



**UNIVERSIDAD
MICHOCANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**



Facultad de Contaduría y Ciencias
Administrativas.

División de Estudios de Posgrado
Programa de Doctorado en Administración

Tesis

**Cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico
mexicano.**

Que para obtener el grado de

Doctora en Administración

Presenta

M.C.N.I: María Guadalupe Cortés Medina
Directora: Dra. Irma Cristina Espitia Moreno
Co-director: Dr. Jesús Sigifredo Gastélum Valdez

Morelia Michoacán, Noviembre 2025

DEDICATORIAS

A mi madre, con todo mi amor y gratitud. Gracias por ser mi guía, mi fuerza y mi mayor inspiración. Tu amor incondicional, tus palabras de aliento en los momentos más difíciles y tu fe en mí incluso cuando yo dudaba, han sido fundamentales para alcanzar esta meta. Cada sacrificio que hiciste, cada desvelo, cada consejo y cada abrazo fueron pilares que me sostuvieron a lo largo de este camino. No hay logro en mi vida que no lleve impreso tu apoyo y tu ejemplo. Esta tesis es también tuya, porque sin ti, este sueño no habría sido posible. Te amo profundamente y siempre te estaré agradecida.

A mis tíos (†) Jesús, Yolito, Nina, Luis y Rulo, aunque ya no están físicamente, siguen presentes en cada uno de mis logros. Su amor, enseñanzas y ejemplo me han impulsado a alcanzar esta meta. Este trabajo es, en gran parte, un reflejo de su legado en mi vida.

A mis amigos y familiares, quienes siempre creyeron en mí, incluso en los momentos en que yo misma dudé. A los que me acompañaron en este camino, con palabras de aliento, paciencia y amor.

Dedico esta tesis a quienes me guiaron en este camino del conocimiento: a mis profesores, mentores y colegas, cuya sabiduría e inspiración han sido fundamentales en mi formación. También, a mi familia, por su apoyo incondicional y paciencia a lo largo de este desafiante viaje académico.

A todos aquellos que alguna vez dudaron de sí mismos y de su capacidad para alcanzar sus sueños. Que esta tesis sea prueba de que la perseverancia, la pasión y el esfuerzo hacen posible lo imposible.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo económico brindado el cual hizo posible el estudio del programa de Doctorado en Administración.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y a la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas (FCCA) por haberme brindado la oportunidad de ser parte del Doctorado en Administración

Quiero agradecer especialmente a mi directora de tesis, la Dra. Irma Cristina Espitia Moreno, mi más sincero agradecimiento por su invaluable guía, paciencia y compromiso durante todo este proceso. Su conocimiento, apoyo y exigencia académica no solo enriquecieron esta investigación, sino que también me desafiaron a crecer como profesional y como persona. Su confianza en mi trabajo y sus valiosas sugerencias fueron fundamentales para la culminación de esta tesis. Más allá de su rol como directora, ha sido una mentora, y una inspiración, y por ello le estaré siempre profundamente agradecida.

A los miembros de mi mesa sinodal, Dr. Oscar de la Torre, Dr. Evaristo Galeana y Dr. Víctor Alfaro; por el tiempo, esfuerzo y dedicación que han brindado a la revisión y evaluación de este trabajo. Sus valiosas observaciones, críticas y sugerencias han sido fundamentales para enriquecer esta investigación. Especialmente agradezco a mi co-director, el Dr. Sigifredo Gastélum, su experiencia, paciencia y dedicación fueron esenciales para el desarrollo de este trabajo, brindándome nuevas perspectivas y motivándome a alcanzar la excelencia académica.

A Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, le agradezco por guiarme en este camino, por darme la paciencia en los momentos difíciles y la inspiración para seguir adelante. Sin Su gracia, este logro no habría sido posible. A Él encomiendo cada esfuerzo y cada aprendizaje, con la certeza de que todo lo que he alcanzado es parte de Su propósito en mi vida.

Índice	Pág.
Contenido	
Abreviaturas.....	8
Relación de figuras, tablas y gráficas	10
Resumen	11
Abstract.....	12
Introducción.....	13
Parte I. Fundamentos de la investigación	15
Capítulo 1.- Planteamiento del problema	15
1.1.- Situación problemática	17
1.1.1.- Descripción del problema.....	17
1.2.- Pregunta de investigación	20
1.2.1.- Pregunta general.....	20
1.2.2.- Preguntas específicas.....	20
1.3.- Objetivo de investigación.....	20
1.3.1.- Objetivo general	20
1.3.2.- Objetivos específicos	20
1.4.- Hipótesis.....	21
1.4.1.- Hipótesis general	21
1.4.2.- Hipótesis específicas	21
1.5.- Identificación de variables	21
1.7.- Justificación	21
1.7.- Horizonte temporal y espacial de la investigación	23
1.8.- Viabilidad de la investigación.....	23
1.9.-Tipo de investigación	24
1.10.- Alcances y limitaciones.....	24

