



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

BLOCKCHAIN e INTELIGENCIA ARTIFICIAL: MODELO PARA LA TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

RODRIGO FERNANDO CABEZAS SÁNCHEZ
PABLO ANDRÉS PÉREZ MARTÍNEZ

PROFESOR(ES) GUÍA: HÉCTOR VALDÉS GONZÁLEZ, PhD

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

SANTIAGO – CHILE
2023



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

BLOCKCHAIN e INTELIGENCIA ARTIFICIAL: MODELO PARA LA TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

**POR: RODRIGO FERNANDO CABEZAS SÁNCHEZ
PABLO ANDRÉS PÉREZ MARTÍNEZ**

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESORES GUIA: Héctor Valdés-González, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 1: Juan Carlos Vidal Rojas, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 2: Lorenzo Reyes-Bozo, PhD

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería Industrial y de Sistemas, magister en gestión de la sustentabilidad, magister en dirección de proyectos

Diciembre, 2023

Santiago, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado: **BLOCKCHAIN e INTELIGENCIA ARTIFICIAL: MODELO PARA LA TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO**, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de nuestra co-autoría y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.



RODRIGO FERNANDO CABEZAS SÁNCHEZ

Firma



PABLO ANDRÉS PÉREZ MARTÍNEZ

Firma

*Dedicado a mi amada esposa Annette,
quien es el pilar de cada día de mi vida.*

*A mi hijo Matteo que empezó a crecer durante el desarrollo del magister
y se convirtió en mi motivación de seguir creciendo cada día.*

*A mi Familia, que siempre ha aportado
un grano de arena y ha influido
en las decisiones que me permiten seguir creciendo.*

Finalizando a mis Padres, Fernando y Laura que siempre los llevo en el corazón.

Dedico esta tesis a mi amada esposa Carola, en agradecimiento por su infinita paciencia, comprensión, amor y fortaleza. Indudablemente, sin su respaldo, este logro no habría sido factible.

Asimismo, deseo dedicar este esfuerzo a mi hija Amaya y a mi hijo Agustín, quienes son mi inspiración diaria y la razón por la que busco superarme, aprender y transformarme en la mejor versión de mí mismo.

Para finalizar, este trabajo está dedicado a mis padres, cuyas sólidas enseñanzas morales han sido la guía que me ha conducido a este punto.

AGRADECIMIENTOS

En especial agradecimiento a nuestro profesor Héctor Valdés González, PhD, quien no solo realizó un gran aporte como profesor guía, sino que además aconsejó tanto en la parte humana como profesional, que me permitió afrontar desde otro punto de vista mi día a día y el norte que debo seguir en mis futuros proyectos de vida.

A los profesores de Magister, por haber apoyado y confiado en mí durante todo el transcurso de las cátedras y enriquecieron en todo sentido mis conocimientos y valores, los cuales nos brindaron todo su apoyo para conseguir los resultados en cada curso y en los distintos horarios con clases presenciales y no presenciales y sus particularidades.

A mis compañeros, y en especial a mi grupo de trabajo, Viviana, Sebastián, Alfredo y Pablo con quien compartimos cada viaje a la universidad con los cuales pasamos tardes y noches compartiendo tanto temas académicos como personales y en donde nació una nueva amistad para la vida.

A mi amada esposa Annette, que está presente en cada decisión, en cada momento que me hace crecer como persona, quien sufrió mi ausencia en las noches preparando trabajos mientras se encontraba embarazada de mi futuro hijo Matteo.

A mi Familia, que fue la más afectada en mi ausencia, pero que entregan su apoyo incondicional.

A mi Hermano Felipe que siempre está presente para recordarme que nunca hay que bajar los brazos y crecer cada día, junto a su esposa Pamela e hijos Javiera y Felipe que no disfrutaron tanto a su tío como esperaban.

En especial A mis padres, que me enseñaron todos los valores que me identifican, y aunque ya estén ausentes, siguen presentes cada día de mi vida y en cada una de mis acciones.

AGRADECIMIENTOS

Me considero afortunado de haber tenido como mentor a una persona excepcional y a un destacado profesor guía, Héctor Valdés González, PhD. Su sabiduría y paciencia han sido fundamentales en mi éxito. La orientación y los consejos certeros de usted han sido invaluable, especialmente en los momentos en que me faltaban las ideas. Usted ha sido una parte crucial de este viaje con sus significativas contribuciones profesionales. Agradezco profundamente sus palabras de aliento y dirección.

A mis profesores, les debo un mundo de conocimiento y aprendizaje; su sabiduría y precisión en la enseñanza me han formado. Llevaré sus lecciones conmigo en mi camino profesional y estoy agradecido por haber compartido su erudición académica y profesional conmigo. Igualmente, extendo mi gratitud al personal directivo y de apoyo de esta prestigiosa universidad, quienes siempre han estado dispuestos a ayudar y guiar.

A mis compañeros, con quienes compartí incontables horas de estudio y trabajo, mi sincero agradecimiento por su apoyo incondicional y por el esfuerzo conjunto en todos los aspectos de nuestra formación. Un agradecimiento especial a Sebastián, Alfredo, Viviana, Diego y Rodrigo por animarme a continuar con mis estudios; mi gratitud hacia ustedes es eterna.

Finalmente, a mi familia, el pilar de mi vida, mis sueños y esperanzas. Su presencia constante ha sido vital en este arduo camino. Con el fin de esta etapa, mi amor por ustedes, Carola, Amaya y Agustín, es inmenso. Agradezco por su compañía y pido disculpas por el tiempo no compartido debido a mis compromisos académicos y profesionales.

BLOCKCHAIN e INTELIGENCIA ARTIFICIAL: MODELO PARA LA TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

RODRIGO FERNANDO CABEZAS SÁNCHEZ-PABLO ANDRÉS PÉREZ MARTÍNEZ

Bajo la supervisión del Profesor Héctor Valdés González, PhD, en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

Este trabajo explora cómo los innovadores modelos de autenticación y la gestión a través de inteligencia artificial pueden mejorar el rastreo de productos y certificar su origen, con un enfoque particular en los canales de distribución presentes en Chile. El objetivo es proponer un modelo para la implementación de una red segura a través de blockchain que permita la autenticación del origen de una unidad de fabricación lo más cercano al tiempo real y su análisis, con IA, en las fases de la cadena de suministro. Para lograrlo se propone una aproximación mixta, en primer lugar, una metodología cualitativa basada en entrevistas semiestructuradas a las opiniones de 12 profesionales con experiencia en el rubro, en donde se validan las variables claves de mejora en el proceso del sello de origen de los productos. En segundo lugar, se aplica una metodología cuantitativa donde se desarrolla un prototipo, que presenta una visión técnica de la mejora posible al aplicar un nuevo modelo. Los datos recolectados evidencian variables como disposición a desarrollar nuevos sistemas, criterios de contratación de personal calificado, capacitación de este, mejora continua a los procesos, estandarización de la información y viabilidad de los casos de usos de los proyectos los cuales den valor tanto a la empresa como a los clientes siendo estos claves para el éxito de la implementación de trazabilidad segura e inalterable en las fases de las cadenas de suministro. Se concluye que el uso de trazabilidad de productos con blockchain permite a través del modelo propuesto generar marcas inalterables, distribuidas y seguras que permitan identificar el origen de un producto en donde a través de análisis usando IA en las distintas etapas de la cadena de suministro ayudando a mantener personal calificado, adecuación de procesos y mejora continua, proporcionando un mayor valor al cliente y fomentando la transformación digital y la cultura organizacional de la empresa.

Palabras clave: Red segura; Cadena de suministro; Sello de origen; Mejora continua; Transformación digital.

HIGHLIGHTS

BLOCKCHAIN e INTELIGENCIA ARTIFICIAL: MODELO PARA LA TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

RODRIGO FERNANDO CABEZAS SÁNCHEZ - PABLO ANDRÉS PÉREZ MARTÍNEZ

- Propone un modelo de redes seguras mediante el uso de blockchain.
- Está basado en entrevistas semiestructuradas a 12 directores, CIO, managers.
- Aplica un modelo cuantitativo mediante un prototipo de registro de origen.
- Existe una disposición a desarrollar nuevos sistemas con personal calificado.
- Blockchain permite desplegar una red segura y confiable que genera valor al cliente.

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	11
1.1	PRODUCTOS CON DATOS DE ORIGEN CONFIABLES E INALTERABLES	11
1.2	BREVE DISCUSIÓN DE LA LITERATURA	11
1.3	CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO	16
1.4	OBJETIVO GENERAL	16
1.4.1	<i>Objetivos específicos</i>	16
1.5	PROPUESTA METODOLÓGICA	17
1.6	ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO	19
2	INFORMACIÓN Y RESULTADOS.....	21
2.1	PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	21
2.2	PROCESO DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN	24
2.3	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS CUALITATIVO	25
2.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS CUALITATIVOS	31
2.5	ANÁLISIS DE DATOS CUANTITATIVO	33
2.6	DISCUSIÓN DE RESULTADOS CUANTITATIVOS	41
2.7	MODELO PROPUESTO	41
3	ARTÍCULO	45
4	CONCLUSIONES GENERALES	68
4.1	PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS.....	69
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	71
6	ANEXO: REPORTE DE PLAGIO.....	75
7	ANEXO: DATOS ENTREVISTADOS	76

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1: MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	36
FIGURA 2: CASO DE USO CREACIÓN DE REGISTRO BLOCKCHAIN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	36
FIGURA 3: CASO DE USO VERIFICACIÓN DE REGISTRO BLOCKCHAIN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	37
FIGURA 4: VERIFICADOR DE REGISTRO BLOCKCHAIN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	39
FIGURA 5: CREACIÓN DE REGISTRO BLOCKCHAIN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	40
FIGURA 6: ARQUITECTURA BLOCKCHAIN PROPUESTA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	43
TABLA I: CATEGORÍAS DEL ESTUDIO.....	26
TABLA II: COMPONENTES MODELO PROPUESTO.....	44

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los cambios que las organizaciones han adoptado recientemente es adaptar sus procesos y definir nuevos propósitos para darle valor al cliente y ponerlo al centro, permitiendo que este sea capaz de priorizar el consumo de los productos o servicios ofrecidos. Para ello ha tomado fuerza la transformación digital en las empresas que en conjunto con las tecnologías digitales disruptivas facilitan que las mismas puedan optimizar sus procesos a través de un cambio de lógica e inevitablemente de cultura y mentalidad adaptándose a los desafíos que se presentan hoy en día. Para ello es probable que se presenten grandes cambios y en donde estos no están alejados de posibles problemas y dificultades en cada ciclo de vida asociados a sus procesos. La presente investigación pretende abordar uno de ellos, la seguridad y confianza de la legitimidad de los productos o servicios que se ofrecen y que esta información esté disponible para el cliente final. Para ello se revisarán conceptos de tecnologías emergentes como Blockchain o cadena de bloques que permite disponer de una red segura y descentralizada o inteligencia artificial aplicada la toma de decisiones las cuales se profundizarán en la discusión de la literatura.

1.1 Productos con datos de origen confiables e inalterables

Dado lo anteriormente expuesto, es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Qué variables, etapas y parámetros de un modelo con base en Blockchain y análisis con IA, permiten el desarrollo de un sistema de trazabilidad de productos?

En efecto el mercado chileno no dispone de un sistema de autenticación de origen estándar para todo tipo de productos que permita la reducción de falsificaciones o seguimiento de productos desde el fabricante.

1.2 Breve discusión de la literatura

Los desafíos que hoy enfrenta la venta del Retail son cada vez más complejos. Por un lado, los consumidores tensionan la demanda en torno a mayores niveles de calidad y eficiencia a su vez las tecnologías de la información permean en la sociedad en todos los niveles, apalancando la evolución de la sociedad hacia formas de organización que tienden cada vez más hacia lo “altamente distribuido e interactivo” (Memmi, 2015).

Las tecnologías digitales que facilitan el intercambio confiable de información son un requisito previo esencial para la mayoría de estos programas. La tecnología blockchain, en particular, parece ser una opción tecnológica adecuada (Andoni et al., 2019, Ante et al., 2021). Si bien es una tecnología 'sin confianza' por diseño, dado que no requiere confianza en un operador central (Werbach, 2018), las propiedades de blockchain, como el almacenamiento de datos distribuido y seguro, pueden generar confianza (Amend et al., 2021, Utz et al., 2023). En virtud de estas propiedades, la cadena de bloques puede mediar en los problemas de confianza en muchos entornos en los que la confianza es inexistente o está gravemente comprometida (Amend et al., 2021).

Las tecnologías digitales participan en casi todos los órdenes de la vida, siendo con toda seguridad los empresariales, como los personales. Así como lo expone Memmi, (2015), en el que la evolución ha establecido tendencias sociales y tecnológicas cada vez más inclusivas y colaborativas. En este sentido es muy interesante comprender el impacto de la utilización de la tecnología Blockchain, la cual también ha sido concebida en este mismo contexto tecnológico y social. La primera publicación asociada al Blockchain se remonta al año 2008, en donde se publica un artículo firmado por Satoshi Nakamoto que presenta una red peer to peer que utiliza como validación un registro e historia público que permite validar una transacción de forma descentralizada (Nakamoto, 2008).

Dada la necesidad de analizar y tomar decisiones con grandes volúmenes de información una de las soluciones son las herramientas basadas en IA. La mayor cantidad de investigaciones sobre el tema ocurrió en la década de 1950, donde comenzó con una publicación de Alan Turing: "Computing machinery and intelligence", donde formula la siguiente pregunta: ¿las máquinas pueden pensar?, siendo el primer científico en cuestionarse esto, aunque el concepto de inteligencia artificial apareció recién en el año 1956 en la Conferencia sobre IA en la universidad de Dartmouth. El campo comenzó con sistemas expertos y lógica difusa y alcanzó un nuevo nivel de madurez después de 2010 con la irrupción de Big data, análisis de datos y el uso extensivo de unidades de procesamiento gráfico junto con técnicas de aprendizaje profundo, dando forma a lo que ahora se denomina IA moderna. A principios de la década de 2010, hemos visto una aceleración en las aplicaciones de IA con resultados alentadores, aunque también han surgido inquietudes respecto al futuro del empleo y la administración de empresas (Manyika & Bughin, 2018; Samuel et al., 2019). Las compañías

están implementando la IA e invirtiendo en soluciones de IA para optimizar sus operaciones de cadena de suministro de manera integral (Chui et al., 2019; Hartmann & Moeller, 2014), pero parece que la literatura especializada en cadena de suministro aún está en proceso de actualización y de integrar estos métodos de IA en sus investigaciones fundamentales.

Tecnología blockchain en la cadena de suministro

La tecnología blockchain toma importancia ya que dado su arquitectura permite asegurar el seguimiento en la cadena de suministro y disminuir los errores por la veracidad de los datos (Choi et al., 2020). La red blockchain se organiza como una cadena de bloques red de datos interconectados. Estos contienen una "huella digital criptográfica" conocida como 'hash' de todos los bloques anteriores, lo que dificulta su manipulación (Babich & Hilary, 2020). La tecnología Blockchain distribuye el almacenamiento y la verificación de punteros hash a un grupo de computadoras en lugar de una base de datos centralizada como un sistema ERP (Gurtu & Johny, 2019).” Dado que Blockchain es esencialmente una tecnología de contabilidad distribuida, cada transacción está protegida por criptografía y es verificada, inmutable y a prueba de manipulaciones (Underwood, 2016)”. Esta característica hace que blockchain sea una tecnología eficaz que permite a los SC garantizar la trazabilidad y una mejor integración entre los actores de la cadena de suministro.

Tecnología IA en la cadena de suministro

Las aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) en el análisis de la toma de decisiones de la cadena de suministro se pueden clasificar principalmente en optimización, sistemas expertos, así como métodos relacionados con la planificación y programación, y simulaciones y modelado. Aunque muchos de los métodos existentes para resolver problemas de optimización se introdujeron a principios de los 60, no fue sino hasta los años 2000 que dichos métodos se utilizaron para abordar problemas más dinámicos utilizando grandes conjuntos de datos (Abbasi et al., 2020). Los métodos de optimización se pueden clasificar en inspirados en la naturaleza (por ejemplo, la optimización de colonias de hormigas y algoritmos genéticos), basados en la teoría de juegos (por ejemplo, modelos cooperativos), basados en el mercado (por ejemplo, algoritmos de negociación y subasta), basados en la teoría de decisiones (por ejemplo, enfoques Bayesianos) y métodos basados en el conocimiento. Estos métodos se han utilizado para resolver una variedad de problemas de

operaciones y optimización de la cadena de suministro (Diabat & Deskoore, 2016; Saghaei et al., 2020).

¿Cómo lo abordan en el resto del mundo?:

En cuanto a las aplicaciones de trazabilidad, un predecesor de la tecnología blockchain es la identificación por radiofrecuencia (RFID) o comunicación de campo cercano (NFC), que puede rastrear el movimiento de mercancías utilizando una infraestructura que consta de componentes físicos y de software. Sin embargo, dicha arquitectura está gobernada por un organismo centralizado, generalmente los proveedores u OEM de los bienes, lo que hace que el sistema sea vulnerable a la manipulación, sobreescritura y clonación de datos de las etiquetas (Yiu, 2021). La ventaja de Blockchain para mitigar los desafíos de trazabilidad es su arquitectura de información descentralizada, distribuida e inmutable, que ofrece una mayor resiliencia contra los ataques de falsificación y un sistema más sofisticado para lograr la trazabilidad de extremo a extremo en la cadena de suministro. Las empresas pioneras corresponden al rubro de alimentación, las cuales están apostando por el uso de Blockchain en la cadena de suministro. Uno de ellos es Walmart, que tiene un proyecto de trazabilidad de alimentos; por ejemplo, la trazabilidad de la carne de cerdo procedente de China (Haswell, 2017). También planean rastrear los alimentos desde la granja hasta la tienda en tiempo real, procesos los cuales se encuentran en desarrollo. Además, podemos encontrar empresas como Maersk, que gestiona los envíos mundiales de contenedores marítimos con la ayuda de Blockchain (Groenfeldt, 2017). Además, encontramos al sistema Genuino el cual autentica objetos coleccionables mediante la integración de Blockchain con otras tecnologías basadas en la trazabilidad y el Internet de las cosas (Ruzza et al, 2022). Otras aplicaciones recientes incluyen el seguimiento de diamantes mediante la creación de una identidad digital en una red blockchain (Choi, 2019) para el seguimiento de activos durante y después de la fabricación.

Las organizaciones de la cadena de suministro están llegando a un punto crítico en términos de tecnologías disruptivas, desde la nube y analítica hasta el Internet de las Cosas (IoT), y la inteligencia artificial, también conocida como tecnologías cognitivas. Estas tecnologías, en especial la inteligencia artificial, tienen el potencial de transformar la cadena de suministro. La inteligencia artificial mejora los sistemas y soluciones existentes, eliminando

efectivamente las barreras y límites entre silos organizacionales y tecnológicos. Proporciona conocimientos mucho más profundos a lo largo de la cadena de suministro; posibilita alertas inteligentes e insights; mejora las previsiones y habilita capacidades predictivas. Al aprovechar la IA, las organizaciones de la cadena de suministro pueden gestionar los riesgos de manera efectiva y aportar más valor al negocio.

¿Cómo lo abordan en Chile?:

En el país, Agricom, parte de la multinacional Westfalia Fruit Group empresa que exporta frutas a los mercados más importantes a nivel global ha generado una producción que en 2018 alcanza más de 98,000 toneladas de fruta recién cosechada en donde utiliza la red “IBM Food Trust” (Giraldo & Uribe, 2022). Un entorno mundial para el sector de alimentos enfocado en ofrecer claridad a los consumidores en la etapa final. La plataforma creada por IBM utiliza la tecnología de bloques para realizar seguimiento a todo tipo de frutas disponibles para el comprador final. La red de IBM está desarrollada bajo los estándares de la red de código abierto Hyperledger Fabric, y utiliza un modelo de gestión que permite que las organizaciones puedan generar las políticas de seguridad y determinar las credenciales de acceso para a la información entregada por la aplicación. Siendo esta dueña de la información. Uno de los datos obtenidos es que el 34 por ciento de los alimentos que se cosechan en América Latina termina siendo desperdicio y además como otro dato interés podemos encontrar que más de 77 millones de personas cada año sufren una enfermedad que se asocia al consumo de comida.

