



Caracterizar la aplicación del IoT en contenedores inteligentes (smart containers) para la logística y el transporte internacional, describiendo sus componentes tecnológicos, funcionamiento operativo y beneficios para la cadena de suministro global.

Arévalo Peruano, Alexis Javier y Guaigua Llasag, Sebastián Andrés

Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio

Carrera de Comercio Exterior

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Licenciado en Comercio Exterior

MSc. Viteri Moya Digna Marcela

30 de julio de 2026



Certificado de análisis
 Compilatio Magister+ | ESPE-ECU

Caracterizar la aplicación del IoT en contenedores inteligentes (smart containers) para la logística y el transpo

ID : 372fb6bfdc4f1b94bf00f68e86396443379abcd4



8%
 Textos
 sospechosos

Nombre del fichero : Caracterizar la aplicación del IoT en contenedores inteligentes (smart containers) para la logística y el transpo.txt
Tamaño del archivo original : 5,12 MB
Número de palabras : 21.541

Depositante : DIGNA MARCELA VITERI MOYA
Fecha de depósito : 14 de agosto de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 14 de agosto de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes 2%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA 6%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



Idiomas no reconocidos 3%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.

Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Textos entre comillas 0%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.



Validar únicamente en FirmaEC.
 Firmado electrónicamente por:
DIGNA MARCELA
VITERI MOYA

MSc. Viteri Moya Digna Marcela

Tutora

C.C.:1712655255



Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio

Carrera de Comercio Exterior

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Caracterizar la aplicación del IoT en contenedores inteligentes (smart containers) para la logística y el transporte internacional, describiendo sus componentes tecnológicos, funcionamiento operativo y beneficios para la cadena de suministro global”** fue realizado por los señores Arévalo Peruano Alexis Javier y Guaigua Llasag Sebastián Andrés, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; habiéndose efectuado una revisión integral de forma y de fondo conforme a los lineamientos y formatos institucionales vigentes. Además, fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 30 de julio de 2026



MSc. Viteri Moya Digna Marcela

Tutor

C.C.: 1712655255



Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio

Carrera de Comercio Exterior

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Arévalo Peruano Alexis Javier**, con cédula de ciudadanía n° 1752334795 y **Guaigua Llasag Sebastián Andrés** con cédula de ciudadanía n° 1721307393, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Caracterizar la aplicación del IoT en contenedores inteligentes (smart containers) para la logística y el transporte internacional, describiendo sus componentes tecnológicos, funcionamiento operativo y beneficios para la cadena de suministro global** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 30 de julio de 2026

Arévalo Peruano Alexis Javier

C.C.: 1752334795

Guaigua Llasag Sebastián Andrés

C.C.: 1721307393



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio

Carrera de Comercio Exterior

Autorización de Publicación

Nosotros Arévalo Peruano Alexis Javier, con cédula de ciudadanía n° 1752334795 y Guaigua Llasag Sebastián Andrés con cédula de ciudadanía n° 1721307393, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Caracterizar la aplicación del IoT en contenedores inteligentes (smart containers) para la logística y el transporte internacional, describiendo sus componentes tecnológicos, funcionamiento operativo y beneficios para la cadena de suministro global** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 30 de julio de 2026

Arévalo Peruano Alexis Javier

C.C.:1752334795

Guaigua Llasag Sebastián Andrés

C.C.: 1721307393

Dedicatorias

Dedico este trabajo a mi familia, por su apoyo incondicional y confianza durante toda mi formación académica. Su esfuerzo y acompañamiento han sido fundamentales para alcanzar esta meta y culminar una importante etapa de mi vida.

De manera especial, dedico este logro a mis amigas Susely y Alejandra, por su amistad, apoyo y compañía a lo largo de este camino. Sus palabras de aliento y motivación fueron de gran importancia durante los momentos más desafiantes de este proceso.

Asimismo, dedico este trabajo a Luna, mi gata, cuya compañía estuvo presente durante largas jornadas de estudio y elaboración de esta investigación, brindándome tranquilidad y momentos de calma a lo largo de este recorrido.

Arévalo Peruano Alexis Javier

Dedico este trabajo, así como el esfuerzo, dedicación y las experiencias que formaron parte de mi formación en la Universidad de las Fuerzas Armadas, a mi familia, quienes han sido el motor que me impulsó a alcanzar esta meta.

A mi mamá, por su amor incondicional, su paciencia y por acompañarme en cada uno de los retos que llegue a tener durante mi vida académica. Gracias por creer siempre en mí y por ser el ejemplo de fortaleza que me inspira a seguir adelante. A mi papá, por su apoyo constante y por brindarme la confianza necesaria para enfrentar cada desafío. Su compañía en fases donde su respaldo fue fundamental para culminar esta importante etapa de mi vida. A mi hermana, por estar presente en los momentos en que más necesité una palabra de aliento o una mano amiga. Su apoyo y cariño hicieron que este camino fuera mucho más llevadero.

Con especial cariño, dedico también este logro a mi mamita Flor, quien siempre confió en mí y capacidades para cualquier cosa. Aunque hoy ya no se encuentre conmigo, sé que me acompaña y me cuida. Su amor y su recuerdo permanecerán siempre en mi corazón y serán una fuente permanente de inspiración.

Finalmente, a los amigos que tuve la fortuna de conocer durante mi proceso académico, en especial, a Tutti y a Alejandra, por su amistad sincera, su apoyo incondicional y por compartir conmigo momentos inolvidables dentro y fuera de la universidad. Este logro también les pertenece, porque formaron parte de este camino y contribuyeron a hacerlo más significativo.

Guaigua LLasag Sebastian Andrés

Agradecimiento

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a los docentes que formaron parte de mi proceso académico, por los conocimientos y experiencias compartidas a lo largo de mi formación profesional.

De manera especial, agradezco a la tutora de este trabajo de integración curricular por su orientación, dedicación y valiosos aportes durante el desarrollo de la investigación. Sus observaciones y recomendaciones contribuyeron significativamente al fortalecimiento de este estudio y al cumplimiento de sus objetivos.

Asimismo, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, brindaron su apoyo durante esta etapa, haciendo posible la culminación de este importante logro académico.

Arévalo Peruano Alexis Javier

De manera especial, agradezco a mi tutora de Marcela Viteri por su guía, paciencia y valiosos conocimientos durante el desarrollo de esta investigación. Asimismo, extendiendo mi reconocimiento a mis docentes Leonardo, Andrés, Santiago y Yessenia que al final de compartir su conocimiento supieron ser buenas personas y de los cuales considero amigos.

Por otro lado, agradezco a Maylen por ser la que en un inicio me hizo entender que la universidad no iba a ser difícil; Andrea A, Andrea P, Stefy, Paulina, Luis, Paula, María José Salomé, Darlyn y Lesly por ser de gran compañía en momentos de compartir y experiencias inolvidables. Además de las personas que llegue a conocer después y que se convirtieron en grandes amigas como Alison, Mela y Majo, las cuales me brindaron un poco de su amistad y que en poco tiempo estarán en mi posición.

Adicionalmente, a mi gran amiga Valentina Capuchina, Mela, Emi, Panchito y Johanna, me alegra haberlos conocido, ya que son personas con las que pude conectar y tener una gran confianza, además de haber tenido grandes experiencias dentro y fuera de la universidad, los considero como mi familia y que cuentan conmigo para lo que sea.

Finalmente, a Tutti que puedo considerar un hermano y que tiene todo mi respeto y admiración por ser la persona que pudo apoyarme en cada situación que se presentaba, por cumplir sueños juntos y por todas las actividades que hemos hecho y que sin duda jamás olvidaremos, igualmente mencionar a Alejandra que fue la persona con la que más pude compartir y de la cual pude ser yo y que fue mi apoyo tanto emocional como académico, que contará conmigo en todo momento y que siempre será mi “gasparín”.

Guaigua Llasag Sebastian Andrés

Índice de contenidos

Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Dedicatorias	6
Agradecimiento	8
Resumen	15
Abstract.....	16
Capítulo I	17
Introducción	17
Planteamiento del problema.....	19
Formulación del problema o pregunta de investigación.....	19
Objetivos.....	20
Objetivo general:.....	20
Objetivos específicos:	20
Justificación	20
Capítulo II	23
Estado del arte.....	23
Marco teórico	26
Fundamento de la Teoría General de Sistemas	26
Teoría de los Sistemas Sociotécnicos.....	28
Dimensión social (Subsistema social).....	29
Dimensión técnica (Subsistema técnico)	31
Relación de la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos con la investigación.....	32
Marco conceptual.....	34
Internet de las Cosas (IoT).....	34

Contenedor inteligente (Smart Container).....	34
Sensores.....	34
Trazabilidad de la carga.....	34
Cadena de suministro	35
Tecnologías de comunicación.....	35
Plataformas de gestión y procesamiento de datos	35
Flujo de información en tiempo real	35
Capítulo III	36
Metodología	36
Método SALSA	36
Ecuaciones Booleanas	41
Enfoque de investigación	47
Tipo y diseño de investigación	48
Población y muestra	49
Técnica e instrumento.....	50
Validación y confiabilidad del instrumento.....	55
Consideraciones éticas	56
Capítulo IV	58
Análisis y discusión de los resultados	58
Conceptualización de los contenedores inteligentes	58
Componentes tecnológicos IoT presentes en los contenedores inteligentes.....	61
Sensores utilizados en los contenedores inteligentes.....	61
Tecnologías de comunicación	66
Plataformas de gestión y procesamiento de datos	71
Principales navieras que implementan contenedores inteligentes	75

Funcionamiento operativo de los contenedores inteligentes con tecnología IoT en la cadena de suministro internacional.....	76
Actores involucrados en la gestión de los contenedores inteligentes.....	76
Flujo de información en tiempo real.....	79
Contribución a la trazabilidad de la carga	84
Beneficios de la aplicación del IoT en contenedores inteligentes para la cadena de suministro global	86
Reducción de pérdidas y daños.....	86
Optimización de rutas y tiempos de transporte	87
Incremento de la seguridad de la carga.....	88
Facilitación de procesos aduaneros	89
Impacto en la eficiencia de la cadena de suministro	90
Capítulo V	95
Conclusiones	95
Recomendaciones	97
Referencias.....	98

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Variables de la dimensión social en la teoría de sistemas sociotécnicos</i>	30
Tabla 2	<i>Variables de la dimensión técnica en la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos</i>	32
Tabla 3	<i>Aplicación de la metodología SALSA en la investigación</i>	39
Tabla 4	<i>Ecuaciones booleanas utilizadas en la búsqueda bibliográfica</i>	44
Tabla 5	<i>Presentación las ecuaciones utilizadas y el número de resultados obtenidos en cada base de datos.</i>	46
Tabla 6	<i>Representación de las etapas del proceso de selección de las fuentes bibliográficas.</i>	47
Tabla 7	<i>Matriz de análisis documental empleada para la revisión bibliográfica</i>	52
Tabla 8	<i>Componentes tecnológicos identificados en los contenedores inteligentes</i>	60
Tabla 9	<i>Sensores utilizados en los contenedores inteligentes</i>	62
Tabla 10	<i>Tecnologías de comunicación utilizadas en los contenedores inteligentes</i>	67
Tabla 11	<i>Actores involucrados en la gestión de los contenedores inteligentes y su función dentro de la cadena de suministro</i>	78
Tabla 12	<i>Beneficios de la aplicación del IoT en contenedores inteligentes para la cadena de suministro global</i>	91
Tabla 13	<i>Plataformas IoT implementadas por navieras internacionales y beneficios identificados en contenedores inteligentes</i>	93

Índice de figuras

Figura 1 <i>Esquema metodológico del framework SALSA aplicado al análisis documental de literatura científica</i>	37
Figura 2 <i>Diagrama del uso de ecuaciones booleanas en la búsqueda bibliográfica</i>	42
Figura 3 <i>Modelo conceptual de la plataforma de datos en contenedores inteligentes</i>	72
Figura 4 <i>Flujo de información en tiempo real en los contenedores inteligentes</i>	83
Figura 5 <i>Contribución del IoT a la trazabilidad de la carga</i>	85

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar la aplicación del Internet de las Cosas (IoT) en contenedores inteligentes para la logística y el transporte internacional, describiendo sus componentes tecnológicos, funcionamiento operativo y beneficios para la cadena de suministro global. El estudio se desarrolló mediante una investigación documental con enfoque cualitativo y alcance descriptivo, utilizando una revisión bibliográfica sistemática basada en el framework SALSA. Para ello, se analizaron publicaciones científicas relacionadas con IoT, logística marítima, trazabilidad y contenedores inteligentes. Los resultados evidenciaron que los contenedores inteligentes integran sensores, sistemas de geolocalización, tecnologías de comunicación y plataformas digitales capaces de recopilar, transmitir y procesar información en tiempo real sobre la ubicación y las condiciones de la carga. Asimismo, se identificó que su funcionamiento se desarrolla mediante un flujo continuo de información que permite a exportadores, embarcadores, navieras, autoridades aduaneras y consignatarios acceder a datos actualizados para apoyar la toma de decisiones. De igual manera, la literatura revisada permitió determinar que esta tecnología contribuye al fortalecimiento de la trazabilidad de la carga, la reducción de pérdidas y daños, la optimización de rutas y tiempos de transporte, el incremento de la seguridad de las mercancías y la mejora de la eficiencia de la cadena de suministro. En conclusión, los contenedores inteligentes constituyen una aplicación relevante del IoT en el comercio internacional, debido a que favorecen una mayor visibilidad, control y coordinación de las operaciones logísticas, contribuyendo al proceso de transformación digital del transporte internacional y de la cadena de suministro global.

Palabras clave: Internet de las Cosas, contenedores inteligentes, sensores, trazabilidad de la carga, cadena de suministro.

Abstract

This research aimed to characterize the application of the Internet of Things (IoT) in smart containers for logistics and international transportation by describing their technological components, operational functioning, and benefits for the global supply chain. The study was conducted through documentary research with a qualitative approach and a descriptive scope, using a systematic literature review based on the SALSA framework. Scientific publications related to IoT, maritime logistics, cargo traceability, and smart containers were analyzed. The results showed that smart containers integrate sensors, geolocation systems, communication technologies, and digital platforms capable of collecting, transmitting, and processing real-time information on cargo location and conditions. Likewise, it was identified that their operation is based on a continuous flow of information that enables exporters, shippers, shipping companies, customs authorities, and consignees to access updated data to support decision-making. Furthermore, the reviewed literature determined that this technology contributes to strengthening cargo traceability, reducing losses and damages, optimizing routes and transportation times, increasing cargo security, and improving supply chain efficiency. In conclusion, smart containers represent a significant application of IoT in international trade, as they enhance visibility, control, and coordination of logistics operations, contributing to the digital transformation of international transportation and the global supply chain.

Keywords: Internet of Things, smart containers, sensors, cargo traceability, supply chain.

Capítulo I

Introducción

El comercio internacional contemporáneo se sostiene en gran medida sobre el transporte marítimo, modalidad que moviliza la mayor parte del volumen y valor del comercio mundial. Dentro de este contexto, el contenedor constituye la principal unidad de carga utilizada para el transporte de mercancías a nivel internacional. Sin embargo, los contenedores convencionales presentan limitaciones relacionadas con la falta de visibilidad en tiempo real sobre la ubicación, el estado y las condiciones de la carga durante el trayecto, lo que genera incertidumbre para los diferentes actores de la cadena de suministro.

Ante esta situación, la incorporación del Internet de las Cosas (IoT) ha impulsado nuevas alternativas para mejorar la gestión logística. La integración de sensores, dispositivos de comunicación y plataformas digitales en los contenedores ha dado origen a los denominados contenedores inteligentes o smart containers, capaces de recopilar, transmitir y procesar información en tiempo real sobre variables relacionadas con el transporte y la conservación de la carga.

La literatura científica evidencia que esta tecnología contribuye a fortalecer la trazabilidad de las mercancías, mejorar la visibilidad de las operaciones y facilitar la toma de decisiones dentro de la cadena de suministro. Asimismo, diversas empresas del sector marítimo han incorporado soluciones basadas en IoT para optimizar el monitoreo de los contenedores y mejorar la eficiencia de sus operaciones logísticas.

No obstante, gran parte de las investigaciones disponibles se concentran en aspectos técnicos específicos o en casos de aplicación particulares, sin ofrecer una caracterización integral que reúna los componentes tecnológicos, el funcionamiento operativo y los beneficios de los contenedores inteligentes para la logística y el transporte internacional. Esta situación evidencia la necesidad de integrar y sistematizar el conocimiento existente sobre esta tecnología.

Bajo este punto de vista, la presente investigación tiene como meta principal el caracterizar la aplicación del Internet de las Cosas en contenedores inteligentes para la logística y el transporte internacional, mencionando todos sus componentes tecnológicos, su funcionamiento operativo y los principales beneficios de la cadena de suministro global. En este sentido, se presenta una investigación documental con enfoque cualitativo y que será fundamentada mediante una revisión sistemática mediante la metodología SALSA.

El presente trabajo se estructura en cinco capítulos. El primer capítulo aborda la introducción, el problema de investigación, los objetivos y la justificación. El segundo desarrolla el estado del arte y el marco teórico que sustenta el estudio. El tercero describe la metodología empleada. El cuarto presenta el análisis y discusión de los resultados obtenidos. Finalmente, el quinto capítulo expone las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

Planteamiento del problema

El crecimiento del comercio internacional ha incrementado la complejidad de las operaciones logísticas y del transporte de mercancías, especialmente en lo relacionado con el control, seguimiento y gestión de la carga contenerizada. En este contexto, la participación de múltiples actores dentro de la cadena de suministro, como embarcadores, navieras, autoridades aduaneras y consignatarios, dificulta la disponibilidad de información integrada y actualizada sobre la ubicación y el estado de la carga, afectando la trazabilidad y la toma de decisiones. Aunque la incorporación del Internet de las Cosas (IoT) en los contenedores inteligentes ha surgido como una alternativa para mejorar la visibilidad y el monitoreo de las operaciones logísticas, gran parte de la literatura disponible se enfoca en aspectos técnicos o experiencias específicas de implementación, sin presentar una caracterización integral de los componentes tecnológicos que conforman estos contenedores, su funcionamiento operativo y los beneficios que aportan a la logística y el transporte internacional. En consecuencia, existe la necesidad de sistematizar el conocimiento disponible sobre esta tecnología mediante una investigación documental que permita comprender de manera integral su aplicación dentro de la cadena de suministro global.

Formulación del problema o pregunta de investigación

A partir de la problemática expuesta, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los componentes tecnológicos, el funcionamiento operativo y los beneficios de la aplicación del Internet de las Cosas (IoT) en los contenedores inteligentes (smart containers) para la logística y el transporte internacional, y de qué manera esta tecnología contribuye a la cadena de suministro global?

Objetivos

Objetivo general:

Caracterizar la aplicación del IoT en contenedores inteligentes (smart containers) para la logística y el transporte internacional, describiendo sus componentes tecnológicos, funcionamiento operativo y beneficios para la cadena de suministro global.

Objetivos específicos:

- Describir el concepto de contenedor inteligente, identificando los componentes tecnológicos IoT que lo integran (sensores, dispositivos de comunicación, plataformas de datos) y las principales empresas navieras que han implementado esta solución.
- Explicar el funcionamiento operativo del contenedor inteligente a lo largo de la cadena de suministro internacional, incluyendo el flujo de datos en tiempo real, los actores involucrados (embarcadores, navieras, aduanas, consignatarios) y su contribución a la trazabilidad.
- Analizar los beneficios documentados de los contenedores inteligentes en el comercio exterior, a partir de casos reales o reportes del sector, considerando aspectos como reducción de pérdidas, optimización de rutas, seguridad de la carga y facilitación de procesos aduaneros.