1.10.1.- Alcances	24
1.10.2.- Limitaciones	24
1.11.- Método de la investigación	25
Capítulo 2.- Marco contextual.....	26
2.1.-Panorama internacional de la cadena de suministro sostenible	26
2.2.- Situación de la cadena de suministro sostenible en México.....	28
2.3.- El funcionamiento de la logística dentro de la cadena de suministro sostenible.....	32
2.3.1.- El rol del justo a tiempo dentro de la logística.....	33
2.4.-Las partes interesadas como factor determinante de la sostenibilidad de la cadena de suministro de los puertos	34
2.5.- El papel de la Innovación tecnológica en la cadena de suministro	36
Parte II.- Marco Teórico.....	40
Capítulo 3.- Fundamento teórico	40
3.1.- Teoría de la cadena de suministro	40
3.1.1.- Conceptualización teórica de cadena de suministro de acuerdo con distintos autores.	42
3.2.- Teoría del desarrollo sostenible.....	43
3.3.- Orígenes y principales teorías de la logística	46
3.3.1.- Teoría del Justo a Tiempo	47
3.4.- Teoría de los Stakeholder o partes interesadas de Edward Freeman ..	48
3.5.- Principales teorías y conceptos de innovación tecnológica.	50
Capítulo 4.- Evidencia empírica.....	53
4.1.-Novedad y originalidad del estudio	58
Parte III.- Diseño Metodológico	61
Capítulo 5.- Metodología	61
5.1. - Modelamiento de ecuaciones estructurales.....	62

5.2.- El Modelo de Ecuaciones Estructurales con Mínimos Cuadrados Parciales (SEMPLS)	65
5.3.- Construcción del modelo estructural.....	67
La logística en la cadena de suministro sostenible.	69
Partes interesadas en la cadena de suministro sostenible.....	69
Innovación tecnológica en la cadena de suministro sostenible	70
5.4.- Especificación del modelo SEMPLS.....	70
5.5.- Selección de medidas y recolección de datos	72
5.5.1.- Instrumento	72
5.5.2.- Recolección de datos.....	74
5.6.- Estimación del modelo.....	77
5.6.1.- Propiedades estadísticas	79
5.7.- Evaluación del modelo.....	80
5.7.1.- Evaluación del modelo de medición.....	80
5.7.2.- Evaluación del modelo estructural	84
Parte IV.- Resultados	89
Capítulo 6.- Análisis e interpretación de resultados	89
6.1.- Resultados de la estimación del modelo de medición	89
6.2.- Evaluación del modelo de medición	92
6.3.- Evaluación del modelo estructural	98
6.4.- Prueba de hipótesis.....	100
Discusión.....	102
Propuesta de solución.....	104
Modelo Integral de Sostenibilidad Logística en la Cadena de Suministro Portuaria en México.....	104
Conclusiones.....	109
Recomendaciones.....	113

Referencias	116
ANEXOS	137
Operacionalización de variables	137
Instrumento.....	138

Abreviaturas

AAPA American Association of Ports Authorities

AGA Administración General de Aduanas

API Administración Portuaria Integral

AS Autonomous Ships

AVE Average Variance Extracted

BID Banco Interamericano de Desarrollo

CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CGM Sistema de Gestión de Contenedores

CGPMM Coordinación General de Puertos y Marina Mercante

CLM Sistema de Gestión de Cargas

COVID-19 Corona Virus Disease 2019

CSF Critical Success Factors

C-TPAT Customs-Trade Partnership Against Terrorism

ERP Planeación de Recursos Empresariales

ETA Estimated Time of Arrival

FAHP Fuzzy Analytic Hierarchy Process

FONATUR Fondo Nacional de Fomento al Turismo

I+D Investigación y Desarrollo

IA Inteligencia Artificial

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía

JIT Just In Time

MEE Modelamiento de Ecuaciones Estructurales

ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMI Organización Marítima Internacional

ONG Organizaciones No Gubernamentales

ONU Organización de las Naciones Unidas

PA Path Analysis

PIB Producto Interno Bruto

PSP Puerto Sin Papeles

QR Quick Response

RFID Radio Frequency Identification

RPA Automatización de Procesos Robóticos

RSE Responsabilidad Social Empresarial
SAAI Sistema Automatizado Aduanero Integral
SAT Servicio de Administración Tributaria
SEMPLE Modelo de Ecuaciones Estructurales con Mínimos Cuadrados Parciales
SCT Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SNP Sistema Nacional Portuario
SSCM Sustainable Supply Chain Management
TEUS Twenty Feet Equivalent Unit
TIC's Tecnologías de la Información y la Comunicación
UNCTAD Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
VMS Sistema de Gestión de Buques
VUCE Ventanillo Única de Comercio Exterior
WMS Sistema de Gestión de Almacenes

