Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ciencias Administrativas
Unidad de Posgrado

Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Gestión Pública

AUTOR

Yesika Yunneth CHURA CANAHUA

ASESOR

Dr. Jorge CEFERINO EGUIZÁBAL

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Chura, Y. (2026). *Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Administrativas, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Yesika Yunneth Chura Canahua
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01345371
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-2991-4379
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Ceferino Eguizábal
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	42597881
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4975-9731
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Juan Victoriano Castillo Maza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07196790
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Juan Puell Palacios
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06068877
Miembro del jurado 2	

Nombres y apellidos	Juan Alfredo Velásquez Vásquez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08834681

Datos de investigación	
Línea de investigación	D.3.3.8. Reforma y modernización del Estado Propuesta para validar con la Unidad de Posgrado
Grupo de investigación	NO APLICA
Agencia de financiamiento	NO APLICA
Ubicación geográfica de la investigación	Institución: Universidad Nacional Mayor de San Marcos Sede: Ciudad Universitaria País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima (Cercado de Lima) Dirección: Calle Germán Amézaga n.° 375 Latitud: -12.05642 Longitud: -77.08433
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2023–2025
URL de disciplinas OCDE	Administración pública https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.06.02 Negocios, Administración https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.02.04 Ciencias de la computación https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.02.01

ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 00100-UPG-FCA-2026

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN GESTION PUBLICA

En la Ciudad Universitaria, a los veintiún días del mes de octubre del año dos mil veintiséis, siendo las ocho horas, en la Sala de Grados de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, sito en calle German Amezaga n° 375, Ciudad Universitaria, Lima, de forma presencial; ante el Jurado Examinador, ***Presidido*** *por el* ***Dr. Juan Victoriano Castillo Maza,*** *e integrado por los miembros:* ***Dr. Jorge Ceferino Eguizabal (Asesor), Dr. Juan Puell Palacios (Jurado), y Dr. Juan Alfredo Velásquez Vásquez****; la postulante al Grado Académico de Magíster en Gestión Pública, doña* ***Yesika Yunneth Chura Canahua,*** *procedió a hacer la exposición y defensa pública de su Tesis titulada:* ***"Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025",*** *con el propósito de optar el Grado Académico de Magíster en Gestión Pública.*

Concluida la exposición y absueltas las preguntas, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 100° del Reglamento General de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, aprobado con la Resolución Rectoral N.° 04790-R-18 del 08 de agosto de 2018, los miembros del Jurado Examinador procedieron a asignar la calificación siguiente:

Diecisiete (17) Muy Bueno

Acto seguido, el Presidente del Jurado recomienda a la Facultad de Ciencias Administrativas OTORGAR *el Grado Académico Magíster en Gestión Pública, a doña* ***Yesika Yunneth Chura Canahua.*** *Se extiende la presente Acta original y siendo las* 8.52 ***horas*** *se da por concluido el Acto Académico de sustentación, firmando sus miembros en señal de conformidad.*

DR. JUAN VICTORIANO CASTILLO MAZA
PRESIDENTE

DR. JORGE CEFERINO EGUIZABAL
ASESOR

DR. JUAN PUELL PALACIOS
JURADO

DR. JUAN ALFREDO VELÁSQUEZ VÁSQUEZ
JURADO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Jorge Ceferino Eguizabal en mi condición de asesor acreditado mediante Dictamen de la UPG N° 001143-2026 de la tesis, cuyo título es "**Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025**" presentado por la bachiller **Yesika Yunneth Chura Canahua** para optar el grado académico de Magíster en Gestión Pública.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 11 % de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado académico de magíster en Gestión Pública.

Lima, 21 de octubre de 2026

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: Jorge Ceferino Eguizabal.

DNI: 42597881

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

Dedicatoria

A la memoria de mi amado padre, **Leonardo**, quien fue y seguirá siendo mi referente académico, un ejemplo de sabiduría, esfuerzo y amor por el conocimiento. Su legado me guía en cada paso que doy.

A mi madre, **Petrona**, fuente inagotable de inspiración y fortaleza, quien con su ejemplo me enseñó que todo en la vida es posible con fe, trabajo y determinación.

A mis hijos, **Alessandro y Sebastián**, mi mayor inspiración y también mis maestros, porque aprendo de su entusiasmo, su pasión por la vida y su manera única de ver el mundo.

A mi esposo, **Héctor**, mi complemento perfecto, por creer siempre en mí, por su amor incondicional, su paciencia y por ser mi apoyo constante en cada etapa de este camino.

Gracias a cada uno de ustedes por su comprensión, por el tiempo que no pude compartir, y por ser la motivación más profunda para alcanzar mis sueños. Esta tesis es también suya.

Agradecimiento

Agradezco profundamente a **Dios**, por ser mi guía constante y por haber depositado en mí un propósito de vida mayor, que espero cumplir con integridad, pasión y compromiso.

A mis hermanos, **Leonardo y Sthefany**, por creer en mí sin reservas. Su ejemplo de perseverancia, dedicación y amor fraterno ha sido un aliento constante en los momentos difíciles y una inspiración para no desfallecer en la búsqueda de cada uno de mis objetivos.

A todas aquellas personas que, a lo largo de mi trayectoria profesional en la **Municipalidad Provincial de Puno**, la **Beneficencia Pública de Puno** y la **Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria**, han contribuido de manera significativa a mi crecimiento profesional. Gracias por su orientación, por compartir generosamente su experiencia y, sobre todo, por contagiarme ese profundo amor por nuestra patria y el compromiso por hacer de ella un país más justo, inclusivo y próspero. Su ejemplo me impulsó a emprender esta maestría con la firme intención de prepararme para servir mejor, con conocimiento y responsabilidad.

A mis maestros de la **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**, por la calidad de su enseñanza, su compromiso con la excelencia académica y por haberme transmitido no solo conocimientos, sino también el valor de pensar críticamente, de investigar con rigurosidad y de actuar con ética en el servicio al país. Cada lección recibida ha dejado una huella en mi formación y ha fortalecido mi vocación.

ÍNDICE

Resumen vii

Abstract viii

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 9

1.1. 9

1.2. Formulación del Problema 13

1.2.1 Problema general 13

1.2.2 Problemas específicos 13

1.3. Justificación teórica 14

1.4. Justificación práctica 15

1.5. Objetivos 16

1.5.1. Objetivo general 16

1.5.2. Objetivos específicos 16

1.6 Hipótesis 17

1.6.1. Hipótesis general 17

1.6.2. Hipótesis específicas 17

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 18

2.1. Marco filosófico de la investigación 18

2.2. Antecedentes de investigación 21

2.2.1. Antecedentes internacionales 21

2.2.2. Antecedentes nacionales 26

2.3. Bases teóricas 31

2.3.1 Fundamentación teórica sobre la variable independiente “Innovación disruptiva del blockchain” 31

2.3.2 Fundamentación teórica sobre las dimensiones de la variable independiente “Innovación disruptiva del blockchain” 34

2.3.3 Fundamentación teórica sobre la variable dependiente “Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior” 37

2.3.4 Fundamentación teórica sobre las dimensiones de la variable dependiente “Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior” 40

2.3.5 Teorías científicas que sirven de soporte a la variable independiente “Innovación disruptiva del blockchain” 44

2.3.6 Teorías científicas que sirven de soporte a la variable dependiente “Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior” 47

2.4. Glosario 50

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA 54

3.1. Tipo y Diseño de investigación 54

3.2. Población de estudio 58
3.3. Tamaño de muestra 58
3.4. Técnicas de recolección de datos 62
3.5. Ética en la investigación 64
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 66
4.1. Análisis, interpretación y explicación. 66
4.1.1. Análisis de fiabilidad del instrumento 66
4.1.2. Prueba de normalidad 69
4.1.3. Análisis de la relación de las variables a través del Chi-cuadrado 70
4.2. Resultados descriptivos 72
4.2.1. Análisis de las variables de control 72
4.2.2. Análisis de la variable independiente a través de los elementos de la Tendencia Central 78
4.2.3. Análisis de la variable dependiente a través de los elementos de la Tendencia Central 80
4.2.4. Análisis de los niveles de eficiencia de la variable independiente 83
4.2.5. Análisis de los niveles de eficiencia de la variable dependiente 86
4.3. Prueba de Hipótesis 89
4.3.1. Prueba de hipótesis general 89
4.3.2. Prueba de hipótesis específica 1 90
4.3.3. Prueba de hipótesis específica 2 91
4.3.4. Prueba de hipótesis específica 3 92
4.4. Presentación y discusión de resultados 94
CAPÍTULO 5: PROPUESTA (OPCIONAL) 101
5.1. Propuesta para la solución del problema 101
5.2. Beneficios que aporta la propuesta. 102
CONCLUSIONES 105
RECOMENDACIONES 108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 112
ANEXOS: 123
1. Matriz de Consistencia. 123
2. Matriz de operacionalización 125
3. Instrumento de recolección de datos 127
4. Validación del Instrumento 129
4.1. Validación del instrumento experto 1 129
4.2. Validación del instrumento experto 2 131

Lista de tablas

Tabla 1 Análisis de fiabilidad del instrumento relacionado a la variable independiente 66
Tabla 2 Análisis de fiabilidad del instrumento relacionado a la variable dependiente 67
Tabla 3 Análisis de fiabilidad del instrumento completo 68
Tabla 4 Prueba de normalidad de datos 69
Tabla 5 Resultados de la relación de las variables a través del Chi-cuadrado 71
Tabla 6 Análisis de la variable independiente a través de los elementos de la Tendencia Central 79
Tabla 7 Análisis de la variable dependiente a través de los elementos de la Tendencia Central 81
Tabla 8 Criterios para la interpretación de los niveles de eficiencia de la variable independiente 84
Tabla 9 Criterios para la interpretación de los niveles de eficiencia de la variable dependiente “Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior” 87
Tabla 10 Análisis de los niveles de eficiencia de la variable dependiente "Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior" 87
Tabla 11 Resultados de la prueba de hipótesis general 90
Tabla 12 Resultados de la prueba de hipótesis específica 1 91
Tabla 13 Resultados de la prueba de hipótesis específica 2 92
Tabla 14 Resultados de la prueba de hipótesis específica 3 93

Lista de figuras

Figura 1 Género de los participantes 73
Figura 2 Grado o título de los participantes 75
Figura 3 Edad de los participantes 77
Figura 4 Análisis de los niveles de eficiencia de la variable independiente “Innovación disruptiva del blockchain” 84

Resumen

La presente investigación titulada “Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025” aborda uno de los desafíos más relevantes en la modernización de la logística internacional peruana: la falta de interoperabilidad plena entre los actores del comercio exterior. El objetivo general fue determinar la influencia de la innovación disruptiva del blockchain sobre la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior. Se empleó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, descriptiva y correlacional, con diseño no experimental y de corte transversal. La muestra estuvo conformada por funcionarios, operadores logísticos, agentes aduaneros y empresas vinculadas al comercio exterior, recolectándose los datos mediante un cuestionario tipo Likert de 30 ítems. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de correlación de Spearman.

Los resultados evidenciaron una correlación positiva, alta y significativa ($\rho=0.824$; $p<0.000$) entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior, validando la hipótesis general. Asimismo, se confirmaron las hipótesis específicas relacionadas con las dimensiones de descentralización y seguridad, automatización de procesos mediante contratos inteligentes, y trazabilidad y confianza. La investigación aporta evidencia empírica sobre el potencial transformador del blockchain en la integración tecnológica, eficiencia operativa y gobernanza normativa del comercio exterior peruano, proponiendo un modelo aplicable para la modernización logística del país.

Palabras clave: Blockchain, interoperabilidad, comercio exterior, contratos inteligentes, trazabilidad, gobernanza digital, Perú.

Abstract

This research, entitled “Disruptive Innovation of Blockchain and Its Influence on the Interoperability of Foreign Trade Systems in Peru, 2023–2025”, addresses one of the most critical challenges in the modernization of Peru's international logistics: the lack of full interoperability among foreign trade stakeholders. The general objective was to determine the influence of blockchain’s disruptive innovation on the interoperability of foreign trade systems. A quantitative, applied, descriptive, and correlational approach was used, with a non-experimental and cross-sectional design. The sample consisted of officials, logistics operators, customs agents, and companies linked to foreign trade, using a 30-item Likert-type questionnaire for data collection. Statistical analysis was performed using Spearman’s correlation test.

The results evidenced a positive, strong, and significant correlation ($\rho=0.824$; $p<0.000$) between blockchain’s disruptive innovation and the interoperability of foreign trade systems, validating the general hypothesis. Likewise, the specific hypotheses related to the dimensions of decentralization and security, process automation through smart contracts, and traceability and trust were confirmed. The study provides empirical evidence of blockchain's transformative potential in the technological integration, operational efficiency, and regulatory governance of Peru’s foreign trade, proposing a practical model for the country’s logistics modernization.

Keywords: Blockchain, interoperability, foreign trade, smart contracts, traceability, digital governance, Peru.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

Como bien afirma Yu et al. (2025), la tecnología blockchain se ha constituido como una de las innovaciones más disruptivas y transformadoras en el ámbito del comercio internacional, al ofrecer características únicas como la descentralización, la inmutabilidad de los registros, la transparencia transaccional y la posibilidad de automatizar procesos complejos mediante contratos inteligentes (Kumar et al., 2025). Estas propiedades han permitido visualizar escenarios donde los procesos aduaneros, logísticos y financieros pudieran operar de forma más segura, eficiente y transparente, eliminando intermediarios innecesarios, reduciendo costos operativos, disminuyendo riesgos de fraude documental, y otorgando a las partes involucradas una trazabilidad completa de los bienes a lo largo de toda la cadena de suministro (Cheikhrouhou et al., 2025). Sin embargo, pese a su enorme potencial, la adopción global de blockchain en el comercio exterior enfrenta todavía importantes limitaciones estructurales vinculadas, principalmente, a la falta de interoperabilidad efectiva entre las diversas plataformas y redes basadas en esta tecnología (Li et al., 2025).

La interoperabilidad, entendida como la capacidad de distintos sistemas y redes blockchain de compartir, procesar y validar datos de manera automática, segura y confiable, es uno de los grandes desafíos no resueltos a nivel internacional. Las diferencias en los lenguajes de codificación, la ausencia de protocolos estandarizados, las incompatibilidades entre arquitecturas de blockchain públicas, privadas e híbridas, así como la fragmentación de marcos regulatorios nacionales, generan barreras técnicas y jurídicas que dificultan el intercambio fluido de datos y activos digitales entre plataformas heterogéneas (Y. Wang & Wang, 2025). Adicionalmente, los propios desafíos criptográficos, como la escalabilidad, la velocidad de validación de bloques y la gobernanza distribuida agravan las dificultades para lograr un ecosistema interoperable a gran escala (Xu, 2024). Esta fragmentación tecnológica no solo limita la expansión eficiente de blockchain en el comercio transfronterizo, sino que también reduce significativamente su impacto potencial en la optimización de los flujos logísticos

internacionales, la simplificación de los procedimientos aduaneros y la reducción de tiempos y costos en el intercambio global de mercancías (Alsalim & Ucan, 2023a).

Frente a este escenario, diversos organismos internacionales como la Organización Mundial de Aduanas (OMA), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), la Organización Mundial del Comercio (OMC), así como entidades multilaterales, financieras y logísticas, incluyendo bancos, plataformas logísticas globales, cámaras de comercio y operadores multinacionales han coincidido en la necesidad urgente de promover el desarrollo de estándares comunes, protocolos cross-chain muy significativos, y marcos regulatorios armonizados que permitan romper los actuales silos tecnológicos (Mao & Li, 2024). Estos esfuerzos buscan generar un ecosistema blockchain global interconectado, capaz de garantizar la interoperabilidad plena entre redes, proteger los derechos de los actores económicos, asegurar la integridad de los datos en los intercambios comerciales, y, en última instancia, facilitar una adopción masiva, eficiente y segura de esta tecnología disruptiva en el comercio internacional contemporáneo (J. Yu et al., 2025).

Como manifiesta Garcia et al. (2020), en el contexto nacional peruano, el comercio exterior representa un eje estratégico fundamental para el crecimiento económico, la competitividad y la inserción del país en las cadenas globales de valor. Sin embargo, a pesar de los avances logrados en la digitalización parcial de los procesos aduaneros y logísticos, persisten serias limitaciones estructurales que afectan la fluidez, la eficiencia y la transparencia de las operaciones de comercio exterior. Estas limitaciones se hacen particularmente evidentes cuando se analiza la insuficiencia de interoperabilidad efectiva entre los diversos sistemas tecnológicos que intervienen en el proceso exportador e importador, tanto a nivel gubernamental como empresarial (Gamboa-Cruzado et al., 2023). La fragmentación tecnológica aún prevalece, generando redundancia de datos, múltiples registros manuales, validaciones repetitivas y demoras en la transmisión de información entre las entidades involucradas, lo que repercute directamente en los tiempos y costos de las operaciones logísticas (Mauricio et al., 2024).

En los principales nodos logísticos y portuarios del país, como el Puerto del Callao, el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, los corredores aduaneros y los parques logísticos vinculados a la agroexportación, estas falencias tecnológicas dificultan la integración plena de los sistemas de gestión de aduanas, certificaciones fitosanitarias, controles sanitarios, entidades financieras, aseguradoras y operadores logísticos privados (Morales Cáceres, 2023). A pesar de que el Perú cuenta con la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE), el Sistema FAST y otras herramientas digitales que han permitido optimizar ciertos trámites, estas soluciones aún no logran constituirse como un ecosistema completamente interoperable, dinámico y sincronizado. En la práctica, muchas de las interfaces entre los actores públicos y privados siguen dependiendo de procesos híbridos, en los que conviven plataformas electrónicas aisladas con procesos físicos y validaciones manuales, lo cual debilita la eficiencia sistémica de la cadena logística internacional (Marriaga & Bonfante, 2023).

La incorporación de la tecnología blockchain como una herramienta disruptiva capaz de transformar radicalmente la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú constituye un desafío aún pendiente. Los beneficios potenciales de blockchain, como la descentralización, la trazabilidad inmutable, la automatización a través de contratos inteligentes y la eliminación de intermediarios redundantes, todavía no se han materializado de forma integral en el sistema logístico nacional. Aunque existen experiencias aisladas de pruebas piloto impulsadas por organismos multilaterales y algunas entidades privadas, estos esfuerzos no han escalado hacia una adopción masiva ni han sido integrados en el marco normativo ni en las plataformas oficiales de gestión del comercio exterior peruano (Cunningham et al., 2025).

Uno de los factores más críticos que explica esta limitada adopción de blockchain en los procesos logísticos nacionales es la falta de una arquitectura tecnológica común que permita la interoperabilidad efectiva entre los distintos sistemas utilizados por los actores gubernamentales, portuarios, logísticos, bancarios y aduaneros. Cada entidad gestiona sus propios sistemas de información bajo estándares, protocolos y formatos

distintos, lo que impide el flujo automatizado y seguro de datos entre plataformas (Saad et al., 2023). Esta carencia de interoperabilidad genera no solo demoras operativas, sino también incrementa los costos logísticos y administrativos, resta transparencia al proceso y limita la capacidad de respuesta del país ante la creciente complejidad del comercio global contemporáneo (Huang et al., 2025).

Asimismo, la ausencia de un marco normativo específico que regule y promueva la integración de blockchain en los procesos de comercio exterior representa una barrera institucional significativa. Las normas actuales aún no reconocen legalmente la validez de los contratos inteligentes ni establecen estándares de gobernanza digital que garanticen la integridad, seguridad y auditabilidad de los datos distribuidos entre los distintos actores que conforman la cadena logística. Esta situación crea incertidumbre jurídica, desincentiva la inversión en innovación tecnológica y ralentiza el desarrollo de soluciones interoperables a gran escala (Mhiri et al., 2024).

Otro aspecto preocupante es la falta de capacidades técnicas y organizacionales en los distintos niveles de los operadores logísticos, funcionarios aduaneros, empresas exportadoras e importadoras, agencias de transporte internacional y entidades financieras. Existe un déficit importante de formación especializada en la aplicación práctica de blockchain para fines logísticos, en la administración de contratos inteligentes y en la gestión de redes distribuidas de intercambio de información. La ausencia de programas integrales de capacitación, actualización y certificación profesional limita seriamente las posibilidades de implementación efectiva de esta tecnología (Böhmecke-Schwafert et al., 2022).

El resultado acumulado de estas deficiencias es una cadena logística nacional fragmentada, vulnerable, costosa y poco competitiva frente a otros mercados internacionales que ya están avanzando en la adopción de tecnologías disruptivas. Las demoras en los trámites aduaneros, los errores en la documentación de carga, la limitada trazabilidad de las mercancías, la duplicidad de controles, los costos operativos crecientes y la escasa transparencia en los procesos aduaneros afectan directamente la

competitividad del comercio exterior peruano (Zhai et al., 2022). Todo ello disminuye la capacidad de las empresas nacionales para insertarse de manera ágil y eficiente en los mercados globales, restringe el aprovechamiento de acuerdos comerciales internacionales y obstaculiza el desarrollo de sectores estratégicos como la agroexportación, la minería, la industria manufacturera y los servicios logísticos internacionales (Gamboa-Cruzado et al., 2023).

En dicho contexto, se torna necesario desarrollar un análisis empírico riguroso que permita evaluar de forma objetiva el nivel de influencia que ejerce la innovación disruptiva del blockchain sobre la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú. Solo mediante una medición científica de esta relación será posible identificar los factores críticos de éxito, los cuellos de botella existentes y las oportunidades de mejora para fortalecer la capacidad logística del país, incrementar su competitividad internacional y modernizar su infraestructura digital en el marco de los nuevos paradigmas tecnológicos globales.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

A partir de la problemática identificada, se formula la siguiente pregunta que delimita el problema general del estudio

¿En qué medida la innovación disruptiva del blockchain influye en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025?

1.2.2 Problemas específicos

La problemática general planteada se desglosa en las siguientes interrogantes específicas, que orientarán el desarrollo y análisis de la investigación

1. ¿Cómo incide la descentralización y la seguridad proporcionada por la innovación disruptiva del blockchain en la interoperabilidad tecnológica de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025?
2. ¿De qué manera la automatización de procesos mediante contratos inteligentes impacta en la eficiencia operativa de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025?

3. ¿Cuál es la influencia de la trazabilidad y la generación de confianza derivadas de la innovación disruptiva del blockchain sobre la gobernanza y normatividad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025?

1.3. Justificación teórica

La presente investigación reviste una profunda importancia en el ámbito teórico, al situarse en la intersección de dos campos emergentes de alta complejidad: la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior. Si bien existe una literatura incipiente a nivel internacional que aborda parcialmente las aplicaciones de blockchain en logística, trazabilidad y automatización de procesos aduaneros, todavía persiste una marcada escasez de estudios sistemáticos que analicen de manera empírica y cuantitativa la relación específica entre esta tecnología disruptiva y la interoperabilidad sistémica del comercio exterior, particularmente en contextos económicos emergentes como el Perú.

El aporte teórico de esta investigación se centra en la generación de un marco conceptual robusto que articula las dimensiones fundamentales de la innovación disruptiva del blockchain, descentralización y seguridad, automatización de procesos mediante contratos inteligentes, y trazabilidad y confianza; con los componentes esenciales de la interoperabilidad en comercio exterior, integración tecnológica, eficiencia operativa y gobernanza normativa. Esta articulación permite no solo una comprensión holística del fenómeno, sino también la construcción de modelos analíticos que contribuyen al avance del conocimiento en campos como la ingeniería de sistemas logísticos, la economía digital, la gestión pública aduanera y la ciencia de datos aplicada al comercio global.

Además, la utilización de un diseño metodológico cuantitativo, apoyado en un instrumento debidamente validado y en técnicas estadísticas robustas como la correlación de Spearman, permite aportar evidencia empírica objetiva a un debate que

hasta ahora ha estado dominado por aproximaciones teóricas o estudios de caso limitados. De este modo, la presente investigación no solo llena un vacío evidente en la literatura especializada, sino que también sienta las bases para futuras investigaciones orientadas al diseño de modelos de gobernanza digital, protocolos de interoperabilidad cross-chain y marcos regulatorios adaptativos para entornos logísticos internacionales. En consecuencia, este trabajo se posiciona como un referente pionero dentro de la literatura académica en América Latina, ofreciendo un marco de análisis replicable y escalable para otras economías en proceso de transformación digital en el comercio exterior.

1.4. Justificación práctica

En el plano práctico, esta investigación adquiere una relevancia estratégica incuestionable al abordar uno de los desafíos operativos más sensibles que enfrenta actualmente el comercio exterior peruano: la fragmentación tecnológica y la limitada interoperabilidad de sus sistemas logísticos y aduaneros. Las ineficiencias derivadas de esta falta de integración —duplicación de registros, demoras en validaciones documentarias, sobrecostos logísticos, opacidad informativa y vulnerabilidades en la trazabilidad— afectan directamente la competitividad internacional del país, encarecen los procesos exportadores e importadores, y reducen la capacidad de respuesta del sistema logístico frente a las crecientes exigencias del comercio global digitalizado.

La investigación aporta una solución concreta al ofrecer un diagnóstico técnico riguroso, basado en evidencia empírica, acerca del impacto real que la adopción de tecnologías blockchain puede generar sobre la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior. Al desagregar este análisis en dimensiones específicas —descentralización, contratos inteligentes, trazabilidad— y relacionarlas directamente con los distintos componentes operativos y normativos del comercio exterior peruano, el estudio proporciona insumos de altísimo valor para los tomadores de decisión tanto del sector público como privado.

En términos de política pública, los resultados permitirán orientar de forma precisa el diseño de marcos regulatorios modernos que reconozcan jurídicamente la validez de los

contratos inteligentes, la gobernanza de registros distribuidos, y la integración sistémica de las plataformas logísticas bajo arquitecturas interoperables. Para los operadores logísticos, agencias aduaneras, instituciones financieras, agroexportadores y terminales portuarias, la investigación ofrecerá un mapa claro de los cuellos de botella actuales y las oportunidades de optimización que pueden alcanzarse mediante la implementación progresiva de soluciones blockchain interoperables. Además, la investigación contribuirá al diseño de programas de capacitación técnica especializada, indispensables para la formación de capital humano competente en tecnologías emergentes aplicadas al comercio exterior.

Finalmente, la trascendencia práctica de este estudio radica en su capacidad de proyectar al Perú hacia un modelo logístico competitivo, resiliente y plenamente integrado a las cadenas globales de valor, optimizando sus tiempos operativos, reduciendo costos, elevando la transparencia del sistema y consolidando su posicionamiento como hub logístico regional en la era de la economía digital.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la innovación disruptiva del blockchain en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Analizar la incidencia de la descentralización y la seguridad proporcionada por la innovación disruptiva del blockchain en la interoperabilidad tecnológica de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.

2. Examinar el impacto de la automatización de procesos mediante contratos inteligentes en la eficiencia operativa de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.

3. Evaluar la influencia de la trazabilidad y la generación de confianza derivadas de la innovación disruptiva del blockchain sobre la gobernanza y normatividad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.

1.6 Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Existe una relación significativa entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.

1.6.2. Hipótesis específicas

1. Existe una relación significativa entre la descentralización y la seguridad proporcionada por la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad tecnológica de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.

2. Existe una relación significativa entre la automatización de procesos mediante contratos inteligentes y la eficiencia operativa de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.

3. Existe una relación significativa entre la trazabilidad y la generación de confianza derivadas de la innovación disruptiva del blockchain y la gobernanza y normatividad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco filosófico de la investigación

El desarrollo de esta investigación titulada “Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025”, requiere establecer sólidamente los fundamentos filosóficos que orientan su concepción, delimitan su objeto de estudio, guían su aproximación metodológica y garantizan su validez científica. A continuación, se presenta la fundamentación ontológica, epistemológica, axiológica y metodológica que sustenta rigurosamente el presente trabajo doctoral.

1. Enfoque Ontológico

La ontología, como rama de la filosofía que estudia la naturaleza del ser y de la realidad, permite definir la perspectiva desde la cual se concibe el fenómeno investigado. En el presente estudio, la realidad del comercio exterior, los sistemas tecnológicos de interoperabilidad y la innovación disruptiva del blockchain se reconocen como fenómenos objetivos, concretos y existentes independientemente del sujeto que los observa. Estas realidades son susceptibles de ser identificadas, descritas, medidas y analizadas, dado que sus manifestaciones se expresan mediante estructuras tecnológicas, marcos normativos, interacciones institucionales y datos empíricos observables.

El blockchain, en su calidad de tecnología disruptiva, se entiende como un sistema distribuido de registro de datos cuya existencia no depende de la percepción subjetiva, sino de una estructura criptográfica, descentralizada e inmutable que opera bajo algoritmos verificables. De igual manera, los sistemas de comercio exterior —conformados por redes de actores logísticos, plataformas digitales, regulaciones internacionales y procesos operativos— constituyen un entramado complejo, pero también mensurable y sistematizable. En consecuencia, esta investigación asume una

ontología realista, en la cual la realidad existe por sí misma, es estable y es cognoscible mediante el método científico.