El sector logístico en Chile se enfrenta al que posiblemente sea el reto más grande de su historia debido a la pandemia, impulsado principalmente por el crecimiento del comercio electrónico y el avance de la entrega de última milla en zonas urbanas. Esto ha provocado que la industria incorpore nuevas tecnologías o acelere su implementación para preservar la calidad de su servicio.

Dentro de estas tecnologías emergentes, se observa una creciente adopción de la Inteligencia Artificial (IA) en distintos niveles de la cadena de suministro. No obstante, los especialistas señalan que su aplicación aún está en etapas tempranas, con la existencia de proyectos y pruebas piloto limitados a ciertas áreas de la cadena.

De acuerdo con el informe Technology Vision 2021 de Accenture, un 62% de las empresas de logística se encuentran en fases experimentales con IA, es decir, en los inicios de su implementación (Ayala, 2022).

Finalmente, y habiendo revisado las principales contribuciones que aportan o han aportado a la línea de trabajo de este proyecto, es posible indicar que una oportunidad de desarrollo se encuentra en el hecho que no existe, para el caso una empresa de Retail en el mercado chileno, información suficiente o certeza, respecto de la disponibilidad de un modelo de validación de registros de origen basado en Blockchain más allá de su uso en criptomonedas. Lo que autoriza la siguiente como contribución para este proyecto de grado.

1.3 Contribución del trabajo

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para realizarlo ha sido la generación de incrementos en el valor de seguridad y certeza, aumentando la experiencia de los clientes con foco en el alineamiento de la estrategia corporativa de la empresa. Se propone entonces una integración de variables claves que permitan el abordaje de desafíos de trazabilidad de productos con foco en autenticación y automatización de seguimiento. En este sentido este trabajo contribuye a la comprensión de cómo y cuáles son las variables intervinientes en un proceso de autenticación y trazabilidad de productos apoyándose en análisis de datos con IA para la toma de decisiones en el seguimiento de estos.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, este trabajo considera los siguientes como objetivo general y objetivos específicos para este trabajo de tesis.

1.4 Objetivo general

Proponer un modelo conceptual para la implementación de una red segura que permita la autenticación del origen de una unidad de fabricación, su trazabilidad y automatización en la cadena de suministro hasta el cliente final.

1.4.1 Objetivos específicos

- Examinar los tipos de redes blockchain, la integración con los clientes y automatización de análisis de datos.

- Analizar factibilidad que articule un modelo de programación lineal emplazado en Chile, cuyos resultados sean considerados desde la mirada de variables basadas en experiencia.
- Formular las etapas necesarias para la trazabilidad de los productos dentro de la cadena de suministro.

1.5 Propuesta metodológica

Paradigma y diseño:

Se plantea el empleo de una metodología mixta, cualitativamente basada en entrevistas semiestructuradas para el análisis de las perspectivas de informantes claves, y cuantitativamente en una simulación computacional de escenarios de seguridad y obtención de sellos de origen; lo que permite cumplir con los principios básicos que son: triangular, complementar, desarrollar, expandir o iniciar (Creswell, 2003, Greene, 2007; Avi, 2022). Lo anterior apoya un proceso cuantitativo mediante la construcción de un modelo tecnológico basado en el aporte cualitativo de entrevistas realizadas.

Población sobre la que se efectuará el estudio: Desde el foco cualitativo, se utilizó un muestreo por conveniencia a directores, CIO, managers y líderes técnicos, quienes se desempeñan como actores en el ámbito de las tecnologías incluyendo áreas como logística, retail, servicios tecnológicos y la cadena de suministro. En total participaron 12 profesionales, con una edad promedio de 46 años, con un máximo de 55 y un mínimo de 35 años. Poseían en promedio 21 años de servicio con un mínimo de 10 y un máximo de 30 años.

Entorno: El estudio se realizó en la comuna de Santiago, región Metropolitana de Chile, en las oficinas central de Falabella Tecnología, empresa de retail con presencia en 577 tiendas y mall distribuidas en países como México, Colombia, Brasil, Perú, Uruguay y Chile.

Intervenciones: Para los grupos de entrevistas y discusión se utilizaron una videoconferencia grabada y un instrumento metodológico para recoger los datos y un documento escrito siguiendo las preguntas que guiaban la discusión. Estas preguntas eran de carácter abierto. La guía considera los siguientes ítems:

Etapas I: Caracterización y comprensión del problema

1. ¿Cómo entiende usted un proceso de uso de trazabilidad de productos en la cadena de suministro?
2. ¿En la práctica como opera hoy el proceso de trazabilidad de la cadena de suministro de productos?
3. ¿De dónde viene la problemática u oportunidad de un proceso de trazabilidad en la cadena de suministro?
4. ¿Cómo opera el uso de la trazabilidad de productos de cara a sus clientes?

Etapas 2: Propuestas para mejoras e implementación de la trazabilidad.

5. ¿Que recomienda tener en cuenta para mejorar el proceso de trazabilidad de los productos?
6. ¿Tiene propuestas específicas de mejora o cambio de corto plazo y alto impacto?
¿Cuáles?
7. ¿Cuáles son, en su opinión, los costos (financieros u otros) de implementar trazabilidad en la cadena de suministro?
8. ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían la implementación de un sistema de trazabilidad?
9. ¿Presiente que la cultura actual sería un impedimento o produciría miedo al intentar implementar este tipo de tecnología?
10. ¿Que recomienda para aplicar un proceso de trazabilidad en la empresa?

Plan de análisis de los datos: Valorar la necesidad de examinar detenidamente nuestro enfoque analítico se revela como una oportunidad para "reajustar nuestra forma de pensar y redescubrir el arte de aprender", al reflexionar sobre la verdadera naturaleza de nuestro progreso en el análisis de datos (Morin,2009), para ello se establecieron los ítems de observación y posterior estudio. Se realizaron entrevistas en conjunto con una observación (no participante) en donde se postuló un contraste de la teoría que junto con las observaciones recogidas en el diario de campo permitió generar hipótesis explicativas sobre las intervenciones de los entrevistados. A continuación, se busca abarcar todos los niveles jerárquicos. Desde este análisis se propone un análisis de percepción de los directivos, managers y líderes técnicos claves de la empresa frente al posible desarrollo e

implementación de un prototipo basado en Blockchain con soporte en la inteligencia artificial, para dar cumplimiento al objetivo propuesto.

Ética: Se procedió a la asistencia de los participantes del estudio en forma voluntaria y diligente, en donde se implementaron medidas para asegurar que la información sea brindada con los propios interesados de una manera segura y confidencial. No se procedió a tomar medidas efectivas en las respuestas, ni alterar sus características individuales, sino a otorgar beneficio a la participación sin presión ni otorgar premios por participar en la investigación. Otro elemento a tener en cuenta es, el respecto a los derechos humanos, tal como ya se apuntó anteriormente, lo que contempla el respecto, a la ideología e idiosincrasia de los participantes y por consecuencia, el respeto a los resultados del trabajo de campo (Hirsch & Navia, 2018).

1.6 Organización y presentación de este trabajo

Este trabajo de grado posee cuatro capítulos principales y se organiza como sigue:

Capítulo 1: Presenta el marco conceptual del proyecto, contextualizándolo, proponiendo objetivos y discutiendo desde la literatura la pertinencia del foco de la investigación, su contribución, y presentando a su vez un marco metodológico para su desarrollo e implementación.

Capítulo 2: Asociado a recogida de información, modelos y datos. También explicita resultados.

Capítulo 3: El proyecto de grado, se presenta en formato resumido en un artículo académico que se estructura de la siguiente manera:

1. Título
2. Resumen
3. Introducción
 - a. Tecnología blockchain en la cadena de suministro
 - b. Tecnología IA en la cadena de suministro
 - c. ¿Cómo lo abordan en el resto del mundo?
 - d. ¿Cómo lo abordan en Chile?
4. Metodología
 - a. Paradigma y diseño:

- b. Población sobre la que se efectuará el estudio
 - c. Entorno:
 - d. Intervenciones
 - e. Plan de análisis de los datos
 - f. Ética
5. Resultados
- a. Análisis de datos cualitativo
 - b. Discusión de resultados cualitativos
 - c. Análisis de datos cuantitativo
 - d. Discusión de resultados cuantitativos
 - e. Modelo Propuesto
6. Conclusiones
7. Referencias

Capítulo 4: Finalmente las conclusiones generales derivadas de este trabajo, y una dirección para la investigación futura, la cual considera aquellas preguntas no contestadas durante el desarrollo de este trabajo, se presentan en este capítulo.

Referencias generales

Anexos

2 INFORMACIÓN Y RESULTADOS

Para abordar este trabajo de investigación se ha optado por una aproximación mixta, cualitativamente basado en entrevistas semiestructuradas, y cuantitativamente en una simulación computacional de escenarios de seguridad y obtención registros de origen que permite considerar la siguiente estructura para la presentación de la información y sus análisis:

2.1 Procedimiento de recogida y análisis de datos

Esta investigación analiza el escenario actual de la organización, su cultura y la gestión de la trazabilidad de un producto en la cadena de suministro y como es percibido. Por tal motivo, se llevó a cabo en el año 2023 entrevistas con preguntas abiertas con la finalidad de recoger información para su posterior análisis. En particular se solicitó responder preguntas y temáticas, explicando sus ideas y respuestas con sus palabras.

El método utilizado en este estudio es de carácter descriptivo, dado que se miden y recolecta información de diferentes aspectos o dimensiones del elemento en la investigación.

Fechas en que se recogieron los datos:

Entre el 3 de Octubre de 2023 y 22 de noviembre de 2023., con la siguiente planificación:

3 de octubre de 2023: Se entrevista a CEO/CTO

23 de octubre: Se entrevista a CTO

Entre el 25 de Octubre y 27 de Octubre: Se entrevista a Manager.

Entre el 19 de octubre y 26 de Octubre: Se entrevista a Senior Director

7 de noviembre: Se entrevista a Manager.

8 de Noviembre: Se entrevista a Líder Técnico

13 de noviembre: Se entrevista a Gerente Regional.

15 de noviembre: Se entrevista a Gerente IT

15 de noviembre: Se entrevista a Consultor Senior

17 de noviembre: Se entrevista a Director área Negocio Logístico

Entre el 18 de noviembre y 20 de Noviembre: Se entrevista a Líder técnico de infraestructura.

22 de Noviembre: Se entrevista a Jefe de área Productos

Coherencia con lo planificado:

La entrevista propuesta inicialmente, debió ser modificada parcialmente desde el piloteo de la entrevista, agregando y modificando preguntas en sus etapas, para hacerla más precisa y coherente.

La planificación de las entrevistas fue interrumpida por eventos comerciales del mes de octubre (ciber day) lo que retraso la planificación debido a que la empresa pone sus esfuerzos en lo denominado “freeze logístico” durante 3 semanas posterior al evento. Se retoman las entrevistas a finales de Octubre.

Así mismo nos enfrentamos a ciertas modificaciones de agendas debido a eventos imprevistos productivos propios de las responsabilidades de los entrevistados, así como la parcialización de una de ellas realizándola en dos fechas por el mismo motivo.

Además, debemos agregar que hubo que cancelara una de las entrevistas por motivos propios debido a nuestra agenda laboral.

Por último, se presentó un cambio de entrevistado debido a que no se pudo coordinar agendas.

Se aplicó el mismo instrumento a todos los intervinientes.

Fortalezas y debilidades del proceso:

Fortalezas:

- Proceso rápido
- Con consentimiento informado, y transparencia
- Proceso ético
- Bien recibido por los entrevistados generando interés para futuras consultas
- Permitted dar respuesta a la pregunta de investigación

Las debilidades propias de la investigación de contexto se circunscriben a:

- Considerar caso de negocio que necesiten presupuesto de inversión considerable para su implementación y mantención.

- Analizar más exhaustivamente la utilización de otros instrumentos como encuestas, y/o métodos matemáticos-estadísticos de la realidad actual.
- Profundizar conceptos de inteligencia artificial y su aplicación.
- Dificultades en encontrar entrevistados por conveniencia con experiencia en IA en el rubro logístico.

Población y muestras

Además de lo planteado en el marco metodológico, en la sección de población sobre la que se efectuará el estudio, donde se identifica la muestra, se hace notar que para la selección de participantes se utilizó una muestra no probabilística ya que se seleccionó a profesionales con experiencia en el rubro logístico e IT en sector retail porque se estimó que pudieran tener mayor conocimiento de la materia.

Instrumento.

Como se indicó anteriormente, para recoger información sobre el tema denominado trazabilidad de productos en la cadena de abastecimiento, se utilizó una guía de entrevista con base en dos etapas. Esta guía sirve en una primera instancia para lograr introducir al entrevistado sobre el tema de trazabilidad de todas las etapas de un producto y su percepción respecto al tema. Este instrumento consta de 12 preguntas, todas respuestas abiertas, de la misma forma como se muestra en la tabla siguiente.

1. ¿Cómo entiende usted un proceso de uso de trazabilidad de productos en la cadena de suministro?
2. ¿En la práctica como opera hoy el proceso de trazabilidad de la cadena de suministro de productos?
3. ¿De dónde viene la problemática u oportunidad de un proceso de trazabilidad en la cadena de suministro?
4. ¿Cómo opera el uso de la trazabilidad de productos de cara a sus clientes?
5. ¿Que recomienda tener en cuenta para mejorar el proceso de trazabilidad de los productos?
6. ¿Tiene propuestas específicas de mejora o cambio de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?
7. ¿Cuáles son, en su opinión, los costos (financieros u otros) de implementar trazabilidad en la cadena de suministro?
8. ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían la implementación de un sistema de trazabilidad?
9. ¿Presiente que la cultura actual sería un impedimento o produciría miedo al intentar implementar este tipo de tecnología?
10. ¿Que recomienda para aplicar un proceso de trazabilidad en la empresa?

Esta guía de entrevista se aplicó como elemento de consulta durante las entrevistas personales realizadas, previo consentimiento informado. A partir de dichas instancias se provoca un espacio de conversación en relación con la preparación que tiene la organización respecto a al seguimiento de la trazabilidad de los productos en la cadena logística, además de conocer cómo se entienden el uso de las distintas tecnologías para llevar a cabo el mismo.

2.2 Proceso de recogida de información

Como se ha indicado anteriormente, se aplicó un instrumento basado en una entrevista semiestructurada, a través de una guía con respuestas abiertas las que han permitido agrupar las mismas por categorías claves, concentrando la información para analizarla posteriormente de forma cualitativa.

Se exponen a continuación los resultados de la investigación. Por motivo de espacio y claridad se incluye solo información relevante del estudio y en particular las categorías obtenidas se presentan en la Tabla I.

2.3 Análisis e interpretación de datos cualitativo

Ítem 1: ¿Cómo entiende usted un proceso de uso de trazabilidad de productos en la cadena de suministro?

Si revisamos los resultados generales de la primera pregunta del cuestionario nos encontramos que un 62% de los informantes claves, relaciona la trazabilidad al concepto de “Seguimiento de producto” que queda de manifiesto en opiniones como: “Tiene que ver con conocer cada uno de los estados y hacer seguimiento al producto, y estos están asociados a movimientos, por eso es una cadena de suministro” (Entrevistado 2) y que “Identificar un producto con sus movimientos, con sus variables logísticas, independiente del punto en que se encuentra y donde va” (Entrevistado 4). Por otra parte, el 38% de los entrevistados lo asocia al concepto de “Auditorías de movimientos” indicando que “Existe una trazabilidad básica de auditoría del centro de distribución, la cual no necesita que sea inalterable, y una trazabilidad más moderna para casos de uso especiales, como cadena de frío, productos médicos y/o fecha de vencimiento” (Entrevistado 1).

Ítem 2: ¿En la práctica como opera hoy el proceso de trazabilidad de la cadena de suministro de productos?

Respecto a los resultados de la segunda pregunta encontramos el 79% de los entrevistados adhiere a la idea de “Sistemas”, lo que se evidencia la siguiente respuesta: “Existen sistemas especializados que permiten el seguimiento” (Entrevistado 6) y que “No existe un solo sistema, sino uno según la etapa que está involucrado el producto” (Entrevistado 9). Además, se aprecia que el 21% de los encuestados reconoce que se realizan “Manualidad” en trazabilidad indicando que: “Se realiza mediante distintos sistemas y muchas tareas en forma manual” (Entrevistado 5) y la necesidad de tener una herramienta que permita obtener la trazabilidad de un producto.

Tabla I: Categorías del estudio

Pregunta	Categorías
Ítem 1: ¿Cómo entiende usted un proceso de uso de trazabilidad de productos en la cadena de suministro?	Seguimiento de producto Auditorías de movimientos
Ítem 2: ¿En la práctica como opera hoy el proceso de trazabilidad de la cadena de suministro de productos?	Sistemas Manualidad
Ítem 3: ¿De dónde viene la problemática u oportunidad de un proceso de trazabilidad en la cadena de suministro?	Calidad de la información. Visibilidad de la información Confianza
Ítem 4: ¿Cómo opera el uso de la trazabilidad de productos de cara a sus clientes?	Entrega productos Sistemas Calidad de la información Manualidad procesos
Ítem 5: ¿Que recomienda para mejorar el proceso de trazabilidad de los productos?	Estandarización de información Mejora continua Control de procesos
Ítem 6: ¿Tiene propuestas específicas de mejora o cambio de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?	Desarrollo de nuevos sistemas Sin propuestas
Ítem 7: ¿Cuáles son, en su opinión, los costos (financieros u otros) de implementar trazabilidad en la cadena de suministro?	Costo financiero Costo mantención
Ítem 8: ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían la implementación de un sistema de trazabilidad?	Viabilidad caso uso Tecnología Personal especializado
Ítem 9: ¿Presiente que la cultura actual sería un impedimento o produciría miedo al intentar implementar este tipo de tecnología?	Resistencia al cambio Conocimiento
Ítem 10: ¿Que recomienda para aplicar un proceso de trazabilidad en la empresa?	Uso de tecnología Mejora procesos Fiabilidad información Habilidades

(Fuente: Elaboración propia)

Ítem 3: ¿De dónde viene la problemática u oportunidad de un proceso de trazabilidad en la cadena de suministro?

Al considerar las preguntas relacionadas con el ítem 3, obtenemos que los encuestados están involucrados con el propósito actual de la compañía e identifican oportunidades o problemáticas basadas en categorías como “Calidad de la información” con el 38% de los encuestados, evidenciando la siguiente respuesta: “Problemas en la calidad de la información, oportunidad de tener un orquestador único” (Entrevistado 5) y “Es esencial saber la ubicación de un producto, donde este se encuentra” (Entrevistado 1). También se encuentra que el 38% además agrega que la “Visibilidad de la información” es un factor de oportunidad a mejorar, se evidencia con las siguientes respuestas: “No Hay una visión end to end o un gran integrador. Existe una oportunidad de establecer un estándar y desde ahí obtener la información” (Entrevistado 4), y en donde el 24% restante determina que la “Confianza” también debe ser un factor por considerar evidenciándolo en la siguiente respuesta:” El principal desafío es la confianza y como la desarrollamos, que exista un ente regulador que permita reconstruir una historia del ciclo de vida o traza del producto” (Entrevistado 7).

Ítem 4: ¿Cómo opera el uso de la trazabilidad de productos de cara a sus clientes?

Al revisar las respuestas implicadas en este ítem encontramos una variedad de categorías asociadas a las distintas soluciones que implementan los entrevistados en su ámbito de trabajo, en donde encontramos que la categoría asociada a la “Entrega de productos” representa el 23% de los encuestados, evidenciando respuestas tales como: “Es de mayor importancia la fecha de entrega de la última milla, si este fue despachado y en caso de no, porqué, en donde es importante la prueba de entrega (Entrevistado 1), además el 23% asocia la pregunta a un “Sistema”, evidenciado en la respuesta: “Opera a través de un ERP, con todas las características de un producto” (Entrevistado 8). Otro 23% indica que la operación se asocia con la “Calidad de la información”, evidenciado en la respuesta:” Existe un desorden interno en las empresas de como esta ordenada la información” (Entrevistado 2) mientras que el 31% restante indica que todavía la “Manualidad de procesos” es parte de la empresa evidenciándolo en respuestas como: “Existe mucha manualidad en el proceso, depende del registro o documentos que usa el transportista” (Entrevistado 7). Lo cual se encuentra alineado con el empoderamiento de los entrevistados en las necesidades de transmitir el

valor que genera contar con una cadena de abastecimiento segura y trazable de cara al usuario. Lo cual es uno de los puntos que generan más importancia entre los entrevistados, asegurar calidad y seguridad de los productos que se venden bajo el alero de la empresa.

