

The use of smart technology and the efficiency of multimodal transport for the management of an international freight company

Monica Maria Ccopa Jara¹ , Santiago Domingo Moquillaza Henríquez² 
^{1,2}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17201979@utp.edu.pe, C29177@utp.edu.pe

Abstract– *Multimodal transport faces challenges stemming from uncertainty, deficiencies in information management, and poor coordination among logistics stakeholders. This study aims to determine the relationship between the use of smart technology and the efficiency of multimodal transport in an international freight company in Lima, as well as to propose improvement strategies. Using a quantitative approach, a non-experimental design, and a correlational scope, Spearman's rank correlation coefficient and chi-square tests were applied. The results show a positive and significant relationship and association ($p = 0.553$; $\chi^2 = 17.8$; $p < 0.05$). Three innovative strategies are proposed: Multimodal Connectivity Platform, Predictive Logistics Risk Intelligence, and a Digital Collaborative Network, all aimed at strengthening logistics management. In conclusion, the use of smart technology enhances logistical efficiency and strengthens the operational management of multimodal transportation in companies.*

Keywords– *Smart technology, multimodal transport, logistics efficiency, operational management, digital collaborative network.*

El uso de la tecnología inteligente y la eficiencia del transporte multimodal para la gestión de una empresa de carga internacional

Monica Maria Ccopa Jara¹ , Santiago Domingo Moquillaza Henríquez² 
^{1,2}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17201979@utp.edu.pe, C29177@utp.edu.pe

Resumen-- El transporte multimodal enfrenta retos derivados de la incertidumbre, deficiencias en la gestión de información y baja coordinación entre actores logísticos. Este estudio tiene como objetivo determinar la relación entre el uso de tecnología inteligente y la eficiencia del transporte multimodal en una empresa de carga internacional en Lima, además de proponer estrategias de mejora. Con un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y alcance correlacional, se aplicaron los análisis de Spearman y Chi-cuadrado. Los resultados evidencian una relación y asociación positiva y significativa ($p = 0.553$; $\chi^2 = 17.8$; $p < 0.05$). Se plantean tres estrategias innovadoras: Plataforma de Conectividad Multimodal, Inteligencia Predictiva de Riesgo Logístico y Red Colaborativa Digital, orientadas a fortalecer la gestión logística. En conclusión, el uso de tecnología inteligente mejora la eficiencia logística y fortalece la gestión operativa del transporte multimodal en las empresas.

Palabras clave-- Tecnología inteligente, transporte multimodal, eficiencia logística, gestión operativa, Red colaborativa digital.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector logístico enfrenta retos en el transporte multimodal, principalmente por factores de incertidumbre, deficiencias en la gestión de información y baja coordinación entre empresas y modos de transporte, lo que genera demoras y errores [1]. Esto se evidencia en países en desarrollo como Uzbekistán, donde el bajo uso del transporte multimodal y de contenedores disminuye la eficiencia logística debido a los altos costos del transporte [2]. De manera similar, en China se identifica una descoordinación entre el transporte marítimo y ferroviario, causada por una débil vinculación administrativa, interconexiones manuales y el uso de un único documento en todo el proceso multimodal [3].

En este contexto, la tecnología inteligente se posiciona como un elemento clave para mejorar la eficiencia en la logística del comercio exterior. Esta se entiende como la integración de herramientas y sistemas que facilitan la recopilación, la conectividad y la gestión de información en el transporte [4]. Además, mejora la eficiencia del transporte mediante el seguimiento en tiempo real y el control de los procesos logísticos [5]. Dentro de este enfoque, los Sistemas de Transporte Inteligentes incorporan tecnologías como el aprendizaje automático, el Internet de las Cosas y la cadena de bloques, las que fortalecen la fiabilidad, trazabilidad y coordinación en el transporte multimodal [6].

En relación con su aplicación, el uso de tecnología inteligente es fundamental para la conectividad continua entre los distintos modos de transporte [7]. Asimismo, su

implementación en la logística mejora la capacidad de respuesta optimiza el flujo de información, disminuye costos, automatiza actividades repetitivas y eleva la productividad del proceso multimodal [8]. Además, al emplearse en la red de transporte multimodal, mejora los procesos y genera beneficios para todos los participantes vinculados [9].

En función de lo expuesto, el objetivo del presente estudio es determinar la relación entre el uso de la tecnología inteligente y la eficiencia del transporte multimodal para la gestión de una empresa de carga internacional en la ciudad de Lima, Perú. Para ello, se analizan elementos como la tecnología inteligente, la eficiencia del transporte multimodal, la conectividad de transportes, la reducción de costos operativos y el tiempo de entrega. Este estudio aporta valor al abordar una relación con límite de estudio entre estas variables, impulsando la adopción tecnológica en el sector. Además, de construir una planificación de escenarios en base a la literatura del estado del arte con el apoyo de la inteligencia artificial, con el fin de proponer estrategias que mejoren la interoperabilidad en el procedimiento multimodal y permitan contrarrestar el escenario pesimista.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Impacto del uso de tecnologías inteligentes en la eficiencia del transporte multimodal

En el contexto actual, ser eficiente en el transporte de mercancías es esencial. De esta manera, el transporte multimodal se define como la coordinación de un solo agente logístico encargado de integrar diferentes modos de transporte para optimizar el proceso [10]. La incorporación de tecnologías como plataformas digitales, el Internet de las Cosas (IoT), Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el Sistema de Información Geográfica (GIS) el Intercambio Electrónico de Datos (EDI) y recursos en la nube mejora la gestión y seguimiento del transporte [11].