Relación de figuras, tablas y gráficas

Índice de figuras

Figura 1. Identificación de variables, dependiente e independiente.	21
Figura 2. Sistema Portuario Nacional	30
Figura 3. Grupos de interés.....	34
Figura 4.- Ejemplo de Modelo SEMPLS.....	67
Figura 5.- Especificación del modelo de ecuaciones estructurales de la cadena de suministro sostenible	71
Figura 6.- Resultado de la estimación del modelo propuesto.....	90
Figura 7.- Modelo estructural final	99

Índice de tablas

Tabla 1.- Definición de “Cadena de Suministro” según autores.	42
Tabla 2.- Partes Interesadas según autores.....	49
Tabla 3.- Empresas encuestadas.....	75
Tabla 4.- Resultados de los coeficientes de sendero	92
Tabla 5.- Cargas externas de los ítems.....	92
Tabla 6.- Resultados de las cargas externas de los ítems utilizados	94
Tabla 7.- Resultados de fiabilidad de consistencia interna.....	96
Tabla 8.- Resultado Varianza Extraída Media (AVE)	96
Tabla 9.- Cargas cruzadas	97
Tabla 10.- Resultados prueba Heterotrait-Monotrait	98
Tabla 11.- Valores VIF del modelo estructural	99
Tabla 12.- Efecto f2	100

Índice de gráficas

Gráfica 1 Crecimiento de emisiones de CO2 en 2050	27
Gráfica 2.- Rendimiento portuario de contenedores en México.....	31

Resumen

La presente tesis analiza la cadena de suministro sostenible en los principales puertos del Pacífico mexicano, con énfasis en las prácticas logísticas, ambientales y de gobernanza que inciden en su competitividad y eficiencia. A partir de un enfoque multidisciplinario, se evalúan los avances y desafíos en la implementación de estrategias sostenibles en puertos como Manzanillo y Lázaro Cárdenas, considerados nodos clave para el comercio exterior del país. El objetivo de la presente investigación es identificar de qué manera la logística, las partes interesadas y la innovación tecnológica influyen en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano.

El presente documento describe la situación a nivel nacional e internacional de la cadena de suministro sostenible donde analiza las variables que influyen en la misma, las cuales más adelante son descritas de manera separada a través de conceptos. Presenta los fundamentos de investigación así como las teorías relacionadas a dichos fundamentos y para robustecer esta parte teórica se presenta evidencia empírica correspondiente al tema. La metodología que se utiliza para medir los datos del presente estudio es un modelo de ecuaciones estructurales utilizando el enfoque de mínimos cuadrados parciales para conocer la influencia de la logística, las partes interesadas y la innovación tecnológica que poseen en la cadena de suministro sostenible. Seguido de esto, se recurrió a realizar la recolección de los datos la cual se hizo a través de un instrumento; una vez teniéndolos se sometieron a distintos análisis siguiendo la metodología mencionada con anterioridad.

En seguida se muestran los resultados obtenidos de dichos análisis, dentro de los cuales destaca la prueba de hipótesis la cual revela que esta se acepta debido a que las variables tienen una influencia positiva en la cadena de suministro sostenible. Finalmente se presenta un modelo de propuesta de solución que da respuesta al problema encontrado e investigado a lo largo del estudio, asimismo se presentan las conclusiones y recomendaciones propias del estudio y futuras líneas de investigación correspondientes.

Palabras clave: Sostenibilidad, cadena de suministro, puertos, logística, ecuaciones estructurales.

Abstract

This thesis examines the sustainable supply chain in the principal ports of the Mexican Pacific, with particular emphasis on the logistical, environmental, and governance practices that influence their competitiveness and operational efficiency. Employing a multidisciplinary approach, the study evaluates both the progress and the persistent challenges in the adoption of sustainable strategies in key ports such as Manzanillo and Lázaro Cárdenas, which are regarded as critical nodes in Mexico's international trade network. The primary objective of this research is to analyze the extent to which logistics, stakeholder engagement, and technological innovation contribute to the sustainability of supply chains in the region's port infrastructure.

The study offers an overview of the current national and international landscape regarding sustainable supply chains, identifying and analyzing the core variables that affect their development. These variables are subsequently examined in detail through theoretical conceptualization. The research framework is grounded in established theoretical foundations, which are further reinforced through relevant empirical evidence. Methodologically, the study employs structural equation modeling (SEM) using the partial least squares (PLS) approach to assess the influence of logistics, stakeholder participation, and technological innovation on sustainable supply chain performance.

Data collection was conducted through a structured instrument, and the resulting dataset was subjected to a series of analytical procedures aligned with the stated methodology. The findings reveal statistically significant relationships among the key variables, thereby validating the proposed hypothesis and underscoring their positive impact on sustainable supply chain development. The study concludes with the presentation of a proposed solution model addressing the identified problem, along with key conclusions, practical recommendations, and suggestions for future research avenues.

Key words: Sustainability, supply chain, ports, logistics, structural equations.