Ítem 5: ¿Que recomienda para mejorar el proceso de trazabilidad de los productos?

En las respuestas categorizadas en este apartado identificamos que estas se centran en conceptos como la “Estandarización de la información”, en donde el 46% de los entrevistados encuentra que existe un problema asociado en las organizaciones evidenciándolo en citas como: “Existe un desorden interno en las empresas de como esta ordenada la información, debe existir una visibilidad de punta a punta” (Entrevistado 1), y este debe encontrar una solución aplicando una metodología en donde se presentan la categorías de “Mejora continua” con el 27% de los entrevistados y “Control de procesos” con el 27% lo cual sería clave para el éxito del objetivo que permita generar más valor al usuario. Esto lo podemos evidenciar en testimonios como: “utilizar el Value Stream Mapping, acercar lead time con el process time además de información en línea para realizar pronósticos más acertados” (Entrevistado 2) y agregando la importancia de su uso con respuestas como: “dejar testimonios y dar visibilidad de lo que pasa con un producto. Teniendo un control de las características de un producto con sus registros de entradas y salidas de la forma más simple posible para generar el diferencial de valor.” (Entrevistado 10).

Ítem 6: ¿Tiene propuestas específicas de mejora o cambio de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?

Dado el perfil de los entrevistados en esta categoría podemos apreciar que en su mayoría disponen de nuevas iniciativas con “Desarrollos nuevos sistemas” que aplican mejoras en la cadena de suministro, con un 92% de los entrevistados afirmando que: “existen nuevos desarrollos in house con la idea de mejorar la calidad de los sistemas” (Entrevistado 6) además incorporando tecnologías a los procesos tales como la siguiente afirmación: “Según el caso de uso, desarrollo de RFID, tanto de forma in house, como negociar con proveedores para que también lo implementen indicando que es necesario implementarlo por sus beneficios” (Entrevistado 10), siendo solo un 6% de la muestra está “Sin propuestas”, la cual indica que: “No tiene propuestas de alto impacto” (Entrevistado 8). Lo que va en línea con las necesidades de que la mayoría de las organizaciones de estar constantemente mejorando sus procesos.

Ítem 7: ¿Cuáles son, en su opinión, los costos (financieros u otros) de implementar trazabilidad en la cadena de suministro?

Durante la entrevista se aprecia que la mayoría de los entrevistados asocia los “Costos financieros” como los más relevantes con el 64% de la muestra, evidenciado en respuestas como: “Se encuentran asociados los costos financieros” (Entrevistado 3). Que es transversal a cualquier inversión que se realiza, pero algunos de los entrevistados asocian como importante tener en cuenta la categoría de “Costos de mantención”, con el 36% de los entrevistados los cuales afirman que no siempre se tiene en cuenta al momento del presupuesto y queda evidenciado en citas como: “debemos tener en cuenta los costos hundidos como hora hombre y soporte y en donde este normalmente no se calcula” (Entrevistado 6).

Ítem 8: ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían la implementación de un sistema de trazabilidad?

Al realizar el análisis obtenemos que los encuestados declaran tres categorías relacionadas entre sí, en donde los factores preponderante es la “Viabilidad del caso de uso” con el 53% de los encuestados, evidenciando la siguiente respuesta: “El tamaño del mercado y si el caso de uso aplicable a un producto que sea económicamente viable si su precio aumenta por certificar el origen” (Entrevistado 1) y “Es un gran desafío dar a conocer al entender por qué lo estás haciendo y ver su real valor” (entrevistado 7). También se encuentra que el 20% además agrega que el “Personal especializado” es determinante para el éxito con afirmaciones como: “El factor humano es determinante, ya que requiere disciplina y metodología” (Entrevistado 8) y en donde el 27% restante determina que la “Tecnología” es accesible y debe ser un factor a considerar evidenciándolo en la siguiente respuesta: “actualmente los factores tienen una mediana complejidad por el fácil acceso a la tecnología y como obstáculo los silos actuales en la toma de decisión y culturales”(Entrevistado 2) .

Ítem 9: ¿Presiente que la cultura actual sería un impedimento o produciría miedo al intentar implementar este tipo de tecnología?

La cultura y el tamaño de la organización claramente influye ante los cambios en los procesos, en donde la “Resistencia al cambio” se presenta como uno de los impedimentos a resolver, con el 62% de las respuestas lo vemos evidenciado en afirmaciones como: “Existe incertidumbre al no conocer las herramientas y una cultura de hacer las cosas manualmente

sin usarlas herramientas de las aplicaciones, sino tareas manuales en Excel” (Entrevistado 3) y asociándolo al tamaño de la organización con opiniones como: “Si, existen impedimentos dado la cultura actual y tamaño de la empresa.”(Entrevistado 1) y “Se presenta al resistencia al cambio según el tamaño de la empresa” (Entrevistado 10). A su vez otra de las categorías que se presentan como impedimento se relaciona con el “Conocimiento” y lo relacionan con el éxito de aplicar cambios. Es importante traspasar a los colaboradores la importancia de lo que se espera y a su vez obtener la opinión del personal especializado de la organización ya que de lo contrario sería una de las causas de no cumplir el objetivo de lo que se espera, con el 38% de la respuestas lo evidenciamos con: “yo creo que hay que trabajar obviamente como lo habíamos comentado , en hacer parte a las a los colaboradores del proceso y que son tan importantes y más aún que el mismo sistema, las máquinas que estamos creando, que es una conjunción de sinergias que son necesarias para hacer que el proceso tenga mayor éxito” (Entrevistado 7).

Ítem 10: ¿Que recomienda para aplicar un proceso de trazabilidad en la empresa?

En este punto de la entrevista las respuestas fueron variadas, todos opinan en común que la trazabilidad es importante en donde es inevitable el “Uso de tecnología”, con 35% de respuestas, en donde sostienen que: “Usar tecnologías con un enfoque ágil, que muestre resultados rápidos” (Entrevistado 8) además se presentan conceptos asociados a la “Mejora de procesos” en donde el 35% presenta opiniones como: “Entonces es importante ir sacando esa grasa y limpiando Y que los sistemas sean los adecuados para que se pueda cumplir con el manejo de la de la información y del proceso de la de la mercadería.” y “No, no llegar a implementar algo que muchas veces se hace, en donde vamos a implementar un nuevo sistema y las empresas se tiene que adaptar a los procesos que vienen asociados este sistema, que si bien tampoco entendería yo que es algo que vaya a hacer a la medida del cliente, que es bueno también poder entender y hacer un levantamiento quizás alto nivel de cómo operan hoy día los procesos dentro de la empresa” (Entrevistado 9), además indican que las “Habilidades” dentro de la organización y contar con colaboradores con los competencias necesarias es un punto importante a tener en cuenta en la planificación de un proceso de trazabilidad, con el 18% encontramos opiniones como: “Contar con personal con skill alto que permita asegurar la construcción de la cadena” (Entrevistado 5), lo cual viene asociado a que el valor agregado de tener un cadena de suministro trazada depende de la “Fiabilidad

de la información”, como uno de los impedimentos a resolver, asociado al 12% de las respuestas lo vemos evidenciado en afirmaciones como: “Yo no puedo aplicar trazabilidad sobre un proceso, si no entiendo perfectamente a mis procesos, o sea primero antes de aplicar cualquier cosa, creo que es sumamente relevante sentar una mesa con todos los actores involucrados y decirles perfecto, en qué estamos?” (Entrevistado 7) y agregando “Mejorar el uso de los datos, el sello de no robado y asegurar quien lo tiene y donde se venda” (Entrevistado 4).

2.4 Discusión de resultados cualitativos

Considerando la etapa de caracterización y comprensión del problema, es posible visibilizar que prácticamente la totalidad de los entrevistados comprende correctamente el concepto de trazabilidad de productos en la cadena de suministro, mostrando coherencia y adecuada selección de perfiles por parte de la empresa. En el mismo sentido, y respecto del proceso de trazabilidad de la cadena de suministro de productos, parece equilibrada la relación entre uso de sistemas y manualidades en el proceso. Respecto de las problemáticas asociadas a trazabilidad destacan a la calidad de información y visibilidad de esta debido a la ausencia de un orquestador único de procesos. Destacando la necesidad de poder confiar en los datos que los sistemas entregan para llevar a cabo las tareas de manera óptima. Respecto de la trazabilidad de productos de cara a los clientes de la empresa, parece adecuada la apropiación que poseen del concepto, sin embargo, actualmente se percibe un desorden interno asociado a manualidades y calidad que impacta en el valor que genera contar con una cadena de abastecimiento segura y trazable de cara al usuario. Estos hallazgos están de acuerdo con lo que sostienen Peraza-Hernández et al. (2022) donde se indica que disponer de perfiles profesionales bien definidos para los cargos de una empresa, constituyen la base para desarrollar y obtener un buen desempeño en los proyectos para los que serán considerados los nuevos contratados. Así mismo en la propuesta de Rojas (2023) se indica que la estandarización de los datos aumenta la confiabilidad en los procesos disminuyendo los errores y con ello aumentando la confianza de los equipos en los resultados. Para abordar las brechas y oportunidades detectadas se propone el siguiente plan de acción mantener el proceso de selección de colaboradores con perfiles actualizados para la comprensión cabal y aporte de valor en el tipo de proyectos en que la empresa participa y trazabilidad de los productos. Proponer e implementar una estandarización de la información para la

recolección y uso de esta, aumentando la confianza en los sistemas y resultados de los proyectos, disminuyendo las posibilidades de desorden internos.

Revisando la etapa de Propuestas para mejoras e implementación de la trazabilidad observamos que gran parte de los entrevistado indica que existen problemas dentro de la organización, sobre todo desorden interno, lo cual debería ser remediado incorporando prácticas de mejora continua y más control dentro de la organización lo que da pie a el desarrollo de nuevos sistemas en donde casi la totalidad de los entrevistados tienen pronosticado realizar mejoras en los sistemas de la organización, los cuales deben estar alineados con los costos financieros, en donde los entrevistados recalcan que no se debe perder de vista la opinión del personal calificado de la compañía y los costos de mantenimiento que normalmente se obvian. Otra de las opiniones encontradas es que el uso de nuevas tecnologías debe estar alineadas a viabilidad de los casos de uso de uso según la necesidad de cada área que participe en la cadena de suministro. Él éxito de estas implementaciones están directamente relacionadas con la cultura de la organización en donde la mayoría opina que el tamaño de la organización y la resistencia al cambio de los colaboradores son un impedimento. Un punto positivo es la facilidad de acceso al conocimiento y tecnologías que están presentes actualmente. Además, podemos observar que todos los entrevistados tienen una visión positiva de la implementación de nuevas tecnologías que mejoren los procesos de la organización.

Estos hallazgos tienen similitud con estudios recientes de Urquijo & Quintero, (2023) que postulan que la organización debe centrarse en la cadena de valor, lo que permite mitigar los despilfarros y abocarse sólo en el uso de recursos necesarios permitiendo que el eje sea efectuar mejoras acordes a los procesos que sean percibidos valiosos por los usuarios Otro de los hallazgos podemos relacionarlos con estudios de Pitafi, et al. (2023), en donde concluyen que la capacitación y provisión de conocimientos por parte de los empleados son mecanismos esenciales para cumplir los objetivos de las empresas. Además podemos contrarrestar las contribuciones de Flores & Pacheco (2023) con nuestros hallazgos relacionados al desarrollo de nuevos sistemas, costos y resistencia al cambio en donde postulan que es prioritario definir todas las limitantes al momento de planificar la implementación de un sistema, para realizarlo correctamente se debe capacitar al personal e identificar aquellos procesos que generen resistencia al cambio por parte de los

colaboradores ya que está directamente ligado a la baja en producción debido a los cambios en los procesos y políticas que pueden surgir en la implementación. Sin embargo, podemos identificar que estos problemas están presentes solo en las etapas iniciales de la implementación. puesto que su desarrollo genera un impacto positivo en la producción de la empresa, así mismo reflejando las mejoras de los procesos de calidad en la organización, lo cual se ve reflejado en los resultados económicos que beneficiarán a la empresa y a su vez al personal. A su vez recomiendan realizar desarrollos que permitan disminuir costos y optimizar la producción. Para abordar las brechas y oportunidades detectadas se propone el siguiente plan de acción implementar una metodología de mejora continua para la disminución de los desperdicios y orden en los procesos. Proponer y gestionar los nuevos proyectos para la incorporación de variables tales como capacitación de nuevos sistemas, revisión de todos los costos asociados a un proyecto. Acompañar a los colaboradores durante la implementación de nuevos sistemas para la disminución de la resistencia al cambio.

2.5 Análisis de datos cuantitativo

Se representa un modelo conceptual de interacción entre los usuarios y la consulta de sellos de origen mediante contratos inteligentes generados en la red blockchain (Figura 1), que permiten de manera segura crear una marca de origen en la cadena de suministro y su posterior seguimiento. Para ello se genera un prototipo en base a dos casos de usos que a modo de ejemplo se utiliza una vitivinícola. El primero asociado a la creación de la marca por parte del fabricante y el segundo asociado a la consulta de este para su posterior uso por personas o sistemas de la cadena de suministro.

Caso de Uso 1: Creación de registro blockchain

Nombre: Creación de registro blockchain para un vino artesanal utilizando Blockchain (Figura 2).

Objetivo: Crear marca de autenticidad en red blockchain.

Actores:

- Bodega.
- Cliente.

Precondiciones:

La bodega cuenta con personal calificado e infraestructura adecuada.

Pasos:

1. Identificación del producto: Una bodega de vino artesanal desea distinguir sus productos en el mercado. Cada botella de vino producida es única debido a las variaciones en la cosecha, el proceso de fermentación y el envejecimiento.
2. Registro de información en Blockchain: La bodega decide utilizar la tecnología blockchain para crear una marca digital única para cada botella. Registra en un blockchain información clave como la fecha de cosecha, las uvas utilizadas, el perfil de sabor, la fecha de embotellado y el envejecimiento.
3. Generación de un token digital único: Para cada botella, se crea un token digital único (NFT - Non-Fungible Token) en el blockchain. Este token representa la propiedad y autenticidad de esa botella específica.
4. Etiquetado y Rastreo: Cada botella se etiqueta con un código QR vinculado a su token NFT. Los consumidores pueden escanear el código QR para verificar la autenticidad del vino, conocer su historia y detalles de producción.
5. Transferencia de Propiedad: Cuando una botella se vende, la propiedad del token NFT asociado se transfiere al comprador, asegurando la trazabilidad y la historia de propiedad de la botella.
6. Beneficios de Marketing y Confianza del Consumidor: La utilización de blockchain permite a la bodega ofrecer una historia transparente y verificable de cada botella, aumentando la confianza del consumidor y añadiendo un valor de marketing único a sus productos.
7. Análisis de datos y mejora del Producto: La bodega puede recopilar datos sobre qué vinos son más populares y cómo se distribuyen, permitiéndole ajustar la producción y las estrategias de marketing en consecuencia.
8. Este caso de uso muestra cómo la tecnología blockchain puede ser utilizada para crear una marca única, aumentar la transparencia y la confianza del consumidor, y proporcionar valiosos insights para la mejora de productos y estrategias de marketing.

Caso de Uso 2: Verificación de registro blockchain

Nombre: Verificación de la autenticidad del vino por parte de cliente mediante registro blockchain (Figura 3).

Objetivo: Verificar la autenticidad del producto utilizando una cadena de bloques.

Actores:

- Cliente.

Pasos:

1. Compra de la Botella de Vino: El cliente adquiere una botella de vino que cuenta con un código QR único vinculado a un token NFT en el blockchain.
2. Uso de una aplicación móvil o sitio web: El cliente utiliza una aplicación móvil o sitio web desarrollado por la bodega o un tercero para escanear el código QR de la botella.
3. Escaneo del código QR: Al escanear el código QR, la aplicación envía una solicitud al sistema de blockchain para recuperar la información asociada con el token NFT de esa botella específica.
4. Recuperación de datos del Blockchain: El sistema de blockchain procesa la solicitud y devuelve la información registrada para esa botella, como la fecha de cosecha, el tipo de uva, el proceso de elaboración, y el historial de propiedad.
5. Visualización de la Información al Cliente: La aplicación muestra al cliente toda la información recuperada del blockchain, proporcionando detalles sobre la autenticidad, el origen y la historia del vino.
6. Verificación y Confianza: El cliente verifica la autenticidad y la calidad del vino basándose en la información transparente y segura proporcionada por el sistema blockchain.

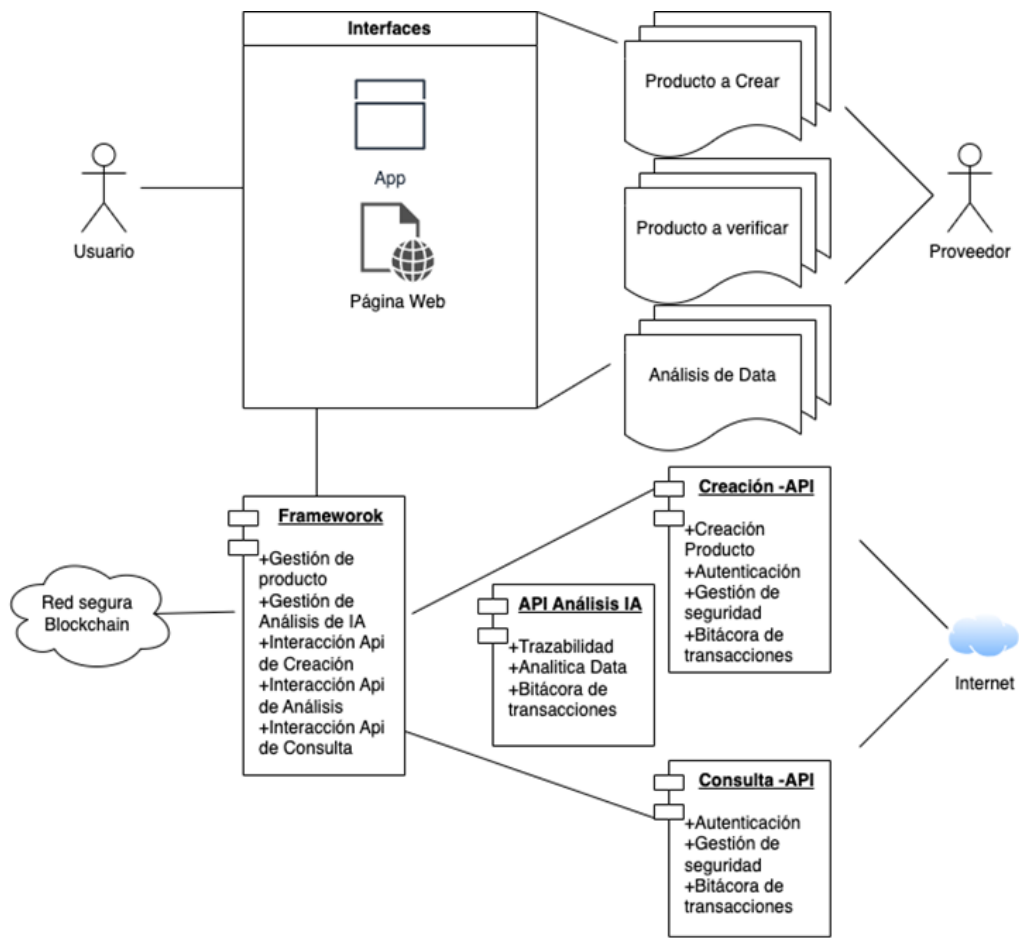


Figura 1: Modelo conceptual del sistema. Fuente: Elaboración propia.

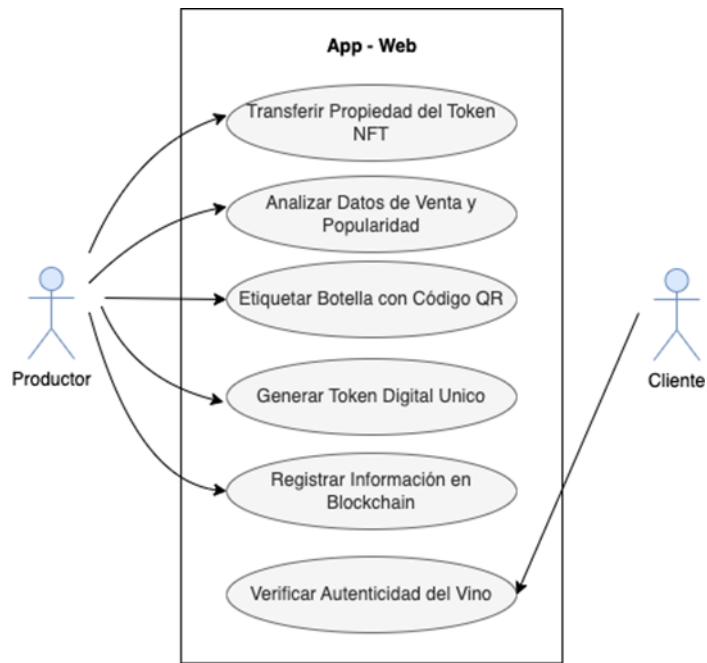


Figura 2: Caso de uso creación de registro blockchain. Fuente: Elaboración propia.

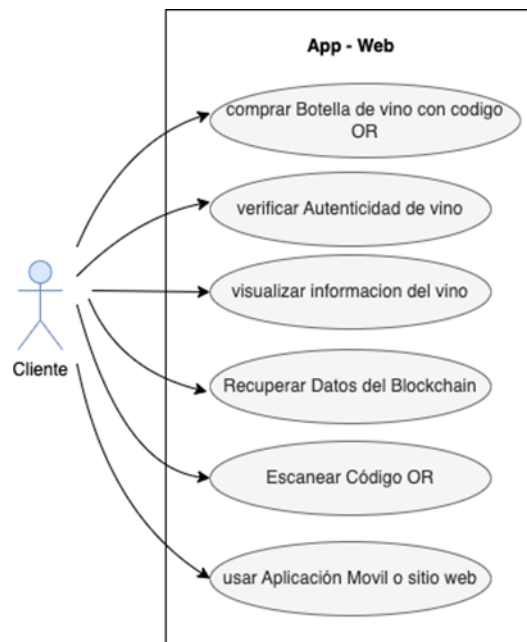


Figura 3: Caso de uso verificación de registro blockchain. Fuente: Elaboración propia.

Beneficios:

Este caso de uso no solo mejora la experiencia del cliente al ofrecer un nivel adicional de seguridad y confianza en la autenticidad del producto, sino que también brinda a la bodega información valiosa sobre las preferencias y comportamientos de los consumidores. En donde además podemos observar que los usuarios pueden estar seguros de que los productos que compran son auténticos, los proveedores pueden proteger su propiedad intelectual y evitar la falsificación y las cadenas de suministro pueden ser más transparentes y eficientes.

Restricciones:

La cadena de bloques debe estar bien mantenida y segura. La API debe ser fácil de usar. Los usuarios deben estar dispuestos a ingresar el número de serie del producto o escanear la etiqueta correspondiente.

Consideraciones adicionales:

- La cadena de bloques puede ser utilizada para verificar la autenticidad de una variedad de productos, incluidos productos de consumo, medicamentos y productos de lujo.
- La cadena de bloques puede ayudar a proteger a los consumidores de productos falsificados.

- La cadena de bloques puede ayudar a las empresas a reducir el costo de la prevención de la falsificación.
- La cadena de bloques puede ayudar a las cadenas de suministro a ser más transparentes y eficientes.

Código Fuente Casos de Uso

Caso de uso 1: Creación de registro blockchain

Este código crea una estructura básica de blockchain y permite agregar una transacción, que en este caso es la información de una botella de vino, y luego "minar" un bloque para agregarlo a la cadena. Recuerda que este ejemplo es meramente ilustrativo y no representa una implementación real de blockchain (Figura 4).

Caso de uso 2: Verificación de registro blockchain

La clase WineAuthenticator representa un servicio de verificación de vino. La función verify_wine simula la verificación del vino. En un escenario real, esta función llamaría a un servicio de backend (probablemente a través de una API REST) que interactuaría con el blockchain para verificar la autenticidad del vino. API_URL es una URL ficticia que representaría el punto de acceso al servicio de verificación. La simulación final representa a un cliente escaneando un código QR y obteniendo información sobre el vino (Figura 5).

```

1. import hashlib
2. import json
3. from time import time
4.
5. class Block:
6.     def __init__(self, index, transactions, timestamp, previous_hash):
7.         self.index = index
8.         self.transactions = transactions
9.         self.timestamp = timestamp
10.        self.previous_hash = previous_hash
11.        self.hash = self.compute_hash()
12.
13.    def compute_hash(self):
14.        block_string = json.dumps(self.__dict__, sort_keys=True)
15.        return hashlib.sha256(block_string.encode()).hexdigest()
16.
17. class Blockchain:
18.     def __init__(self):
19.         self.unconfirmed_transactions = []
20.         self.chain = []
21.         self.create_genesis_block()
22.
23.     def create_genesis_block(self):
24.         genesis_block = Block(0, [], time(), "0")
25.         self.chain.append(genesis_block)
26.
27.     def add_new_transaction(self, transaction):
28.         self.unconfirmed_transactions.append(transaction)
29.
30.     def add_block(self, block, proof):
31.         previous_hash = self.last_block.hash
32.
33.         if previous_hash != block.previous_hash:
34.             return False
35.         if not self.is_valid_proof(block, proof):
36.             return False
37.         block.hash = proof
38.         self.chain.append(block)
39.         return True
40.
41.     def is_valid_proof(self, block, block_hash):
42.         return (block_hash.startswith('0000') and
43.                 block_hash == block.compute_hash())
44.
45.     def mine(self):
46.         if not self.unconfirmed_transactions:
47.             return False
48.
49.         last_block = self.last_block
50.
51.         new_block = Block(index=last_block.index + 1,
52.                            transactions=self.unconfirmed_transactions,
53.                            timestamp=time(),
54.                            previous_hash=last_block.hash)
55.         proof = new_block.compute_hash()
56.         self.add_block(new_block, proof)
57.         self.unconfirmed_transactions = []
58.         return new_block.index
59.
60.     @property
61.     def last_block(self):
62.         return self.chain[-1]
63.
64. # Crear una instancia de Blockchain
65. blockchain = Blockchain()
66.
67. # Agregar información de una botella de vino
68. blockchain.add_new_transaction({
69.     'nombre': 'Vino Reserva Especial',
70.     'cosecha': '2023',
71.     'tipo': 'Tinto',
72.     'bodega': 'La Gran Viña'
73. })
74.
75. # Minar un nuevo bloque
76. blockchain.mine()
77.
78. # Visualizar la cadena de bloques
79. for block in blockchain.chain:
80.     print(json.dumps(block.__dict__, indent=4))
81.

```

Figura 4: Verificador de registro blockchain. Fuente: Elaboración propia.

```

1. import requests
2.
3. class WineAuthenticator:
4.     def __init__(self, api_url):
5.         self.api_url = api_url
6.
7.     def verify_wine(self, qr_code):
8.         """
9.         Verifica la autenticidad de una botella de vino utilizando su código QR.
10.        Retorna la información del vino si es auténtico; de lo contrario, retorna None.
11.        """
12.        response = requests.get(f"{self.api_url}/verify", params={"qr_code": qr_code})
13.        if response.status_code == 200:
14.            wine_info = response.json()
15.            if wine_info['is_authentic']:
16.                return wine_info
17.            else:
18.                print("El vino no es auténtico.")
19.        else:
20.            print("Error al verificar el vino.")
21.        return None
22.
23. # Simulación del uso de la clase
24.
25. API_URL = "https://api.vinoverify.com" # URL ficticia del servicio de verificación
26. authenticator = WineAuthenticator(API_URL)
27.
28. # Simulación de un cliente escaneando un código QR
29. qr_code = "1234567890"
30. wine_info = authenticator.verify_wine(qr_code)
31.
32. if wine_info:
33.     print("Información del Vino:")
34.     print(wine_info)
35. import requests
36.
37. class WineAuthenticator:
38.     def __init__(self, api_url):
39.         self.api_url = api_url
40.
41.     def verify_wine(self, qr_code):
42.         """
43.         Verifica la autenticidad de una botella de vino utilizando su código QR.
44.         Retorna la información del vino si es auténtico; de lo contrario, retorna None.
45.         """
46.         response = requests.get(f"{self.api_url}/verify", params={"qr_code": qr_code})
47.         if response.status_code == 200:
48.             wine_info = response.json()
49.             if wine_info['is_authentic']:
50.                 return wine_info
51.             else:
52.                 print("El vino no es auténtico.")
53.         else:
54.             print("Error al verificar el vino.")
55.         return None
56.
57. # Simulación del uso de la clase
58.
59. API_URL = "https://api.vinoverify.com" # URL ficticia del servicio de verificación
60. authenticator = WineAuthenticator(API_URL)
61.
62. # Simulación de un cliente escaneando un código QR
63. qr_code = "1234567890"
64. wine_info = authenticator.verify_wine(qr_code)
65.
66. if wine_info:
67.     print("Información del Vino:")
68.     print(wine_info)
69.

```

Figura 5: Creación de registro blockchain. Fuente: Elaboración propia.

2.6 Discusión de resultados cuantitativos

Considerando el análisis cuantitativo presentado es posible visibilizar la necesidad de contar con un modelo tipo Blockchain que se interconecte con una etapa de analíticas con IA para el análisis del comportamiento de la cadena de suministro y que dicho comportamiento sea representado a través de una aplicación móvil o web que permita a los clientes la obtención de certificados de origen que son en definitiva el input de la sección Blockchain. Estos hallazgos están de acuerdo con la revisión de la literatura en donde encontramos las postulaciones de García et al. (2023) que demuestran cómo una red blockchain genera el potencial de mejorar la colaboración entre los distintos agentes de la cadena de suministro, lo que facilita a las organizaciones que los productos estén disponibles para la venta en el lugar y el momento adecuados. Además, como indican Martínez et al. (2023) probablemente el crecimiento en el uso de nuevas tecnologías se debió al desarrollo de aplicaciones basadas en sistemas blockchain autorizados que dieron lugar a nuevas generaciones de sistemas Distributed Ledger Technologies (DLT) y a nuevos desarrollos en 2020 durante la crisis de COVID con el objetivo de controlar la cadena de suministro.

Para abordar los problemas detectados se debe proponer un modelo que permita la generación de una marca inalterable de origen para la autenticación segura mediante un sello origen del producto. Desarrollar una aplicación móvil o web que consolide información para la verificación desde clientes y consumidores de la originalidad de los productos que adquiere. El cual se encuentre disponible desde cualquier punto de la cadena de suministros y se encuentre basado en tecnología blockchain e IA para el análisis de comportamiento durante el flujo de los productos en la cadena de suministro.

2.7 Modelo Propuesto

En esta versión simplificada de la cadena de suministro (Figura 6), los participantes se comunican a través de internet utilizando la tecnología de blockchain (Tabla II), donde el proveedor o fabricante debe crear un certificado de autenticidad para cada producto y añadirlo a la blockchain. Los destinatarios, mediante una aplicación, pueden acceder a esta información y llevar a cabo análisis pertinentes.

El modelo en cuestión está diseñado para ofrecer una API que permite asignar certificados de autenticidad a productos o servicios. Los fabricantes o proveedores podrán emplear esta

aplicación para generar y distribuir dichos certificados a través de blockchain en la red Hyperledger Fabric, ideada específicamente para el ámbito empresarial.

Este sistema posibilita la trazabilidad completa en la cadena de suministro, construyendo la cadena a medida que se desarrollan los procesos internos de cada organización. Ante el volumen de datos generados, es esencial el uso de herramientas de análisis basadas en inteligencia artificial, que son útiles, por ejemplo, para monitorear la demanda en tiempo real y permitir que la empresa ajuste dinámicamente sus estrategias de suministro para optimizar el flujo de la cadena.

Además, la información puede ser consultada en cualquier momento del ciclo de vida del producto, lo que permite a los clientes verificar la autenticidad del producto, aumentando así la confianza en la cadena de suministro.

Es crucial considerar que, como los procesos de suministro no están necesariamente estandarizados, la aplicación proporciona un marco de referencia unificado para la recolección de datos, lo que hace esencial que las empresas examinen sus procesos para adaptar la herramienta mediante estrategias de mejora continua. Las cadenas de suministro se caracterizan por generar una gran cantidad de datos, lo que puede llevar a la desorganización y errores. Por tanto, es vital apoyarse en herramientas de IA que automatizan y precisan el análisis de datos para la resolución de problemas y la toma de decisiones.

La ciberseguridad en las aplicaciones no debe pasarse por alto. Las soluciones en la nube actuales resuelven muchos de los problemas más comunes, pero es imperativo contar con una gestión adecuada y personal capacitado para este fin. Al igual que para la implementación del modelo, donde la experiencia del personal actual debe valorarse y utilizarse para aumentar las posibilidades de éxito en la implementación.

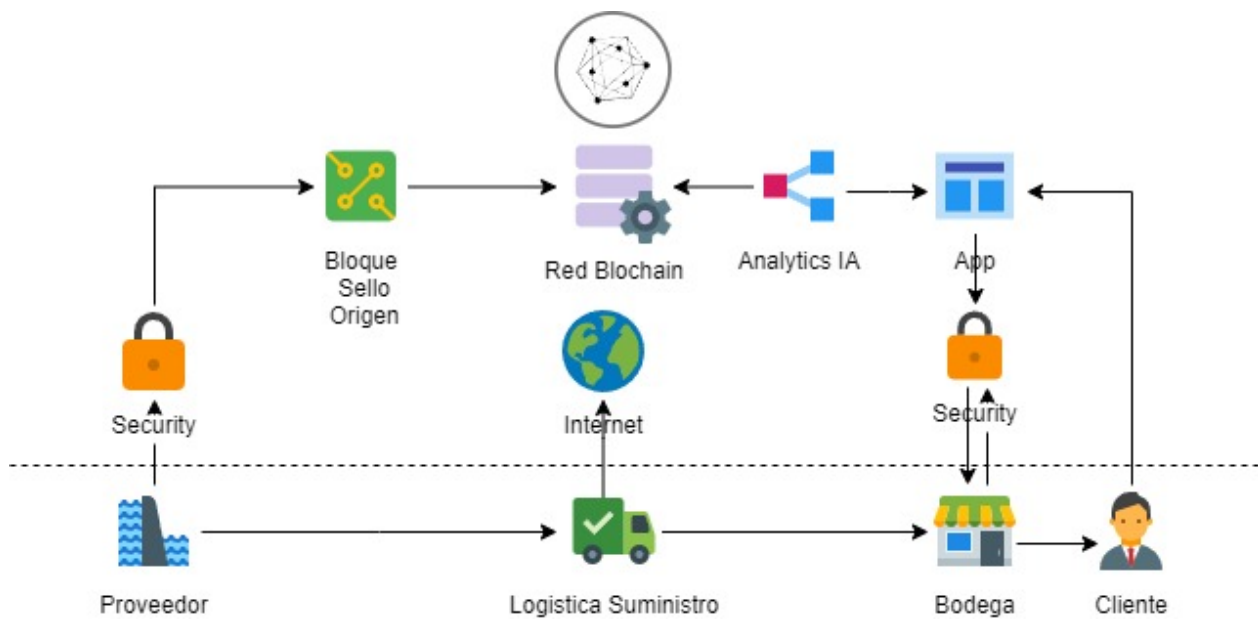


Figura 6: Arquitectura Blockchain propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Tabla II: Componentes modelo propuesto

Componente	Descripción
Bloque sello origen	Marca inalterable, distribuida y segura que se incorpora a la cadena de bloques correspondiente al producto incorporado a la cadena de suministro.
Red blockchain	Infraestructura descentralizada y distribuida que permite el registro y verificación segura de transacciones en una cadena de bloques. En lugar de depender de una autoridad central, como un banco o un intermediario, la red blockchain se basa en una red de nodos interconectados que colaboran para mantener y validar el registro de transacciones.
Analytics IA	Corresponde al análisis para identificar áreas donde hay potencial de fraude y a continuación, utilizar la automatización para monitorear esas áreas en busca de actividad sospechosa. Esto podría ayudar a prevenir el fraude y proteger a la compañía de pérdidas financieras asociadas a falsificación de productos.
App	Aplicación que permite crear y verificar la autenticidad de un producto utilizando una cadena de bloques.
Security	La información se protege mediante técnicas criptográficas avanzadas, lo que garantiza la seguridad y la autenticidad de las transacciones. Los nodos en la red utilizan protocolos de consenso para llegar a un acuerdo sobre la validez de las transacciones y para mantener la coherencia de la cadena. Esto evita la necesidad de un intermediario y garantiza la confianza en la red.

(Fuente: Elaboración propia)

3 ARTÍCULO

El presente apartado, recoge la investigación contextualizada motivo de este proyecto de grado, y es presentada en formato de artículo académico. Se trata de un artículo conciso, escrito en el formato típico de revistas especializadas o de conferencias, de acuerdo con reglas específicas definidas por la dirección del programa.

El artículo, ha sido cuidadosamente redactado con el fin de que se haga fácilmente entendible y logre expresar de un modo claro y sintético lo que se pretende comunicar, considerando las citas y referencias respectivas de los estudios que lo fundamentan. El trabajo realizado, se sintetiza entonces como artículo, para facilitar al trabajo de quienes puedan estar interesados en consultar la obra original.

Este trabajo, considera y discute, a través de un proyecto aplicado, desarrollado en un contexto de realidad profesional, la integración de herramientas y conocimientos que se han adquirido en las líneas de desarrollo del programa. Lo que se consolida en una investigación profesional contextualizada a la realidad profesional que se expone, la que se relacionada con líneas y ámbitos específicos abordados en el plan de estudios del programa, permitiendo integrar, de manera adecuada, los conocimientos teóricos y metodológicos desarrollados en él.

BLOCKCHAIN e INTELIGENCIA ARTIFICIAL: MODELO PARA LA TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Rodrigo Cabezas Sánchez¹ Pablo Pérez Martínez²

Graduado del programa de Magister en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Desarrollo, rcabezass@udd.cl¹, pablperetz@udd.cl²

Resumen:

Este Este trabajo explora cómo los innovadores modelos de autenticación y la gestión a través de inteligencia artificial pueden mejorar el rastreo de productos y certificar su origen, con un enfoque particular en los canales de distribución presentes en Chile. El objetivo es proponer un modelo para la implementación de una red segura a través de blockchain que permita la autenticación del origen de una unidad de fabricación lo más cercano al tiempo real y su análisis, con IA, en las fases de la cadena de suministro. Para lograrlo se propone una aproximación mixta, en primer lugar, una metodología cualitativa basada en entrevistas semiestructuradas a las opiniones de 12 profesionales con experiencia en el rubro, en donde se validan las variables claves de mejora en el proceso del sello de origen de los productos. En segundo lugar, se aplica una metodología cuantitativa donde se desarrolla un prototipo, que presenta una visión técnica de la mejora posible al aplicar un nuevo modelo. Los datos recolectados evidencian variables como disposición a desarrollar nuevos sistemas, criterios de contratación de personal calificado, capacitación de este, mejora continua a los procesos, estandarización de la información y viabilidad de los casos de usos de los proyectos los cuales den valor tanto a la empresa como a los clientes siendo estos claves para el éxito de la implementación de trazabilidad segura e inalterable en las fases de las cadenas de suministro. Se concluye que el uso de trazabilidad de productos con blockchain permite a través del modelo propuesto generar marcas inalterables, distribuidas y seguras que permitan identificar el origen de un producto en donde a través de análisis usando IA en las distintas etapas de la cadena de suministro ayudando a mantener personal calificado, adecuación de procesos y mejora continua, proporcionando un mayor valor al cliente y fomentando la transformación digital y la cultura organizacional de la empresa.

Palabras clave: Red segura; Cadena de suministro; Sello de origen; Mejora continua; Transformación digital.

1. Introducción

Los desafíos que hoy enfrenta la venta del Retail son cada vez más complejos. Por un lado, los consumidores tensionan la demanda en torno a mayores niveles de calidad y eficiencia a su vez las tecnologías de la información permean en la sociedad en todos los niveles, apalancando la evolución de la sociedad hacia formas de

organización que tienden cada vez más hacia lo “altamente distribuido e interactivo” (Memmi, 2015).

Las tecnologías digitales que facilitan el intercambio confiable de información son un requisito previo esencial para la mayoría de estos programas. La tecnología blockchain, en particular, parece ser una opción tecnológica adecuada (Andoni et al., 2019, Ante et al., 2021).

Si bien es una tecnología 'sin confianza' por diseño, dado que no requiere confianza en un operador central (Werbach, 2018), las propiedades de blockchain, como el almacenamiento de datos distribuido y seguro, pueden generar confianza (Amend et al., 2021, Utz et al., 2023). En virtud de estas propiedades, la cadena de bloques puede mediar en los problemas de confianza en muchos entornos en los que la confianza es inexistente o está gravemente comprometida (Amend et al., 2021).

Las tecnologías digitales participan en casi todos los órdenes de la vida, siendo con toda seguridad los empresariales, como los personales. Así como lo expone Memmi, (2015), en el que la evolución ha establecido tendencias sociales y tecnológicas cada vez más inclusivas y colaborativas. En este sentido es muy interesante comprender el impacto de la utilización de la tecnología Blockchain, la cual también ha sido concebida en este mismo contexto tecnológico y social. La primera publicación asociada al Blockchain se remonta al año 2008, en donde se publica un artículo firmado por Satoshi Nakamoto que presenta una red peer to peer que utiliza como validación un registro e historia público que permite validar una transacción de forma descentralizada (Nakamoto, 2008).

Dada la necesidad de analizar y tomar decisiones con grandes volúmenes de información una de las soluciones son las herramientas basadas en IA. La mayor cantidad de investigaciones sobre el tema ocurrió en la década de 1950, donde comenzó con una publicación de Alan Turing: "Computing machinery and intelligence", donde formula la siguiente pregunta: ¿las máquinas pueden pensar?, siendo el primer científico en cuestionarse esto, aunque el concepto de inteligencia artificial apareció recién en el año 1956 en la Conferencia sobre IA en la universidad de Dartmouth. El campo comenzó

con sistemas expertos y lógica difusa y alcanzó un nuevo nivel de madurez después de 2010 con la irrupción de Big data, análisis de datos y el uso extensivo de unidades de procesamiento gráfico junto con técnicas de aprendizaje profundo, dando forma a lo que ahora se denomina IA moderna. A principios de la década de 2010, hemos visto una aceleración en las aplicaciones de IA con resultados alentadores, aunque también han surgido inquietudes respecto al futuro del empleo y la administración de empresas (Manyika & Bughin, 2018; Samuel et al., 2019). Las compañías están implementando la IA e invirtiendo en soluciones de IA para optimizar sus operaciones de cadena de suministro de manera integral (Chui et al., 2019; Hartmann & Moeller, 2014), pero parece que la literatura especializada en cadena de suministro aún está en proceso de actualización y de integrar estos métodos de IA en sus investigaciones fundamentales.

Tecnología blockchain en la cadena de suministro

La tecnología blockchain toma importancia ya que dado su arquitectura permite asegurar el seguimiento en la cadena de suministro y disminuir los errores por la veracidad de los datos (Choi et al., 2020). La red blockchain se organiza como una cadena de bloques red de datos interconectados. Estos contienen una "huella digital criptográfica" conocida como 'hash' de todos los bloques anteriores, lo que dificulta su manipulación (Babich & Hilary, 2020). La tecnología Blockchain distribuye el almacenamiento y la verificación de punteros hash a un grupo de computadoras en lugar de una base de datos centralizada como un sistema ERP (Gurtu & Johny, 2019)." Dado que Blockchain es esencialmente una tecnología de contabilidad distribuida, cada transacción está protegida por criptografía y es verificada, inmutable y a prueba de manipulaciones (Underwood, 2016)". Esta característica hace que

blockchain sea una tecnología eficaz que permite a los SC garantizar la trazabilidad y una mejor integración entre los actores de la cadena de suministro.

Tecnología IA en la cadena de suministro

Las aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) en el análisis de la toma de decisiones de la cadena de suministro se pueden clasificar principalmente en optimización, sistemas expertos, así como métodos relacionados con la planificación y programación, y simulaciones y modelado. Aunque muchos de los métodos existentes para resolver problemas de optimización se introdujeron a principios de los 60, no fue sino hasta los años 2000 que dichos métodos se utilizaron para abordar problemas más dinámicos utilizando grandes conjuntos de datos (Abbasi et al., 2020). Los métodos de optimización se pueden clasificar en inspirados en la naturaleza (por ejemplo, la optimización de colonias de hormigas y algoritmos genéticos), basados en la teoría de juegos (por ejemplo, modelos cooperativos), basados en el mercado (por ejemplo, algoritmos de negociación y subasta), basados en la teoría de decisiones (por ejemplo, enfoques Bayesianos) y métodos basados en el conocimiento. Estos métodos se han utilizado para resolver una variedad de problemas de operaciones y optimización de la cadena de suministro (Diabat & Deskoore, 2016; Saghaei et al., 2020).

¿Cómo lo abordan en el resto del mundo?:

En cuanto a las aplicaciones de trazabilidad, un predecesor de la tecnología blockchain es la identificación por radiofrecuencia (RFID) o comunicación de campo cercano (NFC), que puede rastrear el movimiento de mercancías utilizando una infraestructura que consta de componentes físicos y de software. Sin embargo, dicha arquitectura está gobernada por un organismo centralizado, generalmente los

proveedores u OEM de los bienes, lo que hace que el sistema sea vulnerable a la manipulación, sobreescritura y clonación de datos de las etiquetas (Yiu, 2021). La ventaja de Blockchain para mitigar los desafíos de trazabilidad es su arquitectura de información descentralizada, distribuida e inmutable, que ofrece una mayor resiliencia contra los ataques de falsificación y un sistema más sofisticado para lograr la trazabilidad de extremo a extremo en la cadena de suministro. Las empresas pioneras corresponden al rubro de alimentación, las cuales están apostando por el uso de Blockchain en la cadena de suministro. Uno de ellos es Walmart, que tiene un proyecto de trazabilidad de alimentos; por ejemplo, la trazabilidad de la carne de cerdo procedente de China (Haswell, 2017). También planean rastrear los alimentos desde la granja hasta la tienda en tiempo real, procesos los cuales se encuentran en desarrollo. Además, podemos encontrar empresas como Maersk, que gestiona los envíos mundiales de contenedores marítimos con la ayuda de Blockchain (Groenfeldt, 2017). Además, encontramos al sistema Genuino el cual autentica objetos coleccionables mediante la integración de Blockchain con otras tecnologías basadas en la trazabilidad y el Internet de las cosas (Ruzza et al, 2022). Otras aplicaciones recientes incluyen el seguimiento de diamantes mediante la creación de una identidad digital en una red blockchain (Choi, 2019) para el seguimiento de activos durante y después de la fabricación.

Las organizaciones de la cadena de suministro están llegando a un punto crítico en términos de tecnologías disruptivas, desde la nube y analítica hasta el Internet de las Cosas, y la inteligencia artificial, también conocida como tecnologías cognitivas. Estas tecnologías, en especial la inteligencia artificial, tienen el potencial de transformar la cadena de

suministro. La inteligencia artificial mejora los sistemas y soluciones existentes, eliminando efectivamente las barreras y límites entre silos organizacionales y tecnológicos. Proporciona conocimientos mucho más profundos a lo largo de la cadena de suministro; posibilita alertas inteligentes e insights; mejora las previsiones y habilita capacidades predictivas. Al aprovechar la IA, las organizaciones de la cadena de suministro pueden gestionar los riesgos de manera efectiva y aportar más valor al negocio.

¿Cómo lo abordan en Chile?:

En el país, Agricom, parte de la multinacional Westfalia Fruit Group empresa que exporta frutas a los mercados más importantes a nivel global ha generado una producción que en 2018 alcanza más de 98,000 toneladas de fruta recién cosechada en donde utiliza la red "IBM Food Trust" (Giraldo & Uribe, 2022). Un entorno mundial para el sector de alimentos enfocado en ofrecer claridad a los consumidores en la etapa final. La plataforma creada por IBM utiliza la tecnología de bloques para realizar seguimiento a todo tipo de frutas disponibles para el comprador final. La red de IBM está desarrollada bajo los estándares de la red de código abierto Hyperledger Fabric, y utiliza un modelo de gestión que permite que las organizaciones puedan generar las políticas de seguridad y determinar las credenciales de acceso para a la información entregada por la aplicación. Siendo esta dueña de la información. Uno de los datos obtenidos es que el 34 por ciento de los alimentos que se cosechan en América Latina termina siendo desperdicio y además como otro dato interés podemos encontrar que más de 77 millones de personas cada año sufren una enfermedad que se asocia al consumo de comida.

El sector logístico en Chile se enfrenta al que posiblemente sea el reto más grande de su historia debido a la pandemia, impulsado

principalmente por el crecimiento del comercio electrónico y el avance de la entrega de última milla en zonas urbanas. Esto ha provocado que la industria incorpore nuevas tecnologías o acelere su implementación para preservar la calidad de su servicio.

Dentro de estas tecnologías emergentes, se observa una creciente adopción de la Inteligencia Artificial (IA) en distintos niveles de la cadena de suministro. No obstante, los especialistas señalan que su aplicación aún está en etapas tempranas, con la existencia de proyectos y pruebas piloto limitados a ciertas áreas de la cadena.

De acuerdo con el informe Technology Vision 2021 de Accenture, un 62% de las empresas de logística se encuentran en fases experimentales con IA, es decir, en los inicios de su implementación (Ayala, 2022).

Dado el contexto expuesto y según los antecedentes bibliográficos revisados, es posible postular la siguiente pregunta: ¿Qué variables, etapas y parámetros de un modelo con base en Blockchain y análisis con IA, permiten el desarrollo de un sistema de trazabilidad de productos?

En efecto el mercado chileno no dispone de un sistema de autenticación de origen estándar para todo tipo de productos que permita la reducción de falsificaciones o seguimiento de productos desde el fabricante.

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para realizarlo ha sido la generación de incrementos en el valor de seguridad y certeza, aumentando la experiencia de los clientes con foco en el alineamiento de la estrategia corporativa de la empresa. Se propone entonces una integración de variables claves que permitan el abordaje de desafíos de trazabilidad de productos con foco

en autenticación y automatización de seguimiento. En este sentido este trabajo contribuye a la comprensión de cómo y cuáles son las variables intervinientes en un proceso de autenticación y trazabilidad de productos apoyándose en análisis de datos con IA para la toma de decisiones en el seguimiento de estos.

Entendido esto el objetivo de este trabajo es proponer un modelo conceptual para la implementación de una red segura que permita la autenticación del origen de una unidad de fabricación, su trazabilidad y automatización en la cadena de suministro hasta el cliente final.

2. Metodología

Paradigma y diseño: Se plantea el empleo de una metodología mixta, cualitativamente basada en entrevistas semiestructuradas para el análisis de las perspectivas de informantes claves, y cuantitativamente en una simulación computacional de escenarios de seguridad y obtención de sellos de origen; lo que permite cumplir con los principios básicos que son: triangular, complementar, desarrollar, expandir o iniciar (Creswell, 2003, Greene, 2007; Avi, 2022). Para su validación se realizó un piloto que permitió ajustar el planteamiento y criterio de las preguntas del instrumento a utilizar con los entrevistados, los cuales fueron elegidos por conveniencia. Lo anterior apoya un proceso cuantitativo mediante la construcción de un modelo tecnológico basado en el aporte cualitativo de entrevistas realizadas, el cual para su validación se realizan test unitarios y de integración que cumplan con la estructura de los casos de uso planteados.

Población sobre la que se efectuará el estudio: Desde el foco cualitativo, se utilizó un muestreo por conveniencia a directores, CIO, managers y líderes técnicos, quienes se desempeñan como actores en el ámbito de las tecnologías incluyendo áreas como logística, retail, servicios

tecnológicos y la cadena de suministro. En total participaron 12 profesionales, con una edad promedio de 46 años, con un máximo de 55 y un mínimo de 35 años. Poseían en promedio 21 años de servicio con un mínimo de 10 y un máximo de 30 años.

Entorno: El estudio se realizó en la comuna de Santiago, región Metropolitana de Chile, en las oficinas central de Falabella Tecnología, empresa de retail con presencia en 577 tiendas y mall distribuidas en países como México, Colombia, Brasil, Perú, Uruguay y Chile.

Intervenciones: Para los grupos de entrevistas y discusión se utilizaron una videoconferencia grabada y un instrumento metodológico para recoger los datos y un documento escrito siguiendo las preguntas que guiaban la discusión. Estas preguntas eran de carácter abierto. La guía considera los siguientes ítems:

Etapa I: Caracterización y comprensión del problema

1. ¿Cómo entiende usted un proceso de uso de trazabilidad de productos en la cadena de suministro?
2. ¿En la práctica como opera hoy el proceso de trazabilidad de la cadena de suministro de productos?
3. ¿De dónde viene la problemática u oportunidad de un proceso de trazabilidad en la cadena de suministro?
4. ¿Cómo opera el uso de la trazabilidad de productos de cara a sus clientes?

Etapa 2: Propuestas para mejoras e implementación de la trazabilidad.

5. ¿Que recomienda tener en cuenta para mejorar el proceso de trazabilidad de los productos?
6. ¿Tiene propuestas específicas de mejora o cambio de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?

7. ¿Cuáles son, en su opinión, los costos (financieros u otros) de implementar trazabilidad en la cadena de suministro?
8. ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían la implementación de un sistema de trazabilidad?
9. ¿Presiente que la cultura actual sería un impedimento o produciría miedo al intentar implementar este tipo de tecnología?
10. ¿Que recomienda para aplicar un proceso de trazabilidad en la empresa?

Plan de análisis de los datos:

Valorar la necesidad de examinar detenidamente nuestro enfoque analítico se revela como una oportunidad para "reajustar nuestra forma de pensar y redescubrir el arte de aprender", al reflexionar sobre la verdadera naturaleza de nuestro progreso en el análisis de datos (Morin, 2009), para ello se establecieron los ítems de observación y posterior estudio. Se realizaron entrevistas en conjunto con una observación (no participante) en donde se postuló un contraste de la teoría que junto con las observaciones recogidas en el diario de campo permitió generar hipótesis explicativas sobre las intervenciones de los entrevistados. A continuación, se busca abarcar todos los niveles jerárquicos. Desde este análisis se propone un análisis de percepción de los directivos, managers y líderes técnicos claves de la empresa frente al posible desarrollo e implementación de un prototipo basado en Blockchain con soporte en la inteligencia artificial, para dar cumplimiento al objetivo propuesto.

Ética: Se procedió a la asistencia de los participantes del estudio en forma voluntaria y diligente, en donde se implementaron medidas para asegurar que la información sea brindada con los propios interesados de una manera segura y confidencial. No se procedió a tomar

medidas efectivas en las respuestas, ni alterar sus características individuales, sino a otorgar beneficio a la participación sin presión ni otorgar premios por participar en la investigación. Otro elemento a tener en cuenta es, el respecto a los derechos humanos, tal como ya se apuntó anteriormente, lo que contempla el respecto, a la ideología e idiosincrasia de los participantes y por consecuencia, el respeto a los resultados del trabajo de campo (Hirsch & Navia, 2018).

3. Resultados

Se exponen a continuación los resultados de la investigación. Por motivo de espacio y claridad se incluye solo información relevante del estudio y en particular las categorías obtenidas se presentan en la Tabla I.

3.1 Análisis de datos cualitativo

Ítem 1: ¿Cómo entiende usted un proceso de uso de trazabilidad de productos en la cadena de suministro?

Si revisamos los resultados generales de la primera pregunta del cuestionario (Tabla 1) nos encontramos que un 62% de los informantes claves, relaciona la trazabilidad al concepto de "Seguimiento de producto". El cual queda de manifiesto en opiniones como: "Tiene que ver con conocer cada uno de los estados y hacer seguimiento al producto, y estos están asociados a movimientos, por eso es una cadena de suministro" (Entrevistado 2) y que "Identificar un producto con sus movimientos, con sus variables logísticas, independiente del punto en que se encuentra y donde va" (Entrevistado 4). Por otra parte, el 38% de los entrevistados lo asocia al concepto de "Auditorías de movimientos" indicando que "Existe una trazabilidad básica de auditoría del centro de distribución, la cual no necesita que sea inalterable, y una trazabilidad más moderna para casos de uso especiales, como cadena de frío, productos médicos y/o fecha de vencimiento" (Entrevistado 1).

Tabla I: Categorías del estudio

Pregunta	Categorías
Ítem 1: ¿Cómo entiende usted un proceso de uso de trazabilidad de productos en la cadena de suministro?	Seguimiento de producto Auditorías de movimientos
Ítem 2: ¿En la práctica como opera hoy el proceso de trazabilidad de la cadena de suministro de productos?	Sistemas Manualidad
Ítem 3: ¿De dónde viene la problemática u oportunidad de un proceso de trazabilidad en la cadena de suministro?	Calidad de la información. Visibilidad de la información Confianza
Ítem 4: ¿Cómo opera el uso de la trazabilidad de productos de cara a sus clientes?	Entrega productos Sistemas Calidad de la información Manualidad procesos
Ítem 5: ¿Que recomienda para mejorar el proceso de trazabilidad de los productos?	Estandarización de información Mejora continua Control de procesos
Ítem 6: ¿Tiene propuestas específicas de mejora o cambio de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?	Desarrollo de nuevos sistemas Sin propuestas
Ítem 7: ¿Cuáles son, en su opinión, los costos (financieros u otros) de implementar trazabilidad en la cadena de suministro?	Costo financiero Costo mantención
Ítem 8: ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían la implementación de un sistema de trazabilidad?	Viabilidad caso uso Tecnología Personal especializado
Ítem 9: ¿Presiente que la cultura actual sería un impedimento o produciría miedo al intentar implementar este tipo de tecnología?	Resistencia al cambio Conocimiento
Ítem 10: ¿Que recomienda para aplicar un proceso de trazabilidad en la empresa?	Uso de tecnología Mejora procesos Fiabilidad información Habilidades

(Fuente: Elaboración propia)

Ítem 2: ¿En la práctica como opera hoy el proceso de trazabilidad de la cadena de suministro de productos?

Respecto a los resultados de la segunda pregunta encontramos el 79% de los entrevistados adhiere a la idea de “Sistemas”, lo

que se evidencia la siguiente respuesta: “Existen sistemas especializados que permiten el seguimiento” (Entrevistado 6) y que “No existe un solo sistema, sino uno según la etapa que está involucrado el producto” (Entrevistado 9).

Además, se aprecia que el 21% de los encuestados reconoce que se realizan "Manualidad" en trazabilidad indicando que: "Se realiza mediante distintos sistemas y muchas tareas en forma manual" (Entrevistado 5) y la necesidad de tener una herramienta que permita obtener la trazabilidad de un producto.

Ítem 3: ¿De dónde viene la problemática u oportunidad de un proceso de trazabilidad en la cadena de suministro?

Al considerar las preguntas relacionadas con el ítem 3, obtenemos que los encuestados están involucrados con el propósito actual de la compañía e identifican oportunidades o problemáticas basadas en categorías como "Calidad de la información" con el 38% de los encuestados, evidenciando la siguiente respuesta: "Problemas en la calidad de la información, oportunidad de tener un orquestador único" (Entrevistado 5) y "Es esencial saber la ubicación de un producto, donde este se encuentra" (Entrevistado 1). También se encuentra que el 38% además agrega que la "Visibilidad de la información" es un factor de oportunidad a mejorar, se evidencia con las siguientes respuestas: "No Hay una visión end to end o un gran integrador. Existe una oportunidad de establecer un estándar y desde ahí obtener la información" (Entrevistado 4), y en donde el 24% restante determina que la "Confianza" también debe ser un factor por considerar evidenciándolo en la siguiente respuesta: "El principal desafío es la confianza y como la desarrollamos, que exista un ente regulador que permita reconstruir una historia del ciclo de vida o traza del producto" (Entrevistado 7).

Ítem 4: ¿Cómo opera el uso de la trazabilidad de productos de cara a sus clientes?