Es así como la combinación de EDI, inteligencia artificial, GPS y GIS permite una coordinación eficaz entre modos de transporte, logrando una tasa de mercancías intacta de 99,7% durante el recorrido multimodal mediante técnicas de agrupamiento y análisis de envoltorio de datos (DEA) [12]. Asimismo, una buena coordinación entre el transporte ferroviario y de carretera incrementa la eficiencia y seguridad, reduciendo costos mediante programación lineal [13]. Además, la integración de esta coordinación con la planificación de redes y la técnica Justo a Tiempo contribuye a disminuir los tiempos

de transporte, inventarios, costos y riesgos [10]. También, el uso de GPSS World permite reducir tiempos de espera hasta en 13%, mejora la eficiencia del personal hasta en 14% y disminuye los tiempos de servicio de importación y exportación en 15,8% y 21,6% [14]. A su vez, las plataformas digitales optimizan la planificación de rutas entre trenes y vías fluviales usando el modelo del viajante de comercio y el Algoritmo de Colonia de Hormigas, logrando entregas en un plazo de 5 a 7 días [15].

Por otra parte, se ha demostrado que el uso de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA), el Big Data, y la cadena de bloques (blockchain) puede mejorar significativamente la eficiencia logística y reducir los costos operativos [16], [11]. La integración entre los modos de transporte reduce tiempos entre 18-20% y costos hasta un 20%, generando ahorros del 15% [17]. También, la digitalización disminuye errores, costos y tiempos mediante la automatización [18]. El transporte multimodal reduce riesgos en la cadena de suministro, optimiza rutas mediante el uso de EcoTransit y heurísticas basadas en 18 operaciones, y reduce costos frente al transporte fluvial en un 23%, con ahorros estadísticamente significativos entre 0,40% y 1,08% [19]. Asimismo, existe una fuerte relación (0,894; $p=0.000$) entre transporte multimodal y eficiencia en costos operativos, al considerar tecnología, infraestructura y tiempo de permanencia [20].

A su vez, el monitoreo con IoT mejora la gestión del transporte, con correlaciones positivas de 0,6933 con la optimización y 0,5791 con la logística multimodal [21]. Además, la Carga Inteligente mediante computación en la niebla (Fog Computing), mejora el transporte multimodal en tiempo real y facilita decisiones ante imprevistos [22].

En este sentido, se muestra la Figura 1 los tres impactos principales de la tecnología inteligente para mejorar la eficiencia del transporte multimodal extraído de los artículos estudiados: la optimización de procesos, la reducción de costos y la mejora en la coordinación entre los distintos modos de transporte. Estos elementos contribuyen a una gestión más eficiente del sistema logístico integral.

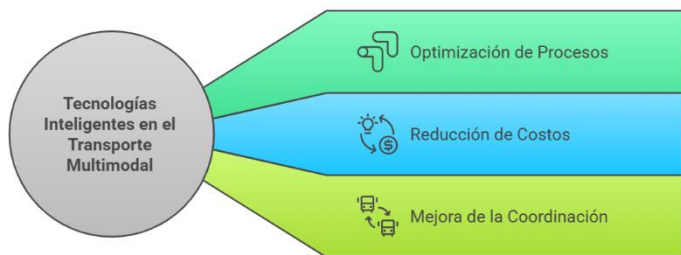


Fig. 1 Los impactos de la implementación de tecnologías inteligentes en el transporte multimodal.

Además, se presenta la Figura 2 el análisis bibliométrico elaborado en el software VOSviewer a partir de la cadena de búsqueda en Scopus combinando las palabras clave relacionadas: ("smart technology" OR "smart technologies" OR "smart systems" OR "intelligent technology" OR "digital

technology")AND ("multimodal transport" OR "multimodal transportation" OR "intermodal transport" OR "intermodal transportation") AND (efficiency OR performance OR optimization OR effectiveness) la cual evidencian los términos más destacados que los clústeres identifican como: multimodal transportation, optimization, logistics, decision making, internet of things, artificial intelligence, transportation planning, cost, travel time, efficiency y supply chain. Estos términos reflejan el interés del estudio por mejorar la eficiencia operativa mediante el uso de tecnologías inteligentes.