Introducción

La gestión de la cadena de suministro es una de las principales actividades de cualquier sector económico, que abarca desde la producción en origen hasta la llegada al consumidor final, estudiando todos los procesos asociados al ciclo de vida del producto (González & Beltrán, 2010). Los puertos marítimos son un vínculo importante para la cadena de suministro logístico moderno. Sin embargo, también son un gran emisor de carbono (Li et al., 2011). Los barcos generalmente son propulsados por motores auxiliares diésel cuando atracan en los puertos, y los motores auxiliares diésel emiten grandes cantidades de contaminantes como CO, NOx y SOx al aire durante la operación, que representan el 55,0-77,0% de las emisiones portuarias (Zhou & Zhou, 2024).

La logística puede producir hasta un 75% de la huella de carbono de una empresa, y con ello surgen términos que combinan adjetivos como sostenible, ecológico, verde, limpio y eco-logística, con sustantivos específicos del dominio tales como, cadena de suministro reverdecidas, logística inversa, distribución inversa, ciclo sostenible de fin de vida, empaques y embalajes sostenibles, logística de retorno, de recuperación, de reutilización, reciclaje, incineración y vertimiento (Maturano et al., 2019).

El presente estudio está dividido en cuatro partes, en la parte uno se encuentra el capítulo uno, donde se presenta el problema de investigación, así como también se plantean las preguntas que permitan identificar las variables que influyen en la sostenibilidad de la cadena de suministro del transporte marítimo de los puertos del pacífico mexicano. De igual manera se plantean los objetivos e hipótesis de investigación. Además se presenta la justificación por la cual se pretende realizar la investigación tomando en cuenta puntos clave cómo es la conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas, relevancia teórica y relevancia metodológica. Se abordan otros puntos como los son el horizonte temporal y espacial, tipo de investigación, alcances y limitaciones entre otros.

En el capítulo dos se muestra el marco contextual, donde se describe la situación actual de la cadena de suministro sostenible desde un panorama nacional e internacional. En la parte dos se encuentra el capítulo tres donde se presenta el

marco teórico, aquí se presentan las teorías y conceptos de las variables estudiadas en el presente trabajo de investigación, mientras que en el capítulo cuatro se muestra la evidencia empírica sustentada por un bibliométrico sobre el tema sujeto de estudio.

En la parte tres, se presenta el capítulo cinco, el cual explica la metodología utilizada para medir el modelo así como el método de recolección, medición y evaluación de los datos. Finalmente, la parte cuatro se expone el capítulo sexto donde se presentan los resultados obtenidos de la medición y análisis hechos siguiendo los pasos establecidos por la metodología empleada. Dentro de esta parte cuatro también se presenta un modelo de propuesta solución, el cual da respuesta a la pregunta de investigación estudiada en el presente y para terminar se exponen las conclusiones y recomendaciones correspondientes al estudio derivado de la investigación presentada.

En el apartado de Anexos se encuentra el instrumento utilizado para la recolección de datos así como la matriz de operacionalización de variables utilizada para la elaboración del instrumento.

Parte I. Fundamentos de la investigación

En este apartado se describe el planteamiento del problema, delimita de manera clara y precisa la cuestión central que se busca resolver, indicando su relevancia y justificación. Este se enmarca en un contexto más amplio, proporcionado por el marco contextual, que sitúa el problema dentro de un escenario específico, ya sea teórico, práctico o social. El marco contextual describe las condiciones, antecedentes y factores que contribuyen a la existencia del problema, así como las teorías y estudios previos que lo abordan. De esta manera, se establece una conexión entre el problema particular de investigación y el conocimiento existente, lo que permite justificar la necesidad de realizar un nuevo estudio.

Capítulo 1.- Planteamiento del problema

El planteamiento del problema es el punto de partida de toda investigación científica, por lo que es importante que se formule correctamente. De esta formulación deben surgir los objetivos, las variables, las hipótesis, entre otros (Vergara-Jaimes et al., 2022).

Este capítulo describe las bases que sustentan la presente investigación, se explica el problema, la pregunta, objetivo e hipótesis general de la investigación. De igual manera se muestra el modelo de variables, la justificación, el horizonte espacial y temporal, alcances y limitaciones, entre otros. Todo esto para dar sustento y claridad a lo que se investiga, los resultados que se desean obtener.

El desarrollo sostenible se apoya en tres pilares básicos de actividad que aseguran el desarrollo ambiental, económico y social (Lee et al., 2019). La logística portuaria también avanza hacia esta dirección, buscando organizar el transporte multimodal de forma ambientalmente sostenible, con las menores emisiones posibles de gases de efecto invernadero (GEI), a precios económicamente aceptables y con un entorno de trabajo favorable para los empleados. El mayor énfasis se pone en la dimensión ambiental (Becker et al., 2018).

Las llegadas irregulares de buques a los puertos han afectado al funcionamiento óptimo de los puertos y terminales de contenedores. Las colas para los atracaderos disponibles están aumentando y el tiempo para recoger el

contenedor en la terminal es cada vez mayor. Los retrasos pueden provocar un aumento de la velocidad de los viajes, lo que tiene un impacto negativo en las emisiones de GEI. Una reducción del 10% de la velocidad de los viajes reduce el consumo de combustible y las emisiones en casi un tercio (Xia et al., 2021). La manipulación repetida de contenedores llenos en las terminales también genera ineficiencia energética y contaminación adicional debido a los largos tiempos de inactividad (Y.-C. Yang, 2017).

Además de la logística, otro factor a tomar en cuenta en este tema son los grupos de interés o partes interesadas. Las autoridades portuarias y los contratistas son clave en el desarrollo de las estrategias de mantenimiento y se esfuerzan por lograr un compromiso que beneficie a ambas partes. Las autoridades portuarias buscan la optimización del rendimiento portuario manteniendo los costos y las demoras en niveles aceptables. Los contratistas por su parte buscan optimizar el uso de equipos y estrategias de ejecución para lograr rentabilidad y eficiencia en el tiempo. Si bien el costo mínimo y la duración son criterios de decisión comunes y simples, existe una creciente presión social para incorporar elementos inteligentes, sostenibles y circulares (Sepehri et al., 2024).

Las interacciones entre clientes y proveedores han sido un factor clave de la investigación en el campo de las cadenas de suministro ambientalmente sustentables (Chen et al., 2017); sin embargo, la participación de diferentes grupos de interés, en lugar de solo clientes, es un enfoque que se utiliza mayormente en los procesos de sustentabilidad corporativa y presentación de informes (Bellucci et al., 2019), así como por las autoridades portuarias (Geerts et al., 2021). Actualmente un área que atrae el interés de los académicos se refiere a los modelos comerciales encaminados a la sustentabilidad, que ven la creación de valor como un proceso que resulta en tres resultados distintos (económicos, sociales y ecológicos) para diferentes grupos de partes interesadas, y la captura de valor derivada de las relaciones de poder entre las empresas focales y grupos de interés (Freudenreich et al., 2020).

La innovación tecnológica en la cadena de suministro también es punto clave para la sostenibilidad de la industria portuaria. Los avances tecnológicos en las operaciones portuarias durante la última década han permitido la incorporación

de elementos significativos a la cadena de suministro, contribuyendo al avance de la Industria 4.0. A través del Big Data, el Internet y la Inteligencia Artificial; se han logrado avances en la gestión técnica, operativa y procedimental de los puertos marítimos (Gerrero-Molina et al., 2024).

Las instalaciones tradicionales en los diferentes puertos marítimos y los diseños de puertos inteligentes con maquinaria automatizada permiten la eficiencia dentro de la operación, esta es más eficiente con la inclusión de tecnologías de información y comunicación, además, se puede ahorrar energía y gestionar los impactos ambientales para lograr un desarrollo sustentable (T. Wang et al., 2023).

1.1.- Situación problemática

La situación problemática es el inicio de toda investigación. Es aquel escenario, condición o suceso que genera inquietud, incertidumbre o un vacío de conocimiento en un determinado ámbito. Puede surgir de la observación de un fenómeno, de la contradicción entre teorías existentes, de la necesidad de resolver un problema práctico o de la identificación de una oportunidad de mejora. En esencia, la situación problemática es el punto de partida que motiva al investigador a buscar respuestas y a generar nuevo conocimiento (Ralón, 2018).

1.1.1.- Descripción del problema

Dentro de los puertos marítimos se realizan diversas actividades la cuales causan efectos que, por una parte son benéficos para la economía sin embargo manifiestan una notable sensibilidad en el terreno medioambiental (Isabel-Vega et al., 2018). Los puertos generan emisiones antropogénicas debido al volumen de carga manipulada, la diversificación de las actividades que albergan (los puertos modernos, por ejemplo, pueden actuar como centros industriales con una variedad de actividades como la producción, distribución y almacenamiento de energía) y la dependencia de las actividades portuarias terrestres y marítimas de los combustibles fósiles (Lupano, 2023).

En general, un puerto marítimo puede describirse como un lugar donde dos dominios, el tráfico terrestre y el tráfico marítimo, entran en contacto y se fusionan entre sí. El papel clave que desempeña el puerto marítimo es asegurar

la continuidad entre dos sistemas de transporte que atraviesan dos espacios con características diferentes. Los usuarios del puerto son entidades que operan en el puerto como parte del proceso de transbordo de carga desde un lugar determinado de embarque de carga hasta un lugar de destino determinado (Bernacki & Lis, 2021).

Los usuarios del puerto son transportistas y cargadores de carga que utilizan los puertos para el transporte de carga. La creciente presión de los reguladores, los clientes, los propietarios de la carga y otras partes interesadas clave relacionadas con los puertos es fundamental para que adopten medidas y reduzcan las externalidades mediante operaciones sostenibles y más limpias ha acelerado la búsqueda de la sostenibilidad portuaria (Karagkouni & Boile, 2024).

El transporte en general y los puertos en particular son especialmente relevantes ya que su actividad tiene un impacto importante en el medio ambiente. Hacer más verde el transporte y la infraestructura del transporte, es uno de los elementos clave para el desarrollo de las próximas décadas. Esto puede ser alcanzado mejorando la eficiencia del transporte y reduciendo la huella de carbono de las infraestructuras de transporte y de sus diferentes modos (Estrada, 2012).

La globalización de las economías es cada vez más consciente del medio ambiente y está planteando nuevas demandas a la cadena de suministro, con un enfoque sostenible para modelar la cadena de transporte marítimo. Además de las eficiencias de precio y tiempo que son claves en las cadenas de suministro ágiles y esbeltas, también se deben implementar estrategias para el transporte externo con bajas emisiones de carbono y eficiencia energética (Beskovnik, 2023).

Una cadena de suministro está integrada por las organizaciones que tienen contacto con un producto en su flujo desde los proveedores hasta el cliente final e incluye las empresas encargadas de ensamblar y entregar, es decir, que está compuesta por todas las partes interesadas y por las complejidades que se generan para la coordinación y colaboración mutua (Ferrara et al., 2017), se establece un juego dinámico para asignar RSE (Corporate Social Responsibility).

La globalización de mercados ha originado el consecuente incremento de la complejidad de la gestión en las cadenas de suministro. Esta problemática y el concepto de desarrollo sostenible se ha manifestado a medida que las personas son cada vez más conscientes del impacto que generan sus comportamientos de consumo a nivel global, lo cual conlleva a que se requiere un grado de compromiso por parte de las organizaciones y sus cadenas de suministro con la finalidad implementar mejoras en los diferentes alcances de la sostenibilidad (Hutchins & Sutherland, 2008).

Problema de investigación.

El comercio internacional, a través de los puertos marítimos, específicamente en la cadena de suministro portuaria genera beneficios económicos para el país, sin embargo de igual manera genera deterioros en el plano medioambiental que afecta de manera directa a los habitantes de la región. En el mar y especialmente en la cadena de suministro de los puertos e instalaciones afines, se produce un gran número de operaciones de carga y descarga, la utilización de grúas, tráileres, buques, entre otros genera derramas y emisiones contaminantes por los que es conveniente evaluar la sostenibilidad de la cadena de suministro en este ámbito (Gerrero-Molina et al., 2024).

Las emisiones de GEI relacionadas con los puertos generalmente se informan sobre la base de inventarios, mientras que las mediciones realizadas entre diferentes puertos pueden variar considerablemente. Por ejemplo, las emisiones de los barcos atracados en el puerto de Rotterdam se estiman en 13,7 Mton CO₂, que es casi el doble de la cantidad emitida por el puerto de Amberes (7,4 Mton CO₂), que ocupa el puesto número uno entre los 10 puertos europeos más contaminantes. Aunque generalmente se asume que los puertos más grandes contaminan más, hay ejemplos de puertos pequeños que generan altos niveles de contaminación (Karagkouni & Boile, 2024).

Existen estudios donde se ha explorado el papel de los puertos hacia la ecologización del sector, proporcionando una base sólida para las actividades portuarias ecológicas, así como una buena visión general de los diferentes grupos y áreas de soluciones implementadas (C.-Y. Lin et al., 2022). En términos de des carbonización, se ha prestado mucha atención a la interfaz buque-puerto,

basándose en medidas técnicas y operativas, como el suministro de energía en tierra, el abastecimiento de combustible alternativo, la reducción del tiempo de giro de los buques, la reducción de las emisiones de los camiones, el seguimiento y el modelado de las emisiones atmosféricas (Alamouch et al., 2022). Sin embargo aún queda mucho por conocer e investigar.

1.2.- Pregunta de investigación

1.2.1.- Pregunta general

- ¿De qué manera la logística, las partes interesadas y la innovación tecnológica influyen en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano?

1.2.2.- Preguntas específicas

- ¿De qué forma la logística influye en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano?
- ¿En qué sentido las partes interesadas influyen en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano?
- ¿De qué modo la innovación tecnológica influye en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano?

1.3.- Objetivo de investigación

1.3.1.- Objetivo general

- Identificar de qué manera la logística, las partes interesadas y la innovación tecnológica influyen en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano.

1.3.2.- Objetivos específicos

- Determinar de qué forma la logística influye en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano.
- Explicar en qué sentido las partes interesadas influyen en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano
- Analizar de qué modo la innovación tecnológica influye en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano

1.4.- Hipótesis

1.4.1.- Hipótesis general

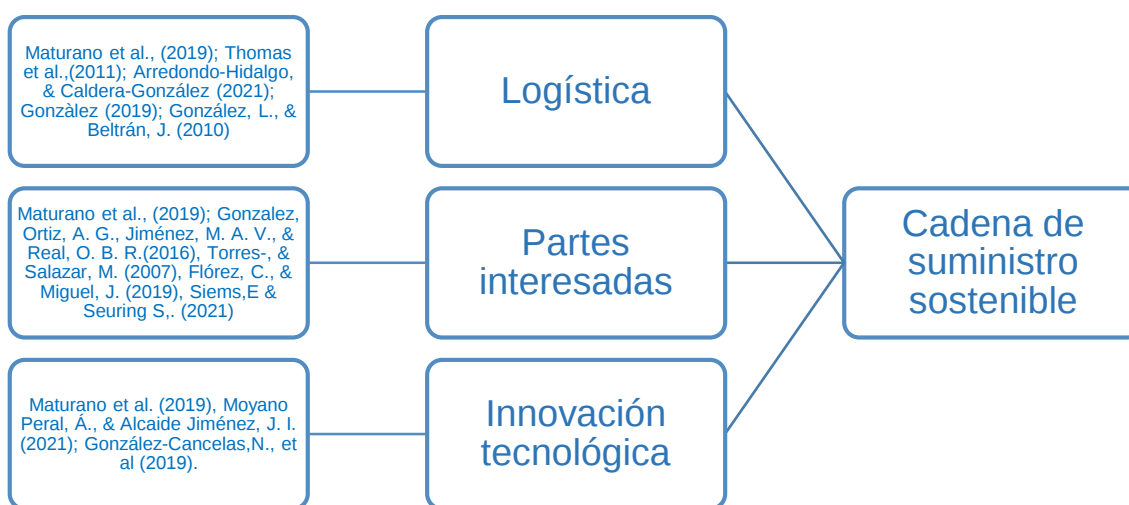
- La logística, las partes interesadas y la innovación tecnológica son las variables que influyen de manera positiva en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano.

1.4.2.- Hipótesis específicas

- La logística influye de forma positiva en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano.
- Las partes interesadas influyen positivamente en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano
- La innovación tecnológica influye de modo positivo en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano

1.5.- Identificación de variables

Figura 1. Identificación de variables, dependiente e independiente.



Fuente: Elaboración propia en base a literatura revisada.

1.7.- Justificación

El ámbito sostenible es un factor clave para la ejecución de mejoras en las organizaciones por medio del enfoque del Triple Balance (económico, social y ambiental), para efectuar cambios con el fin de aumentar el impacto del desarrollo sostenible a nivel global (Flórez & Miguel, 2019). La cadena de

suministro sostenible en los puertos es un enfoque integral que busca minimizar el impacto ambiental, promover el desarrollo social y mejorar la competitividad económica. Al adoptar prácticas sostenibles, los puertos pueden contribuir a un futuro más sostenible para todos (Giraldo Moya, 2023).

En un mundo cada vez más interconectado y consciente de los desafíos ambientales, la sostenibilidad se ha convertido en un factor diferenciador para los puertos. Los consumidores demandan productos y servicios provenientes de cadenas de suministro responsables, lo que ejerce una presión creciente sobre las empresas para adoptar prácticas sostenibles en toda su cadena de valor. Los puertos sostenibles no solo satisfacen esta demanda, sino que también se posicionan como líderes en la transición hacia una economía baja en carbono. Al invertir en tecnologías limpias, en la formación de su personal y en la mejora de sus procesos, los puertos pueden aumentar su productividad, reducir sus costos operativos y mejorar su reputación a nivel internacional (Samamé-Saavedra, 2023).

Los puertos, como nodos estratégicos del comercio internacional, tienen un impacto significativo en los ecosistemas costeros y las comunidades locales. Estudiar las prácticas sostenibles en estas infraestructuras permite desarrollar soluciones innovadoras para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, minimizar la contaminación del agua y gestionar de manera eficiente los residuos (Sandoval, 2021). Además, la investigación en este ámbito contribuye a identificar las mejores prácticas y a establecer estándares internacionales que promuevan la sostenibilidad en el sector portuario. Al comprender mejor los desafíos y las oportunidades que presenta la sostenibilidad en los puertos, podemos tomar decisiones informadas para construir un futuro más sostenible para nuestro planeta (Lanza et al., 2023).

A continuación se describen puntos clave que justifican la motivación del presente.

Conveniencia: El presente estudio sirve para analizar los factores que influyen en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano con la finalidad de disminuir el deterioro medioambiental generado en cada eslabón de la cadena de suministro.

Relevancia social: Para el sector social, la presente investigación es de gran utilidad debido a que ayudará a identificar factores que generan problemas medioambientales generados por la cadena de suministro los cuales afectan a los habitantes de la región, visitantes y/ o turistas.

Implicaciones prácticas: Se busca identificar los elementos que inciden en la cadena de suministro sostenible con el fin de implementar nuevas tecnologías que permitan reducir las emisiones contaminantes y un mejor aprovechamiento de los recursos.

Relevancia teórica: El presente estudio tendrá un aporte teórico significativo ya que generarán nuevas técnicas de evaluación para conocer el funcionamiento de la cadena de suministro enfocado a la sostenibilidad.

Relevancia Metodológica: Para cubrir este punto, una vez detectado cuál de las variables es la que más afecta la sostenibilidad de la cadena de suministro; se propone la modificación o incluso la creación de una nueva cadena de suministro que incluya nuevas prácticas que sean amigables con el medio ambiente.

1.7.- Horizonte temporal y espacial de la investigación

El horizonte temporal de esta investigación se concentra en las variables que influyen en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano durante el periodo 2022-2024.

1.8.- Viabilidad de la investigación

Para llevar a cabo la presente investigación se cuenta con disponibilidad de recursos financieros necesarios para su realización. La disponibilidad de recursos humanos está dada por parte del doctorando, así como el director de tesis y respectivos sinodales. Respecto a los recursos materiales, se cuenta con acceso a bases de datos, bibliotecas tanto físicas como virtuales, centros de estudios, equipo de cómputo, libros, revistas, artículos, entre otras herramientas para llevar a cabo la presente. Por lo anterior, se determina que la investigación es factible ya que se cuenta con el tiempo, dedicación y herramientas necesarias

para desarrollarla; y se puede obtener la información suficiente para su culminación.

1.9.-Tipo de investigación

En esta investigación se tienen contemplados 2 tipos de alcances:

- **Descriptiva**

Es descriptiva ya que se busca especificar las propiedades y funcionamiento de la cadena de suministro sostenible, así como detallar las características del comportamiento de la variable dependiente y de las variables independientes que se han establecido para poder determinar de qué manera incidieron en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacifico en México.

- **Explicativa**

El estudio explicativo hace referencia a la necesidad de encontrar las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se presentan en el sector sujeto de estudio y de igual manera explicar las causas del comportamiento de los factores que afectan la cadena de suministro sostenible para así generar un sentido de entendimiento en la investigación.

1.10.- Alcances y limitaciones

1.10.1.- Alcances

La presente investigación tomará en cuenta el estudio y análisis de la información referente al tema de la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano, tomando en consideración los elementos que aporten criterios con los cuales se puedan realizar futuras investigaciones respecto a la cadena de suministro de los puertos marítimos.

1.10.2.- Limitaciones

La principal limitante que se podría tener en la presente investigación sería el acceso a toda la información que se requiera de las bases de datos de los puertos seleccionados para la realización de la misma. Dificultades para acceder a ciertas fuentes de datos o poblaciones pueden limitar el alcance de la investigación. Así como la dificultad para reclutar y retener participantes en el estudio y/o el sesgo de los datos para la estimación del modelo. Otra limitante

es el tamaño de la muestra y el instrumento de medición. Incluso alguna enfermedad que imposibilite al investigador a realizar la misma.

1.11.- Método de la investigación

El método que se utilizará para la realización de la presente investigación, es el método científico, el cual se entiende como el conjunto de postulados, reglas y normas para el estudio y solución de los problemas de investigación, los cuales son institucionalizados por la denominada comunidad científica reconocida. En un sentido más global, el método científico se refiere al conjunto de procedimientos que, valiéndose de los instrumentos o técnicas necesarios, examina y soluciona un problema de investigación (Bunge, 2004).

La metodología científica es un enfoque sistemático y riguroso para investigar y comprender los fenómenos naturales y sociales. Se basa en el método científico, que implica la formulación de hipótesis, la observación y la recopilación de datos, la experimentación y la verificación de resultados. Esta metodología busca garantizar la objetividad, la precisión y la fiabilidad de los hallazgos, mediante la aplicación de principios como la falsabilidad, la replicabilidad y la peer review. A través de este proceso, los científicos pueden desarrollar teorías y modelos que expliquen y predigan los fenómenos estudiados, contribuyendo así al avance del conocimiento y la resolución de problemas complejos (Hurtado-Talavera, 2020).

Como se describe anteriormente, el presente estudio se fundamenta en el método científico, de acuerdo a las propuestas metodológicas de Bunge (2004) y Navarro (2011) que lo definen como: “El método científico es el conjunto de etapas y reglas que señalan el procedimiento para llevar a cabo una investigación, cuyos resultados sean aceptados como válidos para la comunidad científica” (Navarro 2011).

De acuerdo con Navarro (2011), aplicar el método científico en la siguiente investigación, es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

- Concebir la idea.
- Plantear el problema de investigación
- Definir los alcances de la investigación

- Seleccionar el diseño
- Elaborar el marco teórico
- Plantear las hipótesis.
- Seleccionar la muestra
- Recolectar los datos
- Procesar los datos
- Analizar y discutir los resultados
- Presentar el informe

La presente investigación se clasifica dentro de un enfoque cuantitativo, el cual utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías; siendo de utilidad para evaