técnico	Los problemas técnicos recurrentes pueden generar una mayor dependencia del soporte técnico, incrementando los costos no previstos.	Media	Media	Media	Capacitar al personal interno en soporte técnico para reducir la dependencia de servicios externos.
Falta de financiamiento adicional	La empresa puede enfrentarse a dificultades para obtener financiamiento adicional en caso de aumentos no previstos en los costos de implementación.	Media	Alta	Alta	Buscar líneas de crédito o financiamiento con antelación y negociar condiciones flexibles para su activación.
Menores beneficios de lo esperado	El ahorro en costos, la eficiencia en la cadena de suministro y la reducción de errores pueden ser	Media	Alta	Alta	Implementar pruebas piloto y hacer ajustes antes de la implementación completa para

	menores que las proyecciones iniciales.				validar los ahorros.
Fluctuaciones en el costo de licencias	Los costos de licencias y actualizaciones de la plataforma blockchain pueden variar, afectando el presupuesto a largo plazo.	Baja	Media	Baja	Optar por plataformas con planes de licenciamiento predecibles o de código abierto para reducir variabilidad

Fuente propia

Este análisis de riesgos financieros nos permite identificar y priorizar los riesgos potenciales en la implementación de blockchain para la empresa de logística en Montería. Las medidas de mitigación propuestas están orientadas a prevenir impactos financieros significativos y garantizar la viabilidad de la implementación desde el punto de vista financiero.

1.6.3. Riesgos operativos

Tabla 4: Matriz de riesgos operativos

Riesgo	Descripción	Probabilidad	Impacto	Clasificación del riesgo	Medidas de mitigación
Fallos en la infraestructura tecnológica	Interrupciones en servidores, nodos o dispositivos de red que podrían causar inactividad en la plataforma blockchain.	Media	Alta	Alto	Implementar redundancia en los sistemas, y así realizar mantenimientos preventivos y monitoreo constante.
Falta de personal capacitado	Escasez de expertos en blockchain, IoT y ciberseguridad dentro de la empresa para operar y mantener la plataforma.	Alta	Alta	Alto	Desarrollar programas de capacitación interna y contratar consultores especializados

					para las fases críticas.
Vulnerabilidades de seguridad	Amenazas de ciberataques, fraudes o manipulación de datos durante las operaciones en la plataforma.	Media	Alta	Alto	Implementar políticas de seguridad cibernética, cifrado de datos y auditorías de seguridad periódicas.
Resistencia al cambio tecnológico	El personal operativo puede mostrar resistencia a adoptar nuevos procesos basados en blockchain.	Alta	Media	Alto	Proporcionar capacitación continua y realizar talleres de concientización sobre los beneficios de la blockchain.
Errores en la configuración de nodos	Configuración incorrecta de los nodos de la red, lo que podría causar inconsistencias en la red blockchain.	Baja	Alta	Medio	Establecer procedimientos estándar para la configuración y validación de nodos, junto con auditorías técnicas regulares.
Dependencia de proveedores externos	Dependencia de terceros para el mantenimiento de la infraestructura y el soporte técnico.	Media	Media	Medio	Establecer contratos claros con los proveedores, y desarrollar capacidades internas a largo plazo.
Problemas en la actualización de software	Dificultades en la implementación de actualizaciones de software, causando interrupciones temporales en el servicio.	Media	Media	Medio	Crear una política de actualización planificada con pruebas previas y soporte técnico inmediato.

Fuente propia

Esta matriz de riesgo operativo detallara los riesgos asociados con el día a día de las operaciones. Estos riesgos están relacionados con la infraestructura, el personal, los procesos y la seguridad.

1.6.4. Plan de mitigación

El plan de mitigación es una estrategia para reducir la probabilidad y el impacto de los riesgos identificados. El cual será detallado de la siguiente manera:

Técnicas de mitigación

1. Para riesgos técnicos: Invertir en la capacitación del personal, realizar pruebas piloto antes de una implementación completa, y asegurar que los sistemas actuales sean compatibles.
2. Para riesgos financieros: Establecer un presupuesto sólido, buscar financiamiento adicional, y realizar un análisis de costo-beneficio.
3. Para riesgos operativos: Implementar blockchain de manera gradual, capacitar al personal en la nueva tecnología, y diseñar planes de contingencia en caso de fallos.