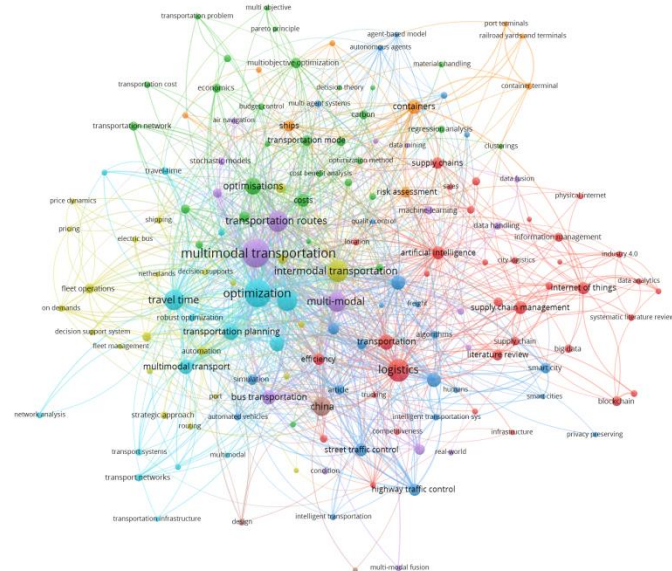


Fig. 2 Mapa bibliométrico sobre transporte multimodal y tecnologías inteligentes.

III. MÉTODO

A. Enfoque y diseño de investigación

El estudio adopta un diseño no experimental, con enfoque cuantitativo y transversal. Se aplica un análisis de correlación para identificar la relación y fuerza entre variables, utilizando distintos indicadores estadísticos [23]. Este diseño permite analizar el comportamiento de las variables en su contexto real sin intervención del investigador.

B. Población y muestra

La muestra es de tipo no probabilística por conveniencia, conformado por 30 trabajadores de una agencia de carga internacional, quienes constituye la totalidad de la población del estudio. Este tipo de muestreo se caracteriza por la selección de elementos en función de la accesibilidad y criterios del investigador [24]. En este caso, se trabajó con la totalidad de los trabajadores disponibles, lo que permitió obtener información directamente vinculada al entorno real de la organización.

C. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recopilación de datos, se emplea la encuesta como técnica principal, por ser útil para obtener información representativa del grupo de estudio [25]. Los cuestionarios se aplican en línea, mediante una escala Likert de cinco puntos, desde Totalmente en desacuerdo hasta Totalmente de acuerdo, lo que permite medir de forma estandarizada las percepciones y facilitar su tratamiento cuantitativo [26]. Esta técnica es adecuada para estudios de enfoque cuantitativo y análisis correlacional.

D. Procedimiento metodológico y análisis estadístico de los datos

Para el proceso metodológico, se presenta la Figura 3, que consta de 18 ítems: 9 ítems para la variable tecnología inteligente (automatización y digitalización, monitoreo e interoperabilidad) y 9 ítems para la eficiencia del transporte multimodal (tiempo de entrega, reducción de costos operativos y coordinación de transporte). Los datos se recogen con Google Forms, se procesan en Excel y se analizan utilizando el software Jamovi. Para ello, se aplica el alfa de Cronbach, estadísticas descriptivas, prueba de normalidad Shapiro-Wilk, cuyos resultados indican que los datos no siguen una distribución normal. En función de ello, se emplean pruebas no paramétricas, específicamente la correlación de Spearman para determinar la relación entre variables y prueba Chi cuadrado para analizar la asociación entre ellas, lo cual se sustenta por la escala ordinal de los datos y el tamaño de la muestra, garantizando la validez del análisis estadístico.

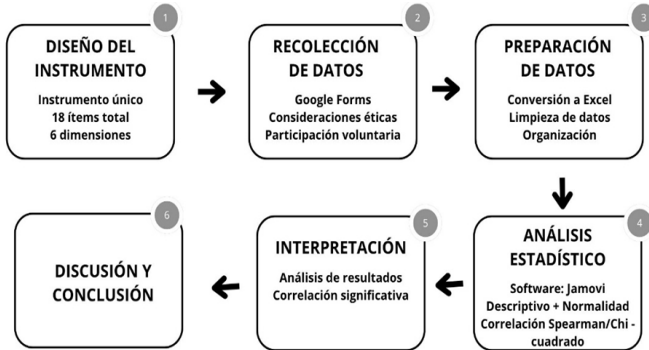


Fig. 3 Proceso metodológico para el estudio de correlación.

E. Modelación de planificación de escenarios basada en inteligencia artificial

La modelación de escenarios se desarrolla a partir del análisis sistemático del estado del arte, mediante el cual se identifican como criterios clave el nivel de aplicación de tecnologías avanzadas, la reducción de costos operativos, el tiempo de entrega y la coordinación del transporte, los cuales caracterizan la eficiencia del sistema logístico.

Para el análisis de la información se emplea la herramienta NotebookLM como apoyo de inteligencia artificial, la cual permite la obtención, organización y consolidación de

información proveniente de literatura científica relevante. Este proceso permite identificar comportamientos y evoluciones asociados a la adopción de tecnologías inteligentes en el transporte multimodal.