Justificación

Los cambios que han ocurrido en la logística internacional siendo la digitalización uno de sus pilares ha impulsado la incorporación de tecnologías con la finalidad de mejorar la eficiencia, la trazabilidad y el control de las operaciones dentro de la cadena de suministro. Tomando en cuenta lo anterior, el Internet de las Cosas juega un papel significativo ya que, al permitir la integración de sensores, dispositivos de comunicación y plataformas, facilitan el monitoreo continuo de las mercancías durante su traslado. Entre los principales mecanismos de aplicación se encuentran los contenedores inteligentes porque su adaptación a estas

nuevas tecnologías puede llegar a tener un mejor seguimiento de la carga y pueden fortalecer la toma de decisiones de manera más acertada.

La presente investigación se justifica por la necesidad de sistematizar y analizar la evidencia científica existente sobre la aplicación del IoT en los contenedores inteligentes, debido a que la información disponible se encuentra dispersa en diferentes estudios que abordan aspectos tecnológicos, logísticos y operativos de manera independiente. Mediante una revisión bibliográfica estructurada fue posible integrar estos aportes para ofrecer una visión amplia sobre los componentes tecnológicos que conforman los contenedores inteligentes, su funcionamiento dentro de la cadena de suministro internacional y los beneficios documentados en la literatura científica.

Desde el ámbito académico, el estudio contribuye a fortalecer el conocimiento relacionado con la digitalización del comercio exterior y la logística marítima, al reunir información científica actualizada sobre una temática que continúa evolucionando debido al avance de las tecnologías inteligentes. Asimismo, constituye un material de consulta para estudiantes, docentes e investigadores interesados en el análisis de tecnologías emergentes aplicadas al transporte internacional y la gestión logística.

Desde una perspectiva práctica, la investigación proporciona información que puede ser de utilidad para empresas exportadoras e importadoras, operadores logísticos, navieras y demás actores vinculados al comercio internacional, al presentar una síntesis de las aplicaciones y beneficios que el IoT ofrece mediante el uso de contenedores inteligentes. Entre estos beneficios destacan el monitoreo en tiempo real de las condiciones de la carga, la mejora de la trazabilidad, el fortalecimiento de la seguridad de las mercancías y el apoyo a una gestión logística basada en información oportuna para la toma de decisiones.

Adicionalmente, la investigación cobra importancia debido a que el comercio internacional demanda cada vez mayores niveles de visibilidad, trazabilidad y capacidad de respuesta frente a los desafíos que se presentan durante el transporte de mercancías. Por otro

lado, factores como las variaciones en las condiciones ambientales, las demoras logísticas, la manipulación de la carga no autorizada y la necesidad de tener en información en tiempo real han impulsado la inclusión de estas tecnologías en las operaciones logísticas. En este escenario, el análisis de la aplicación del Internet de las Cosas en los contenedores permite encontrar soluciones tecnológicas que contribuyen al fortalecimiento de la gestión logística y a la actualización de la cadena de suministro, convirtiéndose así en un tema de creciente interés para el desarrollo del comercio exterior internacional.

Finalmente, esta investigación realiza su metodológica porque emplea el framework SALSA que sirve para desarrollar una revisión bibliográfica, complementada con el uso de ecuaciones booleanas para la búsqueda y selección de los documentos científicos. Esta metodología garantiza un proceso organizado, claro y replicable para la recopilación, evaluación, análisis y síntesis de la información obtenida mediante una base documental que puede servir como pilar para futuras investigaciones relacionadas con la aplicación de tecnologías en contenedores inteligentes, la logística y el comercio internacional.

Capítulo II

Estado del arte

En la actualidad en diversos estudios de comercio internacional global coinciden en que la incorporación del Internet de las Cosas (IoT) ha transformado de manera importante la gestión de la cadena de suministros, al permitir la digitalización y automatización de los diferentes procesos logísticos. En este sentido, según Taj et al. (2023) señalan que los dispositivos IoT ayudan a verificar la ubicación geográfica y la trazabilidad del traslado de la carga mediante tecnologías de monitoreo en tiempo real, como GPS, comunicación inalámbrica a través de ondas de radiofrecuencia y sensores ambientales, lo que contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones en la gestión de la cadena de suministro.

De igual modo, de acuerdo con Muñuzuri et al. (2020) y Lyu et al. (2023) en el transporte internacional el 80 % del volumen y el 70 % del valor del comercio global es mediante transporte marítimo a pesar de que existen diferentes medios de transportes este es el más popular para el intercambio de mercancías. En este contexto, debido a que el movimiento principal de las mercancías a nivel global es el transporte marítimo, los contenedores son las principales estructuras que se utilizan en este medio de transporte que permiten almacenar, proteger y transportar mercancías de manera segura.

Es por esto por lo que los contenedores utilizados en el transporte marítimo internacional, al incorporar tecnología IoT, evolucionan hacia contenedores inteligentes (smart containers), capaces de reducir la incertidumbre durante el traslado de la carga y mejorar la gestión de la cadena de suministro global.

Además, la aplicación IoT en conjunto con tecnologías como blockchain, computación en la nube y análisis de datos en contenedores ha permitido mejorar la conexión de la información, lo que facilita la supervisión de manera continua de las operaciones y posibilita el monitoreo en tiempo real del estado, ubicación y condiciones del contenedor, lo que contribuye

a una toma de decisiones más eficiente, reducción de riesgos operativos y optimización del desempeño logístico (Lyu et al., 2023).

Asimismo, diferentes investigaciones centran su análisis en la aplicación del IoT específicamente en la logística de contenedores. Según Barlogis et al. (2024) el transporte de contenedores es complejo debido a la intervención de los múltiples actores dentro de la cadena logística y a la fragmentación de la información que estos proporcionan.

Frente a este escenario, los autores resaltan que los dispositivos IoT instalados directamente en los contenedores generan datos propios del contenedor y su entorno, permitiendo una trazabilidad independiente de los sistemas de información de cada actor logístico ofreciendo una visión continua del recorrido del contenedor y mejorando la visibilidad logística, lo que posibilita una estimación más precisa del tiempo de llegada (ETA) puerta a puerta en contenedores inteligentes.

De forma complementaria, Vaño García (2018) desarrolla un sistema de gestión de contenedores de carga que se encuentran operando dentro del entorno del puerto, especialmente en las fases de almacenamiento, manipulación y salida del puerto. También el autor concuerda con otros estudios del tema que la incorporación de sensores físicos y tecnologías de IoT en contenedores permiten avanzar hacia el modelo de “contenedor inteligente”. En este modelo, cada contenedor físico genera datos a través de sus sensores, los cuales son enviados a una plataforma en la nube donde se crea un registro digital del contenedor, permitiendo visualizar, almacenar y gestionar en tiempo real su estado y la información asociada con la mercancía transportada.

En relación con los componentes tecnológicos, distintos trabajos detallan los elementos IoT que integran los contenedores inteligentes. Vaño García (2018) y Gómez Moreno (2020) coinciden en que estos sistemas incorporan sensores de posición (GPS), temperatura, humedad, impactos, vibraciones y apertura de puertas, los cuales permiten monitorear tanto la ubicación como las condiciones internas del contenedor durante el transporte.

Asimismo, Ledesma y Lamo (2025) amplían este punto de vista al proponer arquitecturas IoT híbridas que integran sensores internos en el contenedor con tecnologías de comunicación LPWAN y enlaces satelitales de órbita baja (LEO). Por lo tanto, los autores identifican que las tecnologías de comunicación permiten superar desafíos de conexión en el transporte marítimo, garantizando la transmisión continua de información incluso en medio del mar.

Por otro lado, varios estudios describen cómo la información generada por los sensores IoT se transmite y utiliza durante la cadena de suministro. De acuerdo con Barlogis et al. (2024), los dispositivos IoT incorporados en los contenedores permiten recopilar información de eventos como el movimiento, la manipulación y el estado del contenedor. Estos datos son enviados a plataformas de datos donde se analizan para estimar el tiempo de llegada.

Por otro lado, Herrero García (2022) señala que, en el transporte marítimo, los sistemas IoT permiten la integración de información procedente de sensores de carga, servicios de geolocalización (GPS) y sistemas de seguridad marítima (SSM). Esta integración facilita la toma de decisiones por parte de navieras y operadores logísticos, al proporcionar información en tiempo real sobre la carga y las condiciones del trayecto.

En cuanto a los beneficios, la literatura revisada documenta múltiples aportes derivados de la implementación de contenedores inteligentes. Según Barlogis et al. (2024), el uso de datos IoT y modelos de aprendizaje automático mejora la precisión en la predicción del tiempo de llegada, lo que contribuye a una mejor planificación y reducción de incertidumbre en la cadena de suministro.

A su vez, autores como Lyu et al. (2023) destacan que la incorporación de tecnologías IoT favorece la sostenibilidad en la logística de contenedores al optimizar rutas, reducir ineficiencias operativas y mejorar la gestión de recursos. A estas ventajas se suman las observadas por Gómez Moreno (2020), quien afirma que el monitoreo continuo de condiciones

ambientales permite disminuir el deterioro de mercancías durante el transporte, reduciendo pérdidas asociadas a una manipulación inadecuada.

Por lo tanto, los estudios seleccionados evidencian que la aplicación del IoT en contenedores inteligentes es una solución tecnológica importante para mejorar la trazabilidad, el control operativo y la eficiencia en la logística y el transporte internacional. El uso de sensores, plataformas de datos y sistemas de comunicación avanzados permite transformar el contenedor en una unidad inteligente capaz de generar información en tiempo real beneficiando a los distintos actores de la cadena de suministro y contribuyendo a la optimización de los procesos logísticos globales.

Marco teórico

La literatura revisada evidencia que la aplicación del Internet de las Cosas en contenedores inteligentes involucra tanto componentes tecnológicos como la participación de diversos actores de la cadena de suministro internacional. Esta interacción entre tecnología, información y usuarios puede comprenderse desde enfoques teóricos que analizan los sistemas como conjuntos integrados de elementos interrelacionados.

Fundamento de la Teoría General de Sistemas

La Teoría General de Sistemas fue propuesta por Ludwig von Bertalanffy en la década de 1940, con el objetivo de superar las limitaciones del enfoque científico tradicional, el cual analizaba problemas, procesos o realidades complejas de forma independiente, dificultando la comprensión de estructuras complejas al no considerar las relaciones entre sus componentes (Ronquillo et al., 2024).

Ante esta limitación, Ludwig von Bertalanffy plantea que dichas estructuras complejas deben estudiarse como sistemas, es decir, como un conjunto de elementos interrelacionados que funcionan como una sola unidad. Por esta razón, el comportamiento de estos sistemas depende principalmente de la interacción entre sus partes y no del análisis individual de cada elemento, lo que permite comprender su funcionamiento de manera integral (Vivas, 2024).

Bajo este enfoque, esta teoría introduce el concepto de sistema abierto, el cual se caracteriza por mantener un intercambio constante con el entorno mediante flujos de información, energía y materia. Esto implica que el sistema recibe elementos del exterior, los procesa internamente y genera resultados, lo que explica su carácter dinámico y su capacidad de adaptación frente a los cambios del ambiente (Sociedad Española de Sistemas Generales, s.f.).

A partir de lo expuesto, la teoría amplía su aplicación a distintos campos del conocimiento, consolidándose como un enfoque multidisciplinario para poder comprender estructuras complejas (Sobejano, 2024).

En este contexto, el funcionamiento de los sistemas puede comprenderse mediante la interacción de cinco elementos interrelacionados entre los que se encuentran las entradas, proceso de transformación, salidas, retroalimentación y entorno.

Las entradas corresponden a los recursos, información o energía que el sistema recibe del entorno. Estos elementos son transformados a través de un proceso interno, en el cual interactúan los diferentes componentes del sistema (Ronquillo et al., 2024).

Como resultado de este proceso se generan las salidas, que representan los productos, servicios o respuestas del sistema. A partir de estas salidas se produce la retroalimentación, mediante la cual el sistema obtiene información sobre su desempeño y realiza ajustes en sus procesos internos con el fin de mejorar su funcionamiento (Vivas, 2024).

Finalmente, todo este proceso culmina cuando se interacciona con el entorno, el cual influye directamente en el sistema y condiciona tanto sus entradas como sus resultados, evidenciando que el sistema no opera de manera aislada, sino en constante relación con el contexto en el que se desarrolla (Sociedad Española de Sistemas Generales, s.f.).

Sin embargo, aunque la Teoría General de Sistemas permitió comprender el funcionamiento de los sistemas a partir de la interacción de sus elementos y su relación con el entorno, surgió la necesidad de analizar con mayor detalle la influencia de las personas y la

tecnología dentro de dichos sistemas. Como respuesta a esta necesidad, surge la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos, la cual retoma los principios de los sistemas abiertos y amplía su análisis al considerar que el desempeño de un sistema depende de la interacción entre los factores humanos y técnicos que participan en su funcionamiento (Abbas & Michael, 2026).

Teoría de los Sistemas Sociotécnicos

La Teoría de los Sistemas Sociotécnicos tiene su origen en el año 1951, a partir de los estudios del Instituto Tavistock, los cuales analizaron el impacto de la tecnología en el trabajo. Estos estudios demostraron que los cambios tecnológicos afectan directamente la organización y las relaciones laborales, por lo que los sistemas deben entenderse como una integración entre factores humanos y técnicos (Xu & Gao, 2025).

Esta teoría se fundamenta en la Teoría General de Sistemas y en el enfoque de los Sistemas Abiertos de Ludwig von Bertalanffy. Desde esta perspectiva, las organizaciones son concebidas como sistemas abiertos en donde los factores humanos y técnicos interactúan constantemente con su entorno mediante el intercambio de recursos, información y energía. Por ello, su funcionamiento puede analizarse a través de dimensiones como las entradas, los procesos, las salidas, la retroalimentación y el entorno, las cuales permiten comprender cómo un sistema recibe recursos, los transforma y genera resultados (Abbas & Michael, 2026).

A partir de este enfoque, la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos propone que dichas dimensiones no deben estudiarse de manera aislada, sino a través de los elementos que intervienen en su funcionamiento. Por esta razón, el análisis se centra en dos factores o dimensiones interdependientes el social y el técnico. El primero comprende a las personas, sus roles, relaciones y formas de comunicación, mientras que el segundo incluye las tecnologías, herramientas, procesos e infraestructuras que apoyan las actividades organizacionales (Xu & Gao, 2025).

La relación entre ambas dimensiones se manifiesta a lo largo de todas las dimensiones del sistema donde las entradas, proceso de transformación, salidas, retroalimentación y

entorno resultan de la interacción entre las personas y la tecnología. De esta manera, la teoría sociotécnica mantiene los principios de la Teoría General de Sistemas, pero explica que su funcionamiento depende de la integración entre los componentes humanos y tecnológicos de la organización (Abbas & Michael, 2026; Xu & Gao, 2025).

En este sentido, la teoría sociotécnica no elimina las dimensiones propuestas por la Teoría General de Sistemas. Por el contrario, plantea que las dimensiones de la Teoría General de Sistemas dependen de la interacción permanente entre la dimensión social y la dimensión técnica. En consecuencia, en los diferentes campos de estudio donde se aplica esta teoría, el desempeño organizacional no se explica únicamente por las personas ni exclusivamente por la tecnología, sino por la forma en que ambos subsistemas se integran para alcanzar los objetivos del sistema.

Dimensión social (Subsistema social)

La dimensión social comprende a las personas que participan en la organización, los roles que desempeñan, las relaciones laborales que establecen y los mecanismos de comunicación, coordinación y participación que facilitan el desarrollo de las actividades organizacionales. En la teoría sociotécnica, el sistema social está conformado por individuos y grupos que aportan conocimientos, habilidades y experiencia para cumplir los objetivos del trabajo, por lo que las interacciones humanas constituyen un elemento central para el funcionamiento organizacional (Frank et al., 2024).

Desde la perspectiva del diseño sociotécnico, los roles de trabajo deben coordinarse para ejecutar una tarea colectiva, ya que cada integrante contribuye con actividades específicas que requieren comunicación y cooperación con otros miembros de la organización. Además, los cambios en los puestos de trabajo y en los sistemas de información pueden influir directamente en las relaciones laborales y en la forma en que las personas interactúan dentro del entorno organizacional (Maguire, 2014).

Las relaciones entre las personas y sus formas de organización adquieren relevancia porque los sistemas sociotécnicos buscan equilibrar los aspectos humanos con las exigencias del trabajo. En este sentido, la comunicación, la participación y la coordinación favorecen la integración de los equipos y contribuyen al logro de resultados organizacionales más efectivos (Klein, 2014).

A partir de la revisión teórica realizada, se identificó las principales variables que conforman la dimensión social de la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos. A continuación, la tabla 1 presenta una síntesis de dichas variables.

Tabla 1

Variables de la dimensión social en la teoría de sistemas sociotécnicos

Variables	Descripción
Personas y grupos	Individuos y colectivos que participan en el sistema de trabajo y contribuyen al cumplimiento de los objetivos organizacionales.
Roles de trabajo	Funciones asignadas a los integrantes de una organización para realizar las actividades que forman parte de la tarea colectiva.
Relaciones laborales	Relaciones e interacciones que se generan entre las personas durante el desarrollo del trabajo.
Comunicación	Forma de intercambio de información que permite la cooperación y la coordinación entre las personas del sistema.
Coordinación del trabajo	Organización de actividades y trabajo necesario para el cumplimiento de las tareas conjuntas.
Participación	Involucramiento de las personas en las actividades y procesos relacionados con el sistema de trabajo.

Nota. Elaborado a partir de Maguire (2014), Klein (2014) y Frank et al. (2024).

La tabla muestra las principales variables que conforman la dimensión social de la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos que explican la influencia de los factores humanos en el funcionamiento organizacional, destacando la importancia de las personas, los roles de trabajo, las relaciones laborales, la comunicación, la coordinación y la participación en el desarrollo de

las actividades de trabajo cuya interacción permite el cumplimiento de los objetivos organizacionales y contribuye a mantener un equilibrio entre las necesidades humanas y las exigencias técnicas del trabajo.

Dimensión técnica (Subsistema técnico)

La dimensión técnica se encuentra integrada por la tecnología, los procesos, las tareas, los métodos de trabajo, los procedimientos y la infraestructura que permiten desarrollar las actividades organizacionales. Este componente incluye las herramientas de hardware y software utilizadas para resolver problemas y ejecutar las tareas necesarias para el cumplimiento de los objetivos institucionales (Frank et al., 2024).

Dentro de los sistemas sociotécnicos, la infraestructura tecnológica comprende los recursos informáticos, redes, sistemas operativos, bases de datos y demás elementos que sirven de soporte al trabajo. Asimismo, los procesos y flujos de trabajo deben estar diseñados de manera que faciliten las actividades de los usuarios y permitan una adecuada gestión de la información dentro de la organización (Maguire, 2014).

La teoría sociotécnica sostiene que la tecnología no debe analizarse de forma aislada, ya que influye en las tareas, los roles, las habilidades y la estructura del trabajo. Por ello, los procedimientos y métodos implementados en una organización deben considerar tanto las características técnicas como las necesidades de las personas que interactúan con esas tecnologías (Klein, 2014).