Al revisar las respuestas implicadas en este ítem encontramos una variedad de categorías

asociadas a las distintas soluciones que implementan los entrevistados en su ámbito de trabajo, en donde encontramos que la categoría asociada a la "Entrega de productos" representa el 23% de los encuestados, evidenciando respuestas tales como: "Es de mayor importancia la fecha de entrega de la última milla, si este fue despachado y en caso de no, porqué, en donde es importante la prueba de entrega (Entrevistado 1), además el 23% asocia la pregunta a un "Sistema", evidenciado en la respuesta: "Opera a través de un ERP, con todas las características de un producto" (Entrevistado 8). Otro 23% indica que la operación se asocia con la "Calidad de la información", evidenciado en la respuesta: "Existe un desorden interno en las empresas de como esta ordenada la información" (Entrevistado 2) mientras que el 31% restante indica que todavía la "Manualidad de procesos" es parte de la empresa evidenciándolo en respuestas como: "Existe mucha manualidad en el proceso, depende del registro o documentos que usa el transportista" (Entrevistado 7). Lo cual se encuentra alineado con el empoderamiento de los entrevistados en las necesidades de transmitir el valor que genera contar con una cadena de abastecimiento segura y trazable de cara al usuario. Lo cual es uno de los puntos que generan más importancia entre los entrevistados, asegurar calidad y seguridad de los productos que se venden bajo el alero de la empresa.

Ítem 5: ¿Que recomienda para mejorar el proceso de trazabilidad de los productos?

En las respuestas categorizadas en este apartado identificamos que estas se centran en conceptos como la "Estandarización de la información", en donde el 46% de los entrevistados encuentra que existe un problema asociado en las organizaciones evidenciándolo en citas como: "Existe un desorden interno en las empresas de como esta ordenada la información, debe existir

una visibilidad de punta a punta” (Entrevistado 1), y este debe encontrar una solución aplicando una metodología en donde se presentan la categorías de “Mejora continua” con el 27% de los entrevistados y “Control de procesos” con el 27% lo cual sería clave para el éxito del objetivo que permita generar más valor al usuario. Esto lo podemos evidenciar en testimonios como: “utilizar el Value Stream Mapping, acercar lead time con el process time además de información en línea para realizar pronósticos más acertados” (Entrevistado 2) y agregando la importancia de su uso con respuestas como: “dejar testimonios y dar visibilidad de lo que pasa con un producto. Teniendo un control de las características de un producto con sus registros de entradas y salidas de la forma más simple posible para generar el diferencial de valor.” (Entrevistado 10).

Ítem 6: ¿Tiene propuestas específicas de mejora o cambio de corto plazo y alto impacto? ¿Cuáles?

Dado el perfil de los entrevistados en esta categoría podemos apreciar que en su mayoría disponen de nuevas iniciativas con “Desarrollos nuevos sistemas” que aplican mejoras en la cadena de suministro, con un 92% de los entrevistados afirmando que: “existen nuevos desarrollos in house con la idea de mejorar la calidad de los sistemas” (Entrevistado 6) además incorporando tecnologías a los procesos tales como la siguiente afirmación: “Según el caso de uso, desarrollo de RFID, tanto de forma in house, como negociar con proveedores para que también lo implementen indicando que es necesario implementarlo por sus beneficios” (Entrevistado 10), siendo solo un 6% de la muestra está “Sin propuestas”, la cual indica que: “No tiene propuestas de alto impacto” (Entrevistado 8). Lo que va en línea con las necesidades de que la mayoría de las organizaciones de estar constantemente mejorando sus procesos.

Ítem 7: ¿Cuáles son, en su opinión, los costos (financieros u otros) de implementar trazabilidad en la cadena de suministro?

Durante la entrevista se aprecia que la mayoría de los entrevistados asocia los “Costos financieros” como los más relevantes con el 64% de la muestra, evidenciado en respuestas como: “Se encuentran asociados los costos financieros” (Entrevistado 3). Que es transversal a cualquier inversión que se realiza, pero algunos de los entrevistados asocian como importante tener en cuenta la categoría de “Costos de mantención”, con el 36% de los entrevistados los cuales afirman que no siempre se tiene en cuenta al momento del presupuesto y queda evidenciado en citas como: “debemos tener en cuenta los costos hundidos como hora hombre y soporte y en donde este normalmente no se calcula” (Entrevistado 6).

Ítem 8: ¿Cuáles son los factores que facilitarían y obstaculizarían la implementación de un sistema de trazabilidad?

Al realizar el análisis obtenemos que los encuestados declaran tres categorías relacionadas entre sí, en donde los factores preponderante es la “Viabilidad del caso de uso” con el 53% de los encuestados, evidenciando la siguiente respuesta: “El tamaño del mercado y si el caso de uso aplicable a un producto que sea económicamente viable si su precio aumenta por certificar el origen” (Entrevistado 1) y “Es un gran desafío dar a conocer al entender por qué lo estás haciendo y ver su real valor” (entrevistado 7). También se encuentra que el 20% además agrega que el “Personal especializado” es determinante para el éxito con afirmaciones como: “El factor humano es determinante, ya que requiere disciplina y metodología” (Entrevistado 8) y en donde el 27% restante determina que la “Tecnología” es accesible y debe ser un factor a considerar evidenciándolo en la siguiente respuesta:

“actualmente los factores tienen una mediana complejidad por el fácil acceso a la tecnología y como obstáculo los silos actuales en la toma de decisión y culturales”(Entrevistado 2) .

Ítem 9: ¿Presiente que la cultura actual sería un impedimento o produciría miedo al intentar implementar este tipo de tecnología?

La cultura y el tamaño de la organización claramente influye ante los cambios en los procesos, en donde la “Resistencia al cambio” se presenta como uno de los impedimentos a resolver, con el 62% de las respuestas lo vemos evidenciado en afirmaciones como: “Existe incertidumbre al no conocer las herramientas y una cultura de hacer las cosas manualmente sin usarlas herramientas de las aplicaciones, sino tareas manuales en Excel” (Entrevistado 3) y asociándolo al tamaño de la organización con opiniones como: “Si, existen impedimentos dado la cultura actual y tamaño de la empresa.”(Entrevistado 1) y “Se presenta al resistencia al cambio según el tamaño de la empresa” (Entrevistado 10). A su vez otra de las categorías que se presentan como impedimento se relaciona con el “Conocimiento” y lo relacionan con el éxito de aplicar cambios. Es importante traspasar a los colaboradores la importancia de lo que se espera y a su vez obtener la opinión del personal especializado de la organización ya que de lo contrario sería una de las causas de no cumplir el objetivo de lo que se espera, con el 38% de las respuestas lo evidenciamos con: “yo creo que hay que trabajar obviamente como lo habíamos comentado , en hacer parte a las a los colaboradores del proceso y que son tan importantes y más aún que el mismo sistema, las máquinas que estamos creando, que es una conjunción de sinergias que son necesarias para hacer que el proceso tenga mayor éxito” (Entrevistado 7).

Ítem 10: ¿Que recomienda para aplicar un proceso de trazabilidad en la empresa?

En este punto de la entrevista las respuestas fueron variadas, todos opinan en común que la trazabilidad es importante en donde es inevitable el “Uso de tecnología”, con 35% de respuestas, en donde sostienen que: “Usar tecnologías con un enfoque ágil, que muestre resultados rápidos” (Entrevistado 8) además se presentan conceptos asociados a la “Mejora de procesos” en donde el 35% presenta opiniones como: “Entonces es importante ir sacando esa grasa y limpiando Y que los sistemas sean los adecuados para que se pueda cumplir con el manejo de la de la información y del proceso de la de la mercadería.” y “No, no llegar a implementar algo que muchas veces se hace, en donde vamos a implementar un nuevo sistema y las empresas se tiene que adaptar a los procesos que vienen asociados este sistema, que si bien tampoco entendería yo que es algo que vaya a hacer a la medida del cliente, que es bueno también poder entender y hacer un levantamiento quizás alto nivel de cómo operan hoy día los procesos dentro de la empresa” (Entrevistado 9), además indican que las “Habilidades” dentro de la organización y contar con colaboradores con los competencias necesarias es un punto importante a tener en cuenta en la planificación de un proceso de trazabilidad, con el 18% encontramos opiniones como: “Contar con personal con skill alto que permita asegurar la construcción de la cadena” (Entrevistado 5), lo cual viene asociado a que el valor agregado de tener un cadena de suministro trazada depende de la “Fiabilidad de la información”, como uno de los impedimentos a resolver, asociado al 12% de las respuestas lo vemos evidenciado en afirmaciones como: “Yo no puedo aplicar trazabilidad sobre un proceso, si no entiendo perfectamente a mis procesos, o sea primero antes de aplicar cualquier cosa, creo que es sumamente relevante sentar una mesa con todos los actores involucrados y decirles perfecto, en qué estamos?” (Entrevistado 7) y

agregando “Mejorar el uso de los datos, el sello de no robado y asegurar quien lo tiene y donde se venda” (Entrevistado 4).

3.2 *Discusión de resultados cualitativos*

Considerando la etapa de Caracterización y comprensión del problema, es posible visibilizar que prácticamente la totalidad de los entrevistados comprende correctamente el concepto de trazabilidad de productos en la cadena de suministro, mostrando coherencia y adecuada selección de perfiles por parte de la empresa. En el mismo sentido, y respecto del proceso de trazabilidad de la cadena de suministro de productos, parece equilibrada la relación entre uso de sistemas y manualidades en el proceso. Respecto de las problemáticas asociadas a trazabilidad destacan a la calidad de información y visibilidad de esta debido a la ausencia de un orquestador único de procesos. Destacando la necesidad de poder confiar en los datos que los sistemas entregan para llevar a cabo las tareas de manera óptima. Respecto de la trazabilidad de productos de cara a los clientes de la empresa, parece adecuada la apropiación que poseen del concepto, sin embargo, actualmente se percibe un desorden interno asociado a manualidades y calidad que impacta en el valor que genera contar con una cadena de abastecimiento segura y trazable de cara al usuario. Estos hallazgos están de acuerdo con lo que sostienen Peraza-Hernández et al. (2022) donde se indica que disponer de perfiles profesionales bien definidos para los cargos de una empresa, constituyen la base para desarrollar y obtener un buen desempeño en los proyectos para los que serán considerados los nuevos contratados. Así mismo en la propuesta de Rojas (2023) se indica que la estandarización de los datos aumenta la confiabilidad en los procesos disminuyendo los errores y con ello aumentando la confianza de los equipos en los resultados. Para abordar las brechas y

oportunidades detectadas se propone el siguiente plan de acción mantener el proceso de selección de colaboradores con perfiles actualizados para la comprensión cabal y aporte de valor en el tipo de proyectos en que la empresa participa y trazabilidad de los productos. Proponer e implementar una estandarización de la información para la recolección y uso de esta, aumentando la confianza en los sistemas y resultados de los proyectos, disminuyendo las posibilidades de desorden internos.

Revisando la etapa de Propuestas para mejoras e implementación de la trazabilidad observamos que gran parte de los entrevistado indica que existen problemas dentro de la organización, sobre todo desorden interno, lo cual debería ser remediado incorporando prácticas de mejora continua y más control dentro de la organización lo que da pie a el desarrollo de nuevos sistemas en donde casi la totalidad de los entrevistados tienen pronosticado realizar mejoras en los sistemas de la organización, los cuales deben estar alineados con los costos financieros, en donde los entrevistados recalcan que no se debe perder de vista la opinión del personal calificado de la compañía y los costos de mantenimiento que normalmente se obvian. Otra de las opiniones encontradas es que el uso de nuevas tecnologías debe estar alineadas a viabilidad de los casos de uso de uso según la necesidad de cada área que participe en la cadena de suministro. El éxito de estas implementaciones están directamente relacionadas con la cultura de la organización en donde la mayoría opina que el tamaño de la organización y la resistencia al cambio de los colaboradores son un impedimento. Un punto positivo es la facilidad de acceso al conocimiento y tecnologías que están presentes actualmente. Además, podemos observar que todos los entrevistados tienen una visión positiva de la implementación de nuevas

tecnologías que mejoren los procesos de la organización.

Estos hallazgos tienen similitud con estudios recientes de Urquijo & Quintero, (2023) que postulan que la organización debe centrarse en la cadena de valor, lo que permite mitigar los despilfarros y abocarse sólo en el uso de recursos necesarios permitiendo que el eje sea efectuar mejoras acordes a los procesos que sean percibidos valiosos por los usuarios. Otro de los hallazgos podemos relacionarlos con estudios de Pitafi, et al. (2023), en donde concluyen que la capacitación y provisión de conocimientos por parte de los empleados son mecanismos esenciales para cumplir los objetivos de las empresas. Además podemos contrarrestar las contribuciones de Flores & Pacheco (2023) con nuestros hallazgos relacionados al desarrollo de nuevos sistemas, costos y resistencia al cambio en donde postulan que es prioritario definir todas las limitantes al momento de planificar la implementación de un sistema, para realizarlo correctamente se debe capacitar al personal e identificar aquellos procesos que generen resistencia al cambio por parte de los colaboradores ya que está directamente ligado a la baja en producción debido a los cambios en los procesos y políticas que pueden surgir en la implementación. Sin embargo, podemos identificar que estos problemas están presentes solo en las etapas iniciales de la implementación. puesto que su desarrollo genera un impacto positivo en la producción de la empresa, así mismo reflejando las mejoras de los procesos de calidad en la organización, lo cual se ve reflejado en los resultados económicos que beneficiarán a la empresa y a su vez al personal. A su vez recomiendan realizar desarrollos que permitan disminuir costos y optimizar la producción. Para abordar las brechas y oportunidades detectadas se propone el siguiente plan de acción implementar una metodología de mejora

continua para la disminución de los desperdicios y orden en los procesos. Proponer y gestionar los nuevos proyectos para la incorporación de variables tales como capacitación de nuevos sistemas, revisión de todos los costos asociados a un proyecto. Acompañar a los colaboradores durante la implementación de nuevos sistemas para la disminución de la resistencia al cambio.

3.3 Análisis de datos cuantitativo

Se representa un modelo conceptual de interacción entre los usuarios y la consulta de sellos de origen mediante contratos inteligentes generados en la red blockchain (Figura 1), que permiten de manera segura crear una marca de origen en la cadena de suministro y su posterior seguimiento. Para ello se genera un prototipo en base a dos casos de usos que a modo de ejemplo se utiliza una vitivinícola. El primero asociado a la creación de la marca por parte del fabricante y el segundo asociado a la consulta de este para su posterior uso por personas o sistemas de la cadena de suministro.

Caso de Uso 1: Creación de registro blockchain

Nombre: Creación de registro blockchain para un vino artesanal utilizando Blockchain (Figura 2).

Objetivo: Crear marca de autenticidad en red blockchain.

Actores:

1. Bodega.
2. Cliente.

Precondiciones:

La bodega cuenta con personal calificado e infraestructura adecuada.

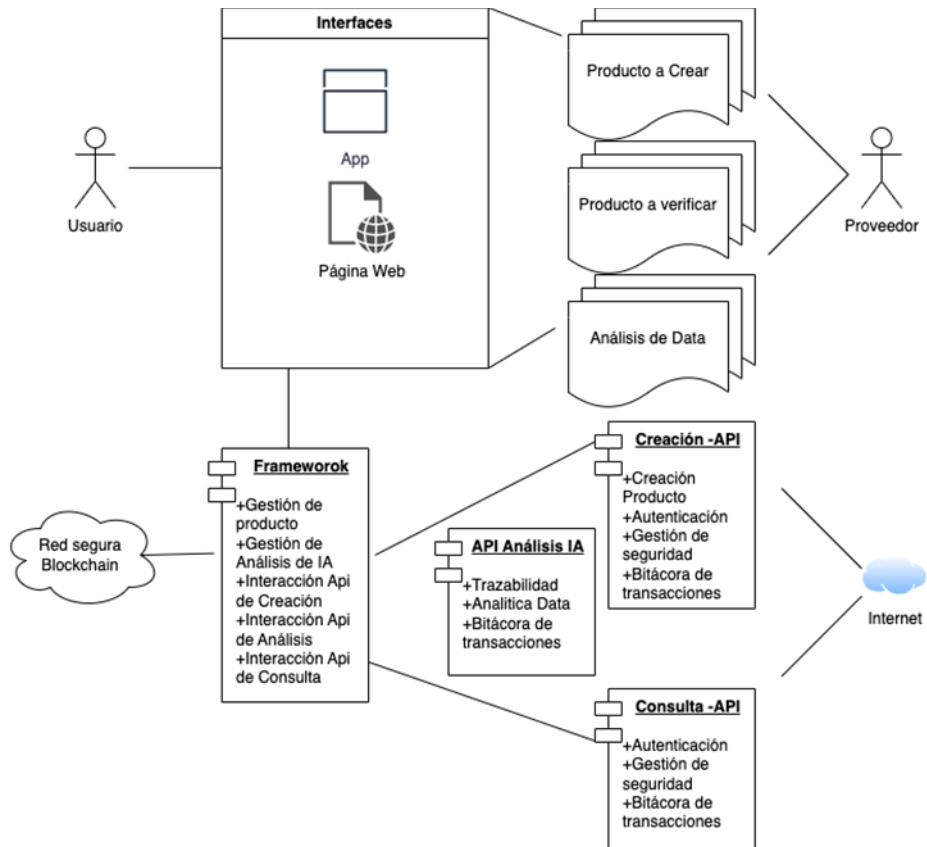


Figura 1: Modelo conceptual del sistema. Fuente: Elaboración propia.

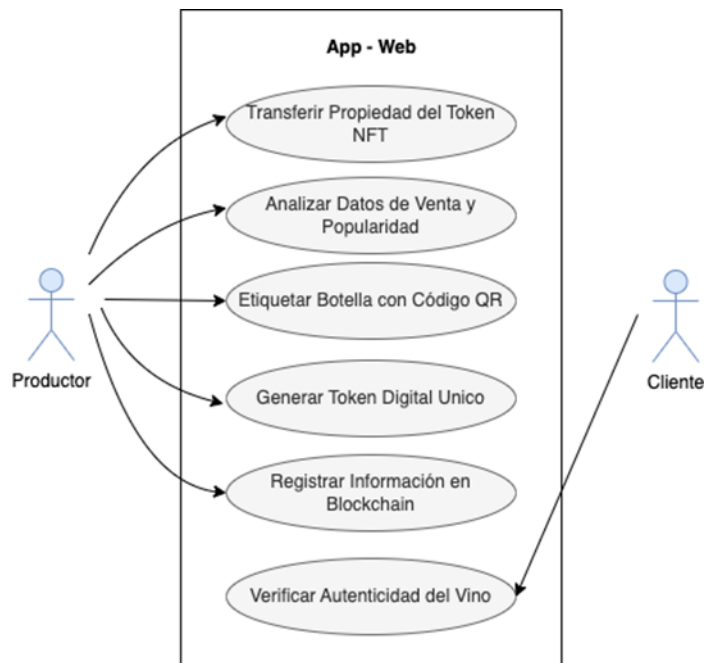


Figura 2: Caso de uso creación de registro blockchain. Fuente: Elaboración propia

Pasos:

1. **Identificación del producto:** Una bodega de vino artesanal desea distinguir sus productos en el mercado. Cada botella de vino producida es única debido a las variaciones en la cosecha, el proceso de fermentación y el envejecimiento.
2. **Registro de información en Blockchain:** La bodega decide utilizar la tecnología blockchain para crear una marca digital única para cada botella. Registra en un blockchain información clave como la fecha de cosecha, las uvas utilizadas, el perfil de sabor, la fecha de embotellado y el envejecimiento.
3. **Generación de un token digital único:** Para cada botella, se crea un token digital único (NFT - Non-Fungible Token) en el blockchain. Este token representa la propiedad y autenticidad de esa botella específica.
4. **Etiquetado y Rastreo:** Cada botella se etiqueta con un código QR vinculado a su token NFT. Los consumidores pueden escanear el código QR para verificar la autenticidad del vino, conocer su historia y detalles de producción.
5. **Transferencia de Propiedad:** Cuando una botella se vende, la propiedad del token NFT asociado se transfiere al comprador, asegurando la trazabilidad y la historia de propiedad de la botella.
6. **Beneficios de Marketing y Confianza del Consumidor:** La utilización de blockchain permite a la bodega ofrecer una historia transparente y verificable de cada botella, aumentando la confianza del consumidor y añadiendo un valor de marketing único a sus productos.
7. **Análisis de datos y mejora del Producto:** La bodega puede recopilar datos sobre qué vinos son más populares y cómo se distribuyen,

permitiéndole ajustar la producción y las estrategias de marketing en consecuencia.

Este caso de uso muestra cómo la tecnología blockchain puede ser utilizada para crear una marca única, aumentar la transparencia y la confianza del consumidor, y proporcionar valiosos insights para la mejora de productos y estrategias de marketing.

Caso de Uso 2: Verificación de registro blockchain

Nombre: Verificación de la autenticidad del vino por parte de cliente mediante registro blockchain (Figura 3).

Objetivo: Verificar la autenticidad del producto utilizando una cadena de bloques.

Actores:

- Cliente.

Pasos:

1. **Compra de la Botella de Vino:** El cliente adquiere una botella de vino que cuenta con un código QR único vinculado a un token NFT en el blockchain.
2. **Uso de una aplicación móvil o sitio web:** El cliente utiliza una aplicación móvil o sitio web desarrollado por la bodega o un tercero para escanear el código QR de la botella.
3. **Escaneo del código QR:** Al escanear el código QR, la aplicación envía una solicitud al sistema de blockchain para recuperar la información asociada con el token NFT de esa botella específica.

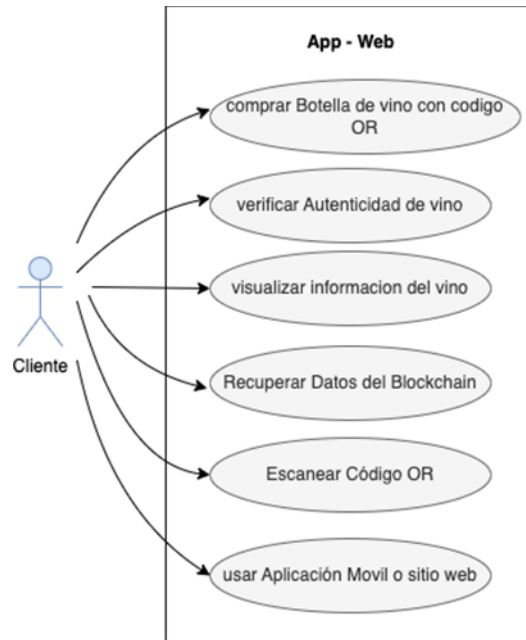


Figura 3: Caso de uso verificación de registro blockchain. Fuente: Elaboración propia

4. Recuperación de datos del Blockchain: El sistema de blockchain procesa la solicitud y devuelve la información registrada para esa botella, como la fecha de cosecha, el tipo de uva, el proceso de elaboración, y el historial de propiedad.

5. Visualización de la Información al Cliente: La aplicación muestra al cliente toda la información recuperada del blockchain, proporcionando detalles sobre la autenticidad, el origen y la historia del vino.

6. Verificación y Confianza: El cliente verifica la autenticidad y la calidad del vino basándose en la información transparente y segura proporcionada por el sistema blockchain.

Beneficios:

Este caso de uso no solo mejora la experiencia del cliente al ofrecer un nivel adicional de seguridad y confianza en la autenticidad del producto, sino que también brinda a la bodega información valiosa sobre las preferencias y comportamientos de los consumidores. En donde además podemos observar que los

usuarios pueden estar seguros de que los productos que compran son auténticos, los proveedores pueden proteger su propiedad intelectual y evitar la falsificación y las cadenas de suministro pueden ser más transparentes y eficientes.

Restricciones:

La cadena de bloques debe estar bien mantenida y segura. La API debe ser fácil de usar. Los usuarios deben estar dispuestos a ingresar el número de serie del producto o escanear la etiqueta correspondiente.

Consideraciones adicionales:

- La cadena de bloques puede ser utilizada para verificar la autenticidad de una variedad de productos, incluidos productos de consumo, medicamentos y productos de lujo.
- La cadena de bloques puede ayudar a proteger a los consumidores de productos falsificados.

- La cadena de bloques puede ayudar a las empresas a reducir el costo de la prevención de la falsificación.
- La cadena de bloques puede ayudar a las cadenas de suministro a ser más transparentes y eficientes.

Código Fuente Casos de Uso

Caso de uso 1: Creación de registro blockchain

Este código crea una estructura básica de blockchain y permite agregar una transacción, que en este caso es la información de una botella de vino, y luego "minar" un bloque para agregarlo a la cadena. Recuerda que este ejemplo es meramente ilustrativo y no representa una implementación real de blockchain (Figura 4).

Caso de uso 2: Verificación de registro blockchain

La clase WineAuthenticator representa un servicio de verificación de vino. La función `verify_wine` simula la verificación del vino. En un escenario real, esta función llamaría a un servicio de backend (probablemente a través de una API REST) que interactuaría con el blockchain para verificar la autenticidad del vino. `API_URL` es una URL ficticia que representaría el punto de acceso al servicio de verificación. La simulación final representa a un cliente escaneando un código QR y obteniendo información sobre el vino (Figura 5).

3.4 Discusión de resultados cuantitativos

Considerando el análisis cuantitativo presentado es posible visibilizar la necesidad de contar con un modelo tipo Blockchain que se interconecte con una etapa de analíticas con IA para el análisis del comportamiento de la cadena de suministro y que dicho comportamiento sea representado a través de una aplicación móvil o web que permita a los clientes la obtención de certificados de origen que son en definitiva el input de la sección Blockchain. Estos hallazgos

están de acuerdo con la revisión de la literatura en donde encontramos las postulaciones de García et al. (2023) que demuestran cómo una red blockchain genera el potencial de mejorar la colaboración entre los distintos agentes de la cadena de suministro, lo que facilita a las organizaciones que los productos estén disponibles para la venta en el lugar y el momento adecuados. Además, como indican Martínez et al. (2023) probablemente el crecimiento en el uso de nuevas tecnologías se debió al desarrollo de aplicaciones basadas en sistemas blockchain autorizados que dieron lugar a nuevas generaciones de sistemas Distributed Ledger Technologies (DLT) y a nuevos desarrollos en 2020 durante la crisis de COVID con el objetivo de controlar la cadena de suministro.

Para abordar los problemas detectados se debe proponer un modelo que permita la generación de una marca inalterable de origen para la autenticación segura mediante un sello origen del producto. Desarrollar una aplicación móvil o web que consolide información para la verificación desde clientes y consumidores de la originalidad de los productos que adquiere. El cual se encuentre disponible desde cualquier punto de la cadena de suministros y se encuentre basado en tecnología blockchain e IA para el análisis de comportamiento durante el flujo de los productos en la cadena de suministro.

```

1. import hashlib
2. import json
3. from time import time
4.
5. class Block:
6.     def __init__(self, index, transactions, timestamp, previous_hash):
7.         self.index = index
8.         self.transactions = transactions
9.         self.timestamp = timestamp
10.        self.previous_hash = previous_hash
11.        self.hash = self.compute_hash()
12.
13.    def compute_hash(self):
14.        block_string = json.dumps(self.__dict__, sort_keys=True)
15.        return hashlib.sha256(block_string.encode()).hexdigest()
16.
17. class Blockchain:
18.     def __init__(self):
19.         self.unconfirmed_transactions = []
20.         self.chain = []
21.         self.create_genesis_block()
22.
23.     def create_genesis_block(self):
24.         genesis_block = Block(0, [], time(), "0")
25.         self.chain.append(genesis_block)
26.
27.     def add_new_transaction(self, transaction):
28.         self.unconfirmed_transactions.append(transaction)
29.
30.     def add_block(self, block, proof):
31.         previous_hash = self.last_block.hash
32.
33.         if previous_hash != block.previous_hash:
34.             return False
35.         if not self.is_valid_proof(block, proof):
36.             return False
37.         block.hash = proof
38.         self.chain.append(block)
39.         return True
40.
41.     def is_valid_proof(self, block, block_hash):
42.         return (block_hash.startswith('0000') and
43.                 block_hash == block.compute_hash())
44.
45.     def mine(self):
46.         if not self.unconfirmed_transactions:
47.             return False
48.
49.         last_block = self.last_block
50.
51.         new_block = Block(index=last_block.index + 1,
52.                            transactions=self.unconfirmed_transactions,
53.                            timestamp=time(),
54.                            previous_hash=last_block.hash)
55.         proof = new_block.compute_hash()
56.         self.add_block(new_block, proof)
57.         self.unconfirmed_transactions = []
58.         return new_block.index
59.
60.     @property
61.     def last_block(self):
62.         return self.chain[-1]
63.
64. # Crear una instancia de Blockchain
65. blockchain = Blockchain()
66.
67. # Agregar información de una botella de vino
68. blockchain.add_new_transaction({
69.     'nombre': 'Vino Reserva Especial',
70.     'cosecha': '2023',
71.     'tipo': 'Tinto',
72.     'bodega': 'La Gran Viña'
73. })
74.
75. # Minar un nuevo bloque
76. blockchain.mine()
77.
78. # Visualizar la cadena de bloques
79. for block in blockchain.chain:
80.     print(json.dumps(block.__dict__, indent=4))
81.

```

Figura 4: creación de registro blockchain.
Fuente: Elaboración propia.

```

1. import requests
2.
3. class WineAuthenticator:
4.     def __init__(self, api_url):
5.         self.api_url = api_url
6.
7.     def verify_wine(self, qr_code):
8.         """
9.         Verifica la autenticidad de una botella de vino utilizando su código QR.
10.        Retorna la información del vino si es auténtico; de lo contrario, retorna None.
11.        """
12.        response = requests.get(f"{self.api_url}/verify", params={"qr_code": qr_code})
13.        if response.status_code == 200:
14.            wine_info = response.json()
15.            if wine_info['is_authentic']:
16.                return wine_info
17.            else:
18.                print("El vino no es auténtico.")
19.        else:
20.            print("Error al verificar el vino.")
21.        return None
22.
23. # Simulación del uso de la clase
24.
25. API_URL = "https://api.winoverify.com" # URL ficticia del servicio de verificación
26. authenticator = WineAuthenticator(API_URL)
27.
28. # Simulación de un cliente escaneando un código QR
29. qr_code = "1234567890"
30. wine_info = authenticator.verify_wine(qr_code)
31.
32. if wine_info:
33.     print("Información del Vino:")
34.     print(wine_info)
35. import requests
36.
37. class WineAuthenticator:
38.     def __init__(self, api_url):
39.         self.api_url = api_url
40.
41.     def verify_wine(self, qr_code):
42.         """
43.         Verifica la autenticidad de una botella de vino utilizando su código QR.
44.         Retorna la información del vino si es auténtico; de lo contrario, retorna None.
45.         """
46.        response = requests.get(f"{self.api_url}/verify", params={"qr_code": qr_code})
47.        if response.status_code == 200:
48.            wine_info = response.json()
49.            if wine_info['is_authentic']:
50.                return wine_info
51.            else:
52.                print("El vino no es auténtico.")
53.        else:
54.            print("Error al verificar el vino.")
55.        return None
56.
57. # Simulación del uso de la clase
58.
59. API_URL = "https://api.winoverify.com" # URL ficticia del servicio de verificación
60. authenticator = WineAuthenticator(API_URL)
61.
62. # Simulación de un cliente escaneando un código QR
63. qr_code = "1234567890"
64. wine_info = authenticator.verify_wine(qr_code)
65.
66. if wine_info:
67.     print("Información del Vino:")
68.     print(wine_info)
69.

```

Figura 5: Verificador de registro blockchain.
Fuente: Elaboración propia.

3.5 Modelo Propuesto

En esta versión simplificada de la cadena de suministro (Figura 6), los participantes se comunican a través de internet utilizando la tecnología de blockchain (Tabla II), donde el proveedor o fabricante debe crear un certificado de autenticidad para cada producto y añadirlo a la blockchain. Los destinatarios, mediante una aplicación, pueden acceder a esta información y llevar a cabo análisis pertinentes.

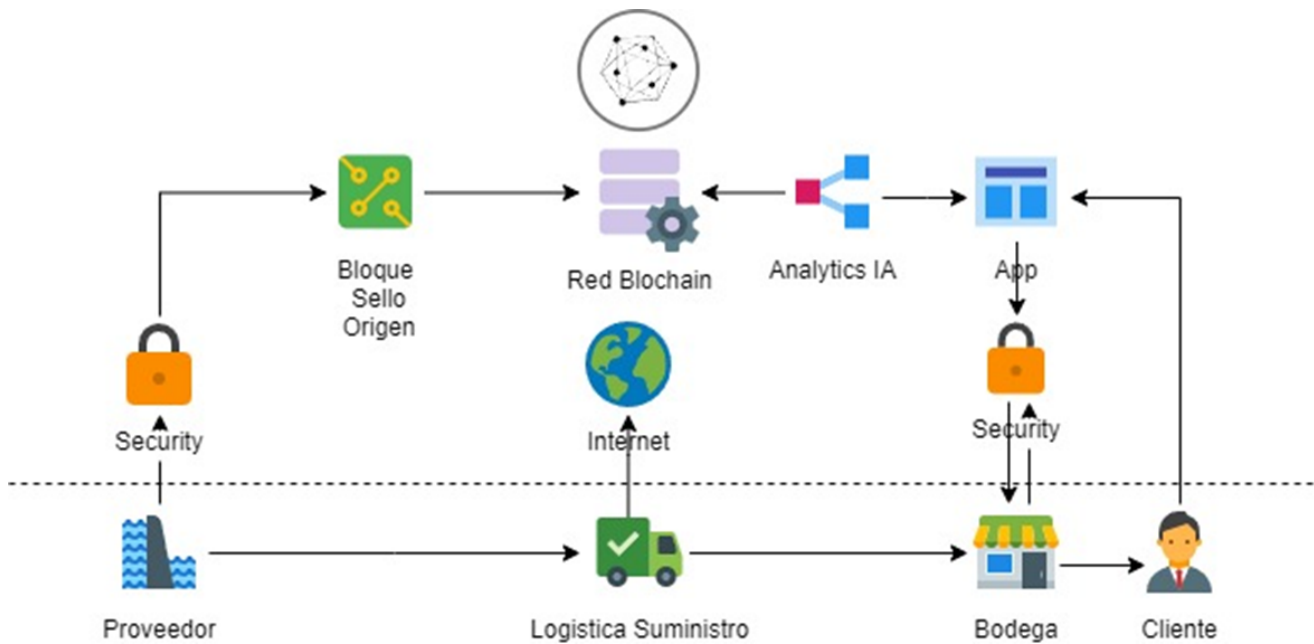


Figura 6: Arquitectura Blockchain propuesta. Fuente: Elaboración propia

Tabla II: Componentes modelo propuesto (Fuente Elaboración Propia)

Componente	Descripción
Bloque sello origen	Marca inalterable, distribuida y segura que se incorpora a la cadena de bloques correspondiente al producto incorporado a la cadena de suministro.
Red blockchain	Infraestructura descentralizada y distribuida que permite el registro y verificación segura de transacciones en una cadena de bloques. En lugar de depender de una autoridad central, como un banco o un intermediario, la red blockchain se basa en una red de nodos interconectados que colaboran para mantener y validar el registro de transacciones.
Analytics IA	Corresponde al análisis para identificar áreas donde hay potencial de fraude y a continuación, utilizar la automatización para monitorear esas áreas en busca de actividad sospechosa. Esto podría ayudar a prevenir el fraude y proteger a la compañía de pérdidas financieras asociadas a falsificación de productos.
App	Aplicación que permite crear y verificar la autenticidad de un producto utilizando una cadena de bloques.
Security	La información se protege mediante técnicas criptográficas avanzadas, lo que garantiza la seguridad y la autenticidad de las transacciones. Los nodos en la red utilizan protocolos de consenso para llegar a un acuerdo sobre la validez de las transacciones y para mantener la coherencia de la cadena. Esto evita la necesidad de un intermediario y garantiza la confianza en la red.

(Fuente: Elaboración propia)

El modelo en cuestión está diseñado para ofrecer una API que permite asignar certificados de autenticidad a productos o servicios. Los fabricantes o proveedores podrán emplear esta aplicación para generar y distribuir dichos certificados a través de blockchain en la red Hyperledger Fabric, ideada específicamente para el ámbito empresarial.

Este sistema posibilita la trazabilidad completa en la cadena de suministro, construyendo la cadena a medida que se desarrollan los procesos internos de cada organización. Ante el volumen de datos generados, es esencial el uso de herramientas de análisis basadas en inteligencia artificial, que son útiles, por ejemplo, para monitorear la demanda en tiempo real y permitir que la empresa ajuste dinámicamente sus estrategias de suministro para optimizar el flujo de la cadena.

Además, la información puede ser consultada en cualquier momento del ciclo de vida del producto, lo que permite a los clientes verificar la autenticidad del producto, aumentando así la confianza en la cadena de suministro.

4. Conclusiones

Este trabajo establece que las variables, etapas y parámetros de un modelo con base en IA y Blockchain permiten el desarrollo de un sistema de trazabilidad de productos son: contar con una red segura, un sello de origen y acceso a información de seguimiento precisa.

Para ello se propuso un modelo para implementar una red segura que permita la autenticación del origen de una unidad de fabricación lo más cercano al tiempo real y su automatización en las fases de la cadena de suministro. En efecto los resultados obtenidos evidencian que los colaboradores presentan un alto porcentaje de resistencia al cambio para incorporar cambios en los procesos de seguimiento en la cadena, pero las empresas

Es crucial considerar que, como los procesos de suministro no están necesariamente estandarizados, la aplicación proporciona un marco de referencia unificado para la recolección de datos, lo que hace esencial que las empresas examinen sus procesos para adaptar la herramienta mediante estrategias de mejora continua. Las cadenas de suministro se caracterizan por generar una gran cantidad de datos, lo que puede llevar a la desorganización y errores. Por tanto, es vital apoyarse en herramientas de IA que automatizan y precisan el análisis de datos para la resolución de problemas y la toma de decisiones.

La ciberseguridad en las aplicaciones no debe pasarse por alto. Las soluciones en la nube actuales resuelven muchos de los problemas más comunes, pero es imperativo contar con una gestión adecuada y personal capacitado para este fin. Al igual que para la implementación del modelo, donde la experiencia del personal actual debe valorarse y utilizarse para aumentar las posibilidades de éxito en la implementación.

cuentan con programas de constante mejora lo cual permite tener una proyección de uso constante del modelo propuesto y este sea capaz de generar el valor necesario y esperado por los clientes.

En base a lo anteriormente expuesto, este proyecto aporta conocimiento sobre las variables involucradas y el modo en que se interrelacionan en un proceso de autenticación y seguimiento de productos cumpliendo el objetivo propuesto. Estableciendo que el tipo de red blockchain que se adecua a sistemas empresariales es Hyperledger Fabric, permitiendo una adecuada interacción con los clientes, dada sus características. Además, se analiza el desarrollo de un api que permita crear y consultar sellos de origen y su posterior análisis de datos apoyado en la formulación de

etapas definidas para la trazabilidad de productos o servicios.

Para abordar las brechas detectadas se propone lo siguiente:

- Mantener el proceso de selección de colaboradores con perfiles actualizados.
- Proponer e implementar una estandarización de la información.
- Implementar una metodología de mejora continua.
- Proponer y gestionar los nuevos proyectos.
- Acompañar a los colaboradores durante la implementación de nuevos sistemas.
- Proponer un modelo que permita la generación de una marca inalterable de origen.
- Desarrollar una aplicación móvil o web que consolide información.

Referencias

- Abbasi, B., Babaei, T., Hosseinfard, Z., Smith-Miles, K., & Dehghani, M. (2020). *Predicting solutions of large-scale optimization problems via machine learning: A case study in blood supply chain management*. *Computers & Operations Research*, 119, 104941. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.104941>
- Acosta-Villegas, L., Moscoso-Leyva, J., & Bernal-Pacheco, J. (2022). *Production strategies in the textile sector in Latin America: a systematic review of the last 10 years*. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions."* <https://doi.org/10.18687/laccei2022.1.1.20>
- Amend, J., Kaiser, J., Uhlig, L., Urbach, N., & Völter, F. (2021). *What Do We Really Need? A Systematic Literature Review of the Requirements for Blockchain-Based E-government Services*. *Innovation Through Information Systems*, 398–412. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86790-4_27
- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2019). *Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 143–174. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>
- Ante, L., Steinmetz, F., & Fiedler, I. (2021). *Blockchain and energy: A bibliometric analysis and review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110597. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110597>
- Avi, B. R. (2022). *Los procesos de investigación en tecnología desde una la perspectiva mixta*. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, 80–92. <https://doi.org/10.6018/riite.546191>
- Ayala, M. (2022). *DF Lab. El sector logístico recién comienza a experimentar con IA*. *DF.cl*. <https://www.df.cl/df-lab/transformacion-digital/sector-logistico-recien-comienza-a-experimentar-con-ia>
- Babich, V., & Hilary, G. (2020). *OM Forum—Distributed Ledgers and Operations: What Operations Management Researchers Should Know About Blockchain Technology*. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(2), 223–240. <https://doi.org/10.1287/msom.2018.0752>
- Creswell, J.W. (2003). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approaches*. SAGE publications.

- Choi, T.-M., Guo, S., Liu, N., & Shi, X. (2020). Optimal pricing in on-demand-service-platform-operations with hired agents and risk-sensitive customers in the blockchain era. *European Journal of Operational Research*, 284(3), 1031–1042. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.01.049>
- Choi, T.-M. (2019). Blockchain-technology-supported platforms for diamond authentication and certification in luxury supply chains. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 128, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.05.011>
- Chui, M., Henke, N., Miremadi, M., 2019. Most of AI's Business Uses Will Be in Two Areas. McKinsey Analytics. *Strategic Decisions*, 116–119. <https://doi.org/10.1017/9781108665797.023>
- Diabat, A., & Deskoors, R. (2016). A hybrid genetic algorithm based heuristic for an integrated supply chain problem. *Journal of Manufacturing Systems*, 38, 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.04.011>
- García, M. Q., Suárez, M. G., & Martín. (2023). A. M. D. Asociación entre tecnologías y estrategias de gestión de la experiencia de cliente: una propuesta empírica aplicada al retail1. *TRANSITANDO HACIA UNA PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES*, 231
- Giraldo Navarro, M., & Uribe Echandia, M. (2022). Tecnología “Block-Chain” para la trazabilidad de la cadena logística de exportación de frutas.
- Greene, J. C. (2007). *Mixed Methods in Social Inquiry*. John Wiley & Sons.
- Groenfeldt, T. (2017). IBM and maersk apply blockchain to container shipping de <https://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2017/03/05/ibm-and-maersk-apply-blockchain-to-container-shipping/?sh=b93dd433f05e>
- Haswell, H. (2017). IBM announces major blockchain collaboration with Dole, Driscoll's, golden state foods, Kroger de <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/53013.wss>
- Hartmann, J., & Moeller, S. (2014). Chain liability in multitier supply chains? Responsibility attributions for unsustainable supplier behavior. *Journal of Operations Management*, 32(5), 281–294. Portico. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.01.005>
- Hirsch Adler, A., & Navia Antezana, C. (2018). Ética de la investigación y formadores de docentes. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(3), 1–10. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.3.1776>
- Manyika, J., Bughin, J., 2018. *The Promise and Challenge of the Age of Artificial Intelligence*. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/featured-in-sights/artificial-intelligence/the-promise-and-challenge-of-the-age-of-artificial-intelligence>.
- Martínez-Castañeda, M., & Feijoo, C. (2023). Use of blockchain in the agri-food value chain: State of the art in Spain and some lessons from the perspective of public support. *Telecommunications Policy*, 47(6), 102574. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102574>
- Memmi, D. (2014). Information technology as social phenomenon. *AI & SOCIETY*, 30(2), 207–214. <https://doi.org/10.1007/s00146-014-0565-4>

- Morin, E. (2009). *El Método 1. La Naturaleza de la naturaleza* (8a ed.). Madrid: Ediciones Cátedra.
- Nakamoto, (2008). *A peer-to-peer electronic cash system*. Bitcoin. –URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 4(2), 15.
- Peraza-Hernández, Mirneirys, & Piñero-Rodríguez, Abel. (2022). *Diagnosis for the design of competency profiles of the cadres positions*. *Ingeniería Industrial*, 43(Supl. 1), 125-137. Epub 18 de diciembre de 2022. Recuperado en 18 de noviembre de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362022000400125&lng=es&tlng=en.
- Pitafi, A. H., Rasheed, M. I., Islam, N., & Dhir, A. (2023). *Investigating visibility affordance, knowledge transfer and employee agility performance. A study of enterprise social media*. *Technovation*, 128, 102874. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102874>
- Rojas Jorquera, F. D. (2023). *Modelo de gestión y análisis de correspondencia presidencial: un enfoque desde la eficiencia operacional y la gestión inteligente de datos* (Doctoral dissertation, Universidad del Desarrollo. Facultad de Ingeniería). <https://repositorio.udd.cl/server/api/core/bitstreams/ffbd435c-68aa-48c9-bb2e-febac0a65c89/content>
- Ruzza, D., Morandini, L., & Chelli, A. (2022). *Blockchain Application to the SMEs in the Food Industry*. *Blockchain Technology Applications in Businesses and Organizations*, 19–42. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8014-1.ch002>
- Saghaei, M., Ghaderi, H., & Soleimani, H. (2020). *Design and optimization of biomass electricity supply chain with uncertainty in material quality, availability and market demand*. *Energy*, 197, 117165. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117165>
- Samuel, S., Heilweil, R., Piper, K., 2019. *The Rapid Development of AI Has Benefits – and Poses Serious Risks*. VOX. <https://www.vox.com/future-perfect/2019/5/13/18525571/ai-safety-artificial-intelligence-machine-learning>.
- Underwood, S. (2016). *Blockchain beyond bitcoin*. *Communications of the ACM*, 59(11), 15–17. <https://doi.org/10.1145/2994581>
- Urquijo Gutiérrez, J. A., & Quintero Duarte, A. K. (2023). *Transformación digital para mejorar la productividad dentro de la cadena de valor de las organizaciones*. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/10901/24860>.
- Utz, M., Johanning, S., Roth, T., Bruckner, T., & Strüker, J. (2023). *From ambivalence to trust: Using blockchain in customer loyalty programs*. *International Journal of Information Management*, 68, 102496. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102496>
- Yiu, N. C. K. (2021). *Toward Blockchain-Enabled Supply Chain Anti-Counterfeiting and Traceability*. *Future Internet*, 13(4), 86. <https://doi.org/10.3390/fi13040086>
- Werbach, K. (2018). *The Blockchain and the New Architecture of Trust*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/11449.001.0001>.

4 CONCLUSIONES GENERALES

Este trabajo establece que las variables, etapas y parámetros de un modelo con base en IA y Blockchain permiten el desarrollo de un sistema de trazabilidad de productos son: contar con una red segura, un sello de origen y acceso a información de seguimiento precisa.

Para ello se propuso un modelo para implementar una red segura que permita la autenticación del origen de una unidad de fabricación lo más cercano al tiempo real y su automatización en las fases de la cadena de suministro. En efecto los resultados obtenidos evidencian que los colaboradores presentan un alto porcentaje de resistencia al cambio para incorporar cambios en los procesos de seguimiento en la cadena, pero las empresas cuentan con programas de constante mejora lo cual permite tener una proyección de uso constante del modelo propuesto y este sea capaz de generar el valor necesario y esperado por los clientes.

También es importante considerar que:

Se estudió los modelos de redes blockchain identificando que la red Hyper Ledger Fabric es la más usada para construir soluciones empresariales dado que les brinda a las organizaciones mayor control y seguridad en su uso en donde el desarrollo de aplicaciones sobre esta red genera una integración total con los clientes de manera que estos puedan obtener la trazabilidad de origen de un producto de manera segura y confiable dada las características de inmutabilidad de esta.

Se analizó la factibilidad de articular un modelo de programación lineal emplazado en empresas de retail en Chile, cuyos resultados fueron considerados desde la mirada de 12 entrevistados con experiencia en el rubro. En donde estos están dispuestos a ser pioneros en implementar sistemas de seguimiento con blockchain, teniendo en cuenta según sus experiencias, contar con personal calificado, tener en claro el caso de negocio y el presupuesto tanto de inversión como de posterior mantenimiento.

Se propuso un modelo que consideró el uso de blockchain, usando Hyper Ledger Fabric en lenguaje Python como prototipo de registro de variables de origen,

presentando dos casos de uso, uno para el seguimiento de productos y automatización de análisis de información y posterior consulta por parte del cliente de la validez de un registro de origen. El acceso a este tipo de información permite una mejor toma de decisiones y genera tanto valor a la organización como seguridad al cliente lo que al final de cabo permite incrementar la relación de confianza cliente-empresa.

En base a lo anteriormente expuesto, este proyecto aporta conocimiento sobre las variables involucradas y el modo en que se interrelacionan en un proceso de autenticación y seguimiento de productos cumpliendo el objetivo general.

4.1 Propuesta para trabajos futuros

Como continuación de este trabajo de tesis, hay varias líneas de desarrollo que quedan pendientes, y en las que es posible continuar trabajando; algunas de ellas, están más directamente relacionadas con este trabajo de tesis y son el resultado de preguntas que han ido surgiendo durante el proceso de investigación, como otras que son más tangenciales a la investigación. A continuación, revisaremos trabajos futuros que pueden investigarse como conclusión de esta investigación:

- Mantener el proceso de selección de colaboradores con perfiles actualizados.
- Proponer e implementar una estandarización de la información.
- Implementar una metodología de mejora continua.
- Proponer y gestionar los nuevos proyectos.
- Acompañar a los colaboradores durante la implementación de nuevos sistemas.
- Proponer un modelo que permita la generación de una marca inalterable de origen.
- Desarrollar una aplicación móvil o web que consolide información.
- Considerar caso de negocio que necesiten presupuesto de inversión considerable para su implementación y mantención.
- Analizar más exhaustivamente la utilización de otros instrumentos como encuestas, y/o métodos matemáticos-estadísticos de la realidad actual.

- Profundizar conceptos de inteligencia artificial y su aplicación.
- Dificultades en encontrar entrevistados por conveniencia con experiencia en IA en el rubro logístico.
- Avanzar en cualquiera de estos temas, a través de co-guiar una nueva tesis del programa de Magíster en Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad del Desarrollo.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abbasi, B., Babaei, T., Hosseini-fard, Z., Smith-Miles, K., & Dehghani, M. (2020). Predicting solutions of large-scale optimization problems via machine learning: A case study in blood supply chain management. *Computers & Operations Research*, 119, 104941. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.104941>
- Acosta-Villegas, L., Moscoso-Leyva, J., & Bernal-Pacheco, J. (2022). Production strategies in the textile sector in Latin America: a systematic review of the last 10 years. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions."* <https://doi.org/10.18687/laccei2022.1.1.20>
- Amend, J., Kaiser, J., Uhlig, L., Urbach, N., & Völter, F. (2021). What Do We Really Need? A Systematic Literature Review of the Requirements for Blockchain-Based E-government Services. *Innovation Through Information Systems*, 398–412. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86790-4_27
- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100, 143–174. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>
- Ante, L., Steinmetz, F., & Fiedler, I. (2021). Blockchain and energy: A bibliometric analysis and review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110597. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110597>
- Avi, B. R. (2022). Los procesos de investigación en tecnología desde una la perspectiva mixta. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, 80–92. <https://doi.org/10.6018/riite.546191>
- Ayala, M. (2022). DF Lab. El sector logístico recién comienza a experimentar con IA. *DF.cl*. <https://www.df.cl/df-lab/transformacion-digital/sector-logistico-recien-comienza-a-experimentar-con-ia>
- Babich, V., & Hilary, G. (2020). OM Forum—Distributed Ledgers and Operations: What Operations Management Researchers Should Know About Blockchain Technology. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(2), 223–240. <https://doi.org/10.1287/msom.2018.0752>

- Creswell, J.W. (2003). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approaches*. SAGE publications.
- Choi, T.-M., Guo, S., Liu, N., & Shi, X. (2020). Optimal pricing in on-demand-service-platform-operations with hired agents and risk-sensitive customers in the blockchain era. *European Journal of Operational Research*, 284(3), 1031–1042. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.01.049>
- Choi, T.-M. (2019). Blockchain-technology-supported platforms for diamond authentication and certification in luxury supply chains. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 128, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.05.011>
- Chui, M., Henke, N., Miremadi, M., 2019. Most of AI's Business Uses Will Be in Two Areas. McKinsey Analytics. *Strategic Decisions*, 116–119. <https://doi.org/10.1017/9781108665797.023>
- Diabat, A., & Deskoeres, R. (2016). A hybrid genetic algorithm based heuristic for an integrated supply chain problem. *Journal of Manufacturing Systems*, 38, 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.04.011>
- García, M. Q., Suárez, M. G., & Martín. (2023). A. M. D. Asociación entre tecnologías y estrategias de gestión de la experiencia de cliente: una propuesta empírica aplicada al retail1. *TRANSITANDO HACIA UNA PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES*, 231
- Giraldo Navarro, M., & Uribe Echandia, M. (2022). Tecnología “Block-Chain” para la trazabilidad de la cadena logística de exportación de frutas.
- Greene, J. C. (2007). *Mixed Methods in Social Inquiry*. John Willey & Sons.
- Groenfeldt, T. (2017). IBM and maersk apply blockchain to container shipping de <https://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2017/03/05/ibm-and-maersk-apply-blockchain-to-container-shipping/?sh=b93dd433f05e>
- Haswell, H. (2017). IBM announces major blockchain collaboration with Dole, Driscoll's, golden state foods, Kroger de <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/53013.wss>
- Hartmann, J., & Moeller, S. (2014). Chain liability in multitier supply chains? Responsibility attributions for unsustainable supplier behavior. *Journal of Operations Management*, 32(5), 281–294. Portico. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.01.005>

- Hirsch Adler, A., & Navia Antezana, C. (2018). Ética de la investigación y formadores de docentes. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(3), 1–10.
<https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.3.1776>
- Manyika, J., Bughin, J., 2018. The Promise and Challenge of the Age of Artificial Intelligence. McKinsey Global Institute.
<https://www.mckinsey.com/featured-in-sights/artificial-intelligence/the-promise-and-challenge-of-the-age-of-artificial-intelligence>.
- Martínez-Castañeda, M., & Feijoo, C. (2023). Use of blockchain in the agri-food value chain: State of the art in Spain and some lessons from the perspective of public support. *Telecommunications Policy*, 47(6), 102574.
<https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102574>
- Memmi, D. (2014). Information technology as social phenomenon. *AI & SOCIETY*, 30(2), 207–214. <https://doi.org/10.1007/s00146-014-0565-4>
- Morin, E. (2009). *El Método 1. La Naturaleza de la naturaleza* (8a ed.). Madrid: Ediciones Cátedra.
- Nakamoto, (2008). A peer-to-peer electronic cash system. Bitcoin. –URL:
<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 4(2), 15.
- Peraza-Hernández, Mirneirys, & Piñero-Rodríguez, Abel. (2022). Diagnosis for the design of competency profiles of the cadres positions. *Ingeniería Industrial*, 43(Supl. 1), 125-137. Epub 18 de diciembre de 2022. Recuperado en 18 de noviembre de 2023, de
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362022000400125&lng=es&tlng=en.
- Pitafi, A. H., Rasheed, M. I., Islam, N., & Dhir, A. (2023). Investigating visibility affordance, knowledge transfer and employee agility performance. A study of enterprise social media. *Technovation*, 128, 102874.
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102874>
- Rojas Jorquera, F. D. (2023). Modelo de gestión y análisis de correspondencia presidencial: un enfoque desde la eficiencia operacional y la gestión inteligente de datos (Doctoral dissertation, Universidad del Desarrollo. Facultad de Ingeniería).
<https://repositorio.udd.cl/server/api/core/bitstreams/ffbd435c-68aa-48c9-bb2e-febac0a65c89/content>

- Ruzza, D., Morandini, L., & Chelli, A. (2022). Blockchain Application to the SMEs in the Food Industry. *Blockchain Technology Applications in Businesses and Organizations*, 19–42. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8014-1.ch002>
- Saghaei, M., Ghaderi, H., & Soleimani, H. (2020). Design and optimization of biomass electricity supply chain with uncertainty in material quality, availability and market demand. *Energy*, 197, 117165. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117165>
- Samuel, S., Heilweil, R., Piper, K., 2019. The Rapid Development of AI Has Benefits —
and Poses Serious Risks. *VOX*. <https://www.vox.com/future-perfect/2019/5/13/18525571/ai-safety-artificial-intelligence-machine-learning>.
- Underwood, S. (2016). Blockchain beyond bitcoin. *Communications of the ACM*, 59(11), 15–17. <https://doi.org/10.1145/2994581>
- Urquijo Gutiérrez, J. A., & Quintero Duarte, A. K. (2023). Transformación digital para mejorar la productividad dentro de la cadena de valor de las organizaciones. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/10901/24860>.
- Utz, M., Johanning, S., Roth, T., Bruckner, T., & Strüker, J. (2023). From ambivalence to trust: Using blockchain in customer loyalty programs. *International Journal of Information Management*, 68, 102496. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102496>
- Yiu, N. C. K. (2021). Toward Blockchain-Enabled Supply Chain Anti-Counterfeiting and Traceability. *Future Internet*, 13(4), 86. <https://doi.org/10.3390/fi13040086>
- Werbach, K. (2018). *The Blockchain and the New Architecture of Trust*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/11449.001.0001>

6 ANEXO: REPORTE DE PLAGIO

El reporte de posibilidad de plagio de este trabajo, con otros trabajos publicados entrega un porcentaje de similitud de: 1%



Información documento	
Documento	MIS_Blockchain_Cadena_Suministro_Cabezas_Perez_2023.docx
Tamaño	609,1 KB
Nº palabras	4.156
Subido el	01/12/2023

Índice de copia
<h1>1%</h1> <p>Texto en la web</p>

Fuentes encontradas	
Fuente	Índice de Copia
DLT/BLOCKCHA https://mintic.gov.co/portal/715/articles-149959_recurso_1.pdf	0%
"UribeMateo_2022_TecnologiaBlockChain.pdf" https://repository.eia.edu.co/bitstreams/de0c3fa4-e440-4b02-8574-ebabe4972d58/download	0%
BASE_TESIS_ https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/273110/retrieve	0%
ESCUELA TÉCN https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/23186/TFM-Calvo-Gallego-Borja.pdf?sequence=1	0%
UNIVERSIDAD https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47346/3560900251199UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y	0%
Blockchain technology-based sustainable management research: the status quo and a general framework for future application - PMC https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9261142/	0%
Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities - PMC https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7522652/	0%
Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda Emerald Insight https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SCM-03-2018-0148/full/html	0%
The In st i https://www.theibfr.com/wp-content/uploads/2019/01/ISSN-1941-9589-V14-N1-2019.pdf	0%
Investigating visibility affordance, knowledge transfer and employee agility performance. A study of enterprise social media - ScienceDirect https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497223001852	0%
Use of blockchain in the agri-food value chain: State of the art in Spain and some lessons from the perspective of public support. - ScienceDirect https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030859612300085X	0%

7 ANEXO: DATOS ENTREVISTADOS

Número de entrevistados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Nivel jerarquico /Cargo	CIO/Gerente	CTO/ Director Mag	Delivery Manager	Portfolio manager	Technical Manager	Technical Lead	Gerente Regional	Senior Consultant	Technical Manager	Director Portafolio	Technical Manager	Expert Consultant	
Area de responsabilidad	TI	TI/Educacion	TI	Ti	Ti	Ti	TI	TI	TI	Logstica	TI	TI	
Postgrado	Si / Mag./MBA	SI / MBA/ Mag.	No	Si /Mag.	Si/Master	No	Si/Master	No	Si /Master	Si/Master	No	No	Promedio
Experiencia (años)	30	20	15	25	15	20	20	25	20	10	27	30	21
Cant. de personas a cargo	50	45	5	40	25	10	40	4	25	20	50	50	30
Edad	55	50	44	48	39	45	38	45	42	35	54	55	46
Profesión rubro	Ing. Industrial Retail	Ing. Industrial Servicios	Diseñador Gráfico Retail	Ing. Informatica Retail	Ing. Informatica Retail	Ing. Informática Retail	Ing. Informática Tecnologia	Ing. Informatica Retail	Ing. Informática Servicios	Ing. Industrial Retail	Ing. Informática Retail	Ing. Informática Retail	
Cantidad de años en el cargo	11	14	3	10	1	10	4	5	5	5	10	10	