A partir de esta sistematización, se construyen tres escenarios prospectivos: pesimista, conservador y optimista, los cuales representan distintos niveles de implementación tecnológica y su impacto en la eficiencia logística. Estos escenarios provienen de la información analizada y estructurada por la herramienta, garantizando la coherencia con los criterios establecidos y la evidencia del estado del arte. La identificación de los escenarios y su interpretación conceptual se aseguran mediante el criterio del investigador, garantizando la coherencia analítica del modelo y la validez de las proyecciones obtenidas.

IV. RESULTADOS

A. Análisis de Cronbach

En la Tabla I se muestra el análisis de fiabilidad del instrumento, mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, que evidencia una adecuada consistencia interna en las dimensiones evaluadas con valores obtenidos entre 0.622 y 0.758 que indican niveles aceptables de fiabilidad. Asimismo, los 18 ítems obtuvieron un valor 0.9 reflejando la consistencia y fiabilidad total del instrumento.

TABLA I
FIABILIDAD DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Estadísticas de Fiabilidad de Escala	Alfa de Cronbach
Automatización y digitalización	0.652
Monitoreo	0.738
Interoperabilidad tecnológica	0.645
Tiempo entrega	0.622
Reducción de costos operativos	0.758
Coordinación de transporte	0.682
Total, de 18 ítems	0.9

B. Análisis descriptivo y de normalidad

La Tabla II presenta los análisis de la estadística descriptiva y de normalidad de las variables tecnología inteligente (PG-V1), eficiencia del transporte multimodal (PG-V2), tiempo de entrega (D1-V2), reducción de costos operativos (D2-V2) y coordinación de transporte (D3-V2), con una muestra de 30 participantes sin datos perdidos. Las medias se encuentran entre 3.93 y 4.30, con desviaciones típicas moderadas 0.46 a 0.66, lo que indica una distribución relativamente homogénea. Los valores mínimos y máximos se sitúan entre 3 y 5, reflejando una variabilidad limitada. Sin embargo, los valores de Shapiro-Wilk

y sus significancias ($p < .001$) evidencian que todas las variables no cumplen con la normalidad. En este sentido, se recomienda el uso de pruebas no paramétricas para los análisis posteriores.

TABLA II
ANÁLISIS DESCRIPTIVA Y PRUEBA SHAPIRO-WILK DE LAS VARIABLES

Descriptiva y normalidad	PG-V1	PG-V2	D1-V2	D2-V2	D3-V2
N	30	30	30	30	30
Perdidos	0	0	0	0	0
Media	4.10	4.07	4.03	3.93	4.30
Mediana	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Desviación típica	0.481	0.521	0.669	0.583	0.466
Mínimo	3	3	3	3	4
Máximo	5	5	5	5	5
W de Shapiro-Wilk	0.652	0.696	0.798	0.750	0.577
Valor p de Shapiro-Wilk	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001

C. Correlación parcial de Spearman

La Figura 4, muestra los hallazgos de la correlación parcial de Spearman evidenciando el uso de la tecnología inteligente mantiene una correlación moderada y significativa con la eficiencia del transporte multimodal ($\rho = 0.553$, $p = 0.002$), lo que afirma que la implementación de la herramienta aporta de manera esencial al desempeño operativo en la gestión de la empresa de carga internacional. Asimismo, se observa una correlación positiva moderada con la coordinación del transporte ($\rho = 0.484$, $p = 0.007$), mostrando una mayor integración de los modos de transporte en los procesos logísticos. De igual modo, la tecnología inteligente presenta una correlación significativa, aunque de leve intensidad, con la reducción de costos operativos ($\rho = 0.397$, $p = 0.030$). A diferencia de la relación con el tiempo de entrega ($\rho = 0.330$, $p = 0.075$) alcanzó correlación, pero no significancia estadística. Estos hallazgos permiten concluir que la tecnología inteligente es un factor clave para mejorar la eficiencia del transporte multimodal y fortalecer la gestión operativa de las empresas de carga del comercio internacional.

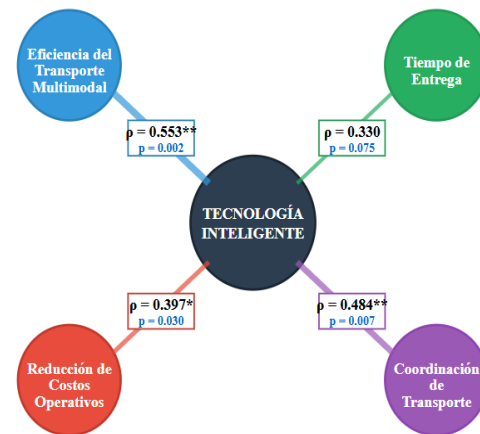


Fig. 4 Correlación entre la tecnología inteligente y la eficiencia del transporte multimodal, con sus respectivas dimensiones para gestión de una empresa de carga internacional.