A partir de lo expuesto se identificó las principales variables que conforman la dimensión técnica de la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos. A continuación, la tabla 2 presenta una síntesis de dichas variables.

Tabla 2

Variables de la dimensión técnica en la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos

Variables	Descripción
Tecnología	Conjunto de herramientas, equipos, sistemas y recursos tecnológicos utilizados para apoyar y ejecutar las actividades de trabajo dentro de un sistema organizacional.
Procesos	Actividades y flujos de trabajo que facilitan las actividades de las personas y la gestión de la información.
Tareas	Actividades que se deben realizar para cumplir los objetivos del sistema de trabajo.
Métodos de trabajo	Descripción detallada para coordinar y hacer las actividades dentro del sistema de trabajo.
Procedimientos	Conjunto de pasos establecidos para desarrollar actividades organizacionales.
Infraestructura	Recursos tecnológicos, redes, sistemas operativos, bases de datos y demás elementos que ayudan a realizar el trabajo.

Nota. Elaborado a partir de Frank et al. (2024), Maguire (2014) y Klein (2014).

La tabla muestra que la dimensión técnica incluye diferentes variables donde la tecnología es la variable principal porque proporciona las herramientas y recursos necesarios para apoyar la ejecución de las tareas, los procesos y las actividades organizacionales. Asimismo, los métodos de trabajo, los procedimientos y la infraestructura complementan el funcionamiento del sistema técnico al proporcionar los mecanismos y recursos necesarios para el cumplimiento de los objetivos organizacionales.

Relación de la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos con la investigación

La teoría de los sistemas sociotécnicos es importante para la presente investigación, porque permite analizar los contenedores inteligentes como sistemas en los que interactúan elementos tecnológicos y actores humanos dentro de la cadena de suministro internacional.

Este enfoque permitió identificar que el funcionamiento de un sistema no depende solo de la tecnología ni exclusivamente de las personas, sino de la interacción y coordinación entre ambos componentes. En el ámbito de la logística y el comercio exterior, esta perspectiva resulta especialmente relevante debido a que las operaciones internacionales involucran múltiples actores, procesos y recursos tecnológicos que deben trabajar de manera conjunta para garantizar el transporte eficiente de mercancías.

En función de ello, la presente investigación adopta la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos como fundamento teórico principal. Desde este enfoque, los contenedores inteligentes son comprendidos como sistemas integrados por una dimensión social y una dimensión técnica. La dimensión social está integrada por los diferentes actores que participan en la cadena de suministro internacional, tales como embarcadores, navieras, autoridades aduaneras y consignatarios, quienes utilizan la información de la dimensión técnica para coordinar actividades y tomar decisiones. Por su parte, la dimensión técnica está integrada por sensores, dispositivos IoT, tecnologías de comunicación y plataformas digitales encargadas de captar, transmitir, procesar y visualizar información de la carga y el transporte.

Aunque cada subsistema cuenta con sus propias entradas, procesos, salidas, mecanismos de retroalimentación y relación con el entorno, esta investigación prioriza el análisis de la interacción entre el subsistema social y el subsistema técnico. Esto se debe a que los contenedores inteligentes funcionan mediante la integración de tecnologías IoT y actores de la cadena de suministro, cuya participación conjunta permite el monitoreo, la trazabilidad y la gestión eficiente de la carga durante el transporte internacional.

En este contexto, la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos permite analizar la aplicación de los componentes tecnológicos del IoT en los contenedores inteligentes, para comprender su funcionamiento operativo y examinar los beneficios de su utilización en la logística, el transporte internacional y el comercio exterior, de acuerdo con los objetivos de la investigación.

Marco conceptual

Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas es una tecnología que permite la interconexión de los objetos físicos con sistemas digitales mediante dispositivos inteligentes, como los sensores que son capaces de recopilar, transmitir e intercambiar datos a través de Internet, permitiendo el monitoreo y la toma de decisiones en tiempo real (Taj et al., 2023; Borgia, 2014).

Contenedor inteligente (Smart Container)

Un contenedor inteligente es un contenedor que incorpora tecnologías IoT para recopilar y transmitir información sobre su ubicación, estado y condiciones internas durante el transporte. Estos contenedores integran sensores físicos y sistemas de comunicación que permiten transformar al contenedor en una unidad activa dentro de la cadena logística, capaz de generar y transmitir información en tiempo real a plataformas de gestión digital (Vaño García, 2018; Hapag-Lloyd, 2024).

Sensores

Los sensores son dispositivos electrónicos diseñados para captar y medir condiciones del entorno, tales como temperatura, humedad, vibraciones, impactos, apertura de puertas y posición geográfica. Estos permiten monitorear de manera continua las condiciones de la mercancía transportada, garantizando el control de factores críticos que pueden afectar la calidad y seguridad de la carga (Gómez Moreno, 2020; Ledesma & Lamo, 2025).

Trazabilidad de la carga

La trazabilidad de la carga es la capacidad de rastrear y reconstruir el historial, ubicación y estado de una mercancía a lo largo de todas las etapas de la cadena de suministro. La implementación de IoT en contenedores inteligentes mejora significativamente la trazabilidad, al proporcionar información continua y confiable sobre el movimiento y las condiciones de la carga durante el transporte internacional (Muñuzuri et al., 2020).

Cadena de suministro

La cadena de suministro es el proceso mediante el cual los bienes y servicios se trasladan desde los proveedores de materias primas hasta llegar al consumidor final. Esta cadena integra operaciones de producción, almacenamiento, distribución y transporte para garantizar el flujo eficiente del comercio internacional (Lyu et al., 2023; Taj et al., 2023).

Tecnologías de comunicación

La tecnología de comunicación es un conjunto de redes que permite transmitir e intercambiar información entre dispositivos conectados para facilitar el monitoreo y seguimiento de la mercancía en el proceso logístico. Entre las principales tecnologías de comunicación se encuentran el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), la comunicación satelital, LoRaWAN, la identificación por radiofrecuencia (RFID) y las redes de comunicación móvil (Falcitelli et al., 2024a; Falcitelli et al., 2024b; Ledesma & Lamo, 2025).

Plataformas de gestión y procesamiento de datos

Las plataformas de dato son programas que permiten almacenar, gestionar, procesar y visualizar información generada por dispositivos IoT. Los principales componentes asociados a estas plataformas son el cloud computing, los dashboards y los centros de monitoreo (Taj et al., 2023; Lyu et al., 2023; Tang & Zha, 2026; Falcitelli et al., 2024a; Falcitelli et al., 2024b).

Flujo de información en tiempo real

El flujo de información en tiempo real corresponde al proceso continuo mediante el cual los datos son recopilados y gestionados para facilitar el seguimiento de las operaciones y la toma de decisiones. Este flujo comprende las etapas de captura de datos, transmisión, procesamiento y visualización de la información (Falcitelli et al., 2024b).

Capítulo III

Metodología

Método SALSA

La presente investigación fue abordada y diseñada como una investigación documental cualitativa con un enfoque en la revisión bibliográfica exploratoria sistemática centrada en la investigación del uso del Internet de las Cosas (IoT) en contenedores inteligentes en el área de logística y transporte marítimo internacional. Por tal motivo, se optó por desarrollar la metodología SALSA, derivada de sus siglas en inglés Search, Appraisal, Synthesis y Analysis. Además, dicha estructura organiza la recopilación, selección, análisis e interpretación de información previamente publicada, esto con la finalidad de apoyar la transparencia, trazabilidad y validez de la investigación planteada (Grant & Booth, 2009).

La metodología SALSA fue adoptada para producir revisiones sistemáticas que abarcan ciencias sociales, tecnología y logística internacional a partir de revisiones avanzadas y que cuenten con una base científica. Asimismo, este método se apega más para el propósito de este estudio, ya que las bases planteadas sobre el Internet de las Cosas, la trazabilidad logística y los contenedores inteligentes sólo pueden realizarse con la comparación de diferentes estudios anteriores y contrastes conceptuales y tecnológicos, además, el descubrimiento de nuevos hallazgos relacionados con la transformación digital de la cadena de suministro internacional.

En este contexto, las revisiones sistemáticas exploratorias permitieron explorar varias fuentes, a través de procesos sistemáticos, búsquedas y derivaciones de temas similares y evaluación de información científica, minimizando hallazgos académicos para identificar las mejores opciones para usar en la investigación, por otro lado, las brechas académicas actuales y contribuciones teóricas se pudieron identificar para obtener ideas más significativas en el área donde se requería una mayor parte de conocimiento (Lopezosa et al., 2023).

Figura 1

Esquema metodológico del framework SALSA aplicado al análisis documental de literatura científica



Nota. Elaboración propia con base en el framework metodológico SALSA (Search, Appraisal, Synthesis and Analysis), utilizado para la organización sistemática de la revisión bibliográfica y construcción del marco conceptual y estado del arte de la investigación.

La primera fase del marco SALSA corresponde a la búsqueda de información científica, por esta razón, se realizó una búsqueda en varios documentos académicos a través de bases de datos reconocidas a nivel académico entre las cuales están: Scopus, Web of Science y Google Académico, es así que este grupo de herramientas fueron elegidas según su enfoque académico con la finalidad de tener un mayor porcentaje de investigaciones, así como varios tipos de revistas académicas, enfocadas principalmente en ámbitos de tecnología, logística y comercio internacional.

La búsqueda de todos los documentos inició revisando investigaciones sobre Internet de las Cosas (IoT), los sensores inteligentes, la trazabilidad logística, el monitoreo de

mercancías, las plataformas digitales, la logística marítima, la automatización portuaria y las diversas aplicaciones que cuentan con información sobre los contenedores inteligentes. Además, se optó por usar fuentes dentro de un rango entre 2014-2026 debido a la investigación sustancial sobre tecnologías inteligentes aplicadas a la logística internacional y la logística 4.0.

Seguidamente, la segunda fase de SALSA implica la evaluación de las fuentes recolectadas, esta fase involucró la definición de criterios técnicos dentro del campo del comercio internacional, por lo tanto, el objetivo de este paso se centró en asegurar que los artículos seleccionados mantuvieran un enfoque más centrado con el objeto de la investigación y que tengan un respaldo científico y metodológico. En este sentido, se seleccionaron artículos indexados, estudios académicos y temas relacionados con IoT, monitoreo inteligente, trazabilidad logística y transformación digital de las cadenas de suministro.

De la misma manera, se optó por no utilizar documentos duplicados, investigaciones sin buen sustento metodológico y publicaciones alejadas al enfoque central de la investigación. Según Lopezosa et al. (2023), dentro del marco de SALSA, la fase de evaluación en el proceso sirve con la finalidad de confirmar la adecuación y calidad de la evidencia obtenida que se ha recopilado para asegurar que las referencias puedan proporcionar respuestas válidas a los objetivos y metas en la presente investigación.

La tercera fase corresponde al análisis de los datos científicos que previamente se llegaron a seleccionar. En esta fase, los documentos se organizaron según las diferentes categorías que se necesitaban principalmente para el marco teórico, estas categorías se destacan en su información ya que incluyen la gestión de la cadena de suministro, Internet de las Cosas (IoT), sensores inteligentes, plataformas digitales, monitoreo en tiempo real, trazabilidad logística, automatización logística y logística 4.0.

Esta fase permitió identificar coincidencias y diferencias entre autores respecto al funcionamiento operativo de los contenedores inteligentes, la aplicación de sensores IoT y el

uso de tecnologías digitales para la optimización en los procesos logísticos internacionales. Asimismo, facilitó la comparación en los enfoques metodológicos, resultados científicos y aplicaciones tecnológicas utilizadas dentro de investigaciones previas relacionadas con la digitalización logística y el transporte marítimo internacional.

De acuerdo con el framework SALSA, este análisis consiste en estructurar toda la información recolectada mediante matrices y esquemas temáticos que permitan interpretar de manera sistemática los diferentes hallazgos encontrados dentro de la literatura revisada.

Finalmente, la cuarta fase corresponde a la síntesis de la información analizada, esta etapa permitió integrar y conectar los principales aportes científicos durante su revisión bibliográfica, facilitando la construcción del estado del arte y del marco teórico de la presente investigación. Por esta razón, la información desarrollada permitió evidenciar que el Internet de las Cosas está transformando progresivamente la visión de la logística internacional mediante la incorporación de sensores inteligentes, monitoreos automatizados y transmisión de información en tiempo real en dispositivos electrónicos.

Tabla 3

Aplicación de la metodología SALSA en la investigación

Fase SALSA	Aplicación en la investigación	Resultado obtenido
Search	Se realizaron búsquedas en Scopus, Web of Science y Google Académico mediante ecuaciones booleanas relacionadas con IoT, contenedores inteligentes, logística marítima, trazabilidad y cadena de suministro.	Las ecuaciones booleanas permitieron recuperar más de 2.988 registros bibliográficos en las diferentes bases de datos. Posteriormente, tras eliminar documentos duplicados y publicaciones sin relación directa con el objeto de estudio, se obtuvo un conjunto preliminar de documentos para la fase de evaluación.
Appraisal	Aplicación de criterios de inclusión y exclusión.	Se seleccionaron 17 artículos científicos que cumplieron con todos los criterios

Fase SALSA	Aplicación en la investigación	Resultado obtenido
		metodológicos establecidos junto con la ayuda posterior de lo que se llega a definir como ecuaciones booleanas.
Synthesis	Organización de la información mediante matrices de análisis.	Se estructuró la información para el estado del arte y el marco teórico.
Analysis	Comparación e interpretación de la evidencia científica.	Se identificaron los componentes tecnológicos, funcionamiento, actores y beneficios del IoT en contenedores inteligentes.

Nota. Elaboración del framework metodológico SALSA (*Search, Appraisal, Synthesis and Analysis*) aplicado de manera propia en base a la información bibliográfica obtenida.

Adicionalmente, se pudo constatar que los contenedores inteligentes representan una gran innovación en el transporte marítimo, ya que estos llegan a monitorear y controlar variables como su ubicación, temperatura, humedad, funcionamiento de las puertas y el estado de la carga. Por tal motivo, la eficiencia operativa, trazabilidad y la seguridad en toda la cadena de suministro mejora significativamente en contraste con otros contenedores que no cuentan con estos funcionamientos, tomando así una mayor ventaja competitiva.

Con la finalidad de obtener toda esta información, se llegó a utilizar 17 fuentes bibliográficas, entre las cuales se destacan artículos indexados, literatura académica e investigaciones en el campo sobre IoT, operaciones y logística internacionales todo eso utilizada como base de estudio. Sin embargo, se dio énfasis a investigaciones de los años 2014 y 2018, por lo que en el desarrollo metodológico y conceptual del mismo constituyen fuentes fundamentales para describir el origen teórico del Internet de las Cosas y su aplicación a nuevas tecnologías inteligentes en la logística y transporte marítimo internacional.

Las fuentes señaladas del 2014 se utilizaron principalmente para cubrir teorías fundamentales sobre el Internet de las Cosas (IoT), la evolución de los sistemas inteligentes y

la integración entre objetos físicos y plataformas digitales. En comparación con fuentes del 2018 que proporcionó detalles técnicos sobre sensores inteligentes, plataformas tecnológicas, monitoreo automatizado y trazabilidad logística del transporte marítimo internacional. No obstante, las fuentes que se integraron a la investigación científica de los años 2020 a 2026, llegaron a complementar conceptos claves como lo son: Logística 4.0, digitalización logística, automatización portuaria y la evolución tecnológica de las cadenas de suministro globales.

Ecuaciones Booleanas

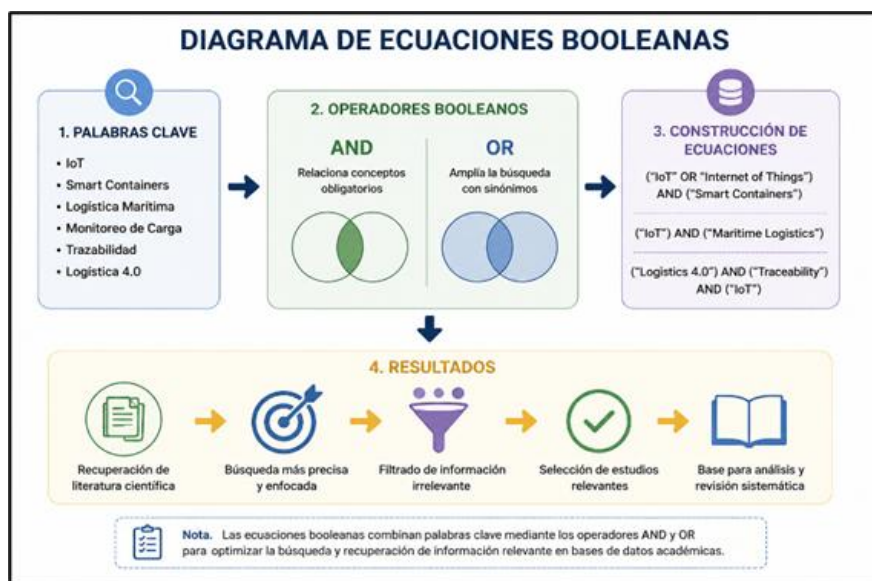
Por otro lado, el uso de las ecuaciones booleanas llegó a guiar la identificación y recuperación de información científica relevante durante la fase de búsqueda dentro del marco SALSA y es utilizada como un complemento metodológico. Las ecuaciones booleanas son una herramienta de búsqueda utilizada en bases de datos académicas, que tiene como objetivo combinar palabras clave utilizando operadores lógicos para delimitar, expandir y refinar los resultados esto con el fin de llegar a tener una mejor comprensión en términos que suelen ser similares.

Al realizar este tipo de investigaciones documentales y revisiones sistemáticas, la aplicación de estas ecuaciones booleanas es fundamental para asegurar que los conceptos estén asociados entre sí, mejorando la precisión de la búsqueda y reduciendo la información que puede ser irrelevante en la investigación. Según Lopezosa et al. (2023), estas ecuaciones de búsqueda se encuentran entre los elementos más sensibles en las revisiones académicas debido a la capacidad de selección y combinación de palabras clave para influir en la calidad de redacción e inclusión en el texto final de la investigación.

Por lo tanto, para esta investigación las ecuaciones booleanas se construyeron en base al enfoque principal del estudio, incluyendo el Internet de las Cosas, la logística marítima, los contenedores inteligentes, el monitoreo de carga, la trazabilidad y la logística 4.0. Principalmente para este propósito se utilizaron los operadores AND y OR que son comunes en el ámbito de unir o diferenciar información que se tiene como base para la investigación.

Figura 2

Diagrama del uso de ecuaciones booleanas en la búsqueda bibliográfica



Nota. El diagrama representa la construcción de los conectores y el uso de operadores booleanos AND y OR para optimizar la información recopilada durante la fase de búsqueda documental de la investigación.

Para el uso de esta herramienta se tiene que tomar en cuenta el operador “AND”, éste fue utilizado para relacionar conceptos obligatorios dentro de una misma búsqueda, permitiendo recuperar únicamente documentos que tuvieran información simultánea para ambas variables investigativas, un claro ejemplo es el siguiente:

(“Internet of Things” AND “Smart Containers”)

En esta ecuación se llegó a localizar investigaciones que son relacionadas específicamente con la aplicación del Internet de las Cosas en contenedores inteligentes en el ámbito del comercio internacional de manera marítima.