2. Enfoque Epistemológico

Desde el plano epistemológico, este trabajo se sitúa dentro del paradigma positivista y empírico-analítico. El conocimiento válido es aquel que puede obtenerse a través de la observación sistemática, la recopilación objetiva de datos, la medición estandarizada y el análisis cuantitativo riguroso. Bajo esta perspectiva, el conocimiento no depende de creencias personales o interpretaciones subjetivas del investigador, sino de la comprobación empírica y la contrastación estadística de hipótesis previamente formuladas.

La relación entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior constituye un fenómeno que puede ser abordado a partir de indicadores medibles, operacionalizados mediante dimensiones y variables claramente definidas, y cuyos vínculos causales o asociativos pueden ser evaluados estadísticamente. El modelo adoptado emplea instrumentos estructurados —cuestionarios tipo Likert— que permiten capturar percepciones, prácticas y condiciones operativas, transformándolas en datos cuantificables, que serán procesados a través de técnicas de correlación (Spearman) para determinar el nivel y sentido de las relaciones existentes.

En tal sentido, el conocimiento generado no busca establecer explicaciones absolutas, sino identificar patrones de asociación significativos, verificables y replicables, que aporten evidencia empírica sólida al campo de estudio. Así, la epistemología positivista proporciona el andamiaje necesario para garantizar la objetividad, la validez y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

3. Enfoque Axiológico

El componente axiológico de la investigación expresa los valores éticos, sociales y científicos que orientan el proceso investigativo. Este estudio se rige por principios de

rigurosidad científica, integridad ética, objetividad, transparencia y responsabilidad social.

En primer lugar, se respeta plenamente la confidencialidad y el consentimiento informado de los participantes, garantizando el uso ético de la información recolectada. En segundo lugar, se promueve el compromiso con la generación de conocimiento auténtico, evitando sesgos intencionados, manipulaciones estadísticas o interpretaciones forzadas de los datos. Además, el trabajo mantiene un compromiso con el interés público, al aportar evidencia empírica que pueda ser utilizada para mejorar la eficiencia del comercio exterior, fortalecer la competitividad del país y optimizar el uso de tecnologías emergentes en beneficio de la sociedad.

En última instancia, la investigación busca contribuir tanto al avance científico como al desarrollo de soluciones prácticas aplicables a los desafíos logísticos, tecnológicos y normativos que enfrenta el Perú en su inserción en el comercio global digital.

4. Enfoque Metodológico

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se estructura bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con diseño no experimental, correlacional y de corte transversal. Este diseño permite recolectar datos en un momento determinado, medir los niveles de adopción del blockchain y de interoperabilidad en el sistema de comercio exterior, y establecer correlaciones estadísticas entre las dimensiones definidas para cada variable.

La operacionalización de las variables incluye un total de seis dimensiones (tres por cada variable), que permiten capturar la complejidad del fenómeno en estudio. El instrumento de medición ha sido diseñado bajo formato de escala Likert de cinco puntos, permitiendo obtener mediciones estandarizadas, comparables y estadísticamente tratables.

El análisis de datos empleará la correlación de Spearman, técnica estadística no paramétrica apropiada para analizar asociaciones entre variables ordinales o cuando no

se puede asumir la normalidad de los datos. Este método facilitará determinar la fuerza y dirección de la relación existente entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior, proporcionando evidencia objetiva que respalde o rechace las hipótesis formuladas.

En conclusión, la presente investigación se sustenta en un marco filosófico sólido y coherente: realismo ontológico, positivismo epistemológico, integridad axiológica y metodología cuantitativa rigurosa, todo ello orientado a producir conocimiento empíricamente verificable, socialmente útil y científicamente relevante. De este modo, el presente trabajo no solo aporta evidencia a un campo emergente de alta complejidad tecnológica, sino que también establece un referente académico de alto nivel para futuras investigaciones que busquen integrar la disrupción tecnológica del blockchain en los sistemas logísticos y aduaneros de los países en desarrollo.

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. Antecedentes internacionales

(Šilenskytė et al., 2024), llevaron a cabo un estudio titulado *"Blockchain-based connectivity within digital platforms and ecosystems in international business",* publicado en la Revista de Gestión Internacional. El objetivo de su investigación fue analizar cómo la conectividad digital basada en blockchain impacta en la creación de valor dentro de los ecosistemas y plataformas digitales en el contexto de los negocios Internacionales. Para lograr este propósito, adoptaron un método de estudio de caso abductivo, que les permitió explorar, a partir de datos secundarios de cinco plataformas digitales que incorporan distintos tipos de tecnología blockchain. A través de este análisis comparativo, identificaron que los diferentes tipos de blockchain públicos, privados, con permiso o sin permiso generan diversas formas de conectividad: descentralizada, semi centralizada o distribuida, lo que a su vez afecta los mecanismos de creación de valor. Los resultados señalaron que solo el blockchain público sin permisos logra una conectividad verdaderamente descentralizada, facilitando así la confianza automática entre los participantes. En contraste, otras formas de blockchain

resultan en conectividades controladas, además las expectativas teóricas sobre el blockchain no siempre se cumplen en la práctica. En conclusión, los autores señalan que la capacidad de blockchain para fomentar la creación de valor depende estrictamente de su diseño tecnológico y de su implementación específica. De esta manera, desafían las visiones simplificadas, al identificar cinco tipos de plataformas enriquecen el análisis de los modelos de negocios digitales internacionales.

(J. Yan et al., 2025), en su artículo titulado *"¿Cómo impacta la aplicación de blockchain en la alianza de la cadena de suministro?"* publicado en Technovation. El objetivo de la investigación es analizar la adopción de tecnologías blockchain en la formación de alianzas de cadenas de suministro, también en efecto moderador de factores contextuales como la proximidad geográfica y tecnológica. El estudio se apoyó en un enfoque cuantitativo, basado en un análisis exhaustivo riguroso de datos recopilados de informes anuales, registros de patentes y detallados de alianzas de 3,281 empresas chinas que son cotizadas en bolsa entre los años 2012 y 2020. Asimismo, este método de investigación empleado fue el análisis estadístico didáctico, centrado en observar las relaciones de colaboración entre pares de empresas, considerando como variables contextuales la distancia geográfica y la similitud tecnológica. Los resultados señalaron que la adopción de blockchain incentivaba significativamente la formación de alianzas en la cadena de suministro, favoreciendo el fortalecimiento de la confianza y la colaboración interorganizacional. Asimismo, se comprobó que la proximidad geográfica y la proximidad tecnológica amplificaban este efecto positivo: las empresas ubicadas más cerca y aquellas con capacidad tecnológica más similares tendrían a formar alianzas de manera más efectiva al integrar blockchain en sus operaciones. No obstante, el estudio advierte desafíos importantes, como altos costos de implementación, los riesgos de privacidad de datos y las preocupaciones ambientales asociadas al consumo energético de la tecnología. En conclusión, el blockchain ofrece grandes oportunidades para mejorar la transparencia , la trazabilidad y la resiliencia de cadenas suministro, en colaboración para así un impacto positivo va depender de factores contextuales críticos, asimismo no garantiza la formación de alianzas sólidas, considerando la geografía de las empresas y la compatibilidad tecnológica para garantizar de su implementación.

(Cunningham et al., 2025), en su investigación titulada *"The development of a blockchain-based business model simulator with an application to civic medical data management",* publicado en Digital Business, plantearon como objetivo principal desarrollar un simulador de modelos de negocio basado en blockchain, aplicado específicamente al manejo de datos médico cívicos, en contexto del proyecto Civic Data Identity Partnership (CDIP). En términos metodológicos, se adoptó un enfoque de Design Science Research (DSR), centrado en el diseño, implementación y evaluación de un artefacto tecnológico orientado a resolver un problema identificado en la necesidad de evaluar la viabilidad financiera de modelos de negocios que incorporan blockchain. Así mismo, un simulador como Python será capaz de modelar diferentes arquitecturas de blockchain públicas, privadas e híbridas, así mismo considerando costos de ejecución, tarifa acceso y crecimiento de usuarios. Posteriormente, aplicaron el simulador al caso CDIP, diseñado para gestionar datos médicos de manera segura y descentralizada, respetando la privacidad e identidad de los pacientes. Los resultados obtenidos del estudio evidencian que el tipo de arquitectura blockchain seleccionada impacta positivamente en la viabilidad financiera del modelo de negocio. Adicionalmente se obtuvo que el blockchain híbrido ofrece un mejor balance entre costos, privacidad y transparencia resultando que a largo plazo hay comparación de modelos públicos o privados.

(Velasco Tinoco et al., 2024), en su artículo titulado "El impacto de la Inteligencia Artificial en los operadores de comercio exterior en la ciudad de Machala", plantearon como objetivo principal evaluar el impacto de la inteligencia artificial en los procesos logísticos de los operadores de comercio exterior en Machala, con el propósito de identificar oportunidades de mejora en su eficiencia operativa. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental de corte transversal y se desarrolló en un contexto de campo. Para el desarrollo del estudio, se utilizaron métodos teóricos como el histórico-lógico, inductivo-deductivo y analítico-sintético, así como métodos empíricos basados en el análisis documental de registros operativos, estudios de mercado y literatura especializada. Los resultados demostraron que la implementación de herramientas de inteligencia artificial como el aprendizaje automático, BATDOC, AJNA, y modelos desarrollados con Python y TensorFlow

contribuyó significativamente a la automatización de tareas, optimización de rutas logísticas, mejora en la gestión de inventarios y reducción de errores operativos. Se evidenció una Fuenteble disminución en el tiempo de procesamiento de documentos, reducción de costos operativos y una mayor satisfacción del cliente debido a entregas más rápidas y precisas. Asimismo, se concluyó que cada herramienta evaluada ofrecía fortalezas específicas, permitiendo una combinación estratégica para maximizar los beneficios en eficiencia y competitividad.

En conclusión, la inteligencia artificial representa una oportunidad clave para la modernización del comercio exterior en Machala, al permitir una gestión logística más precisa, automatizada y adaptativa al mercado global. La investigación recomendó la adopción conjunta de diversas herramientas de IA para maximizar el rendimiento operativo y estratégico de los operadores de comercio exterior, posicionando a Machala como un nodo competitivo en el ámbito logístico del Ecuador.

Este artículo representa un importante antecedente para investigaciones relacionadas con la transformación digital del comercio exterior y la logística en zonas estratégicas de América Latina. Su valor radica en ofrecer una visión empírica y comparativa del impacto real de diversas herramientas de inteligencia artificial en el desempeño operativo de los operadores logísticos. Al centrarse en una ciudad portuaria con alta actividad comercial como Machala, el estudio permite comprender cómo la tecnología puede cerrar brechas estructurales y elevar la competitividad local frente a los desafíos globales. Es, sin duda, una base sólida para investigaciones de tesis centradas en innovación tecnológica, logística inteligente o desarrollo económico sostenible.

(Marriaga & Bonfante, 2023), en su artículo titulado “Blockchain: Aplicación en el Comercio Internacional y en la Gestión de la Cadena de Suministro”, publicado en la revista TransInformação de Brasil, analizan el uso de la tecnología blockchain en los procesos logísticos y comerciales a nivel internacional, con especial atención en las pequeñas y medianas empresas (pymes). La investigación, de tipo exploratoria, se desarrolló a partir de una revisión sistemática de literatura científica, donde se

identificaron diversas aplicaciones, beneficios y oportunidades que esta tecnología puede ofrecer para mejorar la trazabilidad, eficiencia y transparencia en las cadenas de suministro. Los autores utilizaron bases de datos reconocidas como Scopus, SciELO e IEEE, así como herramientas de gestión y análisis bibliográfico como Mendeley y Bibliometric, seleccionando 17 artículos relevantes sobre el tema. Entre los principales hallazgos, se destaca que el blockchain permite reducir el uso de documentación física, automatizar procesos a través de contratos inteligentes y fortalecer la confianza entre los actores involucrados en el comercio exterior. Asimismo, el estudio señala que, a pesar de sus beneficios, la implementación de blockchain en las pymes presenta desafíos importantes, como la falta de infraestructura tecnológica y la escasa capacitación en herramientas digitales. En conclusión, los autores afirman que, si se superan estos obstáculos, la blockchain puede convertirse en una herramienta clave para mejorar la interoperabilidad y competitividad de las pymes en mercados globales.

(Kotey et al., 2023) en su artículo titulado “Blockchain interoperability: the state of heterogeneous blockchain-to-blockchain communication”, publicado en la revista IET Communications, realizaron un análisis exhaustivo sobre el estado actual de la interoperabilidad entre distintas arquitecturas blockchain. El objetivo del estudio fue identificar y clasificar las soluciones propuestas para la interoperabilidad blockchain heterogénea, analizar sus ventajas y desventajas, y proponer futuras líneas de investigación. El método utilizado fue una revisión sistemática de literatura científica y técnica, centrada en artículos publicados entre 2018 y 2022, con criterios de inclusión rigurosos, además de la evaluación de soluciones desarrolladas tanto en el ámbito académico como industrial. La investigación estructuró las soluciones en tres grandes categorías: esquemas de Fuenterio, contratos de bloqueo hash con límite de tiempo (HTLC) y cadenas de retransmisión (relay chains). También se presentó una taxonomía para clasificar las propuestas según su tipo de interoperabilidad, método empleado, ventajas, limitaciones y dominio objetivo (criptomonedas o intercambio de datos). Los resultados destacaron que muchas soluciones se centran en aplicaciones criptográficas, dejando de lado otros sectores como salud, logística o IoT. Asimismo, se identificó que gran parte de las propuestas aún no cuenta con implementaciones reales, y que la

ausencia de estándares técnicos específicos ralentiza el avance de la interoperabilidad blockchain.

En conclusión, los autores sostienen que la interoperabilidad entre blockchains es esencial para el desarrollo futuro de aplicaciones descentralizadas complejas y el ecosistema Web3. Proponen como prioridad futura el desarrollo de estándares abiertos, soluciones blockchain-agnósticas y mecanismos que aseguren seguridad, eficiencia y escalabilidad en la comunicación entre cadenas heterogéneas.

2.2.2. Antecedentes nacionales

(Mauricio et al., 2024), en su artículo “Electronic Health Record Interoperability System in Peru Using Blockchain abordaron el desafío de la interoperabilidad de historias clínicas electrónicas (HCE) en Perú”, donde la falta de un sistema integrado genera duplicación de exámenes, mayores costos y riesgos para la privacidad de los datos. El objetivo fue desarrollar una arquitectura y aplicación web que permitiera el intercambio seguro de HCE entre centros de salud con formatos heterogéneos, utilizando blockchain para garantizar la seguridad y el estándar HL7 FHIR para la homologación de datos. El estudio empleó un enfoque metodológico mixto. Primero, se diseñó un modelo de interoperabilidad basado en blockchain, smart contracts y el formato FHIR HL7, implementado en una aplicación web llamada Health Net Chain (HNC). Luego, se validó el sistema mediante un estudio de caso simulado entre dos clínicas con diferentes formatos de HCE, utilizando herramientas como Truffle y Ganache para probar los smart contracts. Adicionalmente, se realizaron encuestas a 30 pacientes y 10 médicos de un hospital público en Lima para evaluar la adopción y usabilidad del sistema. Los resultados demostraron que la HNC permitió el intercambio eficiente y seguro de HCE sin requerir modificaciones en los sistemas existentes. Las encuestas revelaron una percepción "muy alta" de adopción por parte de los pacientes (promedio de 4.29 en escala Likert) y una alta usabilidad según los médicos (promedio de 4.7 en facilidad de uso). La latencia adicional por el uso de blockchain fue mínima (0.3489 ms por transacción), compensada por las ventajas en seguridad.

Este artículo es un antecedente clave para la tesis Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025, ya que evidencia empíricamente cómo la tecnología blockchain puede resolver problemas de interoperabilidad en sistemas complejos y heterogéneos, como los del sector salud en Perú. La metodología aplicada —especialmente el uso de estándares (FHIR HL7) y la validación con usuarios— proporciona un marco de referencia para adaptar soluciones similares en comercio exterior, donde la falta de integración entre sistemas y la seguridad de los datos son desafíos críticos. Además, los resultados refuerzan la viabilidad de blockchain como herramienta para mejorar la eficiencia y confiabilidad en entornos con múltiples actores, un escenario común en las cadenas logísticas y aduaneras.

Morales Cáceres (2023), en su artículo titulado "Aspectos legales de la tecnología Blockchain", publicado en la *Revista Advocatus* de la Universidad de Lima, en el que evaluaron un análisis integral sobre la naturaleza tecnológica de blockchain y sus principales implicancias legales. Este estudio se centra en realizar aproximación conceptual, técnica y jurídica de la blockchain, explicando su funcionamiento, sus características fundamentales y los desafíos legales que plantea su adopción en distintos sectores económicos. El método utilizado fue carácter documental y analitico, sustentandose en una revisión en fuentes de doctrinas relevantes y casos emblemáticos en la evolución tecnológica y regulatoria de la blockchain. Cáceres estructuró su exposición desde la explicación técnica de registros distribuidos, pasando por el funcionamiento de wallets, nodos, minería, bloques y algoritmos de consenso hasta llegar a las manifestaciones jurídicas más recientes. Entre los principales resultados blockchain no solo representa una innovación tecnológica en la forma de registrar y transferir valor si intermediarios, sino que además introduce nuevos retos legales relacionando con validez de los contratos inteligentes, la protección de datos, los derechos sobre los activos tokenizados. También se destacó, que, aunque la tecnología de blockchain ofrece ventajas como la inmutabilidad, transparencia y descentralización.

Gamboa-Cruzado et al. (2023), en su artículo Uyakuy - Blockchain-Based Software Application for Certificate Issuance: A Case Study in the IEEE Peru Section

abordaron el problema de la falsificación de certificados mediante el desarrollo de una aplicación web basada en blockchain para optimizar su emisión, autenticidad y eficiencia. El objetivo fue implementar un sistema descentralizado que redujera tiempos, costos y riesgos de fraude en la emisión de certificados para la sección peruana del IEEE, utilizando la metodología Rational Unified Process (RUP) y tecnologías como Ethereum y Stamping. El estudio empleó un diseño experimental cuantitativo con grupos de control (Ge) y experimental (Ge), donde se midieron indicadores como tiempo de emisión, costos, autenticidad y satisfacción de usuarios. Se desarrolló la aplicación Uyakuy utilizando Laravel para el frontend, smart contracts para la validación en blockchain y Stamping.io para el anclaje de transacciones. Se recolectaron datos mediante observación directa y encuestas a 30 participantes y 10 médicos, analizados con Minitab para pruebas de normalidad (Anderson-Darling) e hipótesis (t-Student y U-Mann-Whitney). Los resultados demostraron reducciones significativas en el tiempo de emisión (14.6%), búsqueda (24.8%) y costos (15.6%), junto con aumentos en autenticidad (19.2%) y satisfacción (28%). Las pruebas estadísticas confirmaron la validez de las hipótesis ($p < 0.05$), evidenciando que el sistema blockchain optimizó el proceso. Las conclusiones destacaron la viabilidad de blockchain para garantizar seguridad y transparencia en la emisión de certificados, aunque se señaló la necesidad de capacitación en estándares como FHIR HL7 para su adopción generalizada.

Este artículo es un antecedente relevante para la tesis Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025, ya que demuestra empíricamente cómo la tecnología blockchain puede resolver problemas de autenticidad, eficiencia y seguridad en procesos documentales complejos. La metodología aplicada, especialmente el uso de smart contracts y estándares de interoperabilidad, ofrece un marco replicable para sistemas de comercio exterior, donde la verificación de documentos (como facturas o certificados de origen) es crítica. Además, los resultados subrayan el potencial de blockchain para reducir costos operativos y mejorar la trazabilidad, aspectos clave en cadenas logísticas globalizadas y fragmentadas.

Polas et al. (2022), en su artículo Blockchain Technology as a Game Changer for Green Innovation: Green Entrepreneurship as a Roadmap to Green Economic

Sustainability in Peru investigaron el papel de la tecnología blockchain en las prácticas de innovación verde y su impacto en la sostenibilidad económica y ambiental en Perú. El objetivo fue identificar los factores que influyen en la adopción de blockchain para impulsar la innovación verde en pequeñas y medianas empresas (PYMES), analizando cómo la orientación sostenible, la actitud hacia la sostenibilidad y la percepción social afectan dicha adopción. Utilizaron un enfoque cuantitativo con un diseño transversal, aplicando encuestas a 184 PYMES en Lima mediante muestreo aleatorio estratificado. Los datos se analizaron con modelos de ecuaciones estructurales (PLS-SEM), revelando que la orientación sostenible y la actitud hacia la sostenibilidad tienen un efecto positivo y significativo en la adopción de innovación verde, mientras que la percepción social no mostró influencia significativa. Además, la intención de usar blockchain medió parcialmente estas relaciones. Concluyeron que la tecnología blockchain puede ser una herramienta clave para fomentar prácticas sostenibles en las PYMES, contribuyendo a la economía verde y reduciendo el impacto ambiental.

Este artículo es un antecedente relevante para la tesis "Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025", ya que evidencia empíricamente la capacidad del blockchain para transformar procesos económicos y tecnológicos en un contexto peruano. Los hallazgos sobre adopción tecnológica y sostenibilidad refuerzan la viabilidad de explorar su aplicación en comercio exterior, destacando su potencial para mejorar la interoperabilidad y eficiencia en sistemas complejos. Además, el estudio subraya la importancia de factores actitudinales y organizacionales, lo cual enriquece el marco teórico de la tesis al abordar no solo aspectos técnicos, sino también humanos y estratégicos en la implementación de soluciones disruptivas.

Garcia et al. (2022), presentaron el artículo titulado Framework to Improve the Traceability of the Coffee Production Chain in Perú by Applying a Blockchain Architecture, cuyo objetivo fue diseñar un marco metodológico para optimizar la trazabilidad de la cadena de producción del café en el Perú mediante la aplicación de una arquitectura basada en blockchain. La investigación partió del diagnóstico de que la falta de trazabilidad eficiente en las cooperativas cafetaleras, sustentada en registros en

papel y bases de datos centralizadas, generaba altos costos, ineficiencias, fraude, corrupción y errores en los procesos administrativos. El método propuesto consistió en el diseño de un framework compuesto por tres fases: diseño de la arquitectura blockchain, desarrollo de contratos inteligentes y creación de una aplicación web. Esta arquitectura buscó garantizar la inmutabilidad de los registros en la cadena de producción. La validación empírica se realizó en una cooperativa cafetalera ubicada en Cajamarca (Perú), a través de dos experimentos y una encuesta aplicada a expertos. Los resultados evidenciaron una reducción significativa tanto en el tiempo de procesamiento como en la cantidad de errores. Particularmente, se reportó una disminución del 99.87% en el tiempo requerido para generar la trazabilidad del café. Adicionalmente, las evaluaciones de los expertos arrojaron puntuaciones promedio de 4.6 sobre 5 en los parámetros de desempeño, trazabilidad y usabilidad del sistema implementado.

Este artículo constituye un antecedente altamente relevante para la tesis titulada Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025, dado que aporta evidencia empírica del impacto positivo de las soluciones blockchain en procesos de trazabilidad dentro de cadenas productivas complejas. Asimismo, demuestra la aplicabilidad de estas tecnologías en contextos reales del Perú, ofreciendo fundamentos sólidos para su potencial extrapolación a los sistemas de comercio exterior.

(H. M. Garcia et al., 2020) desarrollaron el artículo titulado "**Blockchain-based Website Solution for Controlling the Authorized Sale of Drugs in Peru"**, cuyo objetivo fue implementar una solución tecnológica basada en blockchain para ofrecer a los consumidores peruanos información confiable sobre el origen y la autenticidad de los medicamentos, resguardando la seguridad e integridad de los datos expuestos. La investigación partió del problema crítico de la falsificación de medicamentos en Perú, país que, según la Organización Panamericana de la Salud (2018), se encontraba entre los cinco con mayor incidencia en América. El método empleado consistió en la elaboración de una revisión bibliográfica exhaustiva sobre el uso de la tecnología blockchain y sus aplicaciones en el sector salud, el diseño de la arquitectura del sistema

propuesto y la definición conceptual de la cadena de comercialización farmacéutica que soportaría la solución. La herramienta desarrollada permitió visibilizar características detalladas de los medicamentos, como su composición, forma farmacéutica y principios activos, así como trazar su recorrido comercial desde los laboratorios y distribuidores hasta su venta final en farmacias. Los resultados obtenidos, a partir de validaciones cualitativas y cuantitativas aplicadas al servicio de consulta de medicamentos, demostraron la viabilidad y eficacia del sistema propuesto, resaltando su potencial para incrementar la confianza del consumidor, reducir el riesgo de falsificaciones y mejorar el control sanitario en el país. Las conclusiones señalaron que la tecnología blockchain ofrecía una plataforma robusta, segura y transparente para abordar este problema crítico en el ámbito farmacéutico.

Este artículo constituye un antecedente valioso para la tesis titulada Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025, ya que evidencia el potencial transformador de blockchain en sectores estratégicos peruanos. La experiencia en el ámbito farmacéutico permite proyectar su aplicabilidad en el comercio exterior, donde la autenticidad, trazabilidad y seguridad de los productos son igualmente fundamentales para garantizar la transparencia de los flujos comerciales internacionales.

2.3. Bases teóricas

2.3.1 Fundamentación teórica sobre la variable independiente “Innovación disruptiva del blockchain”

Como sostiene Zhang et al. (2024), la innovación disruptiva del blockchain constituye, sin duda, uno de los fenómenos tecnológicos más trascendentales y paradigmáticos del siglo XXI. Su irrupción no solo ha transformado los fundamentos técnicos de la gestión de datos, sino que ha cuestionado las bases organizacionales, jurídicas y económicas sobre las cuales operan los sistemas transaccionales contemporáneos. A diferencia de las innovaciones incrementales, el blockchain no

introduce meras mejoras en procesos ya existentes; por el contrario, altera de forma radical los esquemas tradicionales de confianza, intermediación y control de la información, configurando nuevos marcos de gobernanza digital basados en la descentralización, la transparencia y la inmutabilidad (Ning et al., 2025).

En esencia, el blockchain es una tecnología de registro distribuido (DLT, por sus siglas en inglés) que permite almacenar información en bloques interconectados, en los cuales cada transacción es validada de manera consensuada por múltiples nodos independientes (Maine et al., 2024). Esta estructura elimina la necesidad de autoridades centrales que validen o custodien la información, trasladando la confianza desde las instituciones hacia el propio protocolo criptográfico y los mecanismos algorítmicos de verificación. Este principio de descentralización redefine las relaciones de poder y control en los sistemas económicos y logísticos globales, desafiando modelos centralizados históricamente dominantes en ámbitos tan diversos como la banca, la auditoría, los contratos comerciales, la propiedad intelectual, las finanzas internacionales y, particularmente, el comercio exterior (Yuan Zhang et al., 2023).

La disrupción generada por el blockchain se vuelve aún más evidente al analizar su impacto potencial en los sistemas de comercio exterior, donde la multiplicidad de actores, la complejidad documental, los altos volúmenes de operaciones y los riesgos asociados a fraudes y demoras convierten a la tecnología en una herramienta estratégica de primer orden (Wu et al., 2023). En los flujos logísticos internacionales participan entidades aduaneras, organismos de control sanitario, empresas exportadoras, aseguradoras, bancos, terminales portuarias y operadores logísticos, todos los cuales requieren intercambiar datos de forma constante, segura y verificable. En este contexto, el blockchain ofrece una solución sin precedentes para consolidar registros inmutables de las operaciones comerciales, rastrear el desplazamiento físico de las mercancías, automatizar las validaciones mediante contratos inteligentes y facilitar auditorías instantáneas con absoluta transparencia (Cao & Shen, 2022).

El carácter disruptivo de esta tecnología no solo reside en sus ventajas operativas, sino en su capacidad para redefinir los conceptos mismos de trazabilidad,

integridad documental y eficiencia procesal. Con blockchain, la trazabilidad deja de ser una función dependiente de registros manuales o centralizados y pasa a convertirse en un flujo de información continua, sincronizada y compartida en tiempo real entre los distintos eslabones de la cadena logística internacional (Alsalim & Ucan, 2023b). Así, los errores en la documentación, las manipulaciones fraudulentas y los retrasos por verificaciones redundantes encuentran un contrapeso tecnológico sólido que, debidamente implementado, podría eliminar muchos de los cuellos de botella que afectan hoy la competitividad de los sistemas de comercio exterior, especialmente en economías emergentes (Hurova & Kirpachova, 2023).

No obstante, el carácter disruptivo del blockchain no implica una adopción automática ni exenta de desafíos. Su implementación exige superar importantes barreras de interoperabilidad técnica, establecer marcos regulatorios innovadores que reconozcan la validez jurídica de los contratos inteligentes, definir estándares internacionales de comunicación entre redes heterogéneas y capacitar a los actores logísticos y aduaneros en la gestión de plataformas descentralizadas (Adil et al., 2024). En este sentido, el verdadero potencial de la innovación disruptiva del blockchain no radica únicamente en su dimensión tecnológica, sino en su capacidad de articular soluciones integradas, normativas y organizacionales que reestructuren los cimientos del comercio internacional moderno (Shilpa et al., 2024).

En el caso específico del Perú, donde la economía mantiene una fuerte dependencia de los flujos de comercio exterior y se enfrenta a las crecientes exigencias de los mercados globales, la incorporación estratégica de blockchain en los sistemas logísticos y aduaneros representa una oportunidad inaplazable para posicionar al país dentro de los nuevos paradigmas de la gobernanza digital global (Topcu et al., 2024). No se trata solo de introducir una tecnología avanzada, sino de transformar la lógica misma con la cual el país gestiona su inserción internacional, su competitividad logística y su capacidad de integración inteligente a las cadenas globales de valor (Attarde et al., 2025). En consecuencia, el estudio de la innovación disruptiva del blockchain en el contexto del comercio exterior peruano no es solo pertinente, sino absolutamente

necesario, tanto desde una perspectiva científica como desde una visión estratégica de desarrollo nacional (Wu et al., 2023).

2.3.2 Fundamentación teórica sobre las dimensiones de la variable independiente "Innovación disruptiva del blockchain"

La variable independiente de esta investigación, denominada innovación disruptiva del blockchain, se conceptualiza como un fenómeno tecnológico complejo que involucra transformaciones profundas en los sistemas de gestión de información, las estructuras de gobernanza y los mecanismos de confianza en los entornos logísticos internacionales. A fin de abordar su estudio de manera sistemática y rigurosa, la presente investigación estructura dicha variable en tres dimensiones fundamentales que permiten capturar sus principales manifestaciones operativas dentro del comercio exterior: la descentralización y seguridad, la automatización de procesos a través de los contratos inteligentes (smart contracts) y la trazabilidad y confianza. Cada una de estas dimensiones representa componentes esenciales e interdependientes mediante los cuales el blockchain redefine la gestión documental, la validación de transacciones y la transparencia en los sistemas logísticos y aduaneros. La fundamentación conceptual de estas dimensiones permite, por tanto, establecer los pilares analíticos que orientarán tanto la operacionalización de la variable como el posterior análisis empírico de su influencia sobre la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.

Dimensión 1: Descentralización y Seguridad

Según Kotey et al. (2023), la descentralización constituye el pilar filosófico y técnico central sobre el cual se edifica la innovación disruptiva del blockchain. A diferencia de los sistemas centralizados tradicionales, donde la validación y custodia de la información dependen de entidades únicas o jerarquizadas, el blockchain distribuye el control entre múltiples nodos independientes interconectados que participan en la verificación consensuada de cada transacción (Saad et al., 2023). Este principio

descentralizador rompe radicalmente con los esquemas de confianza verticalizada que han caracterizado históricamente a las instituciones aduaneras, logísticas y financieras del comercio exterior, donde la centralización ha sido tanto un mecanismo de control como una fuente recurrente de ineficiencias, cuellos de botella y vulnerabilidades sistémicas (Huang et al., 2025).

La seguridad en el blockchain se deriva precisamente de su descentralización, al eliminar puntos únicos de fallo y hacer prácticamente inviable la alteración fraudulenta de los registros. Cada bloque validado queda enlazado criptográficamente al anterior, generando una secuencia inmutable y verificable que asegura la integridad de la información a lo largo del tiempo (Šilenskytė et al., 2024). En el contexto del comercio exterior, donde se manejan volúmenes masivos de documentos sensibles, certificados, autorizaciones, permisos regulatorios y registros financieros, la descentralización no solo minimiza los riesgos de fraude y manipulación, sino que incrementa exponencialmente la transparencia, fortaleciendo la confianza institucional entre actores nacionales e internacionales. De este modo, descentralización y seguridad no son atributos aislados, sino componentes sinérgicos que, correctamente implementados, reconfiguran los fundamentos operativos y de gobernanza de los sistemas logísticos internacionales (Mhiri et al., 2024).

Dimensión 2: Automatización de Procesos (Smart Contracts)

Taherdoost (2023) sostiene que la automatización de procesos a través de los contratos inteligentes (smart contracts) representa una de las aplicaciones más revolucionarias y estratégicas del blockchain en el comercio exterior. Los smart contracts son códigos informáticos autoejecutables que operan bajo condiciones preestablecidas, verificables y transparentes (F. Ullah & Al-Turjman, 2023). Una vez que las partes involucradas acuerdan los términos y estos son programados en la red blockchain, el contrato se ejecuta de manera automática e irreversible cuando las condiciones acordadas se cumplen, eliminando la

necesidad de intermediación humana en el proceso de validación y cumplimiento (Sayeed et al., 2020).

Según Kirli et al. (2022), en el comercio exterior, donde los procedimientos aduaneros, certificaciones sanitarias, pagos internacionales, liberación de mercancías y seguros de transporte involucran múltiples etapas de autorización y sincronización interinstitucional, los smart contracts ofrecen una solución tecnológica de extraordinario potencial (Khan et al., 2021). Mediante su implementación es posible reducir drásticamente los tiempos de espera, eliminar redundancias burocráticas, minimizar errores por intervención manual y agilizar el flujo de mercancías a través de fronteras nacionales e internacionales (Kushwaha et al., 2022). Además, al operar bajo reglas preprogramadas, los contratos inteligentes refuerzan la seguridad jurídica y la predictibilidad en los acuerdos comerciales, aspectos críticos en el comercio global moderno donde la agilidad operativa es un factor determinante de competitividad (Zheng et al., 2020).

Desde un enfoque sistémico, la automatización de procesos basada en blockchain no solo optimiza operaciones puntuales, sino que permite rediseñar de manera integral los flujos logísticos, alineando los tiempos de despacho, pago y documentación en un entorno completamente sincronizado, transparente y auditable (Rozario & Vasarhelyi, 2018).

Dimensión 3: Trazabilidad y Confianza

Yacoub y Castillo (2022), sostiene que la trazabilidad constituye uno de los beneficios más tangibles y estratégicos que ofrece el blockchain en la gestión moderna de las cadenas logísticas internacionales. La posibilidad de registrar de forma automática, continua e inalterable cada evento asociado al movimiento de mercancías, desde su origen hasta su destino final, permite a los actores involucrados disponer de información precisa, verificable y en tiempo real sobre

el estado, ubicación y condiciones de las mercancías en tránsito (Garaus & Treiblmaier, 2021). En sectores altamente sensibles como la agroexportación, productos farmacéuticos, bienes perecibles o mercancías de alto valor agregado, la trazabilidad se convierte no solo en un elemento de eficiencia logística, sino en un requisito crítico para el acceso a los mercados globales más exigentes (Centobelli et al., 2022).

El blockchain, al registrar cada operación en bloques secuenciales validados colectivamente, asegura que los datos asociados al tránsito internacional de bienes no puedan ser manipulados, generando un historial documental íntegro y permanentemente auditable (Mahyuni et al., 2020). Esta propiedad eleva significativamente la confianza entre exportadores, importadores, aduanas, autoridades sanitarias, entidades financieras y consumidores finales, quienes pueden verificar la autenticidad de los procesos logísticos sin necesidad de recurrir a costosas auditorías o verificaciones físicas constantes (Behnke & Janssen, 2020). Además, esta confianza institucional basada en la inmutabilidad de la información reduce los riesgos comerciales, facilita el financiamiento internacional, optimiza los seguros logísticos y permite una integración fluida a estándares internacionales de cumplimiento regulatorio (Y. Zhang et al., 2024).

Por lo tanto, la trazabilidad y la confianza que aporta el blockchain no solo garantizan transparencia documental, sino que generan un nuevo paradigma de credibilidad operativa en los ecosistemas de comercio exterior, dotando a los sistemas logísticos de robustez, eficiencia y resiliencia frente a los desafíos crecientes de la economía global digitalizada (Cozzio et al., 2023).

2.3.3 Fundamentación teórica sobre la variable dependiente “Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior”

Como bien afirman (Klimenko, 2009) y (Pauletto, 2021), en el contexto actual del comercio internacional, caracterizado por su complejidad operativa, la multiplicidad de

actores intervinientes y el incremento exponencial de los flujos de información, la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior se constituye como un eje estructural indispensable para alcanzar niveles superiores de eficiencia, transparencia y competitividad (Bianchi et al., 2023). La interoperabilidad, entendida en su sentido más amplio, no se limita a la mera capacidad técnica de conectar sistemas informáticos; implica, fundamentalmente, la posibilidad de articular de forma fluida, segura y sincronizada los procesos, las plataformas tecnológicas, las normativas jurídicas y las estructuras organizacionales que configuran la operación logística y aduanera de los países (H. Yu & Yao, 2024). En este escenario, la interoperabilidad se erige como un principio rector que viabiliza el tránsito eficiente de mercancías, datos y servicios a través de las fronteras, convirtiéndose en un factor estratégico de desarrollo económico y facilitación comercial (Tang et al., 2025).

El comercio exterior involucra la interacción de múltiples entidades públicas y privadas, entre ellas las administraciones aduaneras, los organismos de control sanitario y fitosanitario, las empresas exportadoras e importadoras, las agencias de transporte, los operadores logísticos, las entidades financieras, los seguros internacionales y las plataformas de certificación de origen, entre otros actores (Chhetri et al., 2024). Cada uno de estos participantes gestiona volúmenes significativos de información sensible, que deben ser intercambiados de manera oportuna, precisa y verificable. Sin una interoperabilidad efectiva, los sistemas fragmentados generan redundancia de registros, validaciones manuales, discrepancias documentarias y demoras operativas, lo que termina afectando los tiempos de despacho, encareciendo los costos logísticos y reduciendo la competitividad internacional de las economías involucradas (X. Yan & Feng, 2023). En contraste, cuando los sistemas de comercio exterior logran niveles elevados de interoperabilidad, las operaciones transfronterizas fluyen de manera más ágil, confiable y segura, permitiendo el cumplimiento normativo en tiempo real, la reducción de los riesgos operativos y el fortalecimiento de la trazabilidad integral de las mercancías (Mahyuni et al., 2020).

Más allá de su dimensión técnica, la interoperabilidad en el comercio exterior supone un desafío institucional de enorme envergadura, en tanto requiere armonizar estándares internacionales, actualizar los marcos regulatorios internos, garantizar la compatibilidad semántica de los datos y establecer acuerdos multilaterales de intercambio de información bajo principios de soberanía digital y protección de datos sensibles (Emmer et al., 2018). En este sentido, no puede concebirse la interoperabilidad únicamente como un problema de integración de software, sino como un proceso de gobernanza compleja, donde convergen aspectos legales, tecnológicos, económicos y diplomáticos que condicionan el desempeño sistémico de las operaciones logísticas internacionales (Alvarez León, 2018).

En el caso específico de economías en desarrollo como el Perú, la carencia de interoperabilidad efectiva en sus sistemas de comercio exterior constituye hoy uno de los principales cuellos de botella que limitan su inserción competitiva en las cadenas globales de valor (Chituc, 2017). A pesar de los avances registrados con la implementación de plataformas digitales como la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) y los sistemas de despacho anticipado, aún persiste una fragmentación sustancial entre las distintas plataformas utilizadas por aduanas, organismos de control, puertos, aeropuertos, bancos, agencias logísticas y empresas exportadoras (Yu & Yao, 2024). Esta desconexión genera tiempos prolongados de validación documental, sobrecostos logísticos, riesgos de incongruencias en los registros y dificultades para cumplir con los estándares de trazabilidad exigidos por los mercados internacionales más sofisticados. La falta de interoperabilidad impide, además, implementar mecanismos de supervisión predictiva, aplicar modelos de gestión de riesgo basados en inteligencia artificial y establecer esquemas de fiscalización coordinada entre agencias fronterizas, limitando la capacidad del país para modernizar integralmente su ecosistema logístico (Chhetri et al., 2024).

Por lo tanto, la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior no solo representa una condición técnica deseable, sino una auténtica estrategia nacional de

transformación logística, capaz de posicionar al Perú como un actor eficiente, confiable y competitivo en el comercio global. Su materialización permitirá optimizar el flujo de mercancías, reducir los costos de transacción, acortar los tiempos de entrega, fortalecer la seguridad logística, facilitar el acceso a nuevos mercados y generar mayores niveles de confianza entre los socios comerciales internacionales (Pauletto, 2021). En consecuencia, el estudio riguroso de los factores que limitan o potencian la interoperabilidad en el comercio exterior peruano, como el que desarrolla la presente investigación doctoral, no solo aporta conocimiento científico al campo, sino que constituye un insumo de altísimo valor estratégico para la formulación de políticas públicas, el diseño de infraestructura tecnológica y la reingeniería de procesos logísticos que demanda la economía digital contemporánea (Behnke y Janssen, 2020).

2.3.4 Fundamentación teórica sobre las dimensiones de la variable dependiente "Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior"

La variable dependiente de esta investigación, denominada interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior constituye un fenómeno complejo y multidimensional que trasciende lo puramente tecnológico, abarcando aspectos operativos, organizacionales, regulatorios e institucionales que condicionan la fluidez, seguridad y eficiencia de los intercambios comerciales internacionales. A fin de abordar su estudio con la profundidad y rigurosidad científica que exige el análisis de su relación con la innovación disruptiva del blockchain, la presente investigación estructura esta variable en tres dimensiones fundamentales: la integración tecnológica, la eficiencia operativa y la gobernanza y normatividad. Cada una de estas dimensiones representa componentes estratégicos e interdependientes que explican las fortalezas y debilidades de los sistemas logísticos y aduaneros, determinando su capacidad real para operar de manera sincronizada, segura y competitiva en un entorno global crecientemente digitalizado. La fundamentación conceptual de estas dimensiones permitirá establecer los ejes analíticos centrales que orientarán tanto la operacionalización de la variable como el posterior análisis empírico de la influencia que ejerce sobre ella la incorporación de tecnologías disruptivas como el blockchain en el comercio exterior peruano durante el periodo 2023–2025.

Dimensión 1: Integración Tecnológica

Según Gholami et al. (2025), la integración tecnológica constituye el fundamento estructural inicial sobre el cual descansa la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior. Se refiere a la capacidad de articular, conectar y sincronizar de manera funcional los diversos sistemas de información, plataformas digitales, bases de datos y dispositivos tecnológicos que intervienen en las operaciones logísticas internacionales. En un ecosistema donde convergen actores públicos y privados, aduanas, organismos sanitarios, operadores logísticos, entidades financieras, aseguradoras, autoridades portuarias y sistemas bancarios internacionales; la ausencia de integración tecnológica conduce inevitablemente a la fragmentación de datos, duplicación de registros, inconsistencias informativas y prolongación innecesaria de los procesos de validación documental (Kutybayeva et al., 2025).

Cuando existe integración tecnológica efectiva, los sistemas heterogéneos se comunican bajo estándares comunes de interoperabilidad semántica, técnica y procesal, lo que permite que la información fluya en tiempo real, con precisión y trazabilidad plena entre los actores involucrados (Femimol & Joseph, 2025). Además, la integración tecnológica posibilita el desarrollo de plataformas de ventanilla única, intercambio automatizado de datos (EDI, API), reconocimiento de identidades digitales, certificación electrónica de origen y validación automática de autorizaciones regulatorias. Esta dimensión es clave para garantizar la cohesión operativa de todo el sistema logístico internacional, constituyendo la base sobre la cual pueden posteriormente implementarse tecnologías más sofisticadas como blockchain, inteligencia artificial o contratos inteligentes. Sin integración tecnológica robusta, la interoperabilidad plena resulta inviable, aun cuando existan avances normativos o de automatización parcial de procesos (Sadri, 2025).

Dimensión 2: Eficiencia Operativa

Según Du et al. (2025), la eficiencia operativa representa la manifestación práctica, tangible y cuantificable del nivel de interoperabilidad alcanzado en los sistemas de comercio exterior. Esta dimensión evalúa la capacidad de los procesos logísticos,

aduaneros y administrativos para ejecutar sus operaciones de manera ágil, coordinada, segura y con el mínimo consumo de recursos económicos, temporales y administrativos (Xia et al., 2025). En el comercio exterior moderno, donde los márgenes de competitividad se definen muchas veces por diferencias mínimas en tiempos de despacho, costos logísticos y precisión documental, la eficiencia operativa se convierte en un diferenciador estratégico de primer orden (Modares et al., 2025).

Como manifiesta Jovanovic et al. (2024), una interoperabilidad tecnológica bien articulada permite automatizar flujos documentarios, sincronizar etapas sucesivas de los despachos, minimizar los errores por digitación manual, reducir los tiempos de inspección física mediante controles de riesgo predictivo y optimizar el flujo de pagos internacionales (Pham et al., 2025). La eficiencia operativa, por tanto, no es un resultado aislado, sino el producto sinérgico de sistemas integrados capaces de compartir datos en tiempo real, activar respuestas automáticas y reducir la intervención humana en tareas rutinarias de validación y conciliación de documentos (Sunmola & Lawrence, 2024). La mejora en los niveles de eficiencia operativa repercute directamente en la reducción de costos logísticos, mejora de la competitividad exportadora, fortalecimiento de la confianza de los socios comerciales y cumplimiento oportuno de los compromisos contractuales internacionales. En consecuencia, analizar esta dimensión resulta crucial para evaluar objetivamente el impacto de cualquier tecnología emergente, como el blockchain sobre el funcionamiento sistémico del comercio exterior (Brewer et al., 2024).

Dimensión 3: Gobernanza y Normatividad

Según Daluwathumullagamage y Sims (2020), la gobernanza y la normatividad constituyen el componente institucional esencial que condiciona la viabilidad de cualquier sistema interoperable de comercio exterior. Esta dimensión no solo abarca el diseño de marcos legales y regulatorios compatibles con la interoperabilidad digital, sino también los mecanismos de coordinación interinstitucional, las estructuras de supervisión, las reglas de acceso y protección de datos, la certificación de estándares tecnológicos y la definición de responsabilidades entre los múltiples actores que operan

dentro del ecosistema logístico (Zwitter & Hazenberg, 2020). Sin un marco normativo adecuado, cualquier esfuerzo de integración tecnológica o automatización operativa corre el riesgo de fragmentarse, generar vacíos legales o carecer de reconocimiento jurídico en los intercambios internacionales (Ibrahim & Truby, 2022).

En el contexto del comercio exterior, la gobernanza normativa tiene un carácter multiescalar, pues involucra tanto regulaciones nacionales (aduanas, comercio exterior, protección de datos, contratos electrónicos, fiscalización) como compromisos multilaterales asumidos en tratados de libre comercio, convenios aduaneros y acuerdos internacionales sobre seguridad logística y transparencia comercial (Finck, 2018). La implementación de tecnologías disruptivas como el blockchain exige necesariamente la adaptación de marcos normativos que reconozcan jurídicamente la validez de los registros distribuidos, los contratos inteligentes, las firmas electrónicas avanzadas y los mecanismos de auditoría digital (Cengiz, 2023). Asimismo, requiere establecer estructuras sólidas de gobernanza digital capaces de coordinar los intereses de entidades públicas y privadas, proteger la integridad de los datos comerciales y establecer protocolos claros para la interoperabilidad transfronteriza de sistemas (Covarrubias & Covarrubias, 2021).

Por lo tanto, la gobernanza y normatividad no solo habilitan jurídicamente el funcionamiento de los sistemas interoperables, sino que garantizan su estabilidad, legitimidad, seguridad jurídica y sostenibilidad institucional en el largo plazo (Oliveira et al., 2020). Por ello, su estudio resulta ineludible para comprender integralmente las posibilidades de transformación de los sistemas de comercio exterior bajo el impacto de innovaciones tecnológicas emergentes (I. Ullah & Havinga, 2023).

2.3.5 Teorías científicas que sirven de soporte a la variable independiente “Innovación disruptiva del blockchain”

La innovación disruptiva del blockchain, en tanto fenómeno complejo y transformador, no surge de forma aislada dentro del campo tecnológico, sino que encuentra respaldo teórico en varios marcos conceptuales ampliamente reconocidos en

las ciencias de la innovación, la tecnología, la organización y los sistemas socioeconómicos. A continuación, se exponen las principales teorías científicas que sustentan conceptualmente el análisis de esta variable, cada una de las cuales aporta elementos explicativos fundamentales para comprender el carácter disruptivo y transformador del blockchain en los sistemas de comercio exterior.

a. Teoría de la Innovación Disruptiva

La teoría de la innovación disruptiva, formulada por Clayton Christensen, constituye el núcleo teórico más directo para explicar la irrupción del blockchain en los sistemas de comercio internacional (Bower & Raynor, 2003). Según este enfoque, las innovaciones disruptivas son aquellas que, al introducir nuevas tecnologías o modelos operativos, no buscan inicialmente competir en los segmentos dominantes del mercado, sino crear nuevos espacios de valor o transformar radicalmente la lógica existente de los procesos (Rathore et al., 2022). Estas innovaciones inicialmente pueden ser subvaloradas por los incumbentes tradicionales debido a sus características novedosas, pero con el tiempo evolucionan, mejoran su rendimiento y desplazan a los modelos convencionales, generando nuevas arquitecturas de mercado (Utterback & Acee, 2021).

En el caso del blockchain, su aparición no fue impulsada por los actores logísticos, aduaneros o financieros tradicionales, sino por desarrollos paralelos en criptografía, sistemas distribuidos y tecnologías de consenso descentralizado (Ganguly et al., 2024). Hoy, su capacidad para eliminar intermediarios, descentralizar la validación de transacciones, garantizar la inmutabilidad de los registros y automatizar procesos a través de contratos inteligentes, desafía profundamente la lógica centralizada sobre la cual operan los sistemas logísticos y de comercio exterior convencionales (Wang et al., 2022). Así, el blockchain no representa una simple mejora incremental de los sistemas documentarios existentes, sino un nuevo paradigma operativo, capaz de rediseñar completamente la gobernanza de los flujos de información, la confianza institucional y la eficiencia logística en el comercio internacional (Ho, 2022).

b. Teoría de los Sistemas Sociotécnicos

Como afirman Malik y Orr (2022), la teoría de los sistemas sociotécnicos aporta un marco complementario fundamental para analizar la innovación disruptiva del blockchain dentro de los sistemas de comercio exterior. Esta teoría sostiene que todo sistema organizacional o económico está compuesto por dos subsistemas profundamente interrelacionados (Read et al., 2015): el sistema técnico (tecnologías, herramientas, procesos) y el sistema social (personas, instituciones, normas, cultura organizacional). Cualquier transformación tecnológica, como lo es el blockchain, no puede comprenderse de forma aislada, sino dentro de la dinámica de interacción con las estructuras organizacionales, las normativas legales, las capacidades humanas y los patrones culturales que configuran el entorno donde dicha tecnología se implementa (Walker et al., 2008).

En este sentido, la innovación disruptiva del blockchain no solo supone la adopción de una nueva plataforma técnica, sino la redefinición profunda de los roles de los actores involucrados en el comercio exterior (aduanas, agencias regulatorias, operadores logísticos, bancos, aseguradoras, exportadores e importadores), la transformación de sus relaciones de poder, la reasignación de responsabilidades en los procesos de validación documental y el rediseño de marcos regulatorios que legitimen la operatividad de los contratos inteligentes y los registros distribuidos (El Manzani et al., 2019). Así, el análisis sociotécnico permite comprender que la incorporación exitosa del blockchain no depende únicamente de su capacidad técnica, sino también de la evolución institucional y cultural de los sistemas de comercio exterior para adaptarse a nuevos esquemas de gobernanza digital distribuida (Kaghan & Bowker, 2001).

c. Teoría de la Economía de Costos de Transacción

Según Andersen y Strandskov (2008), la economía de costos de transacción ofrece una perspectiva económica sólida para explicar el atractivo disruptivo del blockchain en los sistemas logísticos y de comercio exterior. Según esta teoría, en cualquier intercambio económico existen costos asociados a la búsqueda de información, la

negociación, la redacción y cumplimiento de contratos, la supervisión, la coordinación de actores y la resolución de disputas (Birnbaum, 2005). En los sistemas de comercio internacional, estos costos de transacción son especialmente elevados debido a la gran cantidad de actores intervinientes, la complejidad documental, la diversidad normativa y la opacidad informativa entre fronteras (Angus, 1999).

El blockchain, mediante la descentralización de registros, la validación automática de transacciones, la inmutabilidad de los datos y la autoejecución de contratos inteligentes, reduce sustancialmente dichos costos de transacción (Valentinov & Iliopoulos, 2024). La disminución de asimetrías de información, la eliminación de intermediarios verificadores y la automatización de los procesos contractuales simplifican radicalmente las etapas de negociación, verificación y ejecución de las transacciones comerciales. En consecuencia, los sistemas de comercio exterior que logren integrar blockchain dentro de su arquitectura operativa no solo alcanzarán mayor eficiencia logística, sino que optimizarán sus costos operativos, incrementando la competitividad global de los países que los adopten (Ketokivi & Mahoney, 2020).

d. Teoría de Redes (Network Theory)

Como Katz et al. (2004) y (Borsboom, 2017) manifiestan, la teoría de redes, tanto desde la perspectiva de las ciencias sociales como de la informática, ofrece una visión estructural indispensable para comprender el funcionamiento distribuido del blockchain. Desde este enfoque, el comercio exterior moderno puede ser interpretado como una red multinivel de actores interconectados que intercambian bienes, servicios, documentos e información a través de múltiples nodos y canales de comunicación (Borsboom, 2021). La eficiencia y resiliencia de dicha red dependen de su capacidad de sincronizar flujos de información, reducir tiempos de espera, evitar redundancias y gestionar eficientemente los vínculos de intercambio.

El blockchain introduce un nuevo modelo de red descentralizada, donde los nodos no dependen de un ente central coordinador, sino que validan transacciones de forma colectiva mediante algoritmos de consenso criptográfico (Kotey et al., 2023). Este diseño permite eliminar cuellos de botella propios de las redes centralizadas y aporta mayor robustez, transparencia y resistencia a fallos o fraudes sistémicos (Daluwathumullagamage & Sims, 2020). En los sistemas logísticos internacionales, la adopción de estructuras distribuidas basadas en blockchain permitiría optimizar la circulación de información crítica, sincronizar actores dispersos geográficamente, y fortalecer la resiliencia operativa de las cadenas globales de suministro frente a eventos disruptivos (Huang et al., 2025).

2.3.6 Teorías científicas que sirven de soporte a la variable dependiente "Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior"

El fenómeno de la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior representa un campo multidimensional que abarca aspectos tecnológicos, organizacionales, normativos y económicos profundamente interconectados. Su comprensión rigurosa requiere apoyarse en marcos teóricos sólidos que expliquen cómo la integración de sistemas heterogéneos, la estandarización de procesos y la sincronización institucional contribuyen a optimizar el flujo de bienes, servicios e información en el comercio internacional. A continuación, se desarrollan las principales teorías científicas que sustentan conceptualmente esta variable en el marco de la presente investigación.

A. Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1968)

La Teoría General de Sistemas, desarrollado por Von Bertalanffy (1968) y Lopreato y von Bertalanffy (1970), constituye uno de los soportes filosóficos y metodológicos más relevantes para comprender la interoperabilidad en el comercio exterior. Según esta perspectiva, todo sistema complejo, como lo es el ecosistema logístico internacional, está compuesto por múltiples subsistemas interrelacionados, cuyas interacciones

determinan el comportamiento global del sistema. Las aduanas, los operadores logísticos, los bancos, las agencias sanitarias, las aseguradoras y los exportadores/importadores constituyen subsistemas interdependientes dentro del gran sistema de comercio exterior.

Desde esta lógica, la interoperabilidad no es un atributo aislado de un componente tecnológico, sino una propiedad sistémica que emerge de la correcta interacción entre los diversos subsistemas que comparten datos, procesos y decisiones (Borgatti & Halgin, 2011). La falta de interoperabilidad revela precisamente la existencia de desajustes o ineficiencias en las interfaces entre estos subsistemas. Por lo tanto, lograr altos niveles de interoperabilidad exige diseñar arquitecturas de sistemas abiertas, estandarizadas y coordinadas, que permitan integrar procesos aduaneros, sanitarios, logísticos, documentarios y financieros bajo protocolos comunes, generando así sinergias operativas y mejorando el desempeño global del sistema de comercio exterior (Salvador & Sancho, 2021).

B. Teoría de la Gobernanza Global

La teoría de la gobernanza global ofrece un marco explicativo imprescindible para comprender el componente normativo e institucional de la interoperabilidad en el comercio exterior (Zelicovich, 2022). En un contexto donde las operaciones logísticas trascienden las fronteras nacionales, la coordinación normativa, la armonización regulatoria y la compatibilidad legal entre diferentes jurisdicciones se convierten en condiciones esenciales para viabilizar el intercambio fluido de información y mercancías (Fioretos & Tallberg, 2021).

Como manifiesta (Chumakov, 2013), el comercio exterior moderno está sujeto a múltiples acuerdos multilaterales, tratados de libre comercio, convenios aduaneros internacionales (como el Acuerdo de Facilitación del Comercio de la OMC) y normativas supranacionales que definen los estándares bajo los cuales deben operar los sistemas logísticos de los distintos países. La interoperabilidad efectiva depende, por tanto, de la

capacidad de los Estados, organismos internacionales y actores privados para establecer acuerdos de gobernanza compartida que permitan homologar procesos, reconocer certificados digitales, validar contratos electrónicos y garantizar la protección de datos transfronterizos. Sin estos consensos normativos multilaterales, cualquier esfuerzo de integración tecnológica carece de respaldo jurídico sostenible y de legitimidad operativa en el comercio internacional.

C. Teoría de la Estandarización (ISO; ITU; WCO Data Model)

La teoría de la estandarización explica el papel central que juegan los estándares técnicos, semánticos y de procesos en la construcción de sistemas interoperables. La interoperabilidad en el comercio exterior requiere, en primer lugar, que los datos transmitidos entre los diferentes actores sean interpretados de manera homogénea por todos los sistemas involucrados (Margaret et al., 2024). Esto exige la adopción de estándares internacionales que regulen el formato, el significado y la estructura de los mensajes de datos (por ejemplo, EDIFACT, XML, API internacionales), así como los protocolos de seguridad, autenticación y validación (Jiang et al., 2020).

Organismos como la Organización Mundial de Aduanas (WCO), la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE) y la International Telecommunication Union (ITU) han desarrollado modelos de datos y marcos normativos que permiten la estandarización de los flujos de información aduanera, logística y comercial. Sin la existencia de estos estándares, los sistemas nacionales de comercio exterior seguirían operando bajo esquemas incompatibles, generando duplicidades documentarias, demoras en los procesos de validación y altos costos administrativos. La estandarización es, en consecuencia, el pilar técnico indispensable que viabiliza la interoperabilidad tanto a nivel nacional como internacional (Ahlemann et al., 2023).

D. Teoría de la Ventaja Competitiva Sistémica

La teoría de la ventaja competitiva sistémica aporta un enfoque estratégico para entender la importancia de la interoperabilidad en el posicionamiento competitivo de los países dentro de las cadenas globales de valor (Bel, 2018). Según este enfoque, la competitividad de un país en el comercio internacional no depende únicamente de la eficiencia interna de sus empresas o de la calidad de sus productos, sino también, y de forma creciente de la eficiencia sistémica de su plataforma logística, aduanera, normativa y tecnológica (Wang, 2014).

La interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior permite reducir costos de transacción, agilizar los tiempos de despacho, minimizar los riesgos documentarios y fortalecer la trazabilidad y transparencia de los flujos logísticos (Denrell & Powell, 2023). Estos atributos son hoy condiciones imprescindibles para que los países puedan insertarse de manera eficiente en las redes internacionales de producción, distribución y comercialización (Wijayanti et al., 2024). Aquellos países que logran desarrollar plataformas interoperables sólidas, integradas tecnológicamente, armónicas normativamente y eficientes operativamente, se posicionan como hubs logísticos competitivos, atrayendo mayor inversión extranjera, diversificando mercados de exportación y fortaleciendo su resiliencia frente a los shocks logísticos globales (Moré et al., 2016).

2.4. Glosario

Blockchain. Tecnología de registro distribuido (Distributed Ledger Technology - DLT) que permite almacenar datos en bloques interconectados de forma cronológica, inmutable y descentralizada. Cada bloque contiene un conjunto de transacciones validadas por consenso de los nodos participantes, garantizando la integridad y trazabilidad de la información sin necesidad de una autoridad central (Daluwathumullagamage & Sims, 2020).

Innovación Disruptiva. Tipo de innovación que altera de manera radical los modelos de negocio, procesos o sistemas existentes, creando nuevos paradigmas operativos y desplazando las tecnologías o prácticas tradicionales. En el caso del blockchain, introduce una nueva arquitectura de confianza, descentralización y automatización en los sistemas de comercio exterior (Ho, 2022).

Interoperabilidad. Capacidad de distintos sistemas, plataformas y organizaciones de intercambiar, procesar y utilizar información de manera integrada, segura, eficiente y sin fricciones, independientemente de sus diferencias técnicas, normativas o institucionales. En el comercio exterior, la interoperabilidad permite que los actores logísticos, aduaneros, financieros y regulatorios puedan coordinar sus operaciones en tiempo real (Klimenko, 2009).

Smart Contracts (Contratos Inteligentes). Programas informáticos autoejecutables que operan sobre plataformas blockchain. Los smart contracts automatizan el cumplimiento de acuerdos previamente definidos entre partes, ejecutándose de forma automática cuando se cumplen las condiciones establecidas, reduciendo la necesidad de intermediación y minimizando riesgos de incumplimiento (Rozario & Vasarhelyi, 2018).

Descentralización. Principio operativo fundamental del blockchain que elimina la dependencia de una autoridad central, distribuyendo el control y validación de la información entre múltiples nodos independientes. Esta característica incrementa la seguridad, transparencia y resistencia a fraudes de los sistemas de información (Kee, 2004).

Trazabilidad. Capacidad de rastrear, registrar y verificar la trayectoria de bienes, documentos o datos a lo largo de todas las etapas de un proceso logístico o comercial. En el comercio exterior, la trazabilidad blockchain garantiza el seguimiento continuo e inalterable de las mercancías desde el origen hasta el destino final (Y. Zhang et al., 2024).

Seguridad Criptográfica. Conjunto de algoritmos matemáticos y técnicas de cifrado que aseguran la integridad, autenticidad, confidencialidad e inmutabilidad de los datos

registrados en una red blockchain, protegiendo la información frente a alteraciones no autorizadas o ataques informáticos (Huang et al., 2025).

Integración Tecnológica. Proceso de conexión, compatibilización y sincronización de distintas plataformas tecnológicas, sistemas de información y bases de datos, permitiendo la interoperabilidad efectiva entre los actores que participan en los procesos de comercio exterior (Navarro Rodríguez et al., 2019).

Eficiencia Operativa. Nivel de desempeño logrado por un sistema logístico o aduanero para ejecutar sus procesos con mínima utilización de recursos, en el menor tiempo posible y con la menor cantidad de errores o intervenciones redundantes (Bouillón, 2018).

Gobernanza Digital. Conjunto de normas, estructuras institucionales, mecanismos de coordinación y marcos regulatorios que gestionan el uso, acceso, seguridad y supervisión de tecnologías digitales en los sistemas de comercio exterior, garantizando su legitimidad jurídica y funcional (Frinaldi et al., 2023).

Costos de Transacción. Costos indirectos asociados a la búsqueda de información, negociación, validación, supervisión y cumplimiento de acuerdos comerciales. La adopción de tecnologías como el blockchain permite reducir significativamente estos costos, optimizando los flujos de comercio internacional (Pérez, 2016).

Plataforma VUCE (Ventanilla Única de Comercio Exterior). Sistema digital centralizado que permite la tramitación integrada de documentos, autorizaciones y permisos requeridos para las operaciones de importación, exportación y tránsito aduanero, simplificando los procedimientos administrativos y reduciendo los tiempos de despacho (Thorrens, 2020).

Modelo de Datos de la OMA (WCO Data Model). Estándar internacional establecido por la Organización Mundial de Aduanas para la estandarización de los datos requeridos en

los procesos aduaneros y de comercio exterior, facilitando la interoperabilidad entre sistemas nacionales e internacionales (Choi, 2011).

Consensus Algorithm (Algoritmo de Consenso). Mecanismo utilizado en las redes blockchain para validar y acordar la incorporación de nuevos bloques de datos, asegurando que todos los nodos participantes mantengan un registro común y confiable de las transacciones (Nguyen & Kim, 2018).

Facilitación del Comercio. Conjunto de medidas, procedimientos y prácticas internacionales destinadas a simplificar, armonizar y agilizar los trámites aduaneros y logísticos, reduciendo barreras no arancelarias, optimizando costos y mejorando la competitividad de las economías en el comercio global (Sidorov & Victorovna Sidorova, 2020).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

La presente investigación titulada “Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025” se enmarca dentro de un diseño metodológico cuidadosamente estructurado, cuya configuración responde plenamente a la naturaleza del fenómeno estudiado, los objetivos planteados y las exigencias científicas del análisis empírico. A continuación, se expone y fundamenta rigurosamente cada uno de los tipos y diseño de investigación adoptados.

Enfoque de investigación: Cuantitativo

El enfoque metodológico de la presente investigación es de naturaleza cuantitativa, lo cual obedece a la necesidad de obtener un conocimiento objetivo, verificable y generalizable sobre la relación existente entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el contexto peruano (Takona, 2024). La elección del enfoque cuantitativo no es arbitraria, sino plenamente coherente con el propósito de medir, mediante instrumentos estandarizados y estadísticamente validables, el grado de influencia que ejerce la adopción de blockchain sobre los niveles de interoperabilidad tecnológica, operativa y normativa (Williams et al., 2024).

El enfoque cuantitativo permite operacionalizar las variables en dimensiones e indicadores concretos, recolectar datos primarios a través de cuestionarios estructurados de escala Likert, y aplicar técnicas estadísticas de análisis correlacional que proporcionen resultados empíricamente sustentados (Weyant, 2022). Este rigor metodológico permite evitar la subjetividad interpretativa, garantizar la replicabilidad de los resultados, establecer patrones de comportamiento en la muestra estudiada y proyectar los hallazgos hacia escenarios aplicables en la toma de decisiones estratégicas

tanto en el sector público como privado. El modelo cuantitativo otorga además una base sólida para la contrastación de hipótesis, elemento central de la lógica científica positivista que guía el presente estudio (Ngo et al., 2024).

Tipo de investigación: Descriptiva

La investigación es en primer lugar de tipo descriptiva, en la medida que uno de sus objetivos fundamentales consiste en caracterizar de manera sistemática y detallada los niveles actuales de adopción de la innovación disruptiva del blockchain en el comercio exterior peruano, así como el grado de interoperabilidad alcanzado por los sistemas logísticos, aduaneros, financieros y regulatorios (Miksza et al., 2023). La descripción rigurosa de estas condiciones permite construir un diagnóstico preciso de las capacidades tecnológicas existentes, identificar los avances alcanzados, los vacíos estructurales, las fortalezas institucionales y las debilidades operativas que caracterizan el ecosistema logístico nacional en el periodo de análisis (Sahin & Mete, 2021).

El componente descriptivo reviste una importancia estratégica, dado que proporciona la línea base sobre la cual se sustenta el análisis correlacional posterior, permitiendo interpretar adecuadamente los niveles de asociación entre las variables y establecer las condiciones contextuales que condicionan su interacción (McCombes, 2022).

Tipo de investigación: Aplicada

Simultáneamente, esta investigación es de naturaleza aplicada, pues su propósito último trasciende la mera generación de conocimiento teórico y busca aportar soluciones concretas a un problema operativo de alta relevancia nacional: la optimización de los sistemas logísticos y aduaneros mediante la incorporación estratégica de tecnologías disruptivas (Fox & Alldred, 2023). La investigación aplicada tiene como finalidad generar insumos empíricos y recomendaciones prácticas que puedan ser utilizados por los organismos gubernamentales, los actores privados del comercio exterior, los diseñadores de políticas públicas y los desarrolladores

tecnológicos para mejorar la eficiencia, transparencia y competitividad del comercio exterior peruano (Evans et al., 2023).

El carácter aplicado de este estudio reviste particular importancia en el contexto actual, donde el país enfrenta desafíos significativos para modernizar su infraestructura logística, reducir los costos de transacción internacional y alinearse a las exigencias de los mercados globales digitalizados (Vetoshkina et al., 2023). Los hallazgos derivados de esta investigación contribuirán directamente a orientar el diseño de estrategias de transformación digital en las aduanas, los puertos, las agencias regulatorias y los sistemas de certificación electrónica, consolidando la capacidad del Perú para insertarse competitivamente en las cadenas globales de valor (Pozo Puértolas, 2024).

Tipo de investigación: Correlacional

El núcleo central de la presente investigación es de tipo correlacional, dado que el objetivo esencial es analizar el grado de relación existente entre la innovación disruptiva del blockchain (variable independiente) y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior (variable dependiente) (Pratama et al., 2023). No se busca únicamente describir los fenómenos, sino determinar si existe una asociación estadísticamente significativa entre ambas variables, identificar su dirección (positiva o negativa), su intensidad, y evaluar la fuerza de su vínculo mediante técnicas estadísticas apropiadas, específicamente la correlación de Spearman (Şata, 2023).

El enfoque correlacional permite superar el análisis meramente exploratorio, avanzando hacia la validación empírica de las hipótesis formuladas. A través de este enfoque, se aportarán evidencias sólidas que expliquen cómo y en qué medida los niveles de descentralización, automatización de procesos y trazabilidad aportados por el blockchain afectan los niveles de integración tecnológica, eficiencia operativa y gobernanza normativa de los sistemas logísticos peruanos. Este tipo de análisis es indispensable para fundamentar con rigor científico las propuestas de modernización que puedan derivarse de los hallazgos (Privitera, 2016).

Diseño de investigación: No Experimental

El presente estudio adopta un diseño no experimental, en tanto que las variables en análisis no son manipuladas por el investigador, sino que se observan tal como ocurren en el contexto real de las operaciones de comercio exterior en el Perú (Becker et al., 2015). La innovación disruptiva del blockchain y los niveles de interoperabilidad de los sistemas logísticos son fenómenos que se desarrollan en escenarios complejos donde confluyen múltiples factores institucionales, regulatorios, tecnológicos y económicos, imposibilitando su manipulación controlada en condiciones de laboratorio (Rojas Cárdenas & Rojas Cortés, 2000).

El diseño no experimental permite así respetar la naturaleza contextual de los fenómenos investigados, capturar sus interacciones tal como se presentan en la realidad operativa, y garantizar la validez externa de los resultados al estudiar los sistemas en su dinámica genuina. Este diseño resulta particularmente pertinente en estudios logísticos, aduaneros y de transformación digital, donde las variables de estudio están insertas en sistemas institucionales ampliamente interdependientes (Ahsanul, 2015).

Corte temporal: Transversal

Finalmente, la investigación adopta un corte transversal, lo que implica que los datos serán recolectados en un único momento del tiempo, correspondiente al periodo 2023–2025. Este diseño temporal permite obtener una radiografía precisa del estado actual de la relación entre la adopción del blockchain y la interoperabilidad en el comercio exterior peruano, considerando las condiciones tecnológicas, institucionales y operativas vigentes durante el periodo de estudio (Rodríguez & Mendivelso, 2018).

El corte transversal es metodológicamente adecuado en investigaciones correlacionales aplicadas, donde se busca identificar patrones de asociación en un momento específico, sin requerir la observación de cambios longitudinales o evolutivos en el tiempo (Maier et al., 2023). Además, permite optimizar recursos, garantizar la homogeneidad de las condiciones de medición, y obtener resultados aplicables de forma

inmediata para la formulación de propuestas de mejora y modernización de los sistemas logísticos nacionales (Faus-Llácer et al., 2021).

3.2. Población de estudio

La población de estudio de la presente investigación está conformada por todos los actores estratégicos que participan directamente en el ecosistema operativo, tecnológico, normativo y logístico del comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025. Específicamente, comprende a los funcionarios, especialistas y profesionales de entidades públicas y privadas que intervienen en los procesos de exportación e importación, así como en la gestión de los sistemas tecnológicos asociados al flujo internacional de mercancías. Este grupo incluye al personal técnico de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), funcionarios de la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE), representantes del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR), operadores logísticos, agentes de aduana, administradores de terminales portuarios y aeroportuarios, especialistas de empresas exportadoras e importadoras, desarrolladores de soluciones tecnológicas aplicadas al comercio internacional, y ejecutivos de instituciones financieras vinculadas al financiamiento y aseguramiento de operaciones comerciales internacionales.

Población aproximada:

Categoría	Estimado de personas
SUNAT – Aduanas	1 200–1 500
VUCE – MINCETUR	50–100
Operadores logísticos / agentes	800–1 000
Exportadores/importadores	4 000
Bancos y aseguradoras	800–1 000
Entidades públicas (Comex, cámaras...)	200–300
Total estimado	**≈ 7 050–7 900**

Fuente. Elaboración propia.

3.3. Tamaño de muestra

Tipo de Muestreo

Dado el diseño metodológico de la presente investigación, se ha optado por aplicar un muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple, el cual es plenamente coherente con los objetivos, el enfoque cuantitativo y el carácter correlacional del estudio. Este tipo de muestreo permite que cada unidad de análisis de la población tenga la misma probabilidad de ser seleccionada para formar parte de la muestra, garantizando así la representatividad estadística y reduciendo al mínimo el riesgo de sesgos de selección.

La elección del muestreo probabilístico responde a la necesidad de obtener datos que reflejen objetivamente las percepciones, experiencias y conocimientos de los actores involucrados en los procesos de comercio exterior respecto a la innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas. Al proporcionar a cada miembro de la población la misma oportunidad de ser incluido en la muestra, se asegura que los resultados puedan generalizarse de forma válida y confiable al conjunto de la población de estudio.

Además, el muestreo aleatorio simple resulta metodológicamente pertinente debido a que la población objeto de estudio, aunque es diversa en cuanto a funciones y niveles institucionales, está claramente identificada y delimitada dentro de los actores estratégicos del comercio exterior peruano. El acceso a bases de datos institucionales, registros de operadores logísticos, directorios empresariales de exportadores e importadores, y listas oficiales de funcionarios vinculados al sector permite la conformación de un marco muestral confiable y verificable.

Este diseño muestral refuerza la robustez metodológica del análisis estadístico posterior, particularmente al aplicar técnicas de correlación de Spearman, cuyo poder inferencial depende en gran medida de la representatividad y homogeneidad de la muestra seleccionada.

Criterios de Inclusión

Para garantizar la validez de los datos recolectados y asegurar la pertinencia de las unidades de análisis, se establecen los siguientes criterios de inclusión:

- Ser funcionario, directivo, especialista o profesional activo durante el periodo 2023–2025 en instituciones públicas o privadas vinculadas directamente a los procesos de comercio exterior en el Perú.
- Participar, gestionar o supervisar procesos relacionados con la gestión aduanera, la logística internacional, los sistemas de comercio exterior, la certificación, la regulación, el financiamiento, la tecnología o la normatividad aplicable al comercio internacional.
- Contar con experiencia mínima de un año en funciones vinculadas al comercio exterior, a fin de asegurar un nivel básico de conocimiento y familiaridad con los procesos logísticos y tecnológicos objeto de estudio.
- Aceptar voluntariamente su participación en la investigación y otorgar su consentimiento informado para la recolección de los datos.

Criterios de Exclusión

Con el propósito de preservar la calidad y consistencia de la información obtenida, se establece la exclusión de los siguientes casos:

- Personas cuya actividad profesional no guarde relación directa con los procesos logísticos, aduaneros, tecnológicos o normativos del comercio exterior.
- Participantes que, a pesar de formar parte de instituciones relevantes, no desempeñen funciones operativas o estratégicas relacionadas con la adopción tecnológica o la interoperabilidad de sistemas.
- Funcionarios o profesionales que, al momento de la recolección de datos, se encuentren fuera de sus funciones laborales por períodos prolongados de licencia, suspensión o cese.
- Respuestas incompletas o cuestionarios invalidados por inconsistencias graves en los datos aportados.

Tamaño de la Muestra: fundamentación estadística

Dado que la investigación trabajará con una población finita perfectamente identificada, compuesta por los actores institucionales y privados que intervienen en los sistemas de comercio exterior del Perú, resulta procedente aplicar la fórmula para el cálculo de muestra para poblaciones finitas. Esta fórmula permite determinar el tamaño óptimo de muestra que garantice resultados estadísticamente válidos, considerando un margen de error controlado y un nivel de confianza aceptable.

Para asegurar la máxima confiabilidad en los resultados, se adopta un nivel de confianza del 95%, lo que corresponde a un valor crítico de Z = 1.96 en la distribución normal estándar. Asimismo, se fija un margen de error máximo admisible (E) de ±5%, el cual es estadísticamente razonable en estudios de campo de naturaleza social, tecnológica y organizacional. Dado que no se cuenta con una proporción previa conocida para el parámetro de estudio, se adopta un valor conservador de p = 0.5 (máxima dispersión), lo que asegura el tamaño muestral más exigente y, por lo tanto, garantiza el mayor nivel de precisión estadística.

Fórmula de población finita

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot E^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

- **n** = tamaño de la muestra
- **N** = tamaño de la población
- **Z** = valor Z para el nivel de confianza (95% → Z = 1.96)
- **p** = proporción estimada (p = 0.5)
- **q** = 1 – p (q = 0.5)
- **E** = margen de error (5% → 0.05)

Sustituyendo los valores:

$$n = \frac{7500 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(7500 - 1) \cdot (0.05)^2 + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{7500 \cdot 3.8416 \cdot 0.25}{(7499 \cdot 0.0025) + (3.8416 \cdot 0.25)}$$

$$n = \frac{7500 \cdot 0.9604}{18.7475 + 0.9604}$$

$$n = \frac{7203}{19.7079}$$

$$n \approx 365.43$$

Por lo tanto, el tamaño muestral óptimo es: $n = 366$ personas

3.4. Técnicas de recolección de datos

La presente investigación adopta la técnica de encuesta estructurada como principal mecanismo de recolección de datos. Este instrumento es el más apropiado dentro del enfoque cuantitativo y correlacional planteado, al permitir la obtención de información empírica estandarizada, objetiva y comparable, sobre las percepciones, niveles de conocimiento, prácticas y experiencias de los actores estratégicos vinculados al comercio exterior peruano.

El instrumento diseñado es un cuestionario de 30 preguntas cerradas estructurado bajo la modalidad de escala de Likert de cinco puntos, cuyas opciones de respuesta abarcan los siguientes niveles:

- 1 = Totalmente en desacuerdo,
- 2 = En desacuerdo,
- 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo,
- 4 = De acuerdo,
- 5 = Totalmente de acuerdo.

Este formato facilita cuantificar las percepciones de los participantes respecto a las dimensiones e indicadores de cada variable, permitiendo el posterior tratamiento estadístico de los datos mediante técnicas de correlación no paramétrica.

El cuestionario ha sido diseñado de forma equilibrada y contiene lo siguiente:

- ❖ 15 preguntas destinadas a medir la variable independiente "Innovación disruptiva del blockchain", distribuidas en tres dimensiones específicas:
- **Descentralización y Seguridad (5 preguntas)**
- **Automatización de Procesos** (Smart Contracts) (5 preguntas)
- **Trazabilidad y Confianza** (5 preguntas)

- ❖ 15 preguntas destinadas a medir la variable dependiente "Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior", igualmente distribuidas en tres dimensiones:
- Integración Tecnológica (5 preguntas)
- Eficiencia Operativa (5 preguntas)
- Gobernanza y Normatividad (5 preguntas)

Cada ítem ha sido formulado con base en los indicadores previamente definidos durante la operacionalización de las variables, garantizando así la validez de contenido del instrumento. Las preguntas han sido sometidas a revisión de especialistas en comercio exterior, logística internacional, gestión aduanera y transformación digital, lo cual asegura la pertinencia técnica y semántica de cada enunciado.

Para fortalecer la confiabilidad del instrumento, se llevará a cabo una prueba piloto aplicada a un subgrupo reducido de la población objetivo. Los resultados preliminares de la prueba piloto permitirán calcular el coeficiente alfa de Cronbach, con el propósito de verificar la consistencia interna del cuestionario y realizar ajustes pertinentes antes de su aplicación definitiva.

La recolección de datos se ejecutará bajo un plan operativo mixto, incluyendo tanto la modalidad presencial como virtual, dependiendo de la ubicación y disponibilidad de los participantes, dada la dispersión geográfica de los actores involucrados en los procesos de comercio exterior. Esta estrategia busca maximizar la

cobertura poblacional, garantizar una tasa alta de respuesta válida, y optimizar la calidad y veracidad de los datos obtenidos.

3.5. Ética en la investigación

La presente investigación se rige por los más estrictos principios éticos que garantizan la integridad científica, el respeto a los participantes y la validez social del conocimiento producido. Estos principios orientan todo el proceso de diseño, ejecución y difusión de los resultados de la investigación, en concordancia con los estándares internacionales de ética en investigación científica, las normativas vigentes del sistema universitario peruano y los lineamientos de buenas prácticas en investigación social.

En primer lugar, la participación de los informantes será totalmente voluntaria, asegurándose que todos los participantes brinden su consentimiento informado previo a la aplicación del cuestionario. Dicho consentimiento establecerá con claridad los objetivos de la investigación, el uso de la información recolectada, la protección de los datos personales, y los derechos de los participantes a desistir o retirarse de la encuesta en cualquier momento, sin que ello implique consecuencia negativa alguna para ellos.

Asimismo, se garantiza la confidencialidad y el anonimato de las respuestas individuales. Los datos recolectados serán utilizados exclusivamente con fines académicos y de análisis científico, y en ningún caso se divulgarán los nombres, instituciones u otros datos que puedan identificar directamente a los participantes. El manejo de la información se realizará siguiendo protocolos de almacenamiento seguro, restringido y a a la integridad científica, el investigador se compromete a presentar los resultados de forma objetiva, transparente y veraz, evitando cualquier tipo de manipulación, sesgo o distorsión de los datos que pueda comprometer la validez de los hallazgos. Del mismo modo, se reconoce la autoría intelectual de todos los autores, teorías y fuentes empleadas, respetando rigurosamente las normas internacionales de citación académica.

Finalmente, la investigación observa el principio de pertinencia social, procurando que los resultados obtenidos contribuyan efectivamente a generar conocimiento aplicable, útil y relevante para la mejora de los sistemas de comercio exterior en el Perú, fortaleciendo su competitividad internacional y aportando al desarrollo económico del país en el marco de los nuevos desafíos de la transformación digital global.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, interpretación y explicación.

4.1.1. Análisis de fiabilidad del instrumento

La fiabilidad del instrumento constituye uno de los pilares fundamentales que garantizan la calidad metodológica de una investigación cuantitativa. En el presente estudio, la consistencia interna de las escalas ha sido evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, uno de los indicadores estadísticos más aceptados y rigurosos para medir la estabilidad y homogeneidad de los ítems de un cuestionario tipo Likert. Los resultados obtenidos en el análisis de fiabilidad para cada una de las variables, así como para el instrumento completo, reflejan un nivel sobresaliente de consistencia interna, lo cual otorga plena confianza en la calidad de los datos que serán utilizados en el análisis empírico posterior.

Análisis de fiabilidad del instrumento relacionado a la variable independiente

El análisis de fiabilidad correspondiente a la variable independiente "Innovación disruptiva del blockchain", compuesta por 15 ítems distribuidos en sus tres dimensiones teóricas (Descentralización y Seguridad, Automatización de Procesos - Smart Contracts, y Trazabilidad y Confianza), obtuvo un coeficiente Alfa de Cronbach de **0.913.** Este valor se sitúa dentro del rango de excelencia (superior a 0.90), indicando que los ítems presentan una altísima homogeneidad y correlación interna.

Tabla 1 Análisis de fiabilidad del instrumento relacionado a la variable independiente

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,913	15

Fuente. Elaboración propia.

Desde el punto de vista estadístico, este resultado permite afirmar que los indicadores formulados miden de manera estable y coherente los constructos subyacentes asociados a la adopción y los impactos de la tecnología blockchain dentro

del contexto logístico y normativo del comercio exterior. La elevada consistencia refleja que las afirmaciones propuestas dentro del cuestionario han sido correctamente diseñadas, tanto en su redacción como en su alineación conceptual con las dimensiones establecidas durante la fase de operacionalización de variables. En consecuencia, los datos que serán recolectados respecto a esta variable poseen un margen de error mínimo y una gran solidez para ser sometidos posteriormente al análisis correlacional.

Análisis de fiabilidad del instrumento relacionado a la variable dependiente

En cuanto a la variable dependiente "Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior", el Alfa de Cronbach obtenido ha sido aún superior, con un valor de **0.929**, calculado sobre los 15 ítems correspondientes a sus tres dimensiones (Integración Tecnológica, Eficiencia Operativa y Gobernanza y Normatividad). Este coeficiente evidencia un altísimo nivel de fiabilidad, considerado como excelente en el ámbito de la investigación social aplicada.

Tabla 2 Análisis de fiabilidad del instrumento relacionado a la variable dependiente

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,929	15

Fuente. Elaboración propia.

Este resultado confirma que los ítems asociados a la medición de los niveles de interoperabilidad en los sistemas de comercio exterior capturan de forma precisa, homogénea y robusta las percepciones de los actores estratégicos involucrados. La estructura del instrumento ha logrado sintetizar de manera adecuada los aspectos tecnológicos, operativos y normativos que conforman el complejo entramado de la interoperabilidad logística internacional. La consistencia observada garantiza que los resultados derivados de esta dimensión serán estadísticamente estables, libres de

sesgos de inconsistencia interna, y aptos para generar inferencias válidas dentro del marco del análisis correlacional.

Análisis de fiabilidad del instrumento completo

Finalmente, al evaluar el instrumento de forma global, integrando las 30 preguntas correspondientes a ambas variables, el análisis de fiabilidad general arrojó un **Alfa de Cronbach de 0.934**, confirmando que el cuestionario completo alcanza un nivel de fiabilidad sobresaliente.

Tabla 3 Análisis de fiabilidad del instrumento completo

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,934	30

Fuente. Elaboración propia.

Este resultado global implica que tanto las dimensiones teóricas como los ítems específicos del instrumento están interrelacionados de forma coherente, y que el cuestionario como conjunto opera como una herramienta metodológicamente sólida para medir el fenómeno complejo bajo estudio. La consistencia global obtenida supera ampliamente el umbral mínimo exigido en investigación científica (0.70) y se sitúa en los niveles óptimos (superior a 0.90), los cuales son indicativos de un diseño altamente robusto, confiable y adecuado para investigaciones de nivel doctoral.

El elevado Alfa global garantiza que el instrumento es estadísticamente confiable tanto en su estructura interna como en su aplicabilidad práctica, minimizando posibles errores de medición, aumentando la precisión de los resultados y fortaleciendo la credibilidad de las conclusiones que se obtendrán del análisis empírico.

4.1.2. Prueba de normalidad

El análisis de normalidad de los datos constituye una etapa fundamental dentro de los procedimientos estadísticos en estudios cuantitativos, pues permite determinar el tipo de técnicas estadísticas más apropiadas para el procesamiento y análisis de los datos empíricos. En el presente estudio, se ha aplicado la prueba de normalidad tanto a las variables globales como a sus dimensiones, utilizando dos de los test más robustos y ampliamente aceptados: el **Kolmogorov-Smirnov (K-S)** y el **Shapiro-Wilk (S-W)**.

Ambas pruebas evalúan la hipótesis nula de normalidad de los datos (H_o: los datos siguen una distribución normal). En caso de obtenerse un nivel de significancia (Sig.) inferior a 0.05, se rechaza la hipótesis de normalidad y se concluye que los datos no presentan una distribución normal.

Tabla 4 Prueba de normalidad de datos

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VI: Innovación disruptiva del blockchain	,185	400	<.001	,879	400	<.001
D1: Descentralización y Seguridad	,186	400	<.001	,915	400	<.001
D2: Automatización de Procesos (Smart Contracts)	,260	400	<.001	,814	400	<.001
D3: Trazabilidad y Confianza	,215	400	<.001	,860	400	<.001
VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior	,196	400	<.001	,896	400	<.001
DIM1: Integración Tecnológica	,226	400	<.001	,870	400	<.001
DIM2: Eficiencia Operativa	,219	400	<.001	,859	400	<.001
DIM3: Gobernanza y Normatividad	,233	400	<.001	,885	400	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente. Elaboración propia.

Para cada una de las variables y dimensiones, los resultados han sido consistentes tanto en Kolmogorov-Smirnov como en Shapiro-Wilk:

- Significancia (Sig.) en todas las pruebas = 0.000 ($p < 0.05$)
- Tamaño de muestra: n = 400
- Este patrón de resultados se repite de manera uniforme en todas las dimensiones y variables globales.

El hecho de que en todos los casos el valor de significancia sea menor a 0.05 indica que la hipótesis nula de normalidad ha sido rechazada en cada una de las pruebas. Por tanto, puede afirmarse de forma concluyente que:

Los datos recolectados para la variable independiente "Innovación disruptiva del blockchain", la variable dependiente "Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior" y todas sus dimensiones, no presentan distribución normal.

En términos metodológicos, este hallazgo es de alta relevancia ya que determina la ruta estadística a seguir en el análisis posterior. La ausencia de normalidad obliga a prescindir de técnicas paramétricas clásicas (como la correlación de Pearson, la regresión lineal clásica o las pruebas t de comparación de medias), y a recurrir al empleo de técnicas estadísticas no paramétricas, las cuales no exigen el supuesto de normalidad en la distribución de los datos.

La evidencia estadística obtenida a partir de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk confirma, de manera sólida y coherente, la no normalidad de los datos analizados. En consecuencia, la investigación mantiene su total coherencia metodológica al emplear técnicas de correlación no paramétrica (Spearman), garantizando el rigor, la validez y la robustez estadística de los resultados que serán presentados en los análisis inferenciales de la presente tesis.

4.1.3. Análisis de la relación de las variables a través del Chi-cuadrado

La prueba de Chi-cuadrado constituye una herramienta estadística no paramétrica de amplio uso en investigaciones cuantitativas, especialmente en aquellos estudios donde se busca establecer el nivel de asociación o dependencia entre dos variables categóricas u ordinales. En el marco de esta investigación, el análisis de Chi-

cuadrado fue aplicado para evaluar la existencia de relación estadísticamente significativa entre la variable independiente “Innovación disruptiva del blockchain” y la variable dependiente “Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior”, en función de los datos recolectados de una muestra de 400 casos válidos.

Los resultados del análisis de Chi-cuadrado muestran los siguientes valores estadísticos principales:

- Valor de Chi-cuadrado de Pearson: 2728.793
- Grados de libertad (gl): 1638
- Nivel de significancia (p): 0.000 ($p < 0.05$)

Adicionalmente, el estadístico de asociación lineal por lineal presenta un valor de 79.096 con un nivel de significancia de 0.000, ratificando la presencia de una asociación estadísticamente significativa entre ambas variables.

Es importante destacar que el análisis fue realizado sobre el total de 400 casos válidos (100% de los datos), sin pérdidas de información, lo que garantiza la robustez de los resultados obtenidos.

Tabla 5 Resultados de la relación de las variables a través del Chi-cuadrado

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	2728,793[a]	1638	<.001
Razón de verosimilitud	906,356	1638	1,000
Asociación lineal por lineal	79,096	1	<.001
N de casos válidos	400		

a. 1717 casillas (99,8%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,00.

Fuente. Elaboración propia.

El valor de **significancia bilateral (p = 0.000)** obtenido en la prueba de Chi-cuadrado de Pearson permite rechazar la hipótesis nula (H_o) de independencia entre las variables, confirmando la existencia de una relación estadísticamente significativa entre

la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior. En términos estrictamente estadísticos, la probabilidad de que esta asociación se haya producido por azar es inferior al 0.1%, lo que evidencia la fortaleza empírica del vínculo observado.

La magnitud elevada del estadístico de Chi-cuadrado (2728.793) respecto a los grados de libertad confirma la existencia de una asociación consistente entre los niveles de adopción de las prácticas y tecnologías de blockchain y los niveles de interoperabilidad alcanzados en los sistemas logísticos, aduaneros y normativos del comercio exterior peruano.

Por su parte, el valor altamente significativo de la asociación lineal por lineal **(79.096; p = 0.000)** aporta un complemento técnico adicional, sugiriendo que existe no solo una relación entre las variables, sino además una tendencia lineal positiva en la medida en que se incrementa la adopción de prácticas de innovación blockchain, también se elevan los niveles de interoperabilidad percibidos en el sistema.

4.2. Resultados descriptivos

4.2.1. Análisis de las variables de control

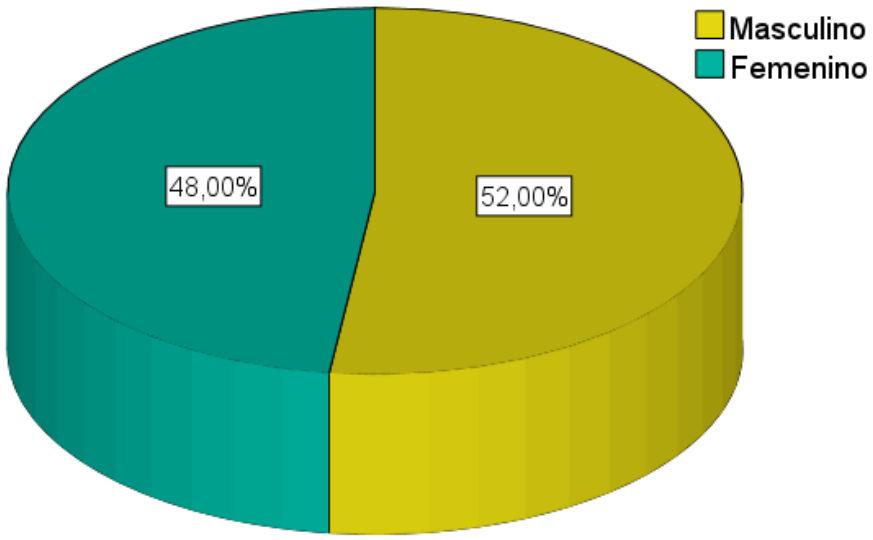
Género de los participantes

En la presente investigación, la distribución de los participantes según su género presenta una composición relativamente equilibrada, aunque con una ligera predominancia del género masculino. Según los datos obtenidos, el 52% de los encuestados corresponde al género masculino, mientras que el 48% pertenece al género femenino, tal como se observa claramente representado en la Figura 1.

Este resultado evidencia una pequeña brecha de participación de 4 puntos porcentuales a favor del género masculino, lo cual refleja de manera aproximada la

actual composición de los actores que participan en los procesos logísticos, tecnológicos y normativos vinculados al comercio exterior en el Perú. Aunque la diferencia porcentual no es elevada, permite identificar la persistencia de una leve desigualdad estructural en la inserción de las mujeres en posiciones estratégicas del ecosistema de comercio internacional, particularmente en áreas técnicas especializadas como las operaciones aduaneras, la logística internacional, los servicios financieros de comercio exterior, la administración de plataformas digitales y el desarrollo de tecnologías emergentes como el blockchain.

Figura 1 Género de los participantes



Fuente. Elaboración propia.

Grado o título de los participantes

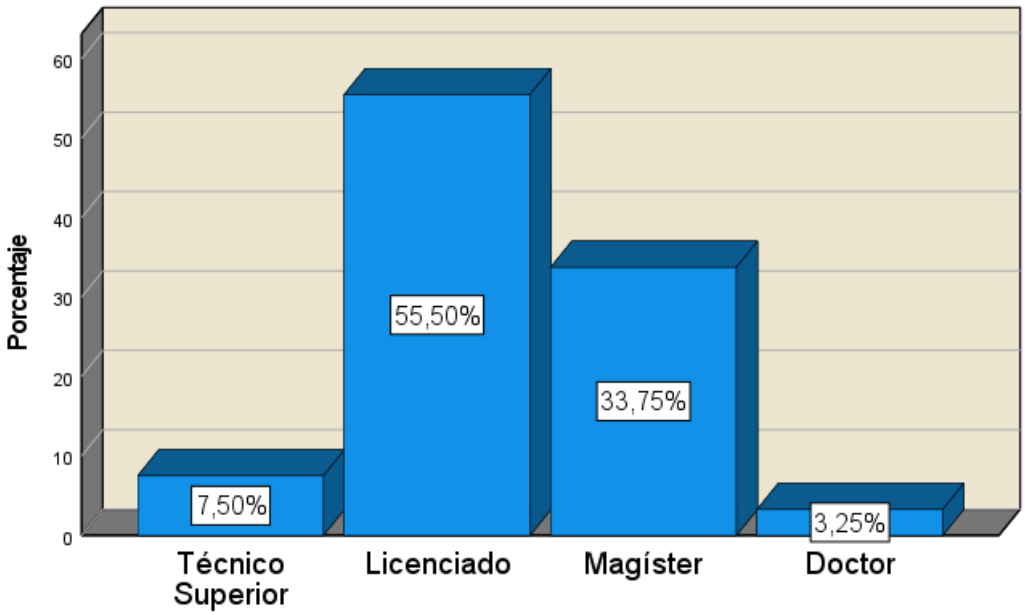
El análisis del nivel de formación académica de los participantes constituye un indicador clave para comprender el perfil profesional y la preparación técnica de los actores involucrados en la adopción de tecnologías disruptivas como el blockchain y en la gestión de la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior. Según los resultados presentados en la Figura 2, se observa una composición académica diversa, aunque altamente profesionalizada en el conjunto de los encuestados.

En primer lugar, destaca el hecho de que el 55,50% de los participantes cuenta con el grado de Licenciado, lo cual evidencia que más de la mitad de los actores involucrados posee formación universitaria de nivel superior. Este dato resulta altamente consistente con la naturaleza del ecosistema de comercio exterior, donde el ejercicio profesional en áreas como aduanas, logística, comercio internacional, finanzas, y desarrollo tecnológico requiere competencias universitarias sólidas.

En segundo término, el 33,75% de los encuestados posee estudios de Maestría, lo cual refleja un nivel importante de especialización y actualización profesional avanzada. La presencia de este porcentaje considerable de profesionales con posgrado permite inferir que una parte significativa de los actores implicados en los procesos de adopción tecnológica, diseño normativo, implementación logística y administración aduanera cuenta con una formación académica orientada al desarrollo de capacidades estratégicas y toma de decisiones complejas en entornos de comercio internacional cada vez más digitalizados y exigentes.

Por otro lado, el 7,50% corresponde a profesionales con formación de Técnico Superior, lo cual es coherente con la existencia de posiciones operativas y técnicas de alto nivel dentro de la cadena logística y aduanera, donde personal especializado participa activamente en los procedimientos documentarios, operativos y de supervisión directa de los flujos de comercio exterior.

Figura 2 Grado o título de los participantes



Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, un 3,25% de los participantes ostenta el grado de Doctor, lo cual, aunque representa un porcentaje menor en términos absolutos, resulta particularmente relevante dado que evidencia la existencia de expertos altamente cualificados, con capacidad de generación de conocimiento, liderazgo académico y formulación de políticas de innovación en el ámbito del comercio exterior y la transformación digital.

En su conjunto, los resultados obtenidos permiten afirmar que la muestra estudiada posee un elevado nivel de capital humano calificado, condición indispensable para analizar con rigor las percepciones, experiencias y niveles de adopción del blockchain en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior. La alta presencia de profesionales universitarios y de posgrado refuerza la validez de los datos obtenidos, pues garantiza que las respuestas provienen de actores que poseen tanto el conocimiento técnico como la experiencia práctica necesaria para emitir juicios informados sobre los fenómenos investigados.

Desde una perspectiva estratégica, estos resultados también aportan evidencia empírica sobre el estado de profesionalización del sistema de comercio exterior peruano, el cual avanza progresivamente hacia la consolidación de un ecosistema de actores altamente formados, capaces de enfrentar los desafíos técnicos, regulatorios y logísticos que supone la incorporación de tecnologías emergentes como el blockchain, la automatización documental, la inteligencia artificial y los sistemas interoperables multinivel.

Edad de los participantes

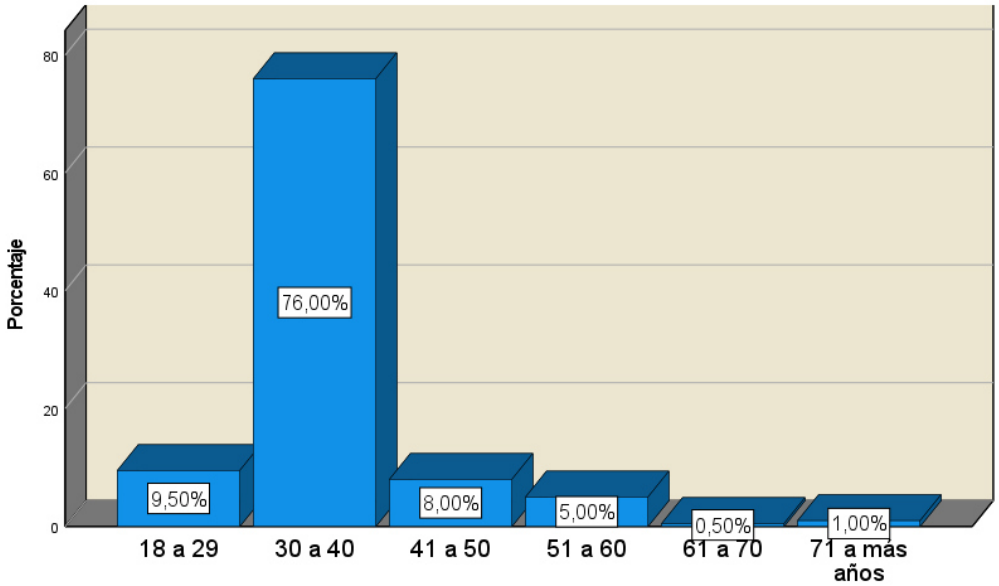
El análisis de la distribución etaria de los participantes ofrece una valiosa perspectiva sobre el perfil generacional de los actores estratégicos que intervienen en los procesos de comercio exterior, la adopción de tecnologías disruptivas como el blockchain y la gestión de la interoperabilidad logística en el Perú. Los resultados, mostrados en la Figura 3, permiten identificar una marcada concentración de participantes dentro de un segmento generacional clave.

En primer lugar, destaca que el 76% de los encuestados pertenece al grupo etario de 30 a 40 años, constituyéndose en el núcleo generacional predominante de la muestra. Este dato es sumamente revelador, ya que refleja la centralidad de los profesionales jóvenes-adultos como los principales agentes activos en la transformación digital, la administración logística, la gestión aduanera, el desarrollo normativo y la adopción de soluciones tecnológicas en los sistemas de comercio exterior del Perú. Esta franja etaria combina, por un lado, experiencia profesional ya consolidada y, por otro lado, alto nivel de adaptación tecnológica, flexibilidad organizacional y familiaridad con los nuevos entornos digitales emergentes como el blockchain, la automatización documental, los smart contracts y la interoperabilidad de plataformas.

El segundo grupo en relevancia corresponde a los participantes de 18 a 29 años (9.5%), lo que evidencia el progresivo ingreso de una nueva generación de profesionales jóvenes al ecosistema de comercio exterior. Este segmento representa el relevo

generacional que paulatinamente asumirá roles estratégicos en el diseño, implementación y operación de los sistemas logísticos y tecnológicos del país. Su incorporación es clave para consolidar la sostenibilidad del capital humano frente a los acelerados cambios que impone la cuarta revolución industrial.

Figura 3 Edad de los participantes



Fuente. Elaboración propia.

A continuación, el 8% de los participantes se ubica en el rango de 41 a 50 años, seguido por un 5% entre los 51 a 60 años, mientras que los grupos de mayor edad (61 a 70 años y 71 años a más) representan conjuntamente solo un 1.5% de la muestra. Esta reducción progresiva en los grupos etarios superiores es coherente con la naturaleza altamente especializada y tecnológica de las funciones que hoy exigen las instituciones públicas, privadas y los operadores logísticos vinculados al comercio exterior, donde el conocimiento de herramientas digitales, normativas modernas y plataformas interoperables resulta fundamental.

Desde una perspectiva metodológica, este perfil etario aporta fortaleza a la validez de la muestra, al estar conformada principalmente por profesionales que se encuentran en plena etapa de desempeño productivo, técnico y estratégico dentro de

las organizaciones involucradas. La concentración de profesionales en edades intermedias, que combinan experiencia, formación académica avanzada y competencias digitales, refuerza la calidad de las percepciones recogidas en la investigación respecto al fenómeno disruptivo del blockchain aplicado a la interoperabilidad logística internacional.

Adicionalmente, estos resultados ofrecen evidencia empírica útil para la formulación de políticas públicas, dado que muestran claramente cuáles son los grupos etarios que concentran el mayor peso decisional y operativo dentro del ecosistema de comercio exterior peruano. La formación continua de este grupo central de 30 a 40 años, junto con programas de capacitación tecnológica dirigidos a los segmentos jóvenes emergentes, serán clave para fortalecer la capacidad institucional del país en la adopción de soluciones disruptivas como el blockchain aplicado a la facilitación del comercio.

4.2.2. Análisis de la variable independiente a través de los elementos de la Tendencia Central

El análisis de los estadísticos descriptivos de la variable independiente "Innovación disruptiva del blockchain" proporciona una primera aproximación cuantitativa al comportamiento de los datos, permitiendo caracterizar las percepciones de los participantes respecto a la adopción y aplicación de esta tecnología disruptiva en el contexto de los sistemas de comercio exterior del Perú.

En primer lugar, se observa que la muestra completa consta de 400 casos válidos (N=400), sin presencia de datos perdidos, lo cual garantiza la integridad de la base de datos y refuerza la solidez metodológica del análisis.

El valor de la media aritmética fue de 52,88, lo que indica que, en promedio, los participantes valoran positivamente el grado de presencia, adopción o influencia del blockchain en el comercio exterior peruano. Este nivel relativamente alto de la media sugiere que los encuestados, en su conjunto, perciben un grado importante de incorporación o potencial de esta tecnología disruptiva dentro de los sistemas logísticos, aduaneros, normativos y financieros vinculados al comercio exterior.

La mediana, cuyo valor alcanza los 56,00, muestra que el 50% de los participantes posee percepciones situadas por encima de este valor, lo que reafirma la tendencia central positiva detectada. El hecho de que la mediana sea superior a la media sugiere una ligera concentración de respuestas en los niveles más altos de la escala, lo que puede interpretarse como una valoración algo más optimista o favorable de los encuestados hacia la adopción de blockchain.

Tabla 6 Análisis de la variable independiente a través de los elementos de la Tendencia Central

Estadísticos

VI: Innovación disruptiva del blockchain

N	Válido	400
	Perdidos	0
Media		52,88
Mediana		56,00
Moda		58
Desv. Desviación		8,523
Varianza		72,646
Asimetría		-1,184
Error estándar de asimetría		,122
Curtosis		1,222
Error estándar de curtosis		,243

Fuente. Elaboración propia.

El valor de la moda se sitúa en 58, lo cual indica que esta fue la puntuación más frecuente en las respuestas. El hecho de que la moda sea superior tanto a la media como a la mediana confirma nuevamente que existe un segmento importante de participantes que valoran con alta frecuencia el nivel de incorporación o aplicabilidad del blockchain en el comercio exterior.

Respecto a la dispersión de los datos, la desviación estándar registrada fue de 8,523, mientras que la varianza alcanzó un valor de 72,646. Estos resultados reflejan que, aunque existe cierta variabilidad natural en las percepciones de los encuestados, las respuestas no presentan una dispersión extrema, permaneciendo relativamente concentradas alrededor de la media. La homogeneidad relativa en las respuestas

respalda la consistencia de los juicios emitidos por los participantes, lo cual es metodológicamente favorable para el análisis inferencial posterior.

En lo que respecta a la asimetría, se obtuvo un valor de -1,184, indicando una asimetría negativa o sesgo a la izquierda. Este resultado implica que existe una ligera tendencia de los datos a concentrarse en los valores más altos de la escala, con una cola de frecuencias extendida hacia los valores inferiores. Este comportamiento es esperable en estudios sobre adopción tecnológica, donde una proporción importante de los actores ya familiarizados o activos en los procesos de transformación digital manifiestan niveles elevados de acuerdo respecto al potencial y utilidad del blockchain.

El análisis de la curtosis, con un valor de 1,222, sugiere que la distribución presenta una leve forma leptocúrtica (más apuntada que la normal), lo que indica que las respuestas tienden a agruparse con mayor densidad alrededor de la media y existen menos valores extremos. Esta característica refuerza la existencia de un núcleo central de percepciones compartidas entre los participantes, con baja dispersión en los extremos de la escala.

Finalmente, los errores estándar de asimetría (0,122) y de curtosis (0,243) permiten confirmar que las medidas descriptivas obtenidas se encuentran dentro de los márgenes estadísticos aceptables para la interpretación segura de los datos, fortaleciendo la confiabilidad de los resultados obtenidos.

4.2.3. Análisis de la variable dependiente a través de los elementos de la Tendencia Central

El análisis estadístico de la variable dependiente permite caracterizar la percepción de los participantes respecto al nivel de interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, factor central para comprender el grado de integración tecnológica, operativa y normativa dentro de los procesos de comercio internacional.

En primer lugar, el tamaño total de la muestra es nuevamente de 400 casos válidos (N = 400), sin registros de datos perdidos, lo cual respalda la consistencia y validez de la base de datos utilizada para el análisis descriptivo e inferencial posterior.

El valor de la media aritmética es de 53,92, indicando que, en promedio, los participantes perciben un nivel moderadamente alto de interoperabilidad dentro de los sistemas de comercio exterior peruanos. Esta media, al ubicarse ligeramente por encima de la mitad de la escala utilizada, refleja que, si bien existen avances importantes, aún persisten ciertos márgenes de mejora en los procesos de integración tecnológica entre los diferentes actores logísticos, aduaneros, regulatorios y financieros involucrados.

El valor de la mediana alcanza los 58,00, lo que señala que el 50% de los participantes posee percepciones por encima de este umbral. Este dato evidencia que, aunque existen algunas diferencias individuales en las valoraciones, la tendencia general es hacia una percepción favorable de los niveles de interoperabilidad alcanzados. La mediana, superior a la media, confirma además una ligera concentración de respuestas en los valores superiores de la escala, sugiriendo optimismo en los actores frente a los procesos de modernización digital.

Tabla 7 Análisis de la variable dependiente a través de los elementos de la Tendencia Central

Estadísticos

VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior

N	Válido	400
	Perdidos	0
Media		53,92
Mediana		58,00
Moda		60
Desv. Desviación		8,686
Varianza		75,447
Asimetría		-1,021
Error estándar de asimetría		,122
Curtosis		,735
Error estándar de curtosis		,243

Fuente. Elaboración propia.

El valor de la moda fue de 60, indicando que este puntaje fue el más frecuente entre los participantes. La cercanía de la moda y la mediana, ambas superiores a la media, confirma una inclinación generalizada de los participantes a ubicar sus valoraciones en los rangos más altos de la escala, consistente con un clima de percepción positiva hacia los esfuerzos de interoperabilidad actualmente en desarrollo.

Respecto a la dispersión, la desviación estándar se ubicó en 8,686, mientras que la varianza alcanzó un valor de 75,447. Estos valores reflejan un nivel de dispersión moderado, dentro de parámetros controlados, lo cual indica que no existen diferencias extremas entre los participantes respecto a la percepción del nivel de interoperabilidad. Este nivel de homogeneidad refuerza la confiabilidad de los datos y permite aplicar técnicas inferenciales con un margen reducido de error estadístico.

En relación a la asimetría, se obtiene un valor de -1,021, lo que indica la presencia de una asimetría negativa o sesgo hacia la izquierda. Esto implica que existe una mayor concentración de respuestas en los niveles superiores de la escala, mientras que los valores más bajos son menos frecuentes. Este patrón de asimetría negativa es coherente con la tendencia observada en procesos de innovación tecnológica, donde los participantes perciben mejoras progresivas en la integración de los sistemas logísticos, aduaneros y normativos.

Por su parte, la curtosis arrojó un valor de 0,735, lo que sugiere una distribución ligeramente leptocúrtica, con mayor concentración de datos en torno a la media y una menor dispersión en los extremos. Este resultado confirma que las percepciones de los participantes tienden a agruparse en torno a niveles altos de interoperabilidad, existiendo escasas respuestas en los extremos de la escala.

Finalmente, tanto el error estándar de asimetría (0,122) como el error estándar de curtosis (0,243) se encuentran dentro de rangos estadísticos adecuados, lo que garantiza la estabilidad y confiabilidad de los estadísticos descriptivos obtenidos.

En conclusión, los resultados descriptivos de la variable “Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior” reflejan que los actores del comercio exterior peruano perciben avances concretos en los niveles de integración tecnológica, operativa y normativa. Aunque aún existen márgenes de mejora, las percepciones tienden a concentrarse en los valores superiores de la escala, indicando optimismo y reconocimiento a los esfuerzos realizados en materia de transformación digital, interoperabilidad documental y sincronización de plataformas tecnológicas dentro de los procesos de comercio exterior.

Estos resultados preliminares no solo aportan evidencia empírica inicial para las hipótesis planteadas, sino que además refuerzan la pertinencia de explorar con mayor detalle la forma en que la innovación disruptiva del blockchain está incidiendo sobre el grado de interoperabilidad de los sistemas logísticos y normativos peruanos.

4.2.4. Análisis de los niveles de eficiencia de la variable independiente

El análisis de los niveles de eficiencia de la variable independiente permite evaluar con mayor precisión el grado de desarrollo, implementación y percepción del uso de tecnologías blockchain en los procesos de comercio exterior en el Perú. Los resultados, presentados en la Figura 4, reflejan la heterogeneidad de percepciones existentes dentro del ecosistema institucional, logístico, normativo y tecnológico analizado.

De acuerdo con los criterios de interpretación previamente establecidos, se definieron tres niveles de eficiencia:

Tabla 8 Criterios para la interpretación de los niveles de eficiencia de la variable independiente

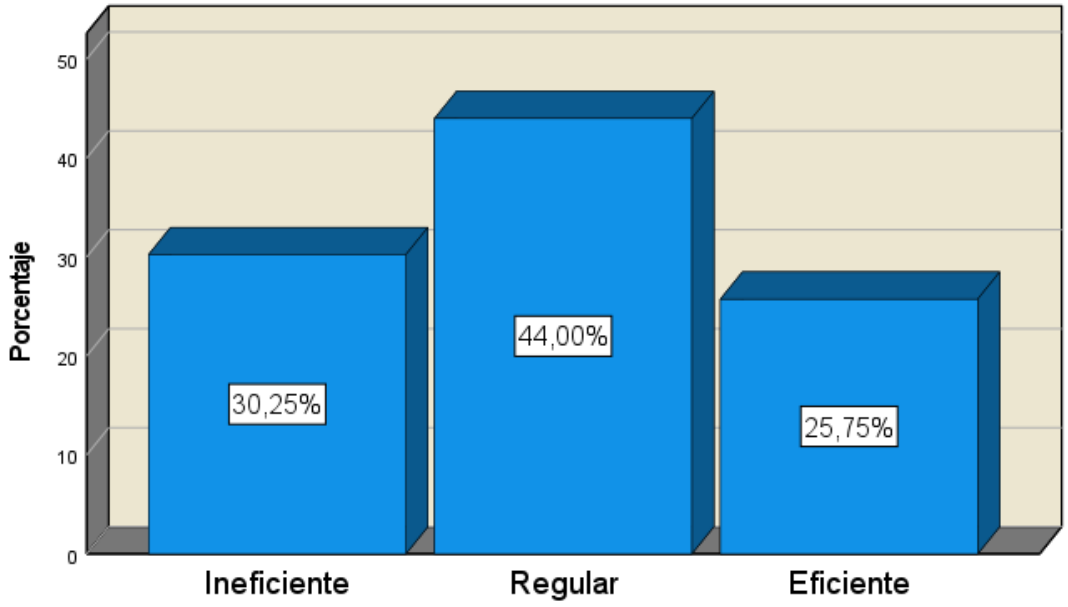
VI: Innovación disruptiva del blockchain	
NIVELES	**INTERVALO**
Ineficiente	16 a 51
Regular	52 a 58
Eficiente	59 a 75

Fuente: elaboración propia.

Al observar los resultados obtenidos, se aprecia que el mayor porcentaje de los encuestados (44,00%) sitúa la adopción del blockchain en un nivel Regular. Este segmento representa el núcleo predominante de los participantes, lo cual indica que, si bien existen avances concretos en la incorporación de esta tecnología disruptiva dentro de los sistemas de comercio exterior, todavía persisten limitaciones y desafíos estructurales que dificultan alcanzar su plena eficiencia.

Este hallazgo refleja una situación transicional: los actores reconocen que la tecnología blockchain ha sido incorporada parcialmente en determinados procesos, por ejemplo: automatización documental, validación de contratos, o trazabilidad aduanera, pero aún no se ha logrado su integración total y sistemática en todo el ecosistema logístico nacional. Este escenario "regular" es propio de países que se encuentran en fases inter

Figura 4 Análisis de los niveles de eficiencia de la variable independiente "Innovación disruptiva del blockchain"



Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, un 25,75% de los participantes calificó la situación como Eficiente, evidenciando que existe un segmento importante dentro de los operadores logísticos, gestores tecnológicos y entidades públicas vinculadas al comercio exterior que sí

perciben avances significativos en la incorporación de blockchain como herramienta estratégica para fortalecer la interoperabilidad, seguridad documental, transparencia y automatización de procesos. Este grupo puede estar compuesto principalmente por instituciones líderes en innovación digital dentro del sector, operadores privados altamente tecnificados, así como unidades aduaneras o logísticas que han empezado a implementar soluciones concretas basadas en blockchain.

Finalmente, un 30,25% de los encuestados percibe el nivel de adopción como Ineficiente, lo cual revela la existencia de un segmento considerable de actores que todavía experimentan barreras técnicas, organizacionales o regulatorias para la incorporación efectiva de estas tecnologías disruptivas. Este grupo puede reflejar tanto a sectores rezagados en la transformación digital como a aquellos cuya exposición directa al blockchain aún es limitada, producto de restricciones presupuestarias, falta de capacitación especializada o ausencia de políticas de interoperabilidad adecuadas.

Desde el punto de vista estratégico, este análisis evidencia que el Perú se encuentra actualmente en un escenario intermedio de adopción del blockchain en el comercio exterior, donde conviven simultáneamente actores con diferentes niveles de avance tecnológico. Esta realidad es consistente con el comportamiento de adopción de tecnologías disruptivas descrito en los modelos de difusión de innovación (Rogers, 2003), donde los sistemas pasan gradualmente de los grupos iniciales de innovadores hacia una mayoría temprana, enfrentando durante ese proceso desafíos relacionados con la gobernanza digital, los marcos regulatorios, la estandarización de protocolos y la capacitación de los recursos humanos.

Metodológicamente, la dispersión observada en los niveles de eficiencia otorga riqueza analítica a los resultados, pues permite entender que la transformación digital no es homogénea ni lineal, sino que responde a múltiples factores institucionales, tecnológicos, organizacionales y normativos que afectan la velocidad y profundidad de adopción del blockchain en los sistemas de comercio exterior

En conclusión, los resultados muestran que, si bien el blockchain ya empieza a ser integrado en sectores estratégicos del comercio exterior peruano, el proceso aún enfrenta importantes desafíos para alcanzar niveles plenos de eficiencia. Estos hallazgos refuerzan la pertinencia de políticas públicas orientadas a fortalecer la capacitación técnica, el diseño de normativas interoperables, el desarrollo de plataformas digitales compartidas y la estandarización de los procesos aduaneros y logísticos, a fin de maximizar el impacto disruptivo del blockchain como motor de modernización logística y competitividad internacional.

4.2.5. Análisis de los niveles de eficiencia de la variable dependiente

El análisis de los niveles de eficiencia de la variable dependiente permite evaluar de manera objetiva el grado de integración tecnológica, operativa y normativa que perciben los actores del comercio exterior peruano respecto a la capacidad de interoperabilidad de los sistemas involucrados en los procesos logísticos, aduaneros y regulatorios del país. Según los criterios de interpretación previamente establecidos, los intervalos de clasificación son los siguientes:

Tabla 9 Criterios para la interpretación de los niveles de eficiencia de la variable dependiente "Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior"

VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior	
NIVELES	**INTERVALO**
Ineficiente	17 a 50
Regular	51 a 60
Eficiente	61 a 75

Fuente. Elaboración propia.

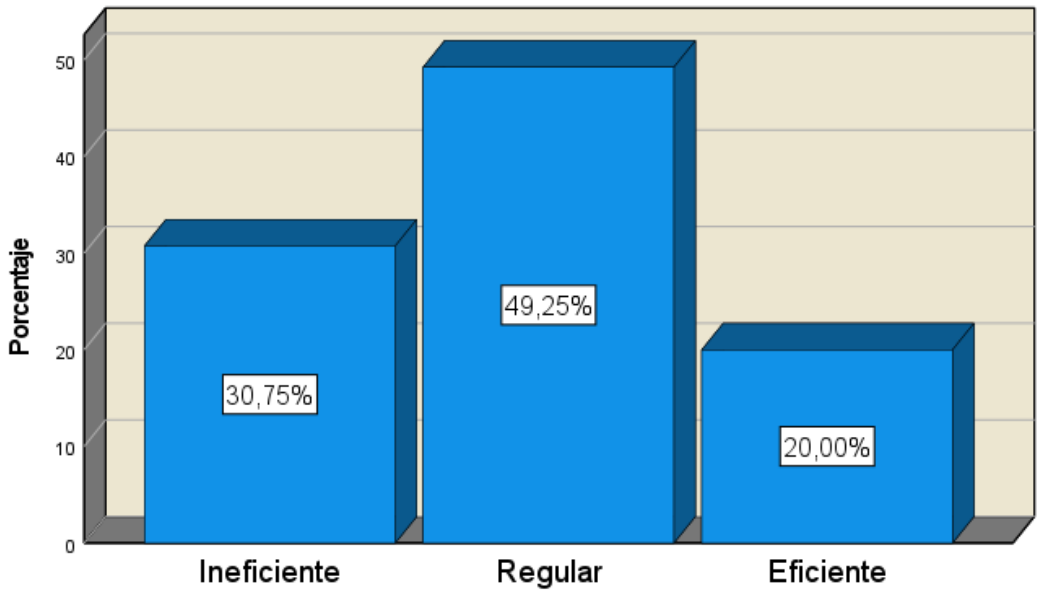
En función de estos criterios, los resultados obtenidos, representados en la Figura 9, evidencian una distribución heterogénea de los niveles de interoperabilidad percibidos por los participantes.

En primer lugar, destaca que el 49,25% de los encuestados clasifica la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el nivel Regular, constituyéndose este segmento en el grupo mayoritario dentro de la muestra. Este

resultado indica que, si bien existen esfuerzos importantes en marcha para mejorar la interoperabilidad entre las plataformas aduaneras, logísticas, financieras y regulatorias, todavía se encuentran limitaciones estructurales que dificultan una integración plenamente eficiente entre los diferentes sistemas y actores institucionales.

Este comportamiento regular es coherente con la realidad de los sistemas logísticos peruanos, los cuales han iniciado procesos de digitalización e integración —por ejemplo, a través de la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE), los sistemas electrónicos de SUNAT, o la incorporación parcial de soluciones blockchain—, pero aún enfrentan desafíos para consolidar una interoperabilidad total entre instituciones públicas, operadores privados, plataformas tecnológicas, estándares normativos y bases de datos distribuidas.

Tabla 10 Análisis de los niveles de eficiencia de la variable dependiente "Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior"



Fuente. Elaboración propia.

Por otro lado, un 20,00% de los participantes sitúa la interoperabilidad en el nivel Eficiente, lo que revela que existe un segmento de actores que percibe avances significativos en la articulación de los sistemas de comercio exterior, particularmente en algunos sectores o instituciones que han logrado implementar protocolos tecnológicos

avanzados, interoperabilidad documental, automatización de validaciones aduaneras o conexión entre plataformas digitales transfronterizas.

Finalmente, un 30,75% de los encuestados califica el nivel de interoperabilidad como Ineficiente, lo cual evidencia la existencia de un grupo importante de operadores que continúa enfrentando dificultades significativas en los procesos de integración tecnológica. Este segmento podría reflejar limitaciones asociadas a la falta de estandarización de procedimientos, la persistencia de trámites manuales, la redundancia de registros documentales, o bien la escasa conectividad entre plataformas institucionales, dificultando la fluidez logística y normativa del comercio exterior peruano.

Desde un enfoque estratégico, estos resultados permiten afirmar que la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú se encuentra en una etapa de maduración intermedia, donde se ha logrado superar las primeras barreras de digitalización básica, pero aún subsisten importantes vacíos técnicos, normativos e institucionales que dificultan consolidar un ecosistema plenamente interoperable, seguro y sincronizado en tiempo real.

Este diagnóstico es consistente con la literatura especializada en transformación digital del comercio exterior, donde la interoperabilidad suele representar uno de los principales desafíos de los países en desarrollo, debido a la complejidad institucional que supone alinear múltiples organismos públicos y privados, bajo marcos regulatorios homogéneos, plataformas tecnológicas integradas, y flujos de datos confiables y seguros a nivel transfronterizo.

En conclusión, el análisis de los niveles de eficiencia evidencia que la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú presenta una condición de desarrollo parcial, con un importante margen de avance hacia la integración plena de sus plataformas logísticas, aduaneras, regulatorias y financieras. Estos resultados refuerzan la pertinencia de implementar políticas de modernización tecnológica, armonización normativa y fortalecimiento de los estándares de gobernanza digital, como pilares esenciales para la consolidación de un ecosistema de comercio

exterior competitivo, interoperable y alineado a las exigencias de la economía digital global.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis general

Como hipótesis general se formuló que “Existe una relación significativa entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025”. Lo cual se valida, ya que los resultados obtenidos a través de la prueba no paramétrica de correlación de Spearman muestran un coeficiente de correlación de 0,824 con un nivel de significancia bilateral de p = 0.000. El valor altamente significativo (p < 0.01) permite rechazar la hipótesis nula de independencia y confirmar que existe una relación positiva, alta y estadísticamente significativa entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior.

Tabla 11 Resultados de la prueba de hipótesis general

Correlaciones

			VI: Innovación disruptiva del blockchain	VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior
Rho de Spearman	VI: Innovación disruptiva del blockchain	Coeficiente de correlación	1,000	,824**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	400	400
	VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior	Coeficiente de correlación	,824**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	400	400

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente. Elaboración propia.

Este resultado es contundente: a medida que se incrementa el nivel de adopción, desarrollo e implementación del blockchain dentro de los procesos aduaneros, logísticos, documentarios y normativos, también se observa un claro mejoramiento en los niveles de interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior. La alta magnitud

de la correlación evidencia que la innovación tecnológica basada en blockchain no solo es un factor incidental, sino un verdadero componente estructural que incide directamente en la eficiencia, integración y sincronización de los procesos transfronterizos.

Desde el punto de vista científico, esta validación empírica confirma plenamente el modelo conceptual planteado en la presente investigación, sustentado en los aportes de las teorías de innovación disruptiva, gobernanza digital y sistemas interoperables. En consecuencia, la hipótesis general queda validada empíricamente con un altísimo grado de significancia estadística y solidez conceptual.

4.3.2. Prueba de hipótesis específica 1

Por otro lado, se formuló como hipótesis específica 1 que “Existe una relación significativa entre la descentralización y la seguridad proporcionada por la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad tecnológica de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025”.Lo cual también se valida, ya que el análisis correlacional de Spearman muestra un coeficiente de correlación de 0,688 con un nivel de significancia de p = 0.000, indicando una relación positiva, moderadamente alta y altamente significativa entre la dimensión de descentralización y seguridad y los niveles de interoperabilidad tecnológica.

Este resultado evidencia que los mecanismos descentralizados del blockchain, como la eliminación de intermediarios centralizados, la validación distribuida, la integridad criptográfica de los datos y la transparencia transaccional, inciden directamente en la mejora de los flujos de intercambio de información entre los diversos actores y plataformas logísticas involucradas en el comercio exterior. La seguridad inherente de la tecnología blockchain fortalece la confianza de los participantes y permite establecer estructuras interoperables técnicamente robustas y confiables.

Tabla 12 Resultados de la prueba de hipótesis específica 1

Correlaciones

			D1: Descentralización y Seguridad	VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior
Rho de Spearman	D1: Descentralización y Seguridad	Coeficiente de correlación	1,000	,688**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	400	400
	VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior	Coeficiente de correlación	,688**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	400	400

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente. Elaboración propia.

4.3.3. Prueba de hipótesis específica 2

Asimismo, como hipótesis específica 2 se formuló que "Existe una relación significativa entre la automatización de procesos mediante contratos inteligentes y la eficiencia operativa de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025". Lo cual se valida, ya que el coeficiente de correlación de Spearman obtenido es de 0,721, con un nivel de significancia de p = 0.000, lo que evidencia una relación positiva alta y estadísticamente muy significativa entre la automatización de procesos a través de los smart contracts y la eficiencia operativa de los sistemas de comercio exterior.

Tabla 13 Resultados de la prueba de hipótesis específica 2

Correlaciones

			D2: Automatización de Procesos	VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior
Rho de Spearman	D2: Automatización de Procesos	Coeficiente de correlación	1,000	,721**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	400	400
	VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior	Coeficiente de correlación	,721**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	400	400

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente. Elaboración propia.

Este hallazgo confirma que la capacidad del blockchain para automatizar operaciones logísticas, aduaneras y financieras a través de contratos inteligentes elimina cuellos de botella operativos, reduce costos transaccionales, minimiza errores humanos y acelera los tiempos de procesamiento en los trámites de comercio internacional. La automatización basada en reglas programables dentro de la cadena de bloques permite sincronizar acciones entre actores logísticos sin necesidad de intervención manual continua.

4.3.4. Prueba de hipótesis específica 3

Como tercera y última hipótesis específica se formuló que "Existe una relación significativa entre la trazabilidad y la generación de confianza derivadas de la innovación disruptiva del blockchain y la gobernanza y normatividad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025". Lo cual, también se valida, puesto que el análisis de Spearman muestra un coeficiente de correlación de 0,868 con un nivel de significancia de p = 0.000. Este resultado indica una relación positiva altísima y estadísticamente muy sólida entre la trazabilidad y confianza proporcionadas por el blockchain, y el fortalecimiento de la gobernanza y normatividad del sistema.

Tabla 14 Resultados de la prueba de hipótesis específica 3

Correlaciones

			D3: Trazabilidad y Confianza	VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior
Rho de Spearman	D3: Trazabilidad y Confianza	Coeficiente de correlación	1,000	,868**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	400	400
	VD: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior	Coeficiente de correlación	,868**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	400	400

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente. Elaboración propia.

Este resultado es sumamente relevante, pues confirma que la capacidad del blockchain para registrar de manera inmutable el historial de transacciones, generar auditorías en tiempo real, eliminar riesgos de manipulación de datos y aportar transparencia documental, constituye un factor esencial para fortalecer los marcos de gobernanza aduanera, de supervisión regulatoria y de cumplimiento normativo en el comercio exterior. La gobernanza digital robusta descansa precisamente en esta capacidad de trazabilidad inalterable que solo el blockchain proporciona de forma nativa.

Finalmente, cabe mencionar que, los resultados obtenidos mediante la correlación de Spearman demuestran de forma inequívoca que la innovación disruptiva del blockchain ejerce una influencia directa, altamente significativa y sólida sobre los niveles de interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú. Tanto la hipótesis general como las tres hipótesis específicas han sido empíricamente validadas, consolidando el modelo teórico planteado, aportando evidencia científica novedosa y ofreciendo insumos relevantes para la toma de decisiones estratégicas de modernización del comercio internacional peruano en el contexto de la transformación digital global.

4.4. Presentación y discusión de resultados

La presente investigación ha permitido validar empíricamente el modelo teórico propuesto, confirmando la existencia de una relación positiva, alta y altamente significativa entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025. Sin embargo, como todo estudio científico de nivel doctoral, los resultados alcanzados deben ser examinados más allá de la simple confirmación estadística, incorporando una reflexión crítica, comparativa y de aportación original al conocimiento.

Aunque los hallazgos empíricos validan las hipótesis planteadas, es necesario destacar ciertos matices relevantes:

- En primer lugar, los resultados muestran que existe una asimetría moderada en los niveles de eficiencia de adopción del blockchain. Aunque el 25.75% de los actores lo perciben en un nivel eficiente, todavía un 44% lo ubica en un nivel regular y un 30.25% lo sitúa en nivel ineficiente. Esta segmentación evidencia que la adopción del blockchain en el comercio exterior peruano no sigue un patrón homogéneo, sino que transita en paralelo por distintos niveles de maduración tecnológica entre los actores logísticos, aduaneros y financieros.

- Este fenómeno puede ser interpretado a la luz del modelo de difusión de innovaciones de Rogers (2003), donde los sistemas tecnológicos atraviesan etapas secuenciales de adopción. El Perú, claramente, se encuentra entre la etapa de "mayoría temprana" y “mayoría tardía”, donde los primeros sectores avanzados consolidan soluciones blockchain, mientras otros aún enfrentan barreras técnicas, regulatorias o presupuestarias que limitan su implementación masiva.

- Un hallazgo no anticipado es el alto nivel de correlación hallado en la tercera hipótesis específica ($\rho = 0.868$), donde la relación entre trazabilidad-confianza y gobernanza-normatividad supera incluso las expectativas teóricas iniciales. Este resultado muestra que, en el caso peruano, la demanda de gobernanza digital confiable es particularmente sensible a la capacidad de trazabilidad documental inmutable que ofrece el blockchain, revelando una oportunidad crítica para el fortalecimiento institucional aduanero y regulatorio.

Asimismo, es importante señalar que, si bien la automatización de procesos mediante contratos inteligentes muestra una correlación robusta ($\rho = 0.721$), su implementación práctica aún enfrenta restricciones normativas, jurídicas y de interoperabilidad transfronteriza que ralentizan su adopción completa. Este aspecto evidencia que la innovación tecnológica no transita de manera aislada, sino que requiere acompañamiento regulatorio y político-institucional.

Los resultados empíricos obtenidos confirman de manera directa los postulados de Christensen (1997) sobre la naturaleza disruptiva del blockchain como tecnología que redefine los modelos de transacción y confianza en los sistemas económicos. En el ámbito del comercio exterior, el blockchain desplaza las estructuras centralizadas de validación documental tradicionales, reemplazándolas por arquitecturas distribuidas basadas en consenso y criptografía, eliminando redundancias institucionales e incrementando la transparencia de los flujos transfronterizos.

De igual forma, la evidencia hallada se alinea con los principios de la Teoría de Sistemas de Bertalanffy (1968), en tanto que la interoperabilidad aduanera y logística constituye un sistema complejo de múltiples actores interdependientes, donde el blockchain actúa como un mecanismo de integración transversal que conecta plataformas heterogéneas mediante protocolos descentralizados.

El alto nivel de correlación entre trazabilidad y gobernanza normativa valida también los postulados de la Teoría de Gobernanza Digital (Rosenau, 1995; Keohane, 2002), donde la legitimidad y eficacia institucional se construyen sobre la base de sistemas tecnológicos capaces de ofrecer información pública confiable, verificable y auditable. En este sentido, el blockchain emerge no sólo como herramienta tecnológica, sino como pilar de legitimación de la gobernanza aduanera y regulatoria en el siglo XXI.

Los resultados también complementan lo planteado en la Teoría de Costos de Transacción de Williamson (1985), al evidenciar que el blockchain reduce de manera significativa los costos de coordinación, supervisión y control en los intercambios comerciales internacionales, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo las asimetrías de información.

Más allá de validar modelos teóricos existentes, esta investigación aporta contribuciones originales que enriquecen el campo académico y profesional:

- Ofrece evidencia empírica actualizada desde un país latinoamericano, el Perú, ampliando la literatura internacional que aún presenta escasos estudios de casos en economías emergentes sobre la interacción entre blockchain e interoperabilidad logística.

- Integra en un solo modelo operacional las tres dimensiones fundamentales del blockchain (descentralización-seguridad, automatización-smart contracts, trazabilidad-confianza), vinculadas directamente con los subsistemas críticos de interoperabilidad tecnológica, eficiencia operativa y gobernanza normativa.

- Presenta un marco de medición concreto mediante escalas de Likert, operacionalizando dimensiones e indicadores que pueden ser replicados o comparados en futuras investigaciones de comercio exterior digitalizado en otros contextos nacionales o regionales.

- Aporta insumos técnicos útiles para los organismos públicos peruanos (SUNAT, MINCETUR, VUCE), al identificar los puntos críticos donde deben fortalecerse las capacidades regulatorias, de infraestructura digital y de gobernanza institucional para acelerar la adopción plena de estas tecnologías disruptivas.

Asimismo, los resultados de esta investigación confirman en gran medida los hallazgos reportados por diversos autores internacionales, aunque también permiten identificar algunos matices diferenciales vinculados al contexto peruano. Por ejemplo, los trabajos de Zhang et al. (2024) y Šilenskytė et al. (2024) coinciden plenamente con el alto nivel de correlación encontrado en esta investigación ($\rho = 0.824$), al señalar que el blockchain facilita de manera efectiva la interoperabilidad de sistemas logísticos globales a través de plataformas descentralizadas y procesos documentales automatizados. Ambos autores plantean que las principales barreras internacionales no son técnicas, sino institucionales y normativas, aspecto que también ha sido evidenciado en el contexto peruano, donde la implementación aún enfrenta limitaciones regulatorias y estandarización interinstitucional.

De igual manera, los resultados de esta investigación ratifican los hallazgos de Taherdoost (2023) y Kirli et al. (2022), quienes identificaron que la automatización de procesos aduaneros mediante smart contracts incrementa significativamente la eficiencia operativa. El coeficiente de correlación alto (ρ = 0.721) hallado en esta investigación refuerza este planteamiento, mostrando que la automatización inteligente no solo reduce los tiempos operativos, sino también los costos logísticos, riesgos de error manual y redundancias documentales

No obstante, existe un matiz importante respecto a los estudios internacionales: mientras que en los contextos europeos y asiáticos (por ejemplo, Singapur, Países Bajos, Corea del Sur), los sistemas de comercio exterior han alcanzado niveles avanzados de interoperabilidad total mediante la plena integración blockchain–aduana–finanzas, en el caso peruano la adopción aún se encuentra en un nivel intermedio de madurez (44% regular, 30.25% ineficiente). Esto sugiere una disimilitud en términos de velocidad de adopción, pero no en cuanto al potencial transformador de la tecnología.

Por su parte, el nivel altísimo de correlación obtenido en la hipótesis 3 (ρ = 0.868) guarda estrecha relación con los aportes de Yacoub & Castillo (2022) y Garaus & Treiblmaier (2021), quienes destacan que la confianza institucional y la gobernanza normativa se ven sustancialmente fortalecidas cuando existen registros distribuidos e inalterables de transacciones aduaneras y logísticas. Esta coincidencia refuerza la validez teórica del blockchain como mecanismo central de gobernanza digital transfronteriza

Por otro lado, a nivel nacional, los resultados también presentan alta consistencia, pero revelan algunas particularidades relevantes.

El trabajo de Mauricio et al. (2024) en el sector salud demostró que la interoperabilidad de historias clínicas electrónicas mediante blockchain alcanzó mejoras en integración de plataformas heterogéneas y validación segura de datos. Este hallazgo se asemeja directamente a lo observado en el comercio exterior peruano, confirmando que el

mecanismo descentralizado de verificación distribuida es aplicable tanto a registros clínicos como a trámites logísticos y documentales de exportación e importación.

Del mismo modo, el desarrollo de la plataforma Uyakuy (Gamboa-Cruzado et al., 2023) mostró la viabilidad práctica de reducir los tiempos de emisión documental mediante el uso de blockchain, lo cual es completamente convergente con los hallazgos de la hipótesis específica 2 de esta investigación. La eficiencia operativa aumenta sustancialmente cuando los flujos de datos aduaneros, logísticos y regulatorios son automatizados y auto-verificables

Sin embargo, un aspecto diferencial observado en el caso del comercio exterior es que el sistema involucra mayor complejidad institucional, múltiples actores internacionales, operadores logísticos privados, aduanas extranjeras, entidades financieras y autoridades regulatorias multilaterales. Por tanto, la escalabilidad de los sistemas blockchain en este sector es aún más retadora que en el ámbito de la salud o los registros civiles nacionales.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación también complementan y amplían los resultados de Morales Cáceres (2023), quien identificó la urgencia de establecer marcos regulatorios flexibles en el Perú para validar jurídicamente la interoperabilidad basada en blockchain. Mientras Morales enfatiza el vacío normativo, los resultados empíricos de esta investigación confirman que dicho vacío es, efectivamente, una de las principales razones por las cuales los niveles de eficiencia aún se concentran en el rango "regular".

De igual manera, los hallazgos de esta investigación poseen implicancias prácticas altamente relevantes para la política pública, la gestión logística y la gobernanza institucional:

Para el Estado: se requiere el diseño de marcos normativos flexibles que permitan validar jurídicamente los contratos inteligentes, asegurar la protección de los datos transfronterizos y establecer estándares interoperables aceptados multilateralmente.

Para las instituciones aduaneras: es imprescindible fortalecer los sistemas de certificación documental digital, implementar blockchain en los procesos de inspección aduanera y promover la integración de plataformas interoperables tanto nacionales como transfronterizas.

Para los operadores logísticos y privados: el sector privado deberá fortalecer sus capacidades de innovación tecnológica, capacitación del capital humano en tecnologías emergentes y adopción de soluciones blockchain dentro de sus cadenas logísticas globales.

Para la academia: este trabajo abre nuevas líneas de investigación sobre la gobernanza digital, la economía de plataformas y la transformación tecnológica del comercio exterior en contextos latinoamericanos, aún escasamente explorados.

CAPÍTULO 5: PROPUESTA (OPCIONAL)

5.1. Propuesta para la solución del problema

Con base en los hallazgos empíricos de la presente investigación, se ha constatado que el nivel de adopción de la innovación disruptiva del blockchain en los sistemas de comercio exterior en el Perú se encuentra en un estado de desarrollo intermedio, con importantes avances en ciertas áreas, pero aún limitado por múltiples barreras regulatorias, técnicas e institucionales que restringen la interoperabilidad plena de los sistemas logísticos, aduaneros y financieros.

En este contexto, se plantea como propuesta central la creación e implementación de un Modelo Integrado de Interoperabilidad Aduanera y Logística basado en Blockchain (MIIAL-B), cuyo objetivo principal es consolidar la integración total de los sistemas de comercio exterior mediante el despliegue gradual y articulado de soluciones blockchain bajo un enfoque de gobernanza colaborativa público-privada.

El modelo propuesto contempla cinco componentes estratégicos:

a) Gobernanza Digital y Marco Normativo Adaptativo:

Desarrollo de un marco legal flexible que reconozca jurídicamente los contratos inteligentes, valide la trazabilidad documental distribuida y regule la interoperabilidad digital aduanera bajo estándares internacionales (UNCITRAL, WCO, WTO-TFA), permitiendo la integración regional y multilateral de las plataformas logísticas.

b) Plataforma Nacional de Interoperabilidad Aduanera Blockchain:

Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica centralizada en blockchain permissionado, que conecte a los actores públicos (SUNAT, MINCETUR, VUCE, MTC, BCRP) y privados (agentes de aduana, operadores logísticos, bancos, aseguradoras y exportadores-importadores), garantizando sincronización de datos en tiempo real, trazabilidad inmutable de documentos, validación automática de cumplimiento normativo y reducción de tiempos de despacho.

c) Automatización Operativa mediante Smart Contracts:

Implementación de contratos inteligentes programados que automaticen hitos logísticos como la liberación de mercancías, validación de documentos de embarque, emisión de certificados de origen, control sanitario y pago automático de tributos aduaneros al cumplimiento de condiciones predefinidas.

d) Fortalecimiento de Capacidades Institucionales y Capital Humano:

Desarrollo de programas de formación técnica especializada para funcionarios aduaneros, operadores logísticos, autoridades regulatorias y empresas privadas, orientados a fortalecer competencias en blockchain, interoperabilidad digital, contratos inteligentes, ciberseguridad y gobernanza digital.

e) Estrategia Nacional de Interoperabilidad Logística Digital:

Creación de un comité multisectorial de alto nivel encargado de la formulación, supervisión y evaluación de la implementación del modelo, garantizando la alineación de políticas públicas, recursos presupuestarios, cooperación internacional y participación de los actores relevantes.

El Modelo Integrado de Interoperabilidad Aduanera y Logística basado en Blockchain (MIIAL-B) no pretende reemplazar los sistemas existentes, sino superponer una capa de integración digital inteligente que articule a los diversos subsistemas de comercio exterior bajo un mismo protocolo de seguridad, transparencia y automatización.

5.2. Beneficios que aporta la propuesta.

La implementación del modelo propuesto aportará múltiples beneficios estratégicos, operativos, normativos y económicos para el sistema de comercio exterior peruano. Entre los principales destacan:

a) Mejora sustantiva de la eficiencia operativa:

Reducción de los tiempos de despacho aduanero, eliminación de redundancias documentales, automatización de procesos logísticos y reducción de costos administrativos para empresas exportadoras e importadoras.

b) Incremento de la transparencia institucional:

El registro inmutable de transacciones aduaneras permitirá auditorías en tiempo real, combate a la corrupción, disminución de fraudes documentarios y fortalecimiento de la confianza entre los actores públicos y privados.

c) Fortalecimiento de la gobernanza digital:

El modelo de gobernanza colaborativa permitirá alinear los objetivos de las distintas entidades públicas involucradas en el comercio exterior, estableciendo roles claros, mecanismos de supervisión y estándares interoperables bajo una arquitectura descentralizada.

d) Reducción de los costos de transacción internacional:

La automatización de procesos contractuales y aduaneros reducirá significativamente los costos operativos vinculados a seguros, garantías bancarias, inspecciones documentarias, sanciones por demoras y litigios por controversias de carga.

e) Facilitación del comercio internacional y competitividad:

Un sistema interoperable basado en blockchain permitirá una mayor integración logística con socios comerciales estratégicos, optimizando la participación del Perú en cadenas globales de valor, acuerdos de libre comercio y programas de facilitación aduanera internacional.

f) Desarrollo de capacidades técnicas avanzadas:

El fortalecimiento de competencias en blockchain, gobernanza digital, interoperabilidad y ciberseguridad generará un ecosistema de talento humano altamente calificado, reduciendo la dependencia tecnológica externa y consolidando la autonomía tecnológica nacional.

g) Preparación estratégica ante la economía digital global:

La implementación del modelo posicionará al Perú como un actor líder regional en la adopción de tecnologías emergentes aplicadas al comercio exterior, anticipándose a los escenarios globales de integración logística 4.0, comercio electrónico transfronterizo y plataformas digitales internacionales.

CONCLUSIONES

La presente investigación titulada “Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025” permitió analizar de manera sistemática, empírica y teórica la forma en que la adopción de tecnologías blockchain incide sobre los procesos de integración tecnológica, eficiencia operativa y gobernanza normativa en el comercio exterior peruano. A partir de los resultados obtenidos y del marco teórico desarrollado, se exponen las siguientes conclusiones:

Primera conclusión: Se ha demostrado empíricamente la existencia de una relación positiva, directa, alta y altamente significativa entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, validando la hipótesis general planteada ($\rho = 0.824$; $p < 0.000$). Este resultado confirma que el blockchain no solo representa una herramienta tecnológica emergente, sino que constituye un verdadero factor estructural de transformación sistémica en los flujos logísticos, aduaneros, regulatorios y financieros del comercio internacional peruano.

Segunda conclusión: Respecto a la dimensión de descentralización y seguridad, se ha validado la hipótesis específica 1, encontrándose una correlación positiva significativa ($\rho = 0.688$; $p < 0.000$). Este resultado evidencia que los mecanismos de validación distribuida, criptografía de registros inmutables y eliminación de intermediarios centralizados que proporciona el blockchain, fortalecen directamente la interoperabilidad tecnológica al reducir vulnerabilidades, aumentar la confianza documental y facilitar la conexión segura entre plataformas logísticas diversas.

Tercera conclusión: En relación a la dimensión de automatización de procesos mediante contratos inteligentes, se ha confirmado la hipótesis específica 2 ($\rho = 0.721$; $p < 0.000$). Este hallazgo demuestra que la automatización inteligente de los procedimientos aduaneros, logísticos y financieros mediante smart contracts permite

optimizar tiempos de procesamiento, reducir errores manuales, minimizar costos transaccionales y agilizar las operaciones internacionales, impactando directamente en la eficiencia operativa del sistema.

Cuarta conclusión: La dimensión de trazabilidad y generación de confianza presenta la correlación más alta y sólida ($\rho = 0.868$; $p < 0.000$), validando la hipótesis específica 3. Ello confirma que la capacidad del blockchain para registrar de manera permanente, auditable e inalterable los flujos de información logística genera condiciones de confianza institucional y gobernanza digital altamente fortalecida, lo cual es fundamental para la transparencia normativa, el control aduanero y la legitimidad de los procesos regulatorios.

Quinta conclusión: A nivel descriptivo, se evidencia que tanto en la variable independiente como en la dependiente predomina el nivel "Regular" de eficiencia (44% y 49.25%, respectivamente), lo que indica que el sistema de comercio exterior peruano se encuentra actualmente en una etapa intermedia de maduración tecnológica respecto a la adopción del blockchain. Este diagnóstico posiciona al país dentro de la "mayoría temprana" según la curva de difusión de innovaciones de Rogers (2003), coexistiendo avances concretos con limitaciones institucionales y normativas aún no resueltas.

Sexta conclusión: El contraste de los resultados con los antecedentes nacionales e internacionales demuestra que los hallazgos de esta investigación son altamente consistentes con los estudios previos realizados en otros sectores (salud, registros digitales, aduanas internacionales), pero también evidencia que el caso peruano presenta desafíos particulares de gobernanza interinstitucional, estandarización de plataformas, desarrollo normativo y sincronización de actores transfronterizos, lo cual exige un abordaje estratégico diferenciado para acelerar su adopción plena.

Séptima conclusión: La investigación aporta un modelo teórico y empírico original al integrar dimensiones específicas del blockchain (descentralización, automatización y trazabilidad) vinculadas directamente a las dimensiones críticas de la

interoperabilidad logística (tecnología, operación y normatividad). Este modelo permite no solo validar las hipótesis propuestas, sino también establecer un marco referencial replicable para futuras investigaciones y políticas públicas en la región.

Octava conclusión: Finalmente, los hallazgos obtenidos proporcionan insumos concretos de alto valor para la formulación de políticas de modernización logística y gobernanza digital en el Perú. La incorporación estratégica de soluciones blockchain, acompañada de marcos normativos adaptativos, fortalecimiento de capacidades técnicas, gobernanza colaborativa y cooperación interinstitucional, constituye un camino viable y sostenible para consolidar un comercio exterior eficiente, transparente, competitivo e integrado al nuevo orden digital global.

RECOMENDACIONES

Como resultado del análisis empírico, la validación estadística de hipótesis, la discusión teórica y el contraste con estudios previos nacionales e internacionales, se formulan las siguientes recomendaciones estratégicas, orientadas a fortalecer la adopción de la innovación disruptiva del blockchain y su impacto positivo sobre la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú.

1. Recomendaciones para el Estado y la formulación de políticas públicas

1.1. Fortalecer el marco normativo de gobernanza digital adaptativa

Se recomienda que el Estado peruano impulse un marco normativo moderno y flexible que regule integralmente la aplicación del blockchain en el comercio exterior. Este marco debe:

- Reconocer la validez jurídica de los contratos inteligentes (smart contracts).
- Establecer reglas claras para la protección de los datos comerciales sensibles.
- Estandarizar los protocolos de interoperabilidad tecnológica.
- Alinear la legislación nacional a los estándares internacionales de la OMC, WCO, UNCITRAL y otros acuerdos multilaterales de comercio digital.

1.2. Crear la Plataforma Nacional de Interoperabilidad Aduanera y Logística basada en Blockchain

El Perú debe desarrollar e implementar una infraestructura nacional interoperable bajo tecnología blockchain permissionada, que integre a:

- Entidades públicas: SUNAT, MINCETUR, VUCE, MTC, MEF, BCRP, Cancillería.
- Actores privados: operadores logísticos, agentes de aduana, bancos comerciales, aseguradoras, gremios empresariales y exportadores-importadores.
- Esta plataforma permitirá optimizar los procesos aduaneros, mejorar la transparencia documental, automatizar verificaciones y sincronizar la información logística en tiempo real.

Establecer un Comité Nacional Multisectorial de Transformación Digital Logística

- Se propone la conformación de un organismo de alto nivel encargado de:
- Supervisar el despliegue progresivo del blockchain en el comercio exterior.
- Coordinar acciones entre los sectores público y privado.
- Articular la cooperación internacional técnica y financiera.
- Garantizar la continuidad política e institucional del proyecto.

1.4. Incorporar la interoperabilidad blockchain en la agenda diplomática y comercial internacional

El Estado debe negociar y establecer convenios bilaterales y multilaterales que permitan la interoperabilidad de los sistemas blockchain peruanos con los de sus principales socios comerciales, optimizando así los procesos de facilitación aduanera y logística internacional.

2. Recomendaciones para el sector privado y los operadores logísticos

2.1 Promover la adopción progresiva de soluciones blockchain operativas

El sector empresarial vinculado al comercio exterior debe impulsar la implementación progresiva de:

Plataformas de seguimiento de carga mediante blockchain.
Sistemas de documentación digital de embarques.

Contratos inteligentes para operaciones financierasaciones de trazabilidad y verificación de cumplimiento normativo.

2.2. Desarrollar capacidades técnicas dentro de las empresas

Las empresas deben invertir sostenidamente en la formación de sus recursos humanos en:

- Programación de smart contracts.

- Ciberseguridad aplicada a blockchain.
- Modelos de interoperabilidad logística.
- Gestión de riesgos en plataformas distribuidas.

2.3. Generar alianzas público-privadas para pruebas piloto blockchain en comercio exterior

Se recomienda promover proyectos piloto conjuntos entre gremios empresariales, operadores logísticos, bancos, SUNAT y MINCETUR, para probar e implementar soluciones concretas de blockchain aplicadas a trámites reales de exportación, importación y aduanas.

3. Recomendaciones para la academia y la investigación científica

3.1. Incorporar el blockchain logístico como eje temático prioritario en la formación académica

Las universidades públicas y privadas deben:

- Crear programas de maestría y doctorado especializados en blockchain aplicado a comercio exterior.
- Desarrollar cursos técnicos en programación, interoperabilidad de plataformas, gobernanza digital y contratos inteligentes.
- Fortalecer la investigación aplicada en modelos de transformación digital logística.

3.2. Fomentar la investigación interdisciplinaria aplicada

Se recomienda promover investigaciones conjuntas que integren:

- Derecho digital, ingeniería de sistemas, comercio exterior, logística, política pública, economía internacional, ciberseguridad y gobernanza digital.

3.3. Participar activamente en redes científicas internacionales de blockchain logístico

El Perú debe fomentar la participación de su comunidad académica y técnica en:

- Foros internacionales de comercio digital y blockchain.
- Programas de cooperación científica regional.
- Redes latinoamericanas de transformación digital logística.

La implementación de estas recomendaciones permitirá al Perú no solo resolver los problemas de fragmentación, ineficiencia y descoordinación que actualmente afectan la interoperabilidad de sus sistemas de comercio exterior, sino también posicionar estratégicamente al país como un referente regional en modernización aduanera, logística digital, gobernanza blockchain y facilitación de comercio internacional altamente competitivo y transparente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adil, N., Hamid, E.-C., & Fatima, O. (2024). Applications of Blockchain Technology in International Trade and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. In *Lecture Notes in Networks and Systems: Vol. 1105 LNNS*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-68634-4_28

Ahlemann, F., Dittes, S., Fillbrunn, T., Rehring, K., Reining, S., & Urbach, N. (2023). Managing In-Company IT Standardization: A Design Theory. *Information Systems Frontiers*, *25*(3). https://doi.org/10.1007/s10796-022-10277-2

Ahsanul, M. Z. (2015). Experimental Research Design- types & process. In *Researching Translation and Interpreting* (Issue January).

Alsalim, M. S. H., & Ucan, O. N. (2023a). Secure banking and international trade digitization using blockchain. *Optik*, *272*, 170269. https://doi.org/10.1016/J.IJLEO.2022.170269

Alsalim, M. S. H., & Ucan, O. N. (2023b). Secure banking and international trade digitization using blockchain. *Optik*, *272*. https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.170269

Alvarez León, L. F. (2018). A blueprint for market construction? Spatial data infrastructure(s), interoperability, and the EU Digital Single Market. *Geoforum*, *92*, 45–57. https://doi.org/10.1016/J.GEOFORUM.2018.03.013

Andersen, P. H., & Strandskov, J. (2008). The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail/Leading the Revolution/Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant. *Academy of Management Review*, *33*(3).

Angus, C. L. (1999). The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail by Clayton Christensen. In *International Electronic Journal for Leadership in Learning* (Vol. 3).

Attarde, K., Jaiswal, C., Khatwani, R., Pinto, G., & Kumar, V. (2025). A novel central bank digital currency framework design for offline and foreign transactions based on blockchain. *Digital Policy Regulation and Governance*, *27*(2), 201–220. https://doi.org/10.1108/DPRG-10-2023-0146

Becker, F. G., Cleary, M., Team, R. M., Holtermann, H., The, D., Agenda, N., Science, P., Sk, S. K., Hinnebusch, R., Hinnebusch A, R., Rabinovich, I., Olmert, Y., Uld, D. Q. G. L. Q., Ri, W. K. H. U., Lq, V., Frxqwu, W. K. H., Zklfk, E., Edvhg, L. V, Wkh, R. Q., … ح ,فاطمی. (2015). Diseño no experimental. *Syria Studies*, *7*(1).

Behnke, K., & Janssen, M. F. W. H. A. (2020). Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology. *International Journal of Information Management*, *52*. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.025

Bel, R. (2018). A property rights theory of competitive advantage. *Strategic Management Journal*, *39*(6). https://doi.org/10.1002/smj.2707

Bianchi, M., Bouvard, M., Gomes, R., Rhodes, A., & Shreeti, V. (2023). Mobile payments and interoperability: Insights from the academic literature. *Information Economics and Policy*, *65*, 101068. https://doi.org/10.1016/J.INFOECOPOL.2023.101068

Birnbaum, R. (2005). The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail/The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth. *Academe*, *91*(1).

Böhmecke-Schwafert, M., Wehinger, M., & Teigland, R. (2022). Blockchain for the circular economy: Theorizing blockchain's role in the transition to a circular economy through an empirical investigation. *Business Strategy and the Environment*, *31*(8). https://doi.org/10.1002/bse.3032

Borgatti, S. P., & Halgin, D. S. (2011). On network theory. *Organization Science*, *22*(5). https://doi.org/10.1287/orsc.1100.0641

Borsboom, D. (2017). A network theory of mental disorders. *World Psychiatry*, *16*(1). https://doi.org/10.1002/wps.20375

Borsboom, D. (2021). A network theory of mental disorders. *Annales Medico-Psychologiques*, *179*(1). https://doi.org/10.1016/j.amp.2020.11.014

Bouillón, A. (2018). La paradoja de la eficiencia operativa. *Review of Global Management*, *3*(2). https://doi.org/10.19083/rgm.v3i2.771

Bower, W., & Raynor, W. (2003). Clayton Christensen. *Harvard Business Review*.

Brewer, J., Patel, D., Kim, D., & Murray, A. (2024). Navigating the challenges of generative technologies: Proposing the integration of artificial intelligence and blockchain. *Business Horizons*, *67*(5), 525–535. https://doi.org/10.1016/J.BUSHOR.2024.04.011

Cao, Y., & Shen, B. (2022). Adopting blockchain technology to block less sustainable products' entry in global trade. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *161*, 102695. https://doi.org/10.1016/J.TRE.2022.102695

Cengiz, F. (2023). Blockchain governance and governance via blockchain: decentralized utopia or centralized dystopia? *Policy Design and Practice*, *6*(4). https://doi.org/10.1080/25741292.2023.2247203

Centobelli, P., Cerchione, R., Vecchio, P. Del, Oropallo, E., & Secundo, G. (2022). Blockchain technology for bridging trust, traceability and transparency in circular supply chain. *Information and Management*, *59*(7). https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103508

Cheikhrouhou, O., Mershad, K., Laurent, M., & Koubaa, A. (2025). Blockchain and Emerging Technologies for Next Generation Secure Healthcare: A Comprehensive Survey of Applications, Challenges, and Future Directions. *Blockchain: Research and Applications*, 100305. https://doi.org/10.1016/J.BCRA.2025.100305

Chhetri, T. R., Dehury, C. K., Varghese, B., Fensel, A., Srirama, S. N., & DeLong, R. J. (2024). Enabling privacy-aware interoperable and quality IoT data sharing with context. *Future Generation Computer Systems*, *157*, 164–179. https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2024.03.039

Chituc, C. M. (2017). XML interoperability standards for seamless communication: An analysis of industry-neutral and domain-specific initiatives. *Computers in Industry*, *92–93*, 118–136. https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2017.06.010

Choi, J. Y. (2011). A Survey of Single Window Implementation. *WCO Research*, *Paper No. 17*.

Chumakov, A. N. (2013). Theory and Practice of Global Governance: Topical Issues. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *77*, 198–204. https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2013.03.078

Covarrubias, J. Z. L., & Covarrubias, I. N. L. (2021). Different types of government and governance in the blockchain. *Journal of Governance and Regulation*, *10*(1). https://doi.org/10.22495/jgrv10i1art1

Cozzio, C., Viglia, G., Lemarie, L., & Cerutti, S. (2023). Toward an integration of blockchain technology in the food supply chain. *Journal of Business Research*, *162*. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113909

Cunningham, J., Davies, N., Devaney, S., Harding, M., Holm, S., Neumann, V., & Ainsworth, J. (2025). The development of a blockchain-based business model simulator with an application to civic medical data management. *Digital Business*, *5*(1), 100112. https://doi.org/10.1016/J.DIGBUS.2025.100112

Daluwathumullagamage, D. J., & Sims, A. (2020). Blockchain-enabled corporate governance and regulation. *International Journal of Financial Studies*, *8*(2). https://doi.org/10.3390/ijfs8020036

Denrell, J., & Powell, T. C. (2023). Dynamic Capability as a Theory of Competitive Advantage: Contributions and Scope Conditions. In *The Oxford Handbook of Dynamic Capabilities*.

Du, Y., Fujiwara, T., Habuer, Zhou, Y., & Wang, J. (2025). Optimizing cell phone recycling process: A design science approach integrating blockchain framework, SWOT-AHP strategy, and NFT incentives. *Process Safety and Environmental Protection*, *197*, 107004. https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2025.107004

El Manzani, Y., Sidmou, M. L., & Cegarra, J. jack. (2019). Does IS0 9001 quality management system support product innovation? An analysis from the sociotechnical systems theory. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *36*(6). https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2017-0174

Emmer, C., Hofmann, T. M., Schmied, T., Stjepandić, J., & Strietzel, M. (2018). A neutral approach for interoperability in the field of 3D measurement data management. *Journal of Industrial Information Integration*, *12*, 47–56. https://doi.org/10.1016/J.JII.2018.01.006

Evans, T. R., Branney, P., Clements, A., & Hatton, E. (2023). Improving evidence-based practice through preregistration of applied research: Barriers and recommendations. *Accountability in Research*, *30*(2). https://doi.org/10.1080/08989621.2021.1969233

Faus-Llácer, V., Hamoud-Kharrat, N., Marhuenda Ramos, M. T., Faus-Matoses, I., Zubizarreta-Macho, Á., Ruiz Sánchez, C., & Faus-Matoses, V. (2021). Influence of the geometrical cross-section design on the dynamic cyclic fatigue resistance of niti endodontic rotary files—an in vitro study. *Journal of Clinical Medicine*, *10*(20). https://doi.org/10.3390/jcm10204713

Femimol, R., & Joseph, L. N. (2025). A comprehensive review of blockchain with artificial intelligence integration for enhancing food safety and quality control. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *102*, 104019. https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2025.104019

Finck, M. (2018). Blockchain Regulation and Governance in Europe. In *Blockchain Regulation and Governance in Europe*. https://doi.org/10.1017/9781108609708

Fioretos, O., & Tallberg, J. (2021). Politics and theory of global governance. *International Theory*, *13*(1). https://doi.org/10.1017/S1752971920000408

Fox, N. J., & Alldred, P. (2023). Applied Research, Diffractive Methodology, and the Research-Assemblage: Challenges and Opportunities. *Sociological Research Online*, *28*(1). https://doi.org/10.1177/13607804211029978

Frinaldi, A., Putri, N. E., Embi, M. A., & Afdalisma. (2023). Public Sector Performance and Digital-Governance Effectiveness Predicted by Community Happiness as a Representation of Culture. *Journal of Ethnic and Cultural Studies*, *10*(2). https://doi.org/10.29333/ejecs/1398

Gamboa-Cruzado, J., Mendoza-Chate, L. A., Ventocillasanchez, A., López-Goycochea, J., & Villacorta, J. R. (2023). UYAKUY - BLOCKCHAIN-BASED SOFTWARE APPLICATION FOR CERTIFICATE ISSUANCE: A Case Study in the IEEE Peru Section. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, *101*(20).

Ganguly, A., Talukdar, A., & Kumar, C. (2024). Absorptive Capacity and Disruptive Innovation: The Mediating Role of Organizational Agility. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *71*. https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3205922

Garaus, M., & Treiblmaier, H. (2021). The influence of blockchain-based food traceability on retailer choice: The mediating role of trust. *Food Control*, *129*. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108082

Garcia, A., Davila, J., & Wong, L. (2022). Framework to Improve the Traceability of the Coffee Production Chain in Perú by Applying a Blockchain Architecture. *Conference of Open Innovation Association, FRUCT*, *2022-November*. https://doi.org/10.23919/FRUCT56874.2022.9953846

Garcia, H. M., Cortez, M. M., & Amaya, E. D. (2020). Blockchain-based Website Solution for Controlling the Authorized Sale of Drugs in Peru. *Proceedings of the 2020 IEEE Engineering International Research Conference, EIRCON 2020*. https://doi.org/10.1109/EIRCON51178.2020.9253764

Gholami, M., Ghaffari, A., Derakhshanfard, N., IbrahimoğLu, N., & Pourhaji Kazem, A. A. (2025). Blockchain Integration in IoT: Applications, Opportunities, and Challenges. *Computers, Materials and Continua*, *83*(2), 1561–1605. https://doi.org/10.32604/CMC.2025.063304

Ho, J. C. (2022). Disruptive innovation from the perspective of innovation diffusion theory. *Technology Analysis and Strategic Management*, *34*(4). https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1901873

Huang, W., Han, Y., Gu, Q., Han, X., & Gao, T. (2025). Smart Blockchain-powered Natural Resource Asset Management and Ecological Governance Countermeasures. *Heliyon*, e41475. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E41475

Hurova, A., & Kirpachova, M. (2023). Perspectives of Blockchain for the Modern Space Activity. *European Studies the Review of European Law Economics and Politics*, *10*(2), 246–270. https://doi.org/10.2478/eustu-2023-0020

Ibrahim, I. A., & Truby, J. (2022). Governance in the era of Blockchain technology in Qatar: a roadmap and a manual for Trade Finance. *Journal of Banking Regulation*, *23*(4). https://doi.org/10.1057/s41261-021-00165-1

Jiang, H., Xu, H., Zhao, S., & Chen, Y. (2020). Selection of technology standardization mode for libraries based on game theory. *Library Hi Tech*, *38*(1). https://doi.org/10.1108/LHT-11-2017-0248

Jovanovic, Z., Hou, Z., Biswas, K., & Muthukkumarasamy, V. (2024). Robust integration of blockchain and explainable federated learning for automated credit scoring. *Computer Networks*, *243*, 110303. https://doi.org/10.1016/J.COMNET.2024.110303

Kaghan, W. N., & Bowker, G. C. (2001). Out of machine age?: Complexity, sociotechnical systems and actor network theory. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, *18*(3–4). https://doi.org/10.1016/S0923-4748(01)00037-6

Katz, N., Lazer, D., Arrow, H., & Contractor, N. (20g04). Network theory and small groups. In *Small Group Research* (Vol. 35, Issue 3). https://doi.org/10.1177/1046496404264941

Kee, J. E. (2004). Fiscal decentralization: theory as reform. *Financial Management Theory in the Public Sector*, *September*.

Ketokivi, M., & Mahoney, J. T. (2020). Transaction Cost Economics As a Theory of Supply Chain Efficiency. *Production and Operations Management*, *29*(4). https://doi.org/10.1111/poms.13148

Khan, S. N., Loukil, F., Ghedira-Guegan, C., Benkhelifa, E., & Bani-Hani, A. (2021). Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, *14*(5). https://doi.org/10.1007/s12083-021-01127-0

Kirli, D., Couraud, B., Robu, V., Salgado-Bravo, M., Norbu, S., Andoni, M., Antonopoulos, I., Negrete-Pincetic, M., Flynn, D., & Kiprakis, A. (2022). Smart contracts in energy systems: A systematic review of fundamental approaches and implementations. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 158). https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112013

Klimenko, M. M. (2009). Strategic interoperability standards and trade taxes. *International Review of Economics & Finance*, *18*(4), 539–551. https://doi.org/10.1016/J.IREF.2008.09.015

Kotey, S. D., Tchao, E. T., Ahmed, A. R., Agbemenu, A. S., Nunoo-Mensah, H., Sikora, A., Welte, D., & Keelson, E. (2023). Blockchain interoperability: the state of heterogenous blockchain-to-blockchain communication. In *IET Communications* (Vol. 17, Issue 8, pp. 891–914). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1049/cmu2.12594

Kumar, N., Kumar, K., Aeron, A., & Verre, F. (2025). Blockchain technology in supply chain management: Innovations, applications, and challenges. *Telematics and Informatics Reports*, *18*, 100204. https://doi.org/10.1016/J.TELER.2025.100204

Kushwaha, S. S., Joshi, S., Singh, D., Kaur, M., & Lee, H. N. (2022). Systematic Review of Security Vulnerabilities in Ethereum Blockchain Smart Contract. In *IEEE Access* (Vol. 10). https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140091

Kutybayeva, K., Razaque, A., & Rai, H. M. (2025). Enhancing Pharmaceutical Supply Chain Transparency and Security with Blockchain and Big Data Integration. *Procedia Computer Science*, *259*, 1511–1522. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2025.04.106

Li, H., Kannan, D., & Xu, Q. (2025). Online operations in a multichannel supply chain under service cost difference: The adoption of blockchain technology. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *199*, 104170. https://doi.org/10.1016/J.TRE.2025.104170

Lopreato, J., & von Bertalanffy, L. (1970). General System Theory: Foundations, Development, Applications. *American Sociological Review*, *35*(3). https://doi.org/10.2307/2093003

Mahyuni, L. P., Adrian, R., Darma, G. S., Krisnawijaya, N. N. K., Dewi, I. G. A. A. P., & Permana, G. P. L. (2020). Mapping the potentials of blockchain in improving supply chain performance. In *Cogent Business and Management* (Vol. 7, Issue 1). https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1788329

Maier, C., Thatcher, J. B., Grover, V., & Dwivedi, Y. K. (2023). Cross-sectional research: A critical perspective, use cases, and recommendations for IS research. In *International Journal of Information Management* (Vol. 70). https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102625

Maine, P. K., Leke, C. A., & Longe, O. M. (2024). Blockchain application in energy trading for grid-connected prosumers. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, *8*, 100586. https://doi.org/10.1016/J.PRIME.2024.100586

Malik, M., & Orr, S. (2022). A configurational examination of agile development as a sociotechnical system. *Industrial Marketing Management*, *104*. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.05.003

Mao, Q., & Li, Y. (2024). Blockchain evolution, artificial intelligence and ferrous metal trade. *Resources Policy*, *98*, 105369. https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2024.105369

Margaret, I., Schoubben, F., & Verwaal, E. (2024). When do investors see value in international environmental management certification of multinational corporations? A study of ISO 14001 certification after the Paris Agreement. *Global Strategy Journal*, *14*(1). https://doi.org/10.1002/gsj.1490

Marriaga, C. E., & Bonfante, M. C. (2023). Blockchain: Aplicación en el Comercio Internacional y en la Gestión de la Cadena de Suministro. *Transinformação*, *35*. https://doi.org/10.1590/2318-0889202335e220028

Mauricio, D., Llanos-Colchado, P. C., Cutipa-Salazar, L. S., Castañeda, P., Chuquimbalqui-Maslucán, R., Rojas-Mezarina, L., & Castillo-Sequera, J. L. (2024). Electronic Health Record Interoperability System in Peru Using Blockchain. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, *20*(3). https://doi.org/10.3991/ijoe.v20i03.44507

McCombes, S. (2022). Descriptive Research| Definition, Types, Methods \& Examples. In *Scribbr. Retrieved December* (Vol. 10).

Mhiri, M., Al-Yafi, K., Legros, B., Jouini, O., & Haouari, M. (2024). A blockchain-based framework to optimize shipping container flows in the hinterland. *International Transactions in Operational Research*, *31*(6). https://doi.org/10.1111/itor.13319

Miksza, P., Shaw, J. T., Kapalka Richerme, L., Hash, P. M., Hodges, D. A., & Cassidy Parker, E. (2023). Quantitative Descriptive and Correlational Research. In *Music Education Research*. https://doi.org/10.1093/oso/9780197639757.003.0012

Modares, A., Emroozi, V. B., Roozkhosh, P., & Modares, A. (2025). A Bayesian best-worst approach with blockchain integration for optimizing supply chain efficiency through supplier selection. *Supply Chain Analytics*, *9*, 100100. https://doi.org/10.1016/J.SCA.2024.100100

Morales Cáceres, A. R. (2023). Aspectos legales de la tecnología Blockchain. *Advocatus*, *043*. https://doi.org/10.26439/advocatus2023.n043.6420

Moré, P. R. O., Telles, R., & Corrêa, F. E. C. (2016). Institutional Theory of Strategic Capacity and Competitive Advantage: Theoretical View of the Information Technology Industry in Brazil. *International Journal of Business Management and Economic Research(IJBMER)*, *7*(3).

Navarro Rodríguez, M., Guzmán Arredondo, A., & García Arámbula, N. S. (2019). La integración tecnológica en el aula, significaciones desde estudiantes de educación secundaria. *3C TIC: Cuadernos de Desarrollo Aplicados a Las TIC*, *8*(2). https://doi.org/10.17993/3ctic.2019.82.70-83

Ngo, N. Q. N., Talha, M., Rabbani, M. R., & Vu, G. N. (2024). Do board friendliness and economic development affect firm's abnormal earnings? An evidence of quantile regression. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *10*(1). https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100193

Nguyen, G. T., & Kim, K. (2018). A survey about consensus algorithms used in Blockchain. *Journal of Information Processing Systems*, *14*(1). https://doi.org/10.3745/JIPS.01.0024

Ning, K., Chen, X., & Xiao, Y. (2025). Cross-border e-commerce, foreign investment and export trade resilience. *Finance Research Letters*, *82*, 107595. https://doi.org/10.1016/J.FRL.2025.107595

Oliveira, T. A., Oliver, M., & Ramalhinho, H. (2020). Challenges for connecting citizens and smart cities: ICT, e-governance and blockchain. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(7). https://doi.org/10.3390/su12072926

Pauletto, C. (2021). Blockchain in international e-government processes: Opportunities for recognition of foreign qualifications. *Research in Globalization*, *3*. https://doi.org/10.1016/j.resglo.2020.100034

Pérez, R. (2016). Corrupción y costos de transacción en la administración pública. *Revista Iberoamericana de Las Ciencias Sociales y Humanísticas*, *5*(10).

Pham, H. C., Tran, S. V. T., & Bao, L. (2025). Toward Construction Payment Automation by Integrating BIM and Blockchain Technology. *Transportation Research Procedia*, *85*, 143–149. https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2025.03.144

Polas, M. R. H., Kabir, A. I., Sohel-Uz-zaman, A. S. M., Karim, R., & Tabash, M. I. (2022). Blockchain Technology as a Game Changer for Green Innovation: Green Entrepreneurship as a Roadmap to Green Economic Sustainability in Peru. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *8*(2), 62. https://doi.org/10.3390/JOITMC8020062

Pratama, R., Aisyah, S. A., Putra, A. M., Sirodj, R. A., & Afgan, M. W. (2023). Correlational Research. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, *6*(3). https://doi.org/10.54371/jiip.v6i3.1420

Privitera, G. J. (2016). Survey and Correlational Research Designs. *Research Methods for the Behavioral Sciences*.

Pozo Puértolas, R. (2024). Applied research in design. Activity stages. *Grafica*. https://doi.org/10.5565/rev/grafica.282

Rathore, B., Gupta, R., Biswas, B., Srivastava, A., & Gupta, S. (2022). Identification and analysis of adoption barriers of disruptive technologies in the logistics industry. *International Journal of Logistics Management*, *33*(5). https://doi.org/10.1108/IJLM-07-2021-0352

Read, G. J. M., Salmon, P. M., Lenné, M. G., & Stanton, N. A. (2015). Designing sociotechnical systems with cognitive work analysis: putting theory back into practice. *Ergonomics*, *58*(5). https://doi.org/10.1080/00140139.2014.980335

Rodríguez, M., & Mendivelso, F. (2018). DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE CORTE TRANSVERSAL DESIGN OF CROSS-SECTIONAL RESEARCH. *Revista Médica Sanitas 141*, *3*(21).

Rojas Cárdenas, L. E., & Rojas Cortés, L. (2000). Exploración al diseño experimental. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, *9*. https://doi.org/10.18359/rcin.1688

Rozario, A. M., & Vasarhelyi, M. A. (2018). Auditing with smart contracts. *International Journal of Digital Accounting Research*, *18*. https://doi.org/10.4192/1577-8517-v18_1

Saad, M., Ahmad, M. Bin, Asif, M., Khan, M. K., Mahmood, T., & Mahmood, M. T. (2023). Blockchain-Enabled VANET for Smart Solid Waste Management. *IEEE Access*, *11*, 5679–5700. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3235017

Sadri, H. (2025). AI-driven integration of digital twins and blockchain for smart building management systems: A multi-stage empirical study. *Journal of Building Engineering*, *105*, 112439. https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2025.112439

Sahin, S., & Mete, J. (2021). A Brief Study on Descriptive Research: *International Journal of Research and Analysis in Humanities*, *1*(1).

Salvador, M., & Sancho, D. (2021). The role of local government in the drive for sustainable development public policies. An analytical framework based on institutional capacities. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(11). https://doi.org/10.3390/su13115978

Şata, M. (2023). PARTIALITY IN CORRELATIONAL RESEARCH. *International Journal of Eurasian Education and Culture*. https://doi.org/10.35826/ijoecc.736

Sayeed, S., Marco-Gisbert, H., & Caira, T. (2020). Smart Contract: Attacks and Protections. *IEEE Access*, *8*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970495

Shilpa, Wadhwa, H., & Sharma, N. (2024). Prediction of Bitcoin Price Using XGBoost Algorithm Along with the Impact of Blockchain Technology. In *Lecture Notes in Networks and Systems: Vol. 1020 LNNS*. https://doi.org/10.1007/978-981-97-3588-4_37

Sidorov, V. N., & Victorovna Sidorova, E. (2020). La sistematización de los instrumentos internacionales de facilitación del comercio exterior en la era moderna. *Ciencia Jurídica*, *9*(18). https://doi.org/10.15174/cj.v9i18.348

Šilenskytė, A., Butkevičienė, J., & Bartminas, A. (2024). Blockchain-based connectivity within digital platforms and ecosystems in international business. *Journal of International Management*, *30*(3), 101109. https://doi.org/10.1016/J.INTMAN.2023.101109

Sunmola, F., & Lawrence, G. L. (2024). Key Success Factors for Integration of Blockchain and ERP Systems: A Systematic Literature Review. *Procedia Computer Science*, *232*, 775–782. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2024.01.077

Taherdoost, H. (2023). Smart Contracts in Blockchain Technology: A Critical Review. In *Information (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 2). https://doi.org/10.3390/info14020117

Takona, J. P. (2024). Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches / sixth edition. In *Quality and Quantity* (Vol. 58, Issue 1). https://doi.org/10.1007/s11135-023-01798-2

Tang, M., Jiang, L., Mao, Y., & Cao, L. (2025). Does the depth of digital trade rules promote bilateral value chain cooperation? *International Review of Financial Analysis*, *99*, 103952. https://doi.org/10.1016/J.IRFA.2025.103952

Thorrens, J. D. (2020). La ventanilla única de comercio exterior. *Publicaciones de Las Naciones Unidas*, *110*.

Topcu, Y. E., Can, İ. E., & Özçınar, A. (2024). Blockchain technology in foreign trade management: which blockchain alternative is more suitable? *Digital Policy Regulation and Governance*, *26*(2), 121–134. https://doi.org/10.1108/DPRG-05-2023-0064

Ullah, F., & Al-Turjman, F. (2023). A conceptual framework for blockchain smart contract adoption to manage real estate deals in smart cities. *Neural Computing and Applications*, *35*(7). https://doi.org/10.1007/s00521-021-05800-6

Ullah, I., & Havinga, P. J. M. (2023). Governance of a Blockchain-Enabled IoT Ecosystem: A Variable Geometry Approach. *Sensors*, *23*(22). https://doi.org/10.3390/s23229031

Utterback, J. M., & Acee, H. J. (2021). Disruptive technologies: An expanded view. In *Digital Disruptive Innovation*. https://doi.org/10.1142/s1363919605001162

Valentinov, V., & Iliopoulos, C. (2024). The idea of adaptation in transaction cost economics: an application to stakeholder theory. *Society and Business Review*, *19*(3). https://doi.org/10.1108/SBR-03-2023-0072

Velasco Tinoco, J. C., Ojeda Gonsaga, D. P., & Arias Montero, J. E. (2024). El impacto de la Inteligencia Artificial en los Operadores de Comercio Exterior en la Ciudad de Machala. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 2127–2143. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12454

Vetoshkina, L., Lamberg, L., Ryymin, E., Rintala, H., & Paavola, S. (2023). Innovation activities in a university of applied sciences: redefining applied research. *Journal of Applied Research in Higher Education*, *15*(2). https://doi.org/10.1108/JARHE-10-2021-0380

Von Bertalanffy, L. (1968). General systems theory: Foundations, development. *New York: George Braziller, Inc*.

Walker, G. H., Stanton, N. A., Salmon, P. M., & Jenkins, D. P. (2008). A review of sociotechnical systems theory: A classic concept for new command and control paradigms. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *9*(6). https://doi.org/10.1080/14639220701635470

Wang, C., Qureshi, I., Guo, F., & Zhang, Q. (2022). Corporate social responsibility and disruptive innovation: The moderating effects of environmental turbulence. *Journal of Business Research*, *139*. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.10.046

Wang, H.-L. (2014). Theories for competitive advantage. *Being Practical with Theory: A Window into Business Research*.

Wang, Y., & Wang, X. (2025). Values, Application Scenarios and Challenges of Blockchain Technology: A Perspective from Construction 4.0. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 100281. https://doi.org/10.1016/J.KSCEJ.2025.100281

Weyant, E. (2022). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 5th Edition. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, *19*(1–2). https://doi.org/10.1080/15424065.2022.2046231

Wijayanti, S., Ihalauw, J. J. O. I., Abdi, A. S., & Kusuma, L. (2024). A Mini-Theory of Hidden Marketing Strategy as Competitive Advantage. *Quality - Access to Success*, *25*(200). https://doi.org/10.47750/QAS/25.200.07

Williams, M., Wiggins, R., & Vogt, P. R. (2024). Beginning Quantitative Research. In *Beginning Quantitative Research*. https://doi.org/10.4135/9781529682809

Wu, L., Lu, W., Peng, Z., & Webster, C. (2023). A blockchain non-fungible token-enabled 'passport' for construction waste material cross-jurisdictional trading. *Automation in Construction*, *149*, 104783. https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2023.104783

Xia, H., Li, J., Li, Q., Milisavljevic-Syed, J., & Salonitis, K. (2025). Integrating blockchain with digital product passports for managing reverse supply chain. *Procedia CIRP*, *132*, 215–220. https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2025.01.036

Xu, H. (2024). Research on A New Cross-Border Barter Trade Settlement Model Based On Blockchain And Smart Contracts. *Procedia Computer Science*, *247*(C), 146–155. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2024.10.018

Yacoub, G., & Castillo, M. (2022). Blockchain in your grocery basket: trust and traceability as a strategy. *Journal of Business Strategy*, *43*(4). https://doi.org/10.1108/JBS-02-2021-0032

Yan, J., Gui, Q., Jiang, S., Yu, Z., Fernandes, K., Tian, K., Xia, S., & Gong, Y. (2025). How does blockchain application impact on supply chain alliance? *Technovation*, *143*, 103199. https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2025.103199

Yan, X., & Feng, Y. (2023). Mandating interoperability of interpersonal communications services in an ecosystems competition context. *Computer Law & Security Review*, *50*, 105850. https://doi.org/10.1016/J.CLSR.2023.105850

Yu, H., & Yao, L. (2024). The impact of digital trade regulation on the manufacturing position in the GVC. *Economic Modelling*, *135*, 106712. https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2024.106712

Yu, J., Yan, Y., Meng, L. (Monroe), & Huang, R. (2025). The impact of blockchain technology on competing suppliers on an E-commerce platform. *Information & Management*, *62*(6), 104160. https://doi.org/10.1016/J.IM.2025.104160

Zelicovich, J. (2022). The Theory of Global Governance as an Analytical Approach and Its Conceptual Bridges with the Latin American Debate. *Colombia Internacional*, *109*. https://doi.org/10.7440/colombiaint109.2022.07

Zhai, Z., Shen, S., & Mao, Y. (2022). BPKI: A secure and scalable blockchain-based public key infrastructure system for web services. *Journal of Information Security and Applications*, *68*, 103226. https://doi.org/10.1016/J.JISA.2022.103226

Zhang, C., Li, J. C., Tian, Y. X., & Li, H. S. (2024). Decisions on blockchain adoption and echelon utilization in the closed-loop supply chain for electric vehicles under carbon trading policy. *Information Sciences*, *681*, 121247. https://doi.org/10.1016/J.INS.2024.121247

Zhang, T. yuan, Feng, T. tian, & Cui, M. li. (2023). Smart contract design and process optimization of carbon trading based on blockchain: The case of China's electric power sector. *Journal of Cleaner Production*, *397*, 136509. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.136509

Zhang, Y., Ma, Z., Luo, S., & Duan, P. (2024). Dynamic Trust-Based Redactable Blockchain Supporting Update and Traceability. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, *19*. https://doi.org/10.1109/TIFS.2023.3326379

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, W., Chen, X., Weng, J., & Imran, M. (2020). An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms. *Future Generation Computer Systems*, *105*. https://doi.org/10.1016/j.future.2019.12.019

Zwitter, A., & Hazenberg, J. (2020). Decentralized Network Governance: Blockchain Technology and the Future of Regulation. *Frontiers in Blockchain*, *3*. https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00012

ANEXOS:

1. Matriz de Consistencia.

<table>
<tr><td colspan="5">Título: Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025</td></tr>
<tr><th>PROBLEMA</th><th>OBJETIVOS</th><th>HIPÓTESIS</th><th>VARIABLES</th><th>METODOLOGÍA</th></tr>
<tr><td>Problema General:

¿En qué medida la innovación disruptiva del blockchain influye en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025?</td><td>Objetivo General:

Determinar la influencia de la innovación disruptiva del blockchain en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.</td><td>Hipótesis General:

Existe una relación significativa entre la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.</td><td>Variable independiente: Innovación disruptiva del blockchain

Variable dependiente: Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior</td><td rowspan="2">Tipo de estudio: Aplicada, descriptiva y correlacional.

Diseño de estudio: no experimental de corte transversal.

Población: La población de estudio de la presente investigación está conformada por todos los actores estratégicos que participan directamente en el ecosistema operativo, tecnológico, normativo y logístico del comercio exterior en el Perú</td></tr>
<tr><td>Problemas específicos:

1. ¿Cómo incide la descentralización y la seguridad proporcionada por la innovación disruptiva del blockchain en la interoperabilidad tecnológica de los sistemas de comercio exterior en el</td><td>Objetivos específicos:

1. Analizar la incidencia de la descentralización y la seguridad proporcionada por la innovación disruptiva del blockchain en la interoperabilidad tecnológica de los sistemas de comercio exterior en el</td><td>Hipótesis específicas:

1. Existe una relación significativa entre la descentralización y la seguridad proporcionada por la innovación disruptiva del blockchain y la interoperabilidad tecnológica de los sistemas de comercio</td><td>Dimensiones de la variable independiente:
▪ Descentralización y Seguridad
▪ Automatización de Procesos (Smart Contracts)
▪ Trazabilidad y Confianza</td></tr>
</table>

Perú durante el periodo 2023–2025? 2. ¿De qué manera la automatización de procesos mediante contratos inteligentes impacta en la eficiencia operativa de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025? 3. ¿Cuál es la influencia de la trazabilidad y la generación de confianza derivadas de la innovación disruptiva del blockchain sobre la gobernanza y normatividad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025?	Perú durante el periodo 2023–2025. 2. Examinar el impacto de la automatización de procesos mediante contratos inteligentes en la eficiencia operativa de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025. 3. Evaluar la influencia de la trazabilidad y la generación de confianza derivadas de la innovación disruptiva del blockchain sobre la gobernanza y normatividad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.	exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025. 2. Existe una relación significativa entre la automatización de procesos mediante contratos inteligentes y la eficiencia operativa de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025. 3. Existe una relación significativa entre la trazabilidad y la generación de confianza derivadas de la innovación disruptiva del blockchain y la gobernanza y normatividad de los sistemas de comercio exterior en el Perú durante el periodo 2023–2025.	**Dimensiones de la variable dependiente**: ▪ Integración Tecnológica ▪ Eficiencia Operativa ▪ Gobernanza y Normatividad	durante el periodo 2023–2025. **Muestra**: 400 participantes, a un 95% de intervalo de confianza y un 5% de margen de error. **Instrumento**: cuestionario de encuesta tipo escala de Likert.

2. Matriz de operacionalización

Variable	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Innovación disruptiva del blockchain	Descentralización y Seguridad	Nivel de descentralización de los nodos en las operaciones de comercio exterior	Escala de Likert/Ordinal
		Capacidad de inmutabilidad de los registros transaccionales	
		Existencia de mecanismos criptográficos de validación de datos	
		Grado de protección frente a ciberataques y fraudes	
		Transparencia de los registros para los actores autorizados	
	Automatización de Procesos (Smart Contracts)	Aplicación de contratos inteligentes en trámites aduaneros	Escala de Likert/Ordinal
		Reducción de tiempos en la autorización de embarques y desembarques	
		Eliminación de intermediarios en procesos de validación documental	
		Nivel de autoejecución de los acuerdos comerciales	
		Adaptación normativa al uso de smart contracts en comercio exterior	
	Trazabilidad y Confianza	Registro automatizado de la trazabilidad de mercancías	Escala de Likert/Ordinal
		Precisión en el seguimiento de la cadena logística	
		Acceso en tiempo real a la información logística por las partes interesadas	
		Disminución de discrepancias en la documentación de carga	
		Incremento en la confianza entre exportadores, importadores y autoridades aduaneras	
Interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior	Integración Tecnológica	Nivel de compatibilidad de plataformas de comercio exterior	Escala de Likert/Ordinal
		Capacidad de los sistemas para intercambiar datos en tiempo real	
		Existencia de protocolos de estandarización de datos transaccionales	
		Grado de conexión entre sistemas de aduanas, bancos, agentes logísticos y empresas	
		Capacidad de interconexión multinacional (cross-border interoperability)	
	Eficiencia Operativa	Reducción de tiempos en los trámites de exportación e importación	

		Minimización de errores por ingreso manual de datos	Escala de Likert/Ordinal
		Disminución de costos operativos asociados a la gestión documental	
		Optimización de los flujos de información logística	
		Mejora en la sincronización entre los actores de la cadena de suministro	
	Gobernanza y Normatividad	Existencia de marcos regulatorios que permiten la interoperabilidad	Escala de Likert/Ordinal
		Coordinación entre entidades públicas y privadas para la integración de sistemas	
		Adopción de estándares internacionales de comercio exterior	
		Transparencia y rendición de cuentas en los procesos interoperables	
		Nivel de capacitación de los actores sobre el uso de sistemas interoperables	

3. Instrumento de recolección de datos

CUESTIONARIO DE ENCUESTA

VARIABLES DE CONTROL

EDAD	VALOR
18 a 29 años	1
30 a 40 años	2
41 a 50 años	3
51 a 60 años	4
61 a 70 años	5
71 a más años	6

GÉNERO	VALOR
Masculino	1
Femenino	2
Otra identidad	3

EDUCACIÓN	VALOR
Primaria	1
Secundaria	2
Técnico-Superior	3
Universitaria	4

VARIABLES DE ANÁLISIS

Escala de valoración

1=Totalmente en desacuerdo

2=En desacuerdo

3=Ni de acuerdo ni en desacuerdo

4=De acuerdo

5=Totalmente de acuerdo

VI: Innovación disruptiva del blockchain	**Escala de valoración**				
Dimensión 1: Descentralización y Seguridad	1	2	3	4	5
P1. En los procesos de comercio exterior se ha implementado una red de nodos descentralizados para registrar las operaciones.					
P2. Los registros transaccionales generados por blockchain son inmutables y no pueden ser alterados.					
P3. Existen mecanismos criptográficos sólidos que validan la autenticidad de los datos transaccionales.					
P4. El sistema basado en blockchain ha fortalecido la protección contra fraudes y ciberataques.					
P5. Los registros de las operaciones comerciales son transparentes y accesibles solo para los actores autorizados.					
Dimensión 2: Automatización de Procesos (Smart Contracts)					
P6. Los contratos inteligentes han sido implementados en los trámites aduaneros para automatizar procesos.					
P7. Los tiempos de autorización de embarques y desembarques se han reducido gracias a los smart contracts.					
P8. La validación de documentos en los procesos de comercio exterior se realiza sin necesidad de intermediarios.					
P9. Los acuerdos comerciales se ejecutan automáticamente cuando se cumplen las condiciones establecidas en los contratos inteligentes.					
P10. Las normativas nacionales están adaptándose progresivamente al uso de smart contracts en comercio exterior.					
Dimensión 3: Trazabilidad y Confianza					
P11. La trazabilidad de las mercancías es registrada automáticamente durante todo el proceso logístico.					
P12. El seguimiento de la cadena logística es preciso y actualizado en tiempo real.					
P13. Todas las partes interesadas tienen acceso instantáneo a la información logística mediante blockchain.					
P14. Se han reducido significativamente las discrepancias en la documentación de carga.					
P15. Existe mayor confianza entre exportadores, importadores y autoridades aduaneras gracias a la implementación de blockchain.					

Variable Dependiente: Interoperabilidad de los Sistemas de Comercio Exterior	Escala de valoración				
Dimensión 1: Integración Tecnológica	1	2	3	4	5
Q16. Las plataformas tecnológicas empleadas en comercio exterior son compatibles entre sí.					
Q17. Los diferentes sistemas logran intercambiar datos en tiempo real durante las operaciones comerciales.					
Q18. Se han establecido protocolos estandarizados para el intercambio de datos transaccionales.					
Q19. Existe interconexión entre los sistemas de aduanas, bancos, agentes logísticos y empresas comerciales.					
Q20. Los sistemas permiten la interoperabilidad internacional entre diversos países.					
Dimensión 2: Eficiencia Operativa					
Q21. Los tiempos de trámite de exportación e importación se han reducido significativamente.					
Q22. El ingreso manual de datos ha disminuido, reduciendo los errores operativos.					
Q23. Los costos operativos relacionados con la gestión documental se han reducido.					
Q24. Los flujos de información logística son ahora más eficientes y fluidos.					
Q25. Los actores de la cadena de suministro logran una mayor sincronización de sus operaciones.					
Dimensión 3: Gobernanza y Normatividad					
Q26. Existen marcos normativos que permiten la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior.					
Q27. Las entidades públicas y privadas trabajan coordinadamente para integrar los sistemas tecnológicos.					
Q28. Se han adoptado estándares internacionales en los procesos de comercio exterior.					
Q29. Los procesos interoperables son transparentes y permiten una adecuada rendición de cuentas.					
Q30. Los actores involucrados en el comercio exterior están debidamente capacitados en el uso de sistemas interoperables.					

4. Validación del Instrumento

4.1. Validación del instrumento experto 1

FICHA DE INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: *Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025*

I. DATOS GENERALES:

1.1 Apellidos y Nombres del Experto : La Noire Núñez, José Antonio

1.2 Grado académico : Doctor en Derecho

1.3 Cargo e institución donde labora : Docente nombrado FCA-UNMSM

1.4 Nombre del instrumento : *Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior*

1.5 Autora del Instrumento : Yesika Yunneth Chura Canahua

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Excelente 81-100%	Muy Buena 61-80%	Buena 41-60%	Mejorable 21-40%	Deficiente 00-20%
1.CLARIDAD	Lenguaje claro, preciso, sintáctica y semántica son adecuadas.	X				
2.OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.	X				
3.ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.	X				
4.ORGANIZACION	Existe una organización lógica.	X				
5.SUFICIENCIA	Comprende los ítems en cantidad y calidad para obtener la medición	X				
6.INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias de investigación.	X				
7.CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos de la investigación.	X				
8.COHERENCIA	Alineamiento de variables, dimensiones e indicadores	X				
9.METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico	X				
10. PERTINENCIA	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación.	X				

III. OPINION CUALITATIVA

El instrumento de recolección de datos cumple con las exigencias de calidad y está elaborado de manera adecuada.

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

(x) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
(…) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado, y nuevamente validado.

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 100 %

Lugar y fecha: Lima, 11 de enero de 2025



……

Firma del Experto
DNI.Nº 41751368
Teléfono Nº 981-374-425

4.2. Validación del instrumento experto 2

FICHA DE INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: *Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior en el Perú, 2023–2025*

I. DATOS GENERALES:

1.1 Apellidos y Nombres del Experto : Salazar Marzal, Alex Melecio

1.2 Grado académico : Magíster

1.3 Cargo e institución donde labora : Docente UPG-FCA-UNMSM

1.4 Nombre del instrumento : *Innovación disruptiva del blockchain y su influencia en la interoperabilidad de los sistemas de comercio exterior*

1.5 Autor(es) del Instrumento : Yesika Yunneth Chura Canahua

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Excelente 81-100%	Muy Buena 61-80%	Buena 41-60%	Mejorable 21-40%	Deficiente 00-20%
1.CLARIDAD	Lenguaje claro, preciso, sintáctica y semántica son adecuadas.	X				
2.OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.	X				
3.ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.	X				
4.ORGANIZACION	Existe una organización lógica.	X				
5.SUFICIENCIA	Comprende los ítems en cantidad y calidad para obtener la medición	X				
6.INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias de investigación.	X				
7.CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico-científicos de la investigación.	X				
8.COHERENCIA	Alineamiento de variables, dimensiones e indicadores	X				
9.METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico	X				
10. PERTINENCIA	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación.	X				

III. OPINION CUALITATIVA

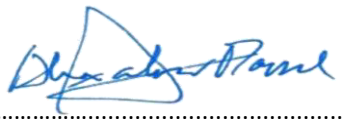
El instrumento de colección de datos elaborado por el maestrista Guillermo Rodrigo Vásquez Rojas cumple con los requerimientos de exigencia para recolectar datos con credibilidad.

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

(x) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
(…) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado, y nuevamente validado.

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 100 %

Lugar y fecha: Lima, 21 de enero de 2025



……

Firma del Experto
DNI. Nº 15606897
Teléfono: 999 653 389

Cambiar cuestiones de forma

Fuente

Fuente: Elaboración Propia.

Gráficos cuadro

Ajustar el texto (Titulos y Sub Titulo)

Informe del Asesor o Jurado Informante