D. Análisis Chi Cuadrado

En la Tabla III se realiza el análisis de asociación mediante la prueba de Chi-cuadrado siendo un valor de $\chi^2 = 17.8$ empleando 4 grados de libertad junto con un nivel de significación $p = 0.001$, evidenciando una asociación estadísticamente significativa entre la tecnología inteligente y la eficiencia del transporte multimodal en la gestión de una empresa de carga internacional.

TABLA III
ANÁLISIS DE CHI-CUADRADO

Tabla de Contingencia					
		Eficiencia del transporte multimodal			
Tecnología inteligente		5	4	3	Total
5	Observado	4	1	0	5
% del total	13.30%	3.30%	0.00%	16.70%	
4	Observado	1	19	3	23
% del total	3.30%	63.30%	10.00%	76.70%	
3	Observado	0	2	0	2
% del total	0.00%	6.70%	0.00%	6.70%	
Total	Observado	5	22	3	30
% del total	16.70%	73.30%	10.00%	100.00%	
Pruebas de χ^2					
	Valor	gl		p	
χ^2	17.8	4		0.001	
N	30				

V. PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN DE ESCENARIOS

A. Planificación de escenario

La Figura 5, presenta la planificación de escenarios que corresponde a un enfoque prospectiva estratégica sustentada en la revisión del estado del arte, a partir del cual se identifican tendencias relevantes sobre el uso de tecnología inteligente en el transporte multimodal. En función de ello, se plantean tres escenarios: pesimista, conservador y optimista, que representan distintos niveles de adopción tecnológica y sus posibles impactos en la eficiencia logística. El escenario conservador refleja la situación actual caracterizada por métodos tradicionales, sistemas y automatización limitada que restringen la eficiencia operativa. El escenario optimista planea y presenta beneficios de la integración efectiva de las tecnologías avanzadas evidenciando reducciones en costos (USD 97.03M) y tiempos (12-16%), además de una confiabilidad del 99.7% en el transporte multimodal. Por el contrario, el escenario pesimista detecta los principales obstáculos hacia el uso de las tecnologías avanzadas, falta de estandarización e integración entre las empresas logísticas pequeñas y medianas.

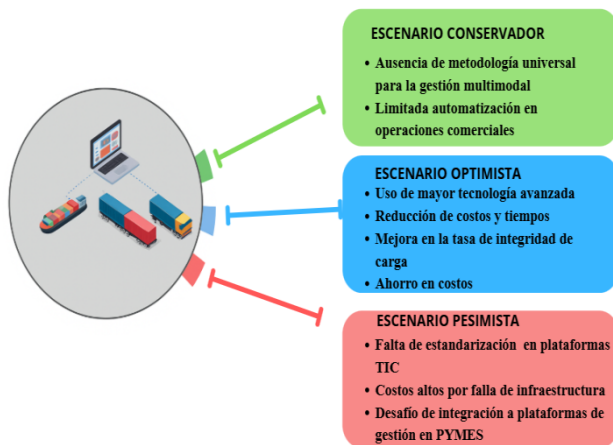


Fig. 5 Planificación de escenarios

B. Estrategias para revertir el escenario pesimista

Las 3 estrategias presentadas en la Figura 6 conforman una propuesta integral orientada a fortalecer la eficiencia del transporte multimodal mediante el uso de tecnología inteligente en las empresas de agentes de carga internacional. En este contexto, se presenta la primera estrategia: La Plataforma de Conectividad Multimodal (PICM) su finalidad es crear una plataforma que conecte a las empresas de transporte y a las agencias de carga que gestionan el transporte multimodal, la cual permita trabajar de forma sincronizada promoviendo el flujo continuo y estandarización de información. A su vez se propone la segunda estrategia: La Inteligencia Predictiva de Riesgo Logístico (IPRL) se plantea la incentivación del uso de

analítica avanzada e inteligencia artificial en las plataformas y software de todos los actores logístico para anticipar fallas operativas y mitigar los impactos de contingencias en la red de transporte la cual permite tomar decisiones estratégicas anticipadas. Finalmente, se propone la tercera estrategia: la Red Colaborativa Digital (RECODIA) esta estrategia busca crear una plataforma estandarizada orientada para agencias de carga, con el apoyo de entidades del estado de comercio exterior y organismos logísticos que fomente la cooperación y comunicación tecnológica entre los agentes de carga a nivel global, fortaleciendo el intercambio de datos como documentaciones ,flete, tracking del envío en tiempo real, mapa de rutas multimodales optimizadas e incidentes ocurridos que permita un trabajo en conjunto, mejora la coordinación y optimice recursos tanto para empresas grandes, medianas y pequeñas. Aunque estas estrategias se inspiran en las tendencias tecnológicas globales, su aplicación orienta a entornos donde la digitalización y la interoperabilidad aún se encuentran en proceso de desarrollo. En este sentido, constituyen una propuesta innovadora dirigida a impulsar la transformación tecnológica del transporte multimodal y fortalecer la competitividad del sector logístico a nivel internacional.

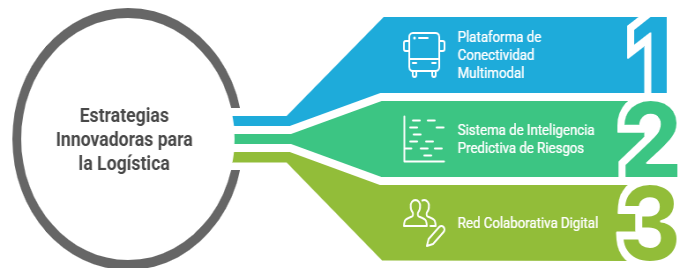


Fig. 6 Estrategias tecnológicas propuestas para optimizar la eficiencia del transporte multimodal en empresas de agentes de carga internacional.

VI. DISCUSIÓN

Los hallazgos alcanzados se sostienen con los artículos científicos revisados, evidenciando la correlación moderada y significativa entre el uso de la tecnología inteligente y la eficiencia del transporte multimodal dentro de la gestión de una empresa de carga internacional ($p = 0.553$, $p = 0.002$). Este resultado se vincula directamente con lo planteado en el estado del arte, donde diversos autores coinciden en la incorporación de herramientas tecnológicas como el Internet de las Cosas (IoT), el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el Sistema de Información Geográfica (GIS), el Intercambio Electrónico de Datos (EDI) y la inteligencia artificial, fortalecen significativamente la coordinación, la gestión y optimización del transporte multimodal [10], [11].

Asimismo, se demuestra una correlación positiva entre el uso de tecnología inteligente y la coordinación del transporte (p

= 0.484, $p = 0.007$) comprobando que digitalización ayuda a mejorar la sincronización entre los modos de transporte y los agentes logísticos. Esto se respalda por los autores estudiados, en la que manifiestan una correlación positiva con valor de 0.5791 en la coordinación multimodal [21]. Además, la combinación de tecnologías genera una coordinación eficiente entre modos de transporte [12].

En cuanto, a la reducción de costos operativos resulto una correlación significativa, aunque de menor intensidad ($p = 0.397$, $p = 0.030$), lo cual demuestra que la tecnología inteligente influye positivamente en la disminución de los costos asociados al transporte. Estos resultados concuerdan con el estado del arte, en la que la integración entre modos de transporte reduce los costos hasta un 20%, causando ahorros del 15% [17]. Además, manifiestan que el transporte multimodal permite optimizar rutas al usar herramientas que reduce costos hasta un 23% [19]. Es así, que se reportaron una fuerte relación ($r = 0.894$; $p = 0.000$) entre ambos conceptos estudiados, considerando factores tecnológicos, de infraestructura y tiempo de permanencia [20].

Por otra parte, el tiempo de entrega, se obtuvo una correlación positiva ($p = 0.330$), aunque no estadísticamente significativa ($p = 0.075$). Diversos estudios del estado del arte señalan que la tecnología inteligente sí tiene un impacto en la reducción de los tiempos logísticos. Por ejemplo, mediante la aplicación del Algoritmo de Colonia de Hormigas optimiza rutas y reduce los tiempos de entrega entre 5 o 7 días [15]. También se reportan disminuciones en los tiempos de espera comprendidas entre 9% y 13%, lo que refleja mejoras en el proceso [14]. Asimismo, integrar transporte multimodal reduce tiempos entre 18 y 20% [11]. Sin embargo, no evidencia significancia, lo cual puede asociarse a factores externos del entorno logístico, como procesos aduaneros, congestión operativa y la intervención de múltiples actores, que limitan el efecto directo de la tecnología sobre los tiempos de entrega. En ese sentido, el resultado sugiere que el impacto de la tecnología en esta dimensión no es inmediato, sino condicionado por el grado de vinculación del sistema logístico en su conjunto.

Por otro lado, el análisis de asociación mediante la prueba de Chi-cuadrado ($\chi^2 = 17.8$; $p = 0.001$) refuerza la existencia de una relación significativa entre la tecnología inteligente y la eficiencia del transporte multimodal, en concordancia con autores del estado del arte [11], [10]. Estos autores resaltan que la integración de sistemas tecnológicos y la digitalización reducen costos de traslado multimodal, aumentan la productividad y fortalecen la coordinación logística, resultados que se reflejan en la presente investigación.

Asimismo, la planificación de escenarios evidencia el impacto potencial de la adopción tecnológica. Mientras el escenario optimista, proyecta reducciones de costos, tiempo y confiabilidad [12]. El escenario pesimista evidencia los obstáculos estructurales de las empresas pequeñas y medianas de carga frente a la transformación digital y falta de estandarización en las plataformas tecnológicas lo que resalta la necesidad de generar una formación tecnológica.

En este contexto, las estrategias propuestas como: la Plataforma de Conectividad Multimodal (PICM), la Inteligencia Predictiva de Riesgo Logístico (IPRL) y la Red Colaborativa Digital (RECODIA) responden directamente a los desafíos identificados en el escenario pesimista. Estas herramientas buscan fortalecer la coordinación, optimizar costos mediante analítica predictiva y fomentar la cooperación tecnológica entre los actores logísticos, en concordancia con las tendencias internacionales.

VII. CONCLUSIÓN

El estudio confirma el objetivo planteado, al determinar que si existe una relación entre el uso de la tecnología inteligente y la eficiencia del transporte multimodal para la gestión de una empresa de carga internacional, respaldado por los hallazgos de la correlación de Spearman ($\rho = 0.553$, $p = 0.002$) y el análisis Chi-cuadrado ($\chi^2 = 17.8$, $p = 0.001$), los cuales indican una relación positiva y significativa entre ambas variables, demostrando que la tecnología avanzada, la digitalización se asocia con la mejora del desempeño operativo y la gestión eficiente de los recursos de la empresa de carga internacional.

Si bien la relación con la variable tiempo de entrega no alcanzó significancia estadística, este resultado indica que su mejora no depende únicamente del uso de tecnología, sino de la integración de diversos factores del sistema logístico. No obstante, se evidenció un impacto favorable en la reducción de costos operativos y en la coordinación de transportes, factores determinantes que generan impactos positivos en la organización de carga internacional.

Asimismo, el análisis a la empresa identifica que el uso de las tecnologías que poseen como la Inteligencia Artificial, sistema de seguimiento, plataforma logística contribuyen con la interoperabilidad en la gestión del transporte multimodal a nivel internacional.

Los resultados presentan aportes en el sector logístico, al demostrar que el uso de tecnologías inteligentes contribuye a mejorar la gestión del transporte multimodal en distintos contextos. En este sentido, estos hallazgos pueden servir como base para el fortalecimiento de la integración tecnológica en los procesos del sector logístico. Del mismo modo, las estrategias planteadas muestran viabilidad de aplicación en organizaciones con características operativas similares, lo que refuerza su potencial de escalabilidad y adopción en entornos logísticos diversos.

En términos prácticos, los hallazgos evidencian que la incorporación de tecnologías inteligentes mejora significativamente la eficiencia en la gestión operativa y la coordinación de los procesos logísticos multimodales.

Finalmente, las futuras investigaciones pueden ampliar el análisis a empresas logísticas con distintos niveles de madurez tecnológica, con el fin de comparar los resultados en distintos contextos. Asimismo, se sugiere desarrollar estudios longitudinales que permitan analizar la evolución de la relación

entre la tecnología inteligente y la eficiencia del transporte multimodal, considerando que sus efectos se manifiestan de manera progresiva.

REFERENCIAS

- [1] L. Wei, Z. Xueli, L. Yunhan, L. Xia, and L. Li, "Research on the effect of the impact of multimodal transport on dual domestic and international circulation: Evidence from China's rail-water transportation," *PLoS One*, vol. 20, no. 4, pp. 0319982, April 2025. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>
- [2] B. Menglikulov, S. Umarov, A. Safarov, T. Zhyemuratov, N. Alieva, and A. Durmanov, "Ways to increase the efficiency of transport logistics: Communication services in Uzbekistan," *E3S Web of Conferences*, vol. 389, pp. 05036, May 2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338905036>
- [3] X. Fang, J. Zhang, Z. Chen, W. Chen, C. Chao, and G. Jinrong, "Evaluation of the degree of synergy of the multimodal container transport system," *Open Access Journal*, vol. 12, no. 4, pp. 1–26, February 2020. <https://doi.org/10.3390/su12041487>
- [4] J. Stodola, P. Stodola, and J. Furch, "Intelligent transport systems," *Challenges to National Defence in Contemporary Geopolitical Situation*, pp. 41–49, November 2022. <https://doi.org/10.47459/cndcgs.2022.5>
- [5] C. Miranda, A. Santos, J. P. Javidi, G. Almeida, D. Alves, and E. Pignaton, "A virtual infrastructure model based on data reuse to support intelligent transportation system applications," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 40607–40620, March 2025. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3547160>
- [6] A. Kharche, S. Badholia, and R. K. Upadhyay, "Implementation of blockchain technology in integrated IoT networks for building scalable ITS systems in India," *Blockchain: Research and Applications*, vol. 5, no. 2, pp. 100188, June 2024. <https://doi.org/10.1016/j.bcr.2024.100188>
- [7] D. Zemydienė, A. Burinskienė, and K. Čižiūnienė, "A contextual data integration approach in an e-service system for multimodal freight transport management," *Sustainability*, vol. 16, no. 18, pp. 7893, September 2024. <https://doi.org/10.3390/su16187893>
- [8] G. Bureika, K. Vaičiūtė, and A. Katinienė, "The synergy between technological development and logistics cooperation of road transport companies," *Sustainability*, vol. 14, pp. 4561, November 2022. <https://doi.org/10.3390/su142114561>
- [9] X. Feng, R. Song, W. Yin, X. Yin, and R. Zhang, "Multimodal transportation network with freight containerization technology: Advantages and challenges," *Transport Policy*, vol. 132, pp. 128–143, March 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.12.006>
- [10] H. O. Prymachenko, O. O. Shapatina, O. S. Pestremenko, A. V. Shevchenko, and M. V. Halkevych, "Improvement of product supply chain management technology in the context of multimodal transport system development in the European Union countries," *International Journal of Agricultural Extension*, pp. 77–89, January 2022. <https://doi.org/10.33687/ijae.010.00.3866>
- [11] M. N. Malyshev, "Research analysis on improving the efficiency of multimodal transportation based on technological solutions," *Civil Aviation High Technologies*, vol. 23, no. 4, pp. 58–71, July 2020. <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2020-23-4-58-71>
- [12] L. Wang and S. Fu, "Container Multimodal Cooperative Transportation Management Information System Based on Artificial Intelligence Technology," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2021, pp. 14, December 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/1272221>
- [13] A. Krasheninina, O. Shapatina, O. Kovalova, G. Shapoval, and H. Sylenok, "Improvement of multimodal transportation based on logistic principles," *Logforum*, vol. 18, no. 4, pp. 451–469, 2022. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2022.758>
- [14] I. Lebid, N. Luzhanska, I. Lebid, A. Mazurenko, M. Roi, I. Mykhailenko, I. Yelnikova, and O. Tihov, "Construction of a simulation model for the operations of a transport and forwarding company in organizing multimodal freight transportation," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 3(132), pp. 6–16, December 2024. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.316568>
- [15] L. Ding, "Multimodal transportation information exchange platform with mixed time window constraints based on big data," *Cloud Computing Journal*, vol. 9, pp. 11, February 2020. <https://doi.org/10.1186/s13677-020-0153-8>
- [16] S. H. Chung, "Applications of intelligent technologies in logistics and transportation: A review," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 153, p. 102455, September 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102455>
- [17] A. G. Fareed, F. De Felice, A. Forcina, and A. Petrillo, "The role and applications of advanced digital technologies for achieving sustainability in multimodal logistics operations: A systematic literature review," *Sustainable Futures*, vol. 8, pp. 100278, December 2024. <https://doi.org/10.1016/j.sft.2024.100278>
- [18] G. D. Molero, F. E. Santarremigia, S. Poveda-Reyes, M. Mayrhofer, S. Awad-Núñez and A. Kassabji, "Key factors for the implementation and integration of innovative ICT solutions in SMEs and large companies involved in the multimodal transport of dangerous goods," *European Transport Research Review*, vol. 11, art. no. 28, June 2019. <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0362-8>
- [19] T. Binsfeld, S. Hamdan, O. Jouini and J. Gast, "On the optimization of green multimodal transportation: A case study of the West German canal system," *Annals of Operations Research*, vol. 351, pp. 667–726, June 2024. <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06075-5>
- [20] S. Okyere, J. Yang and C. A. Adams, "Optimizing the Sustainable Multimodal Freight Transport and Logistics System Based on the Genetic Algorithm," *Sustainability*, vol. 14, no. 18, pp. 11577, September 2022. <https://doi.org/10.3390/su141811577>
- [21] H. Son, J. Jang, J. Park, A. Balog, P. Ballantyne, H. R. Kwon, A. Singleton and J. Hwang, "Leveraging advanced technologies for (smart) transportation planning: A systematic review," *Sustainability*, vol. 17, no. 5, pp. 2245, March 2025. <https://doi.org/10.3390/su17052245>
- [22] A. Orozonova, S. Gapurbaeva, A. Kydykov, O. Prokopenko, G. Prause and S. Lytvynenko, "Application of smart logistics technologies in the organization of multimodal cargo delivery," *Transportation Research Procedia*, vol. 63, pp. 1192–1198, June 2022. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.124>
- [23] R. Tao, D. Li, H. Shi, S. Pang, Y. Lin and C. K. Li, "A quantitative analysis method based on network evolution for risk factors of safety production in chemical enterprises," *Scientific Reports*, vol. 15, pp. 8173, March 2025. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88279-8>
- [24] C. Cornesse, A. G. Blom, D. Dutwin, J. A. Krosnick, E. D. De Leeuw, S. Legleye, J. Pasek, D. Pennay, B. Phillips and J. W. Sakshaug, "A review of conceptual approaches and empirical evidence on probability and nonprobability survey sampling," *Journal of Survey Statistics and Methodology*, vol. 8, no. 1, pp. 4–36, February 2020. <https://doi.org/10.1093/jssam/smz041>
- [25] A. A. Vásquez Ramírez, L. M. Guanuchi Orellana, R. Cahuana Tapia, R. Vera Teves and J. Holgado Tisoc, *Métodos de investigación científica*, Puno, Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, 2023. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.094>
- [26] C. Timoszyk-Tomczak and P. Próchniak, "Construction and validation of a new Generational Time Perspective Questionnaire," *Scientific Reports*, vol. 14, pp. 13279, June 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64185-3>