Por otra parte, el operador “OR” fue utilizado para incorporar términos que son equivalentes, sinónimos o variantes conceptuales que se llegan a relacionar con una misma

temática, ampliando la información y así tener un mayor alcance en la recuperación documental, por ejemplo:

("Internet of Things" OR "IoT")

En este caso, esta ecuación permitió incluir investigaciones que utilizan cualquiera de las dos denominaciones para referirse al Internet de las Cosas, todo con la finalidad de no repetir alguna información que conlleve a una redundancia ya sea en el marco teórico o en el conceptual.

De manera similar, se emplearon varios operadores principales para crear ecuaciones más complejas porque su propósito se alinea con los resultados que se pretende demostrar en esta investigación. De estos, destaca tener más precisión en el uso de términos, por lo que para obtener mejores hallazgos y uso de la información, se formularon estas ecuaciones, que tienen un gran poder de relevancia a lo largo de toda la investigación;

("Internet of Things" OR "IoT") AND ("Smart Containers" OR "Intelligent Containers")

("IoT") AND ("Maritime Logistics")

("Supply Chain") AND ("Container Monitoring")

("Logistics 4.0") AND ("Traceability") AND ("IoT")

("Smart Sensors") AND ("International Logistics")

("Digital Supply Chain") AND ("Maritime Transport")

Tabla 4*Ecuaciones booleanas utilizadas en la búsqueda bibliográfica*

Operador / Ecuación booleana	Aplicación dentro de la investigación	Resultado esperado
AND	Relacionar conceptos obligatorios dentro de una misma búsqueda para recuperar únicamente documentos que contengan ambas variables investigativas.	Mayor precisión en la recuperación de literatura científica relevante.
(Internet of Things AND Smart Containers)	Identificar investigaciones relacionadas específicamente con la aplicación del IoT en contenedores inteligentes dentro del comercio marítimo internacional.	Obtención de estudios enfocados en monitoreo inteligente y logística marítima.
OR	Incorporar términos equivalentes, sinónimos o variantes conceptuales relacionadas con una misma temática.	Ampliar el alcance documental y evitar pérdida de información relevante.
(Internet of Things OR IoT)	Recuperar investigaciones que utilicen cualquiera de las dos denominaciones relacionadas con Internet de las Cosas.	Mayor cobertura de literatura científica relacionada con IoT.
(Internet of Things OR IoT) AND (Smart Containers OR Intelligent Containers)	Relacionar el IoT con contenedores inteligentes dentro del transporte marítimo y logística internacional.	Reponer investigaciones sobre el monitoreo inteligente de contenedores y su automatización.
(IoT) AND (Maritime Logistics)	Identificar la aplicación del Internet de las Cosas en la logística marítima o estudios que validen su información.	Datos sobre el funcionamiento de la optimización de la logística marítima y su digitalización
(Supply Chain) AND (Container Monitoring)	Recopilar documentos sobre el rastreo y monitoreo de los contenedores dentro de la cadena de	Investigaciones documentales sobre la supervisión logística y su

Operador / Ecuación booleana	Aplicación dentro de la investigación	Resultado esperado
	suministro.	trazabilidad
(Logistics 4.0) AND (Traceability) AND (IoT)	Relacionar conceptos sobre la logística 4.0, trazabilidad e Internet de las Cosas.	Investigaciones sobre automatización y monitoreo inteligente en logística internacional.
(Smart Sensors) AND (International Logistics)	Identificar estudios relacionados con sensores inteligentes aplicados a logística internacional.	Información sobre monitoreo de mercancías y sensores IoT.
(Digital Supply Chain) AND (Maritime Transport)	Buscar investigaciones sobre digitalización de la cadena de suministro aplicada al transporte marítimo.	Literatura científica relacionada con transformación digital logística.

Nota. Representa el complemento metodológico durante la metodología SALSA, permitiendo el uso de operadores AND y OR aplicados a términos relacionados con Internet de las Cosas (IoT), logística marítima, trazabilidad y contenedores inteligentes.

Generalmente, estas ecuaciones permiten la recuperación de investigaciones científicas directamente relacionadas con el monitoreo inteligente de mercancías, la automatización logística, los sensores IoT, las plataformas digitales y la trazabilidad aplicada al transporte marítimo internacional tomando en cuenta que es el más utilizado a nivel mundial.

Junto con estos temas de investigación, las ecuaciones booleanas pueden dar un mayor realce y profundidad metodológica al trabajo de investigación, ya que se puede realizar búsquedas estructuradas, sistemáticas y que se pueden verificar posteriormente dentro de las bases científicas. Además, ayuda de gran manera a la visualización de los datos mas relevantes, reduce los sesos que existen y mejora el proceso de recopilación bibliográfica contribuyendo la validez de cada documento seleccionado.

Como complemento a la fase de búsqueda de la metodología SALSA, se emplearon ecuaciones booleanas para optimizar la recuperación de literatura científica en las bases de datos Scopus, Web of Science y Google Académico. La aplicación de estas ecuaciones permitió identificar un mayor número de publicaciones relacionadas con el objeto de estudio, las cuales posteriormente fueron sometidas al proceso de evaluación establecido en la metodología.

Tabla 5

Presentación las ecuaciones utilizadas y el número de resultados obtenidos en cada base de datos.

Ecuación booleana	Scopus	Web of Science	Google Académico	Total de resultados
(Internet of Things AND Smart Containers)	122	95	130	347
(Internet of Things OR IoT) AND (Smart Containers OR Intelligent Containers)	148	106	182	436
(IoT) AND (Maritime Logistics)	214	169	298	681
(Supply Chain) AND (Container Monitoring)	137	112	194	443
(Logistics 4.0) AND (Traceability) AND ("IoT")	126	97	176	399
(Smart Sensors) AND ("International Logistics")	98	81	143	322
(Digital Supply Chain) AND (Maritime Transport)	104	89	167	360
Totalidad de Fuentes encontradas				2988

Nota. Los resultados corresponden a las búsquedas iniciales realizadas en las bases de datos académicas mediante la aplicación de las ecuaciones booleanas.

Con el fin de garantizar la calidad y enfoque en la evidencia científica, los registros recuperados mediante las ecuaciones booleanas fueron sometidos a un proceso de selección conforme a los criterios establecidos previamente en el enfoque que se necesita para el trabajo de investigación. Este procedimiento permitió reducir progresivamente el número de publicaciones hasta conformar la muestra documental definitiva.

Tabla 6

Representación de las etapas del proceso de selección de las fuentes bibliográficas.

Etapas	Registros
Resultados recuperados mediante ecuaciones booleanas	2.988
Registros después de eliminar duplicados	1.954
Registros tras revisión de título y resumen	312
Artículos evaluados en texto completo	46
Artículos incluidos en la investigación	17

Nota. Elaboración propia con la finalidad de resumir las etapas de selección de la literatura científica, desde la recuperación inicial de registros hasta la obtención de la muestra documental final de 17 publicaciones.

Enfoque de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo y un alcance descriptivo, debido a que se orienta al análisis, interpretación y síntesis de información científica relacionada con la aplicación del Internet de las Cosas (IoT) en contenedores inteligentes dentro de la logística marítima internacional. El enfoque cualitativo permite comprender el fenómeno a partir de la revisión e interpretación de literatura especializada, mientras que el alcance descriptivo posibilita caracterizar los principales conceptos, componentes tecnológicos, funcionamiento, actores involucrados y beneficios documentados en la literatura, sin recurrir a procedimientos estadísticos para la comprobación de hipótesis (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Desde este punto de vista, la investigación se describe como una indagación científica donde se aborda la aplicación del IoT en contenedores inteligentes, analizando todos sus componentes tecnológicos, además de toda la información que se recopila durante el transporte, los actores que intervienen y los beneficios que aportan a la cadena de suministro internacional. Adicionalmente, su enfoque es cualitativo por el motivo de que se puede visualizar todos los aportes de cada autor en base a fundamentos científicos y ofreciendo una mayor visión sobre el estado actual de cada término utilizado para el tema de investigación abordado.

Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo documental, ya que se fundamenta en la recopilación, selección, organización, análisis e interpretación de información proveniente de fuentes secundarias, como artículos científicos, libros, capítulos de libro, tesis e informes técnicos relacionados con el Internet de las Cosas, los contenedores inteligentes, la logística marítima, la trazabilidad logística y la Logística 4.0. Este tipo de investigación permite examinar el conocimiento existente sobre una temática específica mediante la revisión crítica y sistemática de la literatura científica, favoreciendo la comprensión y el análisis de los aportes realizados por diferentes autores (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

En concordancia con el enfoque cualitativo y el alcance descriptivo del estudio, la investigación se orienta a describir las características de la aplicación del Internet de las Cosas en los contenedores inteligentes, considerando los componentes tecnológicos que los integran, su funcionamiento operativo, los actores involucrados en su gestión, el flujo de información en tiempo real y los beneficios documentados para la trazabilidad de la carga y la cadena de suministro internacional.

El diseño metodológico corresponde a una revisión bibliográfica sistemática, desarrollada mediante el framework SALSA (Search, Appraisal, Synthesis and Analysis), el cual organiza el proceso de revisión de la literatura en cuatro etapas secuenciales: búsqueda,

evaluación, análisis y síntesis de la evidencia científica. La aplicación de este framework permitió desarrollar un proceso estructurado, transparente y reproducible para la identificación, selección y organización de la información relevante, garantizando la rigurosidad metodológica durante el desarrollo de la investigación (Grant & Booth, 2009).

Asimismo, Lopezosa, Codina y Ferran-Ferrer (2023) señalan que el framework SALSA constituye una metodología adecuada para la realización de revisiones bibliográficas, especialmente cuando se complementa con estrategias de búsqueda estructuradas mediante ecuaciones booleanas, lo que facilita la recuperación de literatura científica pertinente y fortalece la organización y el análisis de la evidencia recopilada.

Población y muestra

La población documental estuvo conformada por las publicaciones científicas recuperadas mediante la aplicación de ecuaciones booleanas en las bases de datos Scopus, Web of Science y Google Académico. Estas búsquedas se enfocaron en investigaciones relacionadas con el Internet de las Cosas (IoT), los contenedores inteligentes, la logística marítima, el monitoreo de carga, la trazabilidad logística y la Logística 4.0. Como resultado de este proceso se identificaron 2.988 registros bibliográficos, correspondientes a artículos científicos, libros, capítulos de libro e informes técnicos vinculados con el objeto de estudio.

La muestra documental fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por criterios, considerando la pertinencia temática, la calidad científica, la actualidad de las publicaciones, la disponibilidad del texto completo y su relación directa con los objetivos específicos de la investigación. A partir de todas las fuentes encontradas anteriormente se realizó un proceso de selección en donde se llegó a eliminar documentos duplicados, la revisión de títulos y resúmenes, y la evaluación del texto completo de las publicaciones potencialmente relevantes. Como resultado de este procedimiento se descartaron aquellos documentos que presentaban duplicidad, escasa relación con el objeto de estudio, insuficiente rigor científico o que no contribuían al cumplimiento de los objetivos planteados. Finalmente, la

muestra quedó conformada por 17 publicaciones científicas, las cuales constituyeron la base para el desarrollo del estado del arte, el marco teórico y el análisis de los resultados.

Durante la fase de evaluación (*Appraisal*) del framework SALSA se aplicaron criterios de inclusión y exclusión con el propósito de garantizar la calidad, pertinencia y confiabilidad de la evidencia científica seleccionada. Se incluyeron publicaciones en español e inglés que abordaran específicamente la aplicación del Internet de las Cosas en contenedores inteligentes, la logística marítima, la trazabilidad de la carga y la Logística 4.0, no obstante, se eliminaron documentos duplicados, publicaciones sin acceso al texto completo, estudios con información escasa y otros donde la información no contaba con relación directa hacia los objetivos de la investigación. Esta selección permitió recabar una muestra documental sólida y con un mayor relance hacia los conocimientos actuales sobre los temas abordados, fortaleciendo así el funcionamiento de la metodología aplicada (Grant & Booth, 2009).

Técnica e instrumento

La técnica que se usó para la investigación es sobre revisión documental sistemática, ya que, permite recopilar, seleccionar, organizar, analizar e interpretar toda la información acerca del Internet de las Cosas en contenedores inteligentes usados dentro de la logística marítima. Esta técnica fue la que aportó con un mayor realce hacia la evidencia encontrada y que complementa con los objetivos planteados, mediante un análisis crítico especializado.

Como instrumentos para esta investigación se utilizó una matriz de análisis documental junto con la aplicación de las ecuaciones booleanas que aportaron mediante el proceso de recopilación y organización de la información encontrada

La matriz mencionada anteriormente fue diseñada con el propósito organizar de mejor manera toda la información obtenida de cada una de las publicaciones científicas encontradas. Es por esa razón, que este instrumento ayudó a comparar la información más relevante de los documentos analizados, tomando en cuenta autor, año de publicación, objetivo del estudio, metodología, hallazgos, categoría de análisis y el aporte que hace a la investigación actual. La

organización de esta información facilitó la clasificación de la evidencia científica de acuerdo con los objetivos específicos del estudio y contribuyó al desarrollo del estado del arte, el marco teórico y el análisis de los resultados.

Tabla 7

Matriz de análisis documental empleada para la revisión bibliográfica

Autor(es)	Año	Título del documento	Objetivo del estudio	Principales hallazgos	Categoría de análisis	Aporte a la investigación
Taj et al.	2023	Internet of Things (IoT) and Supply Chain Management	Analizar la cadena de suministro con ayuda del IoT.	El IoT mejora la trazabilidad y la toma de decisiones mediante la trazabilidad.	La cadena de suministro y el IoT.	Ayudó a ver los componentes tecnológicos y beneficios del IoT.
Muñuzuri et al.	2020	Digitalization and Maritime Logistics	Analizar la logística marítima en base a su digitalización.	La eficiencia del transporte marítimo transforma su digitalización.	Logística marítima.	Justificó el uso del IoT en operaciones marítimas.
Lyu et al.	2023	Smart Container Logistics	Estudiar la aplicación del IoT en contenedores inteligentes.	El IoT optimiza rutas, sostenibilidad y trazabilidad.	Contenedores inteligentes.	Sustentó los beneficios logísticos del IoT.
Barlogis et al.	2024	IoT-Based Smart Containers	Evaluar el uso de IoT en contenedores marítimos.	Los sensores permiten estimar ETA y mejorar la visibilidad logística.	Funcionamiento operativo.	Fundamentó el flujo operativo del contenedor inteligente.
Vaño García	2018	Sistema Inteligente para la Gestión de Contenedores	Diseñar un sistema inteligente para contenedores.	GPS, sensores y nube permiten monitoreo en tiempo real.	Componentes tecnológicos.	Describió la arquitectura tecnológica del contenedor inteligente.
Gómez Moreno	2020	Trazabilidad Logística mediante IoT	Analizar sensores para monitoreo de mercancías.	Sensores de temperatura, humedad y ubicación mejoran el control de la carga.	Sensores IoT.	Fundamentó la descripción de sensores y monitoreo.

Autor(es)	Año	Título del documento	Objetivo del estudio	Principales hallazgos	Categoría de análisis	Aporte a la investigación
Ledesma y Lamo	2025	Arquitecturas IoT para Transporte Marítimo	Proponer redes híbridas para monitoreo marítimo.	LPWAN y satélites permiten conectividad continua.	Tecnologías de comunicación.	Sustentó la comunicación de datos en tiempo real.
Herrero García	2022	IoT aplicado al Transporte Marítimo	Analizar la integración de sensores y GPS en logística marítima.	La información en tiempo real mejora la gestión de navieras.	Operaciones marítimas.	Explicó el uso de datos por navieras y operadores logísticos.
Tang y Zha	2026	Smart Data Platforms for Logistics	Analizar plataformas inteligentes para logística.	Cloud Computing y analítica optimizan la gestión logística.	Plataformas digitales.	Fundamentó el procesamiento y visualización de datos.
MSC	2024	iReefer Smart Containers	Implementar monitoreo remoto en contenedores refrigerados.	Permite controlar ubicación y condiciones de la carga en tiempo real.	Navieras.	Ejemplo de implementación real de contenedores inteligentes.
Maersk	2024	Remote Container Management	Contar con el monitoreo de contenedores mediante una digitalización.	Facilita el seguimiento remoto y mejora la eficiencia logística.	Navieras.	Evidenció la aplicación práctica del IoT en el transporte marítimo.
CMA CGM	2024	CLIMACTIVE / Connected Containers	Optimizar el transporte de mercancías sensibles.	Monitoreo continuo de temperatura y estado de la carga.	Navieras.	Respaldó la aplicación del IoT en contenedores refrigerados.

Autor(es)	Año	Título del documento	Objetivo del estudio	Principales hallazgos	Categoría de análisis	Aporte a la investigación
Hapag-Lloyd	2024	LIVE Position y LIVE Monitoring	Desarrollar servicios inteligentes para contenedores.	Seguimiento en tiempo real y monitoreo de condiciones ambientales.	Navieras.	Demostró la digitalización de la logística marítima.
Ronquillo et al.	2024	Teoría General de Sistemas	Explicar el enfoque sistémico.	Los sistemas funcionan mediante la interacción de sus elementos.	Teoría General de Sistemas.	Sustentó el análisis integral del IoT.
Abbas y Michael	2026	Socio-Technical Systems Theory	Analizar la interacción entre personas y tecnología.	El desempeño depende de la integración del sistema social y técnico.	Teoría Sociotécnica.	Constituyó el fundamento teórico principal de la investigación.
Xu y Gao	2025	Socio-Technical Systems in Digital Organizations	Explicar la evolución de los sistemas sociotécnicos.	La coordinación entre personas y tecnología mejora el desempeño organizacional.	Sistemas Sociotécnicos.	Sustentó la relación entre actores y tecnologías IoT.
Frank et al. (2024) y Maguire (2014)	2014–2024	Socio-Technical Design	Identificar las variables del subsistema social y técnico.	Comunicación, coordinación, procesos y tecnología determinan el funcionamiento organizacional.	Subsistemas social y técnico.	Fundamentó las dimensiones utilizadas en el marco teórico.

Nota. Elaboración propia a partir de las 17 fuentes bibliográficas seleccionadas mediante la metodología SALSA y ecuaciones booleanas para el desarrollo del trabajo de investigación.

Por otra parte, las ecuaciones booleanas constituyeron un instrumento de apoyo para la recuperación de literatura científica durante la fase de búsqueda del framework SALSA. Su aplicación permitió estructurar estrategias de búsqueda mediante la combinación de palabras clave relacionadas con el objeto de estudio, optimizando la identificación de publicaciones pertinentes en las bases de datos académicas consultadas (Lopezosa, Codina & Ferran-Ferrer, 2023).

El uso de este tipo de estrategias permitió recuperar documentos que tienen relación con el IoT, contenedores inteligentes, logística marítima, trazabilidad de la carga y el enfoque de la cadena de suministro. Adicionalmente, los documentos que se llegaron a seleccionar fueron evaluados según criterios expuestos en la matriz documental, con la finalidad de recabar únicamente las fuentes donde se presentaba una mayor relación y apoyo científico para el estudio sujeto a investigar.

Validación y confiabilidad del instrumento

La investigación acoge un enfoque cualitativo con alcance descriptivo es desarrollada mediante la revisión bibliográfica de cada documento seleccionado, por lo que la validación, juicios de valor o análisis estadísticos no fueron necesarios por el motivo de que para la presente investigación no se aplicaron técnicas como entrevistas o encuestas. El enfoque principal se valoró desde la metodología aplicada la cual sustenta la calidad del proceso, la selección de documentos finales y la interpretación de cada hallazgo encontrado.

Tomando en cuenta la metodología aplicada se valida junto con el proceso sistemático del framework SALSA, el cual cuenta con una base estructurada para la búsqueda, análisis y síntesis de cada documento, dando mayor alcance a la veracidad y transparencia de la investigación (Grant & Booth, 2009). Asimismo, esta herramienta junto con las ecuaciones booleanas logró ser aplicadas partiendo desde los objetivos específico y palabras claves en función a las orientaciones metodológicas propuestas por Lopezosa, Codina y Ferran-Ferrer (2023).

Adicionalmente, la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión para escoger las fuentes finales se basaron en el año de publicación, autor, relación con el tema principal y la ayuda de la matriz presentada para mantener la trazabilidad del proceso y el análisis de los documentos seleccionados. Este proceso, fortaleció la metodología aplicada ya que, todas las fuentes que son parte de este documento contribuyen a minimizar posibles parcialidades y vacíos durante el desarrollo de la investigación.

Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló respetando los principios éticos que orientan la investigación científica y la producción académica. Toda la información utilizada proviene de fuentes científicas y académicas debidamente identificadas, las cuales fueron citadas y referenciadas conforme a las Normas APA, séptima edición, garantizando el respeto a la propiedad intelectual, los derechos de autor y el reconocimiento de las contribuciones realizadas por los investigadores consultados.

Al tratarse de una investigación de revisión bibliográfica con enfoque cualitativo y alcance descriptivo, se procuró preservar la fidelidad de la información presentada en cada una de las publicaciones analizadas. En este sentido, los planteamientos, resultados y aportes de los diferentes autores fueron interpretados de manera objetiva, evitando cualquier alteración, tergiversación o uso fuera de contexto. Asimismo, la información recopilada fue utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación, otorgando en todo momento el debido reconocimiento a los autores cuyas contribuciones fundamentaron el desarrollo del presente estudio.

Durante el desarrollo de la investigación también se emplearon herramientas digitales y de inteligencia artificial como apoyo para la organización temática de la literatura científica y la optimización de tareas relacionadas con la revisión documental. No obstante, estas herramientas fueron utilizadas únicamente como recurso complementario, sin sustituir el análisis crítico ni el criterio académico del investigador.

Finalmente, la búsqueda y selección de las fuentes bibliográficas, la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, el análisis e interpretación de la evidencia científica y la elaboración de los resultados, conclusiones y recomendaciones fueron desarrollados de manera responsable por los autores, preservando la integridad académica, la transparencia metodológica y el rigor científico durante todas las etapas del proceso investigativo.

Capítulo IV

Análisis y discusión de los resultados

Conceptualización de los contenedores inteligentes

Los contenedores inteligentes se definen como unidades de transporte equipadas con tecnologías del Internet de las Cosas, las cuales permiten recopilar y transmitir información en tiempo real sobre el estado de la carga y su entorno. Estas tecnologías incluyen sensores, sistemas de comunicación y plataformas digitales que facilitan la monitorización continua de variables como la temperatura, la ubicación o posibles alteraciones durante el transporte (Tang & Zha, 2026; Ledesma & Lamo, 2025).

Desde un enfoque más técnico, algunos autores describen al contenedor inteligente como un sistema integrado compuesto por dispositivos que capturan datos físicos y los envían a plataformas en la nube, donde se procesan y visualizan para permitir el seguimiento constante del envío a lo largo de la cadena logística (Gómez Moreno, 2020).

Por otro lado, también se plantea que estos contenedores forman parte de la digitalización de la cadena de suministro, ya que la información capturada no solo se utiliza para monitorear la carga, sino que se comparte entre los actores logísticos con el fin de mejorar la trazabilidad, la seguridad y la toma de decisiones (Lyu et al., 2023).

Al comparar las definiciones anteriores, se observa que todos los autores coinciden en que el contenedor inteligente incorpora tecnologías IoT como elemento central, aunque difieren en el enfoque que otorgan a su funcionalidad. Algunos estudios destacan principalmente la capacidad de monitorización física de la carga mediante sensores que registran variables ambientales y eventos durante el transporte (Ledesma & Lamo, 2025).

En cambio, otros autores amplían esta definición al considerar que el contenedor inteligente no solo recoge información, sino que también forma parte de un sistema digital más amplio que permite integrar, procesar y compartir datos entre los distintos actores de la cadena de suministro (Lyu et al., 2023).

Asimismo, existen enfoques que resaltan el papel operativo de estos dispositivos, señalando que permiten automatizar el seguimiento del envío y proporcionar información en tiempo real a través de plataformas en la nube, lo que facilita el control remoto de la mercancía durante todo su recorrido (Gómez Moreno, 2020).

A pesar de las diferencias en el enfoque, es posible identificar elementos comunes en todas las definiciones analizadas. En primer lugar, todos los autores coinciden en la presencia de sensores como componente fundamental, los cuales permiten captar datos del entorno y del estado de la carga durante el transporte (Ledesma & Lamo, 2025).

En segundo lugar, se destaca el uso de tecnologías de comunicación que posibilitan la transmisión de estos datos en tiempo real hacia sistemas externos, lo que permite el seguimiento continuo del contenedor a lo largo de la cadena logística (Gómez Moreno, 2020).

Finalmente, los estudios coinciden en que los contenedores inteligentes están integrados en entornos digitales más amplios donde la información recolectada es almacenada, procesada y utilizada para mejorar la trazabilidad, la seguridad y la eficiencia de la cadena de suministro (Lyu et al., 2023; Tang & Zha, 2026). A partir de estos elementos comunes identificados en la literatura, se reconocen los principales componentes tecnológicos que hacen posible el funcionamiento de los contenedores inteligentes, los cuales se sintetizan en la siguiente tabla:

Tabla 8

Componentes tecnológicos identificados en los contenedores inteligentes

Componente tecnológico	Función dentro del contenedor inteligente	Contribución logística
Sensores IoT	Capturar información del estado de la carga y del entorno	Monitoreo en tiempo real
Tecnologías de comunicación	Transmitir la información generada por los sensores	Seguimiento continuo del contenedor
Plataformas digitales	Almacenar, procesar y visualizar los datos recopilados	Trazabilidad y toma de decisiones
Integración de datos	Compartir información entre los actores logísticos	Coordinación y control de la cadena de suministro

Nota. Elaboración propia a partir de Gómez Moreno (2020), Lyu et al. (2023), Tang y Zha (2026) y Ledesma y Lamo (2025).

La tabla evidencia que los contenedores inteligentes están compuestos por un conjunto de tecnologías que permiten la captura, transmisión, procesamiento e intercambio de información durante el transporte de mercancías. Los hallazgos identificados en la literatura muestran que los sensores IoT, las tecnologías de comunicación y las plataformas digitales constituyen los componentes tecnológicos fundamentales para el monitoreo de la carga, mientras que la integración de datos favorece la trazabilidad, la coordinación logística y la toma de decisiones dentro de la cadena de suministro.

Los resultados obtenidos permiten identificar que los sensores IoT, las tecnologías de comunicación y las plataformas digitales corresponden al subsistema técnico propuesto por la Teoría de Sistemas Sociotécnicos, debido a que representan las herramientas tecnológicas necesarias para el funcionamiento de los contenedores inteligentes. Asimismo, la integración y el intercambio de información entre los actores logísticos evidencian que estas tecnologías no operan de manera aislada, sino como parte de un sistema donde los recursos tecnológicos

apoyan las actividades desarrolladas por los diferentes participantes de la cadena de suministro para mejorar la trazabilidad, la seguridad y la eficiencia logística.

Componentes tecnológicos IoT presentes en los contenedores inteligentes

Sensores utilizados en los contenedores inteligentes

La literatura evidencia que los contenedores inteligentes integran sensores y dispositivos de comunicación conectados a plataformas basadas en IoT para supervisar en tiempo real las condiciones ambientales de la carga como los eventos que pueden comprometer su seguridad durante el transporte. Entre los dispositivos más utilizados destacan los sensores de temperatura, humedad, vibración, luminosidad, geolocalización, impacto y estado de apertura de puertas, los cuales permiten controlar variables críticas y generar alertas ante las irregularidades que puedan afectar el estado de la mercancía (Ledesma & Lamo, 2025; Lyu et al., 2023).

Asimismo, estos sensores facilitan la trazabilidad continua del contenedor y proporcionan información clave para la gestión logística y la toma de decisiones durante toda la cadena de suministro (Gómez Moreno, 2020; Lyu et al., 2023). Por otro lado, otros enfoques incorporan sensores relacionados con variables externas como condiciones climáticas, congestión o estado del transporte, dependiendo del tipo de modelo logístico analizado (Aktar & Sharma, 2026).

Sin embargo, no todos los autores utilizan la misma cantidad o tipo de sensores, ya que su selección depende del tipo de mercancía y del objetivo del sistema. En este sentido, la literatura evidencia que algunos trabajos presentan configuraciones más amplias con múltiples sensores para un control integral del contenedor, mientras que otros priorizan únicamente aquellos relacionados con la conservación y seguridad de la carga, especialmente en aplicaciones logísticas reales (Ledesma & Lamo, 2025; Taj et al., 2023).

A partir de lo expuesto, se identificaron los sensores más utilizados en los contenedores inteligentes para el monitoreo de la carga, la trazabilidad y la seguridad durante el transporte.

La tabla presenta una síntesis de dichos sensores y sus principales aplicaciones, que se describen a continuación:

Tabla 9

Sensores utilizados en los contenedores inteligentes

Sensor	Aplicación
Temperatura	Monitoreo de las condiciones de conservación de la mercancía.
Humedad	Supervisión de las condiciones ambientales de la carga.
Geolocalización (GPS)	Seguimiento y trazabilidad del contenedor en tiempo real.
Vibración	Detección de movimientos que pueden afectar la integridad de la carga.
Impacto	Identificación de golpes que pueden comprometer el estado de la mercancía.
Luminosidad	Detección de posibles manipulaciones o accesos no autorizados.
Apertura de puertas	Control de eventos de apertura y cierre para reforzar la seguridad de la carga.

Nota. Elaboración propia a partir de Ledesma y Lamo (2025), Lyu et al. (2023) y Taj et al. (2023).

La tabla muestra que los sensores más utilizados en los contenedores inteligentes están orientados principalmente al control de las condiciones ambientales de la carga y a la detección de eventos físicos que pueden comprometer su integridad durante el transporte. En este contexto, la presente investigación se centra en los sensores de temperatura, humedad, geolocalización, vibración, apertura de puertas e impacto, debido a su relevancia para la conservación, seguridad y monitoreo de la carga durante el transporte internacional.

A partir de lo anterior, el uso de estos sensores en las operaciones logísticas se relaciona con la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos, específicamente con la dimensión técnica y la variable tecnología, ya que constituyen herramientas y recursos utilizados para monitorear y controlar las condiciones de la carga durante el transporte. Asimismo, la

información generada por estos dispositivos contribuye al desarrollo de procesos, tareas y procedimientos relacionados con la gestión logística, al proporcionar datos que facilitan el seguimiento, control y toma de decisiones dentro de la cadena de suministro. A continuación, se describe el funcionamiento y la importancia de cada uno de los sensores identificados en la literatura.

Temperatura

La literatura evidencia que el sensor de temperatura es uno de los más utilizados en los contenedores inteligentes, especialmente en el transporte de mercancías perecederas o sensibles a cambios térmicos. En este sentido, se identifica que este dispositivo permite monitorear continuamente las condiciones internas del contenedor, asegurando que la carga se mantenga dentro de los rangos adecuados durante todo el proceso logístico (Hasan et al., 2019; Muñuzuri et al., 2020).

Asimismo, diferentes autores coinciden en que el control de temperatura resulta esencial en cadenas logísticas como la cadena de frío, ya que cualquier desviación puede afectar directamente la calidad del producto transportado (Hasan et al., 2019; Tang & Zha, 2026).

Sin embargo, algunos enfoques amplían su función señalando que los datos de temperatura no solo permiten la supervisión en tiempo real, sino también la generación de registros históricos que facilitan la trazabilidad y la toma de decisiones en la cadena de suministro (Muñuzuri et al., 2020).

Humedad

En relación con la humedad, la literatura evidencia que este sensor se utiliza de forma conjunta con los sensores de temperatura para lograr un control ambiental más completo dentro del contenedor. Se identifica que ambos permiten mantener condiciones adecuadas que eviten el deterioro de productos sensibles (Gómez Moreno, 2020; Tang & Zha, 2026).

Asimismo, distintos autores coinciden en que el monitoreo de la humedad es fundamental en productos como alimentos, textiles o productos químicos, donde variaciones en el ambiente pueden alterar sus propiedades (Gómez Moreno, 2020; Hasan et al., 2019).

Sin embargo, algunos estudios destacan que la humedad, a diferencia de la temperatura, no siempre es considerada prioritaria en todos los sistemas, ya que su uso depende del tipo de mercancía transportada y del nivel de control requerido en el proceso logístico (Tang & Zha, 2026).

Geolocalización

La literatura evidencia que los sistemas de geolocalización basados en GPS constituyen uno de los dispositivos más utilizados en los contenedores inteligentes, ya que permiten conocer la ubicación del contenedor en tiempo real durante todo el proceso de transporte. Asimismo, facilitan la trazabilidad continua de la carga y proporcionan información relevante para el monitoreo de las operaciones logísticas y el seguimiento de la mercancía a lo largo de la cadena de suministro (Gómez Moreno, 2020; Lyu et al., 2023).

Asimismo, diversos autores coinciden en que la geolocalización funciona de manera integrada con tecnologías de comunicación y plataformas IoT, permitiendo transmitir la información de ubicación hacia sistemas de monitoreo y gestión logística. De esta manera, contribuye al control remoto del contenedor y apoya la toma de decisiones durante las diferentes etapas del transporte internacional (Lyu et al., 2023; Muñuzuri et al., 2020).

Vibración

La literatura evidencia que los sensores de vibración permiten detectar movimientos irregulares o excesivos durante el transporte del contenedor. Se identifica que estos dispositivos resultan especialmente relevantes en el traslado de mercancías frágiles, ya que registran condiciones que pueden comprometer la integridad de la carga (Gómez Moreno, 2020; Ledesma & Lamo, 2025).

Asimismo, algunos autores coinciden en que el monitoreo de vibraciones contribuye a evaluar el manejo del contenedor en las distintas etapas de la cadena de suministro, permitiendo identificar fallas en los procesos de manipulación o transporte (Ledesma & Lamo, 2025; Hasan et al., 2019).

Sin embargo, otros enfoques indican que este tipo de sensor tiene un uso más específico y no siempre está presente en todos los sistemas IoT, ya que su implementación depende del nivel de sensibilidad de la carga transportada (Gómez Moreno, 2020).

Apertura de puertas

En cuanto al control de acceso, la literatura evidencia que los sensores de apertura de puertas permiten monitorear eventos de apertura y cierre del contenedor, lo que resulta clave para garantizar la seguridad de la mercancía durante el transporte (Hasan et al., 2019; Lyu et al., 2023).

Asimismo, se identifica que estos sensores permiten detectar accesos no autorizados y generar alertas en tiempo real, lo que mejora la trazabilidad y el control de la carga en entornos logísticos complejos (Hasan et al., 2019).

Sin embargo, algunos autores destacan que su implementación está más asociada a la seguridad logística que al control ambiental, por lo que su uso depende del tipo de operación y los riesgos asociados al transporte internacional (Lyu et al., 2023).

Impacto

Finalmente, la literatura evidencia que los sensores de impacto permiten detectar golpes, caídas o manipulaciones bruscas que puedan afectar la mercancía. Se identifica que estos dispositivos registran eventos físicos durante el transporte, proporcionando información clave para evaluar posibles daños en la carga (Hasan et al., 2019; Gómez Moreno, 2020).

Asimismo, varios autores coinciden en que este tipo de sensor contribuye a mejorar la seguridad del transporte, ya que permite identificar en qué momento del proceso logístico ocurrió un incidente (Gómez Moreno, 2020; Ledesma & Lamo, 2025).

Sin embargo, algunos estudios plantean que su uso no es universal, debido a que está principalmente orientado a cargas sensibles o de alto valor, donde el control de impactos resulta crítico para evitar pérdidas económicas (Hasan et al., 2019).

Tecnologías de comunicación

La literatura evidencia que los contenedores inteligentes requieren tecnologías de comunicación que permitan transmitir en tiempo real los datos generados por los sensores hacia plataformas digitales. Estas tecnologías permiten la conexión entre el contenedor físico y los sistemas de monitoreo, facilitando la trazabilidad, el seguimiento continuo y la disponibilidad de información para la toma de decisiones dentro de la cadena de suministro (Taj et al., 2023; Lyu et al., 2023).

En este sentido, los contenedores inteligentes integran sensores y dispositivos de comunicación como parte de la arquitectura IoT. Mientras los sensores recopilan información sobre la ubicación, estado y condiciones de la carga, las tecnologías de comunicación permiten que dichos datos sean transmitidos hacia plataformas digitales para su monitoreo y gestión durante el transporte (Taj et al., 2023; Hasan et al., 2019; Ledesma & Lamo, 2025; Lyu et al., 2023).

Asimismo, diversos estudios destacan que los contenedores inteligentes combinan distintas tecnologías de localización, identificación y comunicación para garantizar el flujo continuo de información durante el transporte. Entre las tecnologías más utilizadas se encuentran el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), la comunicación satelital, la Identificación por Radiofrecuencia (RFID) y la red de área amplia de largo alcance (LoRaWAN), las cuales presentan diferentes niveles de cobertura, capacidad de transmisión y alcance operativo según el entorno logístico en el que son implementadas (Hasan et al., 2019; Ledesma & Lamo, 2025).

Adicionalmente, la literatura también destaca el uso de redes de comunicación móvil utilizadas para transmitir información generada por dispositivos IoT. Estas tecnologías permiten

mantener la conectividad de los contenedores inteligentes mediante redes celulares de amplia cobertura, facilitando el monitoreo y seguimiento de la carga durante las operaciones logísticas terrestres y marítimas (Falcitelli et al., 2024a; Falcitelli et al., 2024b).

Sin embargo, algunos autores amplían esta perspectiva al señalar que estas tecnologías no solo cumplen una función de transmisión de datos, sino que forman parte de sistemas integrados donde interactúan dispositivos, redes de comunicación y plataformas digitales para gestionar de manera eficiente la información generada por el contenedor durante su recorrido logístico (Jacobsen & Lund, s. f.).

Desde un enfoque práctico, el sector logístico muestra que estas tecnologías permiten transmitir información relacionada con la ubicación, estado y condiciones del contenedor hacia plataformas digitales que facilitan el monitoreo en tiempo real de la carga y mejoran la visibilidad de las operaciones logísticas (Hapag-Lloyd, 2024).

A partir de esta diversidad de enfoques, se identifica que las tecnologías de comunicación son de gran relevancia para el funcionamiento de los sistemas IoT aplicados a contenedores inteligentes. La siguiente tabla presenta una síntesis de las principales tecnologías de comunicación identificadas en la literatura, su descripción y sus aplicaciones dentro de las operaciones logísticas.

Tabla 10

Tecnologías de comunicación utilizadas en los contenedores inteligentes

Tecnología	Descripción	Aplicación logística
Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	Sistema de posicionamiento que utiliza señales satelitales para determinar la ubicación geográfica del contenedor.	Permite realizar el seguimiento y la trazabilidad del contenedor durante el transporte.
Comunicación satelital	Tecnología que utiliza redes satelitales para enviar y recibir	Permite transmitir información sobre la ubicación y el estado del contenedor durante el

	información cuando no existe cobertura terrestre.	transporte marítimo y en rutas de larga distancia.
Red de Área Amplia de Largo Alcance (LoRaWAN)	Tecnología de comunicación inalámbrica utilizada para transmitir datos generados por dispositivos IoT a largas distancias y con bajo consumo energético.	Permite enviar la información recopilada por los sensores instalados en el contenedor hacia sistemas de monitoreo.
Identificación por Radiofrecuencia (RFID)	Tecnología que utiliza ondas de radio para identificar y registrar objetos mediante etiquetas y lectores electrónicos.	Facilita la identificación y el registro de contenedores en puertos, terminales y centros logísticos.
Redes de comunicación móvil	Tecnología de comunicación móvil basada en redes celulares 5G de baja potencia y amplia cobertura para dispositivos IoT.	Permite transmitir información del contenedor hacia plataformas de monitoreo durante las operaciones logísticas.

Nota. Elaboración propia a partir de Hasan et al. (2019), Ledesma y Lamo (2025), Lyu et al. (2023) y Taj et al. (2023) y Falcitelli et al. (2024a, 2024b).

La tabla muestra que las tecnologías de comunicación utilizadas en los contenedores inteligentes cumplen funciones relacionadas con la localización, identificación y transmisión de información durante el transporte de mercancías. En este sentido, tecnologías como GPS, comunicación satelital, LoRaWAN, RFID y las redes de comunicación móvil permiten mantener la conectividad entre el contenedor y las plataformas de monitoreo, facilitando el seguimiento de la carga y la disponibilidad de información en tiempo real para la gestión logística. Aunque cada tecnología cumple diferentes funciones, todas contribuyen al monitoreo, control y trazabilidad de los contenedores dentro de la cadena de suministro.

A partir de lo anterior, estas tecnologías pueden analizarse desde la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos como parte de la dimensión técnica, particularmente de las variables tecnología e infraestructura, debido a que constituyen recursos tecnológicos y redes de

comunicación utilizadas para apoyar las actividades de monitoreo, seguimiento y gestión de la información dentro del sistema logístico. Asimismo, contribuyen al desarrollo de procesos, tareas y procedimientos relacionados con el control de la carga, al facilitar la disponibilidad de información necesaria para la gestión de las operaciones logísticas.

A continuación, se describe el funcionamiento y la importancia de cada una de las tecnologías de comunicación identificados en la literatura.

Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

La literatura evidencia que el sistema de posicionamiento global es una tecnología basada en satélites que permite determinar la ubicación geográfica del contenedor en tiempo real. Se identifica que este sistema proporciona datos precisos de localización, lo que facilita el seguimiento continuo del envío durante su transporte (Hasan et al., 2019).

Asimismo, diferentes autores coinciden en que el uso de GPS mejora la visibilidad logística, ya que permite conocer la posición exacta del contenedor en cada etapa del proceso, lo que contribuye a optimizar la planificación y el control del transporte (Muñuzuri et al., 2020; Lyu et al., 2023).

Sin embargo, algunos estudios señalan que su funcionamiento puede verse afectado en entornos cerrados o con interferencias, por lo que suele complementarse con otras tecnologías de comunicación que aseguren la continuidad de la transmisión de datos (Ledesma & Lamo, 2025).

Comunicación satelital

La literatura evidencia que la comunicación satelital permite la transmisión de datos a través de satélites, siendo una solución clave en entornos donde no existe cobertura de redes móviles. Se identifica que esta tecnología resulta fundamental en el transporte marítimo, donde los contenedores se encuentran fuera del alcance de redes terrestres (Ledesma & Lamo, 2025).

Asimismo, algunos autores coinciden en que esta tecnología permite garantizar la conectividad global del contenedor, asegurando el monitoreo continuo durante todo el trayecto logístico (Barlogis et al., 2025).

Sin embargo, se destaca que su implementación puede implicar mayores costos y complejidad técnica, lo que limita su uso en comparación con otras tecnologías de comunicación (Herrero García, 2022).

Red de Área Amplia de Largo Alcance (LoRaWAN)

La literatura evidencia que LoRaWAN es una tecnología de comunicación inalámbrica utilizada en sistemas IoT para transmitir información generada por sensores y dispositivos conectados. Se identifica que esta tecnología permite el envío de datos a largas distancias con bajo consumo energético, lo que favorece su aplicación en entornos logísticos donde se requiere monitoreo continuo de los contenedores inteligentes (Ledesma & Lamo, 2025).

Asimismo, algunos autores destacan que LoRaWAN facilita la transmisión de la información recopilada por los sensores instalados en el contenedor hacia plataformas digitales de monitoreo. Esta capacidad contribuye al seguimiento de la carga y al intercambio de información necesaria para la gestión de las operaciones logísticas durante el transporte (Ledesma & Lamo, 2025).

Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID)

La literatura evidencia que RFID es una tecnología de identificación automática que utiliza etiquetas electrónicas y lectores para registrar la presencia del contenedor en puntos específicos de la cadena logística. Se identifica que esta tecnología permite automatizar procesos como el control de inventarios y el seguimiento en instalaciones logísticas (Hasan et al., 2019).

Asimismo, diferentes autores coinciden en que RFID facilita la trazabilidad en entornos como puertos o centros de distribución, donde se requiere registrar eventos específicos del contenedor durante su tránsito (Muñuzuri et al., 2020; Taj et al., 2023).

Sin embargo, a diferencia de tecnologías como GPS o la comunicación satelital, su uso no permite un monitoreo continuo en tiempo real, ya que depende de la existencia de puntos de lectura, lo que limita su aplicación para el seguimiento permanente del contenedor (Hasan et al., 2019).

Redes de comunicación móvil

La literatura evidencia que las redes de comunicación móvil permiten transmitir información entre los contenedores inteligentes y las plataformas digitales de monitoreo. Se identifica que estas tecnologías utilizan redes celulares de amplia cobertura para facilitar el seguimiento y monitoreo de la carga durante las operaciones logísticas. Asimismo, algunos estudios destacan el uso de tecnologías 5G e Internet de las Cosas de Banda Estrecha como parte de estas redes de comunicación móvil para la transmisión de datos generados por los contenedores inteligentes (Falcitelli et al., 2024a; Falcitelli et al., 2024b).

Plataformas de gestión y procesamiento de datos

La literatura evidencia que las plataformas de gestión y procesamiento de datos constituyen la etapa final del sistema IoT en los contenedores inteligentes, ya que permiten almacenar, analizar y visualizar la información transmitida por sensores y tecnologías de comunicación. En este sentido, diversos autores coinciden en que estas plataformas son fundamentales para transformar los datos en información útil para la toma de decisiones dentro de la cadena de suministro (Taj et al., 2023; Lyu et al., 2023).

Asimismo, se observa que algunos estudios enfatizan que estas plataformas no solo almacenan datos, sino que también permiten su procesamiento en tiempo real mediante herramientas analíticas, lo que facilita la detección de eventos y la optimización de procesos logísticos (Tang & Zha, 2026).

Sin embargo, otros enfoques amplían esta perspectiva al señalar que estas plataformas forman parte de ecosistemas digitales más complejos que integran múltiples fuentes de datos,

permitiendo una gestión integral del transporte intermodal y una mayor visibilidad de la cadena de suministro (Jacobsen & Lund, s. f.).

Desde una visión aplicada, se identifica que en el sector logístico estas plataformas permiten que los datos generados por los contenedores sean accesibles a través de herramientas digitales, facilitando el seguimiento de los embarques y la toma de decisiones basada en información actualizada (Hapag-Lloyd, 2024). Por lo tanto, para comprender mejor las plataformas de gestión y procesamiento de datos, la siguiente imagen representa su funcionamiento general dentro de un sistema IoT aplicado a contenedores inteligentes.

Figura 3

Modelo conceptual de la plataforma de datos en contenedores inteligentes



Nota. Elaboración propia mediante apoyo de inteligencia artificial generativa (Gemini), a partir de Gómez Moreno (2020), Hasan et al. (2019), Muñuzuri et al. (2020), Taj et al. (2023), Lyu et al. (2023), Tang y Zha (2026), Jacobsen y Lund (s. f.) y Falcitelli et al. (2024a, 2024b).

En la imagen se observa que la información generada por los sensores del contenedor es transmitida mediante tecnologías de comunicación hacia una plataforma de datos, donde es

almacenada, procesada, analizada y posteriormente compartida con los distintos actores logísticos para apoyar las operaciones de transporte y seguimiento de la carga.

En este contexto, la imagen incorpora Cloud Computing, Dashboards y Centros de monitoreo porque estas variables representan las principales funciones identificadas en la literatura para la gestión y procesamiento de datos. El Cloud Computing permite almacenar y procesar la información generada por los contenedores inteligentes; los Dashboards facilitan su visualización e interpretación mediante interfaces digitales; y los Centros de monitoreo utilizan dicha información para supervisar operaciones y apoyar la toma de decisiones. Por esta razón, la imagen representa funciones comunes presentes en diferentes plataformas de datos y no una plataforma tecnológica específica.

A partir de lo anterior, estas plataformas de datos se relacionan con la dimensión técnica de la teoría de los sistemas sociotécnicos, específicamente con las variables tecnología, procesos e infraestructura, debido a que permiten almacenar, procesar, visualizar y supervisar la información generada por los contenedores inteligentes. Asimismo, se vinculan con la dimensión social, particularmente con las variables comunicación, coordinación del trabajo y participación, ya que la información obtenida es compartida y utilizada por los distintos actores logísticos para coordinar actividades y apoyar la toma de decisiones dentro de la cadena de suministro.

Asimismo, se identifica que las principales navieras que han implementado contenedores inteligentes utilizan plataformas para visualizar y gestionar la información generada por los dispositivos IoT. Entre ellas destacan Captain Peter de Maersk, Horizon Visibility Platform de MSC, Live Position de Hapag-Lloyd y Traxens Smart Container de CMA CGM, las cuales facilitan el monitoreo de la ubicación, las condiciones de la carga y otros eventos relevantes durante el transporte, contribuyendo a una mayor visibilidad de la cadena de suministro (CMA CGM, s. f.; Hapag-Lloyd, s. f.; Maersk, s. f.; MSC Mediterranean Shipping Company, s. f.).

A continuación, se describe el funcionamiento y la importancia de las principales funciones asociadas a las plataformas de gestión y procesamiento de datos identificadas en la literatura.

Computación en la nube (Cloud Computing)

La literatura evidencia que el cloud computing corresponde a una infraestructura tecnológica que permite almacenar y procesar grandes volúmenes de datos en servidores remotos accesibles a través de internet. Se identifica que en los contenedores inteligentes esta tecnología permite centralizar la información generada por sensores y dispositivos IoT, facilitando su acceso desde diferentes ubicaciones (Tang & Zha, 2026).

Asimismo, diversos autores coinciden en que el uso de plataformas en la nube permite procesar los datos en tiempo real, lo que favorece la detección de eventos relevantes y la mejora de la eficiencia logística (Taj et al., 2023; Lyu et al., 2023).

Sin embargo, otros estudios destacan que el cloud computing no solo cumple una función de almacenamiento, sino que también permite aplicar herramientas analíticas avanzadas que transforman los datos en información útil para la gestión de la cadena de suministro (Jacobsen & Lund, s. f.).

Dashboards

La literatura evidencia que los dashboards son herramientas de visualización que permiten representar la información procesada mediante gráficos, indicadores y paneles interactivos. Se identifica que estos sistemas facilitan la interpretación de los datos generados por los contenedores inteligentes, permitiendo a los usuarios monitorear variables clave en tiempo real (Gómez Moreno, 2020).

Asimismo, diferentes autores coinciden en que los dashboards contribuyen a mejorar la toma de decisiones, ya que permiten visualizar de forma clara y organizada la información relacionada con la ubicación del contenedor, las condiciones de la carga y el estado del transporte (Taj et al., 2023; Muñuzuri et al., 2020).

Desde una perspectiva aplicada, se observa que herramientas digitales como Live Position de Hapag-Lloyd permiten visualizar la ubicación del contenedor en tiempo real y acceder a información relevante del embarque a través de interfaces digitales, lo que facilita la gestión logística y el control del transporte (Hapag-Lloyd, 2024).

Centros de monitoreo

La literatura evidencia que los centros de monitoreo corresponden a espacios físicos o virtuales donde se supervisa la información generada por los contenedores inteligentes. Se identifica que estos centros permiten analizar los datos en tiempo real, detectar eventos críticos y coordinar acciones dentro de la cadena de suministro (Hasan et al., 2019).

Asimismo, algunos autores coinciden en que estos centros de monitoreo facilitan la gestión operativa al integrar información proveniente de múltiples fuentes, permitiendo una supervisión continua del transporte y una respuesta rápida ante incidentes o desviaciones (Lyu et al., 2023; Taj et al., 2023).

Sin embargo, otros enfoques destacan que estos centros no funcionan de manera aislada, sino que forman parte de sistemas digitales integrados donde la información es procesada y distribuida a los distintos actores logísticos para mejorar la coordinación y la eficiencia del transporte (Jacobsen & Lund, s. f.).

Principales navieras que implementan contenedores inteligentes

Las principales navieras del transporte marítimo han incorporado tecnologías basadas en el Internet de las Cosas para mejorar la visibilidad, seguridad y control de la carga durante el tránsito internacional. Estas soluciones permiten obtener información en tiempo real sobre la ubicación y las condiciones de los contenedores, contribuyendo a una gestión más eficiente de la cadena de suministro.

Maersk ha ampliado la conectividad IoT de su flota mediante la integración de tecnologías que facilitan el seguimiento continuo de los contenedores y el acceso a datos en

tiempo real. Esta iniciativa busca fortalecer la visibilidad de la carga y optimizar la toma de decisiones logísticas a lo largo del transporte marítimo (Maersk, 2025).

Por su parte, MSC implementa Smart Containers equipados con dispositivos conectados a internet capaces de recopilar información sobre ubicación, temperatura y apertura de puertas. Asimismo, ofrece servicios de geolocalización y alertas configurables que permiten mejorar la seguridad, integridad y trazabilidad de la mercancía durante todo el recorrido logístico (MSC Mediterranean Shipping Company, 2026).

De igual manera, CMA CGM incorpora la tecnología TRAXENS Smart Container, que proporciona visibilidad de extremo a extremo mediante el monitoreo de variables como posición GPS, apertura de puertas, movimientos, impactos y temperatura. Además, genera alertas y notificaciones que facilitan la detección de incidencias y la optimización de las operaciones logísticas (CMA CGM, s.f.).

Por otro lado, Hapag-Lloyd utiliza sensores y tecnologías IoT para recopilar información sobre los contenedores y las condiciones de transporte. Estas herramientas permiten mejorar la supervisión de la carga, incrementar la trazabilidad de los envíos y favorecer una gestión más eficiente de las operaciones marítimas (Hapag-Lloyd, 2024).

Funcionamiento operativo de los contenedores inteligentes con tecnología IoT en la cadena de suministro internacional

Actores involucrados en la gestión de los contenedores inteligentes

La aplicación de los contenedores inteligentes inicia con los exportadores, quienes utilizan los datos reflejados por los sensores para monitorear las mercancías durante su traslado. El acceso a datos más exactos como la ubicación, condiciones de carga y varios eventos durante el trayecto permite reducir la incertidumbre, realzar el proceso logístico y mejorar las operaciones presentadas dentro de la cadena de suministro. Asimismo, la disponibilidad de información en tiempo real facilita una mejor coordinación con los demás participantes involucrados en el proceso logístico (Ben-Daya et al., 2019; Taj et al., 2023).

A continuación, los embarcadores aprovechan la información proporcionada por los dispositivos IoT para supervisar el desplazamiento de la carga y coordinar las operaciones de transporte. El intercambio de información en tiempo real favorece la sincronización entre los distintos actores logísticos, permitiendo una gestión más eficiente de las actividades relacionadas con el transporte y la distribución internacional (Rejeb et al., 2020; Taj et al., 2023).

Las navieras desempeñan un papel central en la implementación de esta tecnología, ya que son responsables de integrar soluciones basadas en IoT que permiten el monitoreo continuo de los contenedores durante el transporte marítimo. La conectividad de los dispositivos y el intercambio de datos entre plataformas digitales fortalecen la visibilidad de las operaciones, mejoran la coordinación logística y favorecen una mayor eficiencia en la gestión de la cadena de suministro (Ben-Daya et al., 2019; Rejeb et al., 2020).

Por su parte, las aduanas pueden utilizar la información transmitida por los contenedores inteligentes para fortalecer los procesos de control y supervisión de la carga. La disponibilidad de datos en tiempo real contribuye a optimizar la evaluación de riesgos, mejorar la trazabilidad de las mercancías y apoyar la toma de decisiones durante las operaciones del comercio internacional (Ben-Daya et al., 2019; Taj et al., 2023).

Finalmente, los consignatarios se benefician de la visibilidad proporcionada por los contenedores inteligentes, ya que pueden conocer con mayor precisión la ubicación y el estado de las mercancías antes de su llegada al destino. Esta información facilita la planificación de las actividades de recepción y distribución, mejora la coordinación entre los actores de la cadena logística y favorece una toma de decisiones más oportuna (Rejeb et al., 2020; Taj et al., 2023).

Tabla 11

Actores involucrados en la gestión de los contenedores inteligentes y su función dentro de la cadena de suministro

Actor	Función principal	Información utilizada	Contribución a la cadena de suministro
Exportador	Supervisa la mercancía durante el transporte	Ubicación, temperatura, humedad y eventos	Mejora la planificación logística y reduce la incertidumbre.
Embarcador	Coordina las operaciones de transporte	Estado y ubicación de la carga	Facilita la coordinación entre actores logísticos.
Naviera	Administra el contenedor inteligente y la conectividad	Información generada por sensores IoT	Garantiza la transmisión continua de datos e interoperabilidad.
Aduanas	Realiza control y evaluación del riesgo	Información anticipada de la carga	Optimiza inspecciones y procesos aduaneros.
Consignatario	Organiza la recepción de la mercancía	Estado y ubicación del envío	Facilita la planificación de recepción y distribución.

Nota. La tabla presenta los principales actores que participan en la gestión de los contenedores inteligentes, indicando la función que desempeñan, el tipo de información que utilizan y su contribución dentro de la cadena de suministro. Elaboración propia a partir de Ben-Daya et al. (2019), Rejeb et al. (2020) y Taj et al. (2023).

En dicha información se evidencia que la gestión de los contenedores inteligentes involucra la participación coordinada de exportadores, embarcadores, navieras, autoridades aduaneras y consignatarios, quienes desempeñan funciones específicas durante el transporte internacional. La información generada por los dispositivos IoT permite que cada actor acceda a datos sobre la ubicación, el estado y las condiciones de la carga, fortaleciendo el monitoreo, la coordinación de las operaciones y la toma de decisiones. En conjunto, estos resultados

demuestran que el intercambio de información en tiempo real favorece una mayor visibilidad y eficiencia dentro de la cadena de suministro.

Estos resultados pueden interpretarse desde la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos, ya que la gestión de los contenedores inteligentes requiere la interacción entre la dimensión social y la dimensión técnica. La dimensión social se refleja en las personas y grupos que participan en la cadena de suministro internacional, quienes desempeñan diferentes roles de trabajo como exportadores, embarcadores, navieras, autoridades aduaneras y consignatarios. Por su parte, en la dimensión técnica se tiene como interventores a variables como la tecnología, los procedimientos e infraestructura, que pueden llegar a generar, transmitir y aplicar información en tiempo real. La utilización de estas variables da credibilidad a las comunicaciones tanto en coordinaciones de trabajo y participación de todos los actores involucrados, contribuyendo así a una gestión que sea más eficiente hacia las operaciones logísticas y de transporte internacional.

Flujo de información en tiempo real

La literatura evidencia que el flujo de información en tiempo real en los contenedores inteligentes constituye un proceso fundamental dentro del sistema IoT, ya que permite gestionar la información generada durante el transporte de la carga a lo largo de la cadena de suministro. En este sentido, diversos autores coinciden en que este flujo posibilita el monitoreo continuo y facilita la toma de decisiones basadas en datos actualizados (Taj et al., 2023; Lyu et al., 2023).

Asimismo, se observa que este proceso no se desarrolla de forma aislada, sino como un sistema integrado en el que intervienen dispositivos, redes de comunicación y plataformas digitales, lo que permite gestionar la información de manera dinámica durante el transporte intermodal (Tang & Zha, 2026).

Desde la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos, este flujo de información puede comprenderse como el resultado de la interacción entre la dimensión técnica y la dimensión

social. La dimensión técnica cumple su función en las variables como tecnología, procesos, procedimientos e infraestructura, las cuales son indispensables en capturar, transmitir, procesar y visualizar en los dispositivos aplicados en los contenedores inteligentes. Por su parte, la dimensión social se visualiza a través de las personas y grupos que participan activamente en la cadena de suministro y son quienes desempeñan pilares fundamentales entre los que constan los exportadores, embarcadores, navieras, autoridades aduaneras y consignatarios. Mediante la comunicación, la coordinación del trabajo y la participación, estos actores utilizan la información obtenida para monitorear la carga, gestionar incidencias y apoyar la toma de decisiones durante el transporte internacional.

A partir de lo anterior, se identifica que el flujo de información en tiempo real se compone de diversas etapas que permiten comprender su funcionamiento dentro de los contenedores inteligentes. En este contexto, el presente apartado se desarrolla a partir de las siguientes fases: captura de datos, transmisión, procesamiento y visualización, las cuales permiten analizar de manera estructurada el monitoreo en tiempo real.

Captura de datos

La literatura evidencia que la captura de datos corresponde a la primera etapa del flujo de información, en la cual los sensores instalados en los contenedores inteligentes registran variables relacionadas con el estado de la carga y su entorno. Se identifica que estos dispositivos permiten recolectar información sobre temperatura, humedad, ubicación y eventos físicos, generando datos en tiempo real (Hasan et al., 2019).

Asimismo, diferentes autores coinciden en que esta etapa es fundamental para el funcionamiento del sistema IoT, ya que la calidad de los datos capturados determina la precisión del monitoreo y la efectividad de la gestión logística (Gómez Moreno, 2020; Ledesma & Lamo, 2025).

Sin embargo, algunos estudios señalan que la captura de datos puede verse limitada por factores como la capacidad de los sensores o las condiciones del entorno, lo que influye en la disponibilidad y exactitud de la información generada (Tang & Zha, 2026).

Transmisión

La literatura evidencia que la transmisión de datos corresponde a la etapa en la cual la información capturada por los sensores es enviada a través de tecnologías de comunicación hacia plataformas digitales para asegurar el flujo continuo de información (Lyu et al., 2023).

Asimismo, diversos autores coinciden en que la transmisión en tiempo real permite mantener la conectividad del contenedor durante todo el trayecto, facilitando el acceso a datos actualizados por parte de los actores logísticos (Taj et al., 2023; Ledesma & Lamo, 2025).

Sin embargo, algunos enfoques destacan que esta etapa puede presentar limitaciones relacionadas con la cobertura de red o la disponibilidad de infraestructura tecnológica, especialmente en entornos marítimos o zonas remotas (Hasan et al., 2019).

Procesamiento

La literatura evidencia que el procesamiento de datos corresponde a la etapa en la cual la información transmitida es analizada y organizada dentro de plataformas digitales. Se identifica que este proceso permite transformar los datos en información útil, facilitando la detección de eventos, el análisis de condiciones de transporte y la gestión de operaciones logísticas (Taj et al., 2023).

Asimismo, algunos autores coinciden en que el uso de tecnologías como el cloud computing permite procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, mejorando la eficiencia y la capacidad de respuesta del sistema logístico (Tang & Zha, 2026; Lyu et al., 2023).

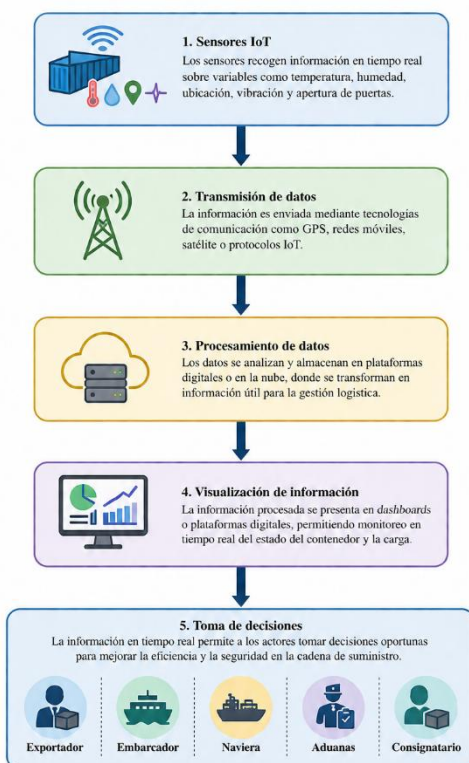
Sin embargo, otros estudios señalan que el procesamiento depende de la integración entre sistemas tecnológicos, lo que implica retos en la interoperabilidad y gestión de datos dentro de la cadena de suministro (Gómez Moreno, 2020).

Visualización

La literatura evidencia que la visualización de datos constituye la etapa final del flujo de información, en la cual la información procesada es presentada a los usuarios mediante interfaces digitales. Se identifica que esta etapa permite representar los datos a través de dashboards o plataformas de seguimiento, facilitando la comprensión y el monitoreo del estado del contenedor (Gómez Moreno, 2020).

Asimismo, diferentes autores coinciden en que la visualización en tiempo real permite mejorar la toma de decisiones, ya que los actores logísticos pueden acceder a información clara sobre la ubicación, condiciones y eventos del transporte (Muñuzuri et al., 2020; Taj et al., 2023).

Sin embargo, algunos enfoques destacan que la efectividad de esta etapa depende del diseño de las herramientas digitales, ya que una visualización inadecuada puede dificultar la interpretación de los datos y limitar su utilidad en la gestión logística (Ledesma & Lamo, 2025).

Figura 4*Flujo de información en tiempo real en los contenedores inteligentes*

Nota. La figura representa las etapas que conforman el flujo de información en tiempo real de los contenedores inteligentes, desde la captura de datos mediante sensores IoT hasta su visualización para apoyar la toma de decisiones de los diferentes actores de la cadena de suministro. Elaboración a partir de Hasan et al. (2019), Gómez Moreno (2020), Muñuzuri et al. (2020), Taj et al. (2023), Lyu et al. (2023), Ledesma y Lamo (2025) y Tang y Zha (2026).

Dicho gráfico llega a representar el flujo de información en tiempo real desarrollado por los contenedores inteligentes mediante las etapas de captura de datos, transmisión, procesamiento y visualización. Este proceso evidencia que la información obtenida por los sensores es transformada en datos útiles para el monitoreo continuo de la carga y para la toma de decisiones durante el transporte internacional. La aplicación de estas etapas permite que las

mercancías mejoren su trazabilidad, además, incrementan su visibilidad ante las operaciones y facilitan una mejor respuesta ante posibles situaciones inesperadas.

La Teoría de los Sistemas Sociotécnicos puede interpretarse en la etapa de visualización ya que, es el resultado de la interacción entre la dimensión técnica, integrada por variables como tecnología, infraestructura, procesos y los métodos de trabajo, que ayudan a representar toda la información que se puede evidenciar en las diversas plataformas y procesamiento de datos, incluyendo las herramientas como dashboards y centros de monitoreo para una mejor visualización. A su vez, la dimensión social se refleja en las personas y grupos que participan en la cadena de suministro, quienes, a través de la comunicación, la coordinación del trabajo y la participación, utilizan la información visualizada para supervisar la carga, interpretar eventos y apoyar la toma de decisiones durante el transporte internacional.

Contribución a la trazabilidad de la carga

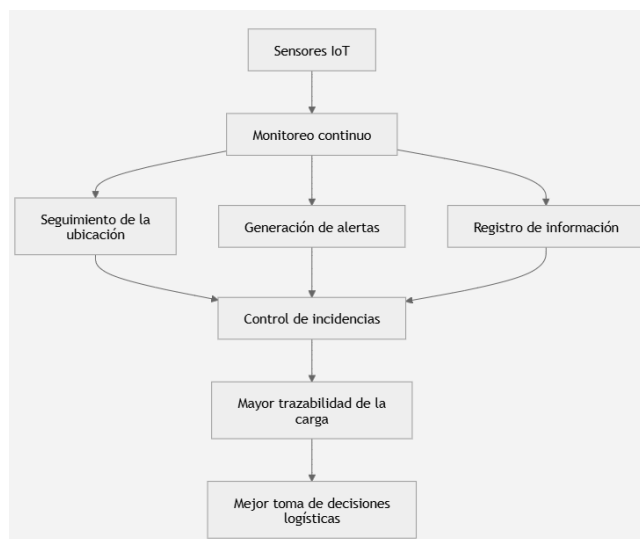
La trazabilidad de la carga se fortalece mediante el seguimiento continuo de los contenedores durante su recorrido logístico. Los sistemas basados en IoT permiten recopilar información en tiempo real sobre la ubicación del contenedor y variables internas como temperatura, humedad y estado de las puertas mediante sensores instalados directamente en la unidad de carga. Esta capacidad de monitorización permanente mejora la visibilidad de la mercancía a lo largo de la cadena de suministro y facilita el acceso a información actualizada durante el transporte (Ledesma & Lamo, 2025; Muñuzuri et al., 2020).

Además del seguimiento, la trazabilidad se complementa con la generación de alertas cuando se detectan condiciones fuera de los parámetros establecidos. Los sistemas de gestión de contenedores inteligentes pueden generar eventos y alarmas en tiempo real a partir de la información obtenida por los sensores, permitiendo informar oportunamente sobre situaciones que podrían afectar la mercancía transportada. De manera similar, otros sistemas de monitorización incorporan servicios de alerta para notificar incidencias relacionadas con las condiciones de la carga durante el trayecto (Vaño García, 2018).

Desde una perspectiva operativa, la información obtenida mediante sensores también contribuye al control de incidencias. Algunos sistemas permiten identificar rápidamente el contenedor afectado y comunicar la incidencia a los responsables de la operación para facilitar una intervención oportuna. Asimismo, el registro continuo de datos sobre ubicación y estado de la carga proporciona información útil para realizar seguimiento a eventos ocurridos durante el transporte y mejorar la gestión logística de la mercancía (Hasan et al., 2019).

Figura 5

Contribución del IoT a la trazabilidad de la carga



Nota. La figura muestra cómo las tecnologías IoT fortalecen la trazabilidad de la carga mediante el monitoreo continuo, el seguimiento de la ubicación, la generación de alertas, el registro de información y el control de incidencias, favoreciendo una mejor toma de decisiones logísticas. Elaboración a partir de Hasan et al. (2019), Vaño García (2018), Muñuzuri et al. (2020) y Ledesma y Lamo (2025).

La figura muestra que la incorporación de tecnologías IoT fortalece la trazabilidad de la carga mediante el monitoreo continuo, el seguimiento de la ubicación, la generación de alertas y el registro permanente de información durante el transporte. Estas funciones permiten incrementar la visibilidad de las operaciones, facilitar el control de incidencias y proporcionar

información actualizada que mejora la supervisión de las mercancías a lo largo de la cadena de suministro internacional.

Además, la contribución del IoT a la trazabilidad de la carga puede explicarse desde la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos, ya que resulta de la interacción entre la dimensión técnica, integrada por variables como la tecnología, los procesos, los procedimientos y la infraestructura que permiten recopilar, registrar y transmitir información en tiempo real sobre la ubicación y estado de la mercancía, y la dimensión social, conformada por las personas y grupos que participan en la cadena de suministro internacional. A través de la comunicación, la coordinación del trabajo y el trabajo de todos los actores presentados anteriormente, la información generada por los sistemas IoT ayuda con el seguimiento de las mercancías, la gestión de alguna incidencia y la toma de decisiones, fortaleciendo la trazabilidad de cada carga durante el transporte marítimo.

Beneficios de la aplicación del IoT en contenedores inteligentes para la cadena de suministro global

Reducción de pérdidas y daños

La implementación de las tecnologías IoT en la logística contribuye a disminuir las pérdidas y daños durante su transporte mediante la monitorización continua de las cargas presentes. Los sensores adicionalmente permiten supervisar la temperatura, humedad y estado de la mercancía, con la finalidad de encontrar alguna situación que podrían afectar la integridad de los productos. Esta capacidad de seguimiento resalta específicamente a los productos sensibles a cambios ambientales que puedan ocurrir durante su transporte (Ledesma & Lamo, 2025; Aktar & Sharma, 2026).

Complementando dicha perspectiva, la información que se tiene en tiempo real permite a los operadores actuar enseguida ante eventos que puedan perjudicar la calidad de los productos que se encuentran en el contenedor. La visibilidad de la ubicación y condición de la

carga reduce la incertidumbre operativa y favorece una gestión más eficiente de mercancías susceptibles a deterioro durante el transporte (Muñuzuri et al., 2020; Hasan et al., 2019).

La reducción de pérdidas y daños puede comprenderse desde la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos como el resultado de la interacción entre la dimensión técnica y la dimensión social. Desde la dimensión técnica, variables como la tecnología, la infraestructura, los procesos y los procedimientos permiten monitorear continuamente las condiciones de la carga mediante sensores y dispositivos IoT que registran información sobre temperatura, humedad y estado de la mercancía. A su vez, la dimensión social se refleja en las personas y grupos que participan en la cadena de suministro, quienes, a través de la comunicación, la coordinación del trabajo y la participación, utilizan esta información para tomar decisiones oportunas frente a posibles anomalías, contribuyendo a prevenir deterioros y minimizar pérdidas durante el transporte internacional.

Optimización de rutas y tiempos de transporte

La información generada por dispositivos IoT facilita la optimización de las operaciones de transporte mediante el acceso continuo a datos de ubicación y desplazamiento de los contenedores. Esta visibilidad permite mejorar el seguimiento de los envíos y proporciona información que contribuye a estimar con mayor precisión los tiempos de llegada de la carga a lo largo de la cadena logística (Barlogis et al., 2025).

De forma similar, la disponibilidad de datos en tiempo real favorece la toma de decisiones operativas relacionadas con la planificación de recursos y el tránsito de mercancías. La literatura señala que la posibilidad de conocer la ubicación y el estado de los contenedores durante el viaje ayuda a incrementar la eficiencia y confiabilidad de las operaciones logísticas, reduciendo retrasos y mejorando la gestión del transporte intermodal (Muñuzuri et al., 2020; Barlogis et al., 2025).

La optimización de rutas y tiempos de transporte puede comprenderse desde la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos como el resultado de la interacción entre la dimensión técnica y

la dimensión social. Desde la dimensión técnica, variables como la tecnología, los procesos, la infraestructura y los métodos de trabajo permiten obtener y transmitir información en tiempo real sobre la ubicación y el estado de los contenedores. A su vez, las personas y grupos que participan en la cadena de suministro utilizan esta información para fortalecer la comunicación, la coordinación del trabajo y la participación en la planificación de las operaciones, contribuyendo a optimizar los recorridos, reducir retrasos y mejorar la toma de decisiones durante el transporte internacional.

Incremento de la seguridad de la carga

La seguridad de la carga se fortalece mediante la utilización de sensores capaces de detectar eventos relacionados con la integridad de los contenedores. Los sistemas IoT permiten supervisar variables como la apertura de puertas, la ubicación geográfica y otras condiciones asociadas a la protección de la mercancía, ofreciendo una mayor capacidad de control durante el transporte (Ledesma & Lamo, 2025; Hasan et al., 2019).

Asimismo, la identificación y comunicación de eventos anómalos contribuyen a mejorar la protección de los envíos. Algunos sistemas incluyen mecanismos para notificar cambios o violaciones en las condiciones previamente definidas para la carga, permitiendo una respuesta más rápida frente a situaciones que puedan comprometer la seguridad de la mercancía (Hasan et al., 2019; Vaño García, 2018).

El incremento de la seguridad de la carga puede comprenderse desde la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos como resultado de la interacción entre la dimensión técnica y la dimensión social. Desde la dimensión técnica, variables como la tecnología, la infraestructura, los procesos y los procedimientos permiten monitorear la ubicación de los contenedores, detectar aperturas no autorizadas y generar alertas ante eventos que puedan comprometer la integridad de la mercancía. A su vez, la dimensión social se manifiesta a través de las personas y grupos que participan en la cadena de suministro, quienes, mediante la comunicación, la coordinación del trabajo y la participación, utilizan la información generada por los sistemas IoT

para responder oportunamente ante incidentes y fortalecer la protección de la carga durante el transporte.

Facilitación de procesos aduaneros

La incorporación de tecnologías digitales y sistemas basados en el Internet de las Cosas (IoT) contribuye a mejorar la eficiencia de las operaciones aduaneras mediante una mayor disponibilidad de información sobre las mercancías en tránsito. La Organización Mundial de Aduanas y la Organización Mundial del Comercio señalan que estas tecnologías favorecen la trazabilidad de los bienes, fortalecen la gestión del riesgo y permiten optimizar los procesos de control y despacho de mercancías (World Customs Organization & World Trade Organization, 2022).

De forma complementaria, la Organización Mundial de Aduanas destaca que los contenedores inteligentes generan información útil para las autoridades aduaneras, permitiendo mejorar la evaluación de riesgos y focalizar las inspecciones sobre envíos que requieren un mayor nivel de control. Según este enfoque, el acceso a datos en tiempo real contribuye a optimizar los recursos disponibles y a reducir intervenciones innecesarias sobre cargas de bajo riesgo (AELER Technologies SA, 2023).

Asimismo, diversas iniciativas de aduanas inteligentes promueven el intercambio de información, la digitalización de procedimientos y la implementación de sistemas de trazabilidad para agilizar el flujo de mercancías. Estas herramientas permiten simplificar procesos, reducir duplicidades documentales y fortalecer la coordinación entre las autoridades y los actores de la cadena logística internacional (Asia-Pacific Economic Cooperation, 2023; World Customs Organization & World Trade Organization, 2022).

La facilitación de los procesos aduaneros puede explicarse desde la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos, ya que integra la dimensión técnica, compuesta por variables como la tecnología, los procesos, los procedimientos y la infraestructura que permiten generar, procesar y transmitir información sobre las mercancías en tránsito, con la dimensión social, conformada

por personas y grupos como las autoridades aduaneras, navieras, embarcadores y consignatarios. A través de los sistemas IoT se puede mejorar la comunicación, la coordinación del trabajo y la participación de estos actores, por lo que esta información es utilizada para fortalecer la gestión del riesgo, priorizar los controles y optimizar los procedimientos aduaneros, generando una mayor eficiencia en el flujo de las mercancías.

Impacto en la eficiencia de la cadena de suministro

La incorporación de tecnologías IoT en la gestión logística mejora la eficiencia de la cadena de suministro, ya que se cuenta con información en tiempo real y automatizaciones hacia la captura de datos durante las operaciones. Estas capacidades favorecen una mayor integración entre los diferentes participantes de la cadena logística, permitiendo optimizar procesos y mejorar la toma de decisiones (Taj et al., 2023; Lambert & Cooper, 2000).

Además, el acceso a información sobre la ubicación y estado de los contenedores incrementa la visibilidad de las operaciones y facilita la coordinación entre los actores involucrados. La literatura destaca que la automatización del monitoreo, la trazabilidad de los envíos y el intercambio de información contribuyen a mejorar la eficiencia operativa y la gestión de las cadenas de suministro modernas (Muñuzuri et al., 2020; Taj et al., 2023).

Tabla 12

Beneficios de la aplicación del IoT en contenedores inteligentes para la cadena de suministro global

Beneficio	Aporte principal
Reducción de pérdidas y daños	Monitoreo continuo de las condiciones de la carga para detectar anomalías y prevenir deterioros.
Optimización de rutas y tiempos de transporte	Seguimiento en tiempo real que mejora la planificación logística y reduce retrasos.
Incremento de la seguridad de la carga	Detección de aperturas no autorizadas, impactos y otros eventos que comprometan la integridad de la mercancía.
Facilitación de procesos aduaneros	Disponibilidad de información para fortalecer la gestión del riesgo y agilizar las inspecciones.
Impacto en la eficiencia de la cadena de suministro	Mayor visibilidad, coordinación e integración entre los actores logísticos mediante información en tiempo real.

Nota. En la tabla se llega a resumir los principales beneficios identificados sobre la aplicación del Internet de las Cosas en contenedores inteligentes y su ayuda a la mejora de la cadena de suministro global. Elaboración a partir de Hasan et al. (2019), Muñuzuri et al. (2020), Taj et al. (2023), AELER Technologies SA (2023), World Customs Organization y World Trade Organization (2022), Asia-Pacific Economic Cooperation (2023), Barlogis et al. (2025), Ledesma y Lamo (2025), Aktar y Sharma (2026) y Lambert y Cooper (2000).

La tabla presentada resume los beneficios principales que se identificaron en los documentos que corresponden a la aplicación del IoT en contenedores inteligentes y en los que cuentan con situaciones clave como reducción de pérdidas y daños, optimización de rutas, tiempos de transporte y seguridad de la carga, además de la facilitación de procesos aduaneros y mejora en la cadena de suministro, por tal motivo, estos beneficios resaltan que estas tecnologías contribuyen a fortalecer las operaciones logísticas mejorando la coordinación entre actores para que se optimice de mejor manera la gestión del transporte internacional.

Estos resultados tienen relación con la Teoría de los Sistemas Sociotécnicos, ya que los beneficios presentados se originan a partir de la interacción de la dimensión técnica y la dimensión social. Desde la dimensión técnica, variables como la tecnología, la infraestructura y los procesos permiten captar, transmitir y procesar información en tiempo real mediante sensores, dispositivos IoT y plataformas digitales instaladas en los contenedores inteligentes.

Por su parte, la dimensión social se refleja en la participación de los actores de la cadena de suministro internacional, tales como embarcadores, navieras, autoridades aduaneras y consignatarios, quienes utilizan la información generada para coordinar actividades, comunicarse y tomar decisiones durante el transporte de mercancías. De esta manera, beneficios como la reducción de pérdidas y daños, la mejora de la seguridad de la carga y el incremento de la eficiencia operativa son resultado de la integración entre los componentes tecnológicos y humanos del sistema.

Con el propósito de complementar los beneficios identificados en la literatura, la tabla 11 presenta casos reales de aplicación del IoT en contenedores inteligentes implementados por navieras internacionales. Estas soluciones permiten evidenciar cómo el monitoreo y la gestión de información en tiempo real contribuyen a la reducción de pérdidas y daños, la optimización de operaciones, el incremento de la seguridad de la carga y la mejora de la eficiencia de la cadena de suministro.

Tabla 13

Plataformas IoT implementadas por navieras internacionales y beneficios identificados en contenedores inteligentes

Naviera	Plataforma IoT	Información monitoreada	Beneficios identificados	Evidencia del beneficio identificado
Maersk	Captain Peter	Temperatura, ubicación y condiciones de contenedores refrigerados.	Reducción de pérdidas y daños; Impacto en la eficiencia de la cadena de suministro.	El monitoreo continuo de las condiciones de la carga permite detectar desviaciones durante el transporte, mientras que la disponibilidad de datos en tiempo real mejora la visibilidad y la gestión de las operaciones logísticas.
MSC	Horizon Visibility Platform (Smart Containers)	Posición, temperatura, humedad, apertura de puertas y estado de la carga.	Reducción en pérdidas, daños y el incremento de la seguridad de la carga, además del impacto en la eficiencia de la cadena de suministro.	El monitoreo remoto de las condiciones de transporte contribuye a disminuir riesgos de deterioro, mientras que las alertas sobre aperturas de puertas o eventos inesperados fortalecen la seguridad y mejoran la visibilidad de la cadena logística.
Hapag-Lloyd	Live Position	Ubicación del contenedor en tiempo real y estimaciones actualizadas de llegada (ETA).	Optimización de rutas y tiempos de transporte; Incremento de la seguridad de la carga; Impacto en la eficiencia de la cadena de suministro.	La información en tiempo real facilita una mejor planificación del transporte, ayuda a gestionar riesgos y proporciona visibilidad continua de la operación logística multimodal.

Naviera	Plataforma IoT	Información monitoreada	Beneficios identificados	Evidencia del beneficio identificado
CMA CGM	Traxens Smart Container	Posición GPS, apertura de puertas, movimientos, impactos y temperatura exterior.	Incremento de la seguridad de la carga; Impacto en la eficiencia de la cadena de suministro.	La supervisión de eventos como aperturas de puertas e impactos fortalece la protección de la mercancía, mientras que las alertas y el acceso a datos casi en tiempo real favorecen la optimización de las operaciones logísticas.

Nota. Elaborado propia a partir de Maersk (s.f., 2025), MSC Mediterranean Shipping Company (s.f., 2026), Hapag-Lloyd (s.f., 2024) y CMA CGM (s.f.).

La tabla evidencia que las navieras analizadas utilizan plataformas IoT para monitorear la ubicación, condiciones de la carga y eventos ocurridos durante el transporte. Entre los beneficios identificados, destaca la mejora de la eficiencia de la cadena de suministro, presente en todas las soluciones analizadas, seguida del incremento de la seguridad de la carga y la reducción de pérdidas y daños. Asimismo, los resultados muestran que el acceso a información en tiempo real fortalece la visibilidad de las operaciones logísticas y contribuye a una gestión más eficiente del transporte internacional.

Capítulo V

Conclusiones

La revisión de la literatura permitió caracterizar la aplicación del Internet de las Cosas en los contenedores inteligentes dentro de la logística y el transporte internacional, evidenciando que esta tecnología integra sensores, dispositivos de comunicación, plataformas digitales y sistemas de procesamiento de datos para generar información en tiempo real sobre la ubicación y el estado de la carga. Esta integración tecnológica fortalece la visibilidad de las operaciones logísticas y constituye un elemento representativo de la transformación digital en la cadena de suministro.

En relación con el primer objetivo específico, se determinó que los contenedores inteligentes se diferencian de los contenedores tradicionales por la incorporación de tecnologías IoT que permiten captar, transmitir y procesar información durante todo el recorrido de la mercancía. Entre sus principales componentes se identificaron sensores para el monitoreo de variables ambientales y físicas, sistemas de geolocalización, tecnologías de comunicación inalámbrica y plataformas digitales que facilitan el acceso a la información por parte de los diferentes actores logísticos.

Respecto al segundo objetivo específico, se concluyó que el funcionamiento operativo de los contenedores inteligentes se desarrolla mediante un flujo continuo de información compuesto por las etapas de captura de datos, transmisión, procesamiento y visualización. Este proceso posibilita que exportadores, embarcadores, navieras, autoridades aduaneras y consignatarios dispongan de información actualizada durante el transporte, favoreciendo la coordinación entre los participantes de la cadena de suministro y respaldando una toma de decisiones más oportuna.

En cuanto al tercer objetivo específico, la evidencia analizada permitió concluir que la aplicación del IoT en contenedores inteligentes genera beneficios relevantes para la cadena de suministro global. Los más importantes que se identificaron es fortalecimiento de la trazabilidad

de la carga con un monitoreo continuo, la reducción de pérdidas y daños gracias a la supervisión en el transporte, el incremento de la seguridad mediante la detección de eventos inesperados, la optimización de rutas y tiempos de transporte desde que se presenta la información en tiempo real de los sensores, además de la facilitación de los procesos aduaneros con una mejor gestión del riesgo y una mayor eficiencia operativa que recae mediante el intercambio de información entre los actores logísticos.

Finalmente, el análisis que se presentó evidencia que los contenedores inteligentes representan que la aplicación del Internet de las Cosas en el comercio internacional es el más importante, ya que permite avanzar a una mayor conexión con la cadena de suministro donde sea visible y eficiente. No obstante, en los documentos se muestran que su implementación depende de factores clave tomando en cuenta la mas relevante que es la infraestructura tecnológica, operabilidad de sistemas y adopciones a nuevos procesos de comunicación, estos sin duda reflejan un gran desafío para una implementación amplia y que se acople a un mercado internacional más eficiente y viable

Recomendaciones

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se recomienda que las empresas que se presentan y que son vinculadas al comercio exterior junto con el transporte internacional puedan considerar en ampliar el uso de contenedores inteligentes, ya que es una herramienta que pueda fortalecer el monitoreo y trazabilidad de la carga. Además, la información que se obtiene es en tiempo real y contribuye a una mejor supervisión de las mercancías durante su traslado

Asimismo, se recomienda impulsar una mayor integración tecnológica de los diferentes actores de la cadena de suministro internacional. El intercambio oportuno de información entre exportadores, navieras, operadores logísticos y autoridades aduaneras puede favorecer una mejor coordinación de las operaciones y una gestión más eficiente del transporte internacional.

De igual manera, se sugiere fortalecer las capacidades tecnológicas relacionadas con el monitoreo de la carga, especialmente en lo referente al uso de sensores, sistemas de comunicación y plataformas digitales. Esto permitiría aprovechar de mejor manera la información generada durante el transporte y reforzar la seguridad y visibilidad de las operaciones logísticas.

Finalmente, para futuras investigaciones se recomienda analizar casos reales de implementación de contenedores inteligentes en empresas navieras, operadores logísticos o exportadores, con el propósito de profundizar en los beneficios obtenidos, las limitaciones encontradas y los desafíos asociados a su aplicación dentro de la cadena de suministro internacional.

Referencias

Abbas, R., & Michael, K. (2026). *Socio-Technical Theory: A review*. En S. Papagiannidis (Ed.), *TheoryHub Book* (ISBN 9781739604400). TheoryHub.

<https://open.ncl.ac.uk/theories/9/socio-technical-theory/>

AELER Technologies SA. (2023). How Smart Containers could contribute to Customs operations efficiency. *WCO News*, 102(3). <https://mag.wcoomd.org/magazine/wco-news-102-issue-3-2023/how-smart-containers-could-contribute-to-customs-operations-efficiency/>

Aktar, M. S., & Sharma, D. (2026). *Modeling of a green 4-dimensional transportation problem for quality maximization of perishable items using Internet of Things-driven parameters*. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 177(Part 1), 114801.

<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2026.114801>

Asia-Pacific Economic Cooperation. (2023). *Compendium of smart customs practices for APEC economies*. APEC. https://www.apec.org/docs/default-source/groups/sccp/compendiumofsmartcustomspracticesforapececonomies_0424.pdf?sfvrsn=acc161e1_2

Barlogis, R., Montarnal, A., Ouedraogo, C., & Gourc, D. (2025). Predicting container intermodal transport arrival times: An approach based on IoT data. *Internet of Things*, 29, 101460. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101460>

Becha, H., Frazier, T., Voorspuij, J., & Schröder, M. (2020, 27 de mayo).

Standardized IoT for containers is the key for smart supply chains. The Maritime Executive.

<https://maritime-executive.com/editorials/standardized-iot-for-containers-is-the-key-for-smart-supply-chains-1>

Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54, 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>

CMA CGM. (s.f.). Traxens *Smart container*. CMA CGM. <https://www.cma-cgm.com/assets/public/page-complex-documents/TRAXENS%20smart%20container%20-%20Flyer%20Spanish%20-%20HR.pdf>

Falcitelli, M., Noto, S., & Pagano, P. (2024a). *Desarrollo de un dispositivo multirradio para la monitorización y el seguimiento de contenedores secos*. *IoT*, 5(2), 187–211. <https://doi.org/10.3390/iot5020010>

Falcitelli, M., Noto, S., Pagano, P., Gharbaoui, M., Isca, A., Fresi, F., Mancina, A., Toffetti, M., Amatruda, A., Bendoni, N., Sarandrea, E., & Scalambro, P. (2024b). *Comprehensive evaluation of the “5GT System” for multimodal dry container tracking and monitoring*. *IoT*, 5(4), 922–950. <https://doi.org/10.3390/iot5040042>

Frank, M., Kohn, V., & Holten, R. (2024). *Q methodology and the sociotechnical perspective*. *Information Systems and e-Business Management*. <https://doi.org/10.1007/s10257-024-00679-x>

Gómez Moreno, R. (2020). *Diseño e implementación de una red de sensores basada en protocolos IoT para monitorización de mercancías* (Trabajo Fin de Máster). Universidad Autónoma de Madrid. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/690544/gomez_moreno_ruben_tfm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>

Hapag-Lloyd. (2024). *Smart shipping: Internet of Things and sensor technology in shipping*. Hapag-Lloyd. <https://www.hapag-lloyd.com/es/online-business/digital-insights-dock/insights/2024/05/smart-shipping--internet-of-things-and-sensor-technology-in-ship.html>

Hapag-Lloyd. (s.f.). Live Position. Hapag-Lloyd. <https://www.hapag-lloyd.com/en/online-business/track/live-position.html>

Hasan, H., AlHadhrami, E., AlDhaheeri, A., Salah, K., & Jayaraman, R. (2019).

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Education.

<https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

Herrero Garcia, S. (2022). Diseño de sistema y servicios mediante comunicaciones inalámbricas para transporte marítimo. Universitat Oberta de Catalunya (UOC).

<https://hdl.handle.net/10609/145489>

Jacobsen, B., & Lund, E. (s. f.). *Smart containers: Safe, secure & compliant supply chains*. Nexxiot. <https://nexxiot.com/resources/smart-containers-safe-secure-compliant-supply-chains/>

Klein, L. (2014). *What do we really mean by 'sociotechnical'? On values, boundaries and the problems of language*. *Applied Ergonomics*, 45(2, Part A), 137–142.

<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.027>

Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65–83. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00113-3)

Ledesma, O., & Lamo, P. (2025). Hybrid IoT network for real-time monitoring of maritime containers. *Computer Networks*, 271, 111627. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2025.111627>

Lopezosa, C., Codina, L., & Ferran-Ferrer, N. (2023). ChatGPT como apoyo a las systematic scoping reviews: Integrando la inteligencia artificial con el framework SALSA. Col·lecció del CRICC. Universitat de Barcelona. <https://diposit.ub.edu/bitstreams/84e38a31-ba32-4b41-b18e-eb527c8a6e0a/download>

Lyu, J., Zhou, F., & He, Y. (2023). Digital technique-enabled container logistics supply chain sustainability achievement. *Sustainability*, 15(22), 16014.

<https://doi.org/10.3390/su152216014>

Maersk. (2025, 5 de mayo). *Maersk upgrades IoT connectivity across its fleet*. Maersk. <https://www.maersk.com/news/articles/2025/05/05/maersk-upgrades-iot-connectivity-across-its-fleet>

Maersk. (s.f.). *Captain Peter™*. Maersk. <https://www.maersk.com/digital-services/captain-peter>

Maguire, M. (2014). *Socio-technical systems and interaction design: 21st century relevance*. *Applied Ergonomics*, 45(2, Part A), 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.05.011>

MSC Mediterranean Shipping Company. (2026). *How smart containers improve supply chains*. MSC. <https://www.msc.com/en/lp/blog/technology/how-smart-containers-improve-supply-chains>

MSC Mediterranean Shipping Company. (s.f.). *Smart Containers For Smart Supply Chains*. MSC. <https://www.msc.com/en/solutions/digital-solutions/smart-containers>

Muñuzuri, J., Onieva, L., Cortés, P., & Guadix, J. (2020). Using IoT data and applications to improve port-based intermodal supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105668. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.042>

Ronquillo Bolaños, C., Ballesteros López, L., Vera Llor, R., & Román Ordoñez, F. (2024). Teoría general de sistemas, supuestos subyacentes y no subyacentes para el crecimiento económico empresarial. *Revista Científica Multidisciplinaria ULEAM Bahía Magazine*, 5(9), 70–78. <https://doi.org/10.56124/ubm.v5i9.010>

Smart contract-based approach for efficient shipment management. *Computers & Industrial Engineering*, 136, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.022>

Sobejano, J. (2024, 18 de febrero). *Teoría de sistemas e innovación empresarial*. Sintetia. <https://www.sintetia.com/teoria-de-sistemas-e-innovacion-empresarial/>

Sociedad Española de Sistemas Generales (SESGE). (s. f.). *¿Qué es la teoría general de sistemas?* <https://www.sesge.org/tgs/2-sin-categoria/150-que-es-la-teoria-general-de-sistemas.html>

Taj, S., Imran, A. S., Kastrati, Z., Daudpota, S. M., Memon, R. A., & Ahmed, J. (2023). *IoT-based supply chain management: A systematic literature review*. Internet of Things, 24, 100982. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100982>

Tang, Y., & Zha, C. (2026). Application of internet of things (IoT) and machine learning (ML) in intelligent logistics supply chain. Discover Internet of Things, 6, 31. <https://doi.org/10.1007/s43926-026-00282-1>

Vaño García, R. (2018). Sistema de gestión de contenedores basado en tecnologías IoT (Trabajo Fin de Máster). Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/79117578-660f-442d-a75c-0fb24f31ae4e/content>

Vivas Urbáez, E. R. (2024). *Smart city: Estudio del complejo fenómeno urbano mediante un modelo integral basado en las teorías de sistema* (Tesis doctoral, Universidad Central de Venezuela). Repositorio Institucional SABER-UCV. <https://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/10872/23344/1/TESIS%20Doctoral%20Eduardo%20Vivas.pdf>

World Customs Organization & World Trade Organization. (2022). *The Role of Advanced Technologies in Cross-border Trade: A Customs Perspective*. World Trade Organization. <https://doi.org/10.30875/9789287071002>

Xu, W., & Gao, Z. F. (2025). *An intelligent sociotechnical systems (iSTS) framework: Enabling a hierarchical human-centered AI (hHCAI) approach*. IEEE Transactions on Technology and Society, 6(1), 31–46. <https://doi.org/10.1109/TTS.2024.3486254>