Monitoreo y control:

1. Desarrollar indicadores para monitorear los riesgos identificados.
2. Establecer revisiones periódicas para evaluar la efectividad de las acciones de mitigación.

Responsables

Asignar un equipo encargado de supervisar los riesgos y aplicar las medidas de mitigación según sea necesario.

CONCLUSIONES

La implementación de blockchain en una empresa de logística y transporte en Montería ofrece diversas ventajas estratégicas y operativas que pueden transformar significativamente la competitividad y eficiencia de la empresa. En primer lugar, blockchain reduce los costos operativos y administrativos al eliminar intermediarios y automatizar tareas rutinarias mediante contratos inteligentes, lo que optimiza recursos y minimiza errores. Además, la tecnología permite mejorar la trazabilidad y transparencia de la cadena de suministro, registrando cada transacción de manera inmutable. Esto genera mayor confianza en clientes y socios comerciales al ofrecer un seguimiento preciso y en tiempo real de los envíos.

Por otra parte, la optimización de la gestión de inventarios. Blockchain permite tener registros actualizados en tiempo real, lo que facilita una planificación más eficiente y evita problemas como el sobre stock o la falta de productos. Esto se traduce en un flujo de trabajo más ágil y coordinado dentro de la cadena de suministro. La seguridad de los datos también es un beneficio importante, ya que blockchain utiliza criptografía y sistemas descentralizados que protegen la información frente a manipulaciones o ciberataques, garantizando la integridad de los datos.

Asimismo, el proyecto requerirá una inversión inicial significativa, tanto en infraestructura tecnológica como en la capacitación del personal. No obstante, la capacitación de los empleados en el manejo de blockchain y nuevos procesos automatizados mejorará la eficiencia operativa a largo plazo. Desde el punto de vista económico, el análisis de viabilidad muestra que, aunque la inversión inicial es considerable, los beneficios financieros a medio y largo plazo superan los costos.

Indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) demuestran que el proyecto es rentable a 5 y 10 años, asegurando un retorno positivo sobre la inversión.

Por último, blockchain facilita la colaboración y coordinación entre los actores de la cadena de suministro al centralizar la información de manera accesible y segura. Esto contribuye a mejorar la sincronización entre proveedores, transportistas y clientes, reduciendo fricciones y mejorando la eficiencia operativa.

En términos generales, la implementación de blockchain en una empresa de logística y transporte en Montería representa una oportunidad estratégica para mejorar la eficiencia, reducir costos y fortalecer su competitividad en el mercado. Aunque requiere una inversión inicial significativa, los beneficios a largo plazo en términos de gestión de inventarios, trazabilidad, seguridad y eficiencia operativa justifican ampliamente el proyecto.

REFERENCIAS

- Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., Enyeart, D., Ferris, C., Laventman, G., Manevich, Y., Muralidharan, S., Murthy, C., Nguyen, B., Sethi, M., Singh, G., Smith, K., Sorniotti, A., Stathakopoulou, C., Vukolić, M., ... Yellick, J. (2018). Hyperledger fabric: A distributed operating system for permissioned blockchains. *Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference*, 1-15. <https://doi.org/10.1145/3190508.3190538>
- Blockchain technology, bitcoin, and Ethereum: A brief overview*. (s. f.). Recuperado 13 de septiembre de 2024, de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8345547>
- Baliga, A. (2017). "Entendiendo los modelos de consenso de blockchain". *Persistent Systems* . Recuperado de <https://www.persistent.com> .
- Cepeda, R. P. (2010). *Trazabilidad*. Revista ReCiTeIA.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=MpWU3XmQBNgC&oi=fnd&pg=PA4&dq=que+es+la+trazabilidad&ots=eLuaGYWDks&sig=qrN9_1R6Nc12c3rei7rkfiSam_Y
- Civil, R. N. del E. (s. f.). *Registraduría Nacional del Estado Civil*. Registraduría Nacional del Estado Civil. Recuperado 11 de septiembre de 2024, de <https://www.registraduria.gov.co>
- Encuesta Nacional Logística*. (s. f.). Recuperado 6 de septiembre de 2024, de <https://onl.dnp.gov.co/Paginas/Encuesta-Nacional-Logistica.aspx>
- Espinal, A. C., & Montoya, R. A. G. (2009). Tecnologías De La Información En La Cadena De Suministro. *Dyna*, 76(157), 37-48.

Franco Zarate, J. A. (2021). *Blockchain en el transporte y la logística: Consideraciones sobre el eventual empleo de dicha tecnología para reemplazar los documentos físicos o “en papel” en el transporte de carga en Colombia*.

<https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/ffd0ee17-2a34-4594-a180-f95e0fac958a>

Montería, A. de. (2017, octubre 10). *Plan de Desarrollo Alcaldía de Montería*. Alcaldía de Montería. <https://www.monteria.gov.co/publicaciones/1069/plan-de-desarrollo-alcaldia-de-monteria/>

Motola Villanueva, P., Cortez Alejandro, K. A., & Barrera Guerra, J. L. (2022). El Tokenomic de las Finanzas descentralizadas. *Vinculatégica*, 8(3), Article 3.

Mougayar, W. (2016). *La cadena de bloques empresarial: promesa, práctica y aplicación de la próxima tecnología de Internet*. Wiley.

Nakamoto, S. (2008). "Bitcoin: un sistema de efectivo electrónico entre pares".

Recuperado de <https://bitcoin.org>.

Nespral, D., & Hergueda, R. F. (2021). *Blockchain: El modelo descentralizado hacia la economía digital*. Ediciones de la U.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IKY5EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=descentralizaci%C3%B3n+blockchain&ots=KTKN8pTQfy&sig=XcdpCl0hLKwPsdgaJ4gWGplDPoE>

R, J. D. C., & User, S. (s. f.). *Estado de los Proyectos de Ley y Actos Legislativos del H.Senado, consulta de textos e informes legislativos*. Recuperado 10 de septiembre de 2024, de <https://leyes.senado.gov.co/proyectos/index.php/textos-radicados-senado/p-ley-2021-2022/2365-proyecto-de-ley-139-de-2021>

- Rivera, R. A., Delgado, L. M., & de Jesús Carrillo Mendoza, J. (2013). Logística de transporte y su desarrollo. *Observatorio de la economía latinoamericana*, 185. <https://www.academia.edu/download/47927294/transporte.pdf>
- Rodríguez Cavazos, A. M., Haros Aceves, F. M., Caballero González, M., & Garza Perales, P. (2019). *Elementos centrales, ventajas competitivas e impactos de Blockchain en el proceso de logística marítima: El caso del puerto de Veracruz* [bachelorThesis, San Pedro Garza García, UDEM]. <http://repositorio.udem.edu.mx/handle/61000/3557>
- Rojas, M., Jaimes, L., & Valencia, M. (2018). Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. *Revista ESPACIOS*, 39(06). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/18390611.html>
- Sánchez, F. L., & Sosa, E. M. (s. f.). *Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales*. Recuperado 10 de septiembre de 2024, de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/94746/fichero/TFG-4746+Romero+S%C3%A1nchez.pdf>
- Sánchez Suárez, Y., Pérez Castañeira, J. A., Sangroni Laguardia, N., Cruz Blanco, C., Medina Nogueira, Y. E., Sánchez Suárez, Y., Pérez Castañeira, J. A., Sangroni Laguardia, N., Cruz Blanco, C., & Medina Nogueira, Y. E. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 42(1), 169-184.
- Seebacher, S., y Schürirtz, R. (2017). "La tecnología blockchain como facilitadora de sistemas de servicios: una revisión bibliográfica estructurada". *Conferencia internacional sobre la exploración de la ciencia de los servicios* .

Universitat Oberta de Catalunya, Viu Roig, M., & Castillo, C. (2022). Evolución de la

logística: Pasado, presente y futuro. *Oikonomics*, 17.

<https://doi.org/10.7238/o.n17.2204>

Villameriel Martínez, I. (2019). *Blockchain y criptomonedas*.

<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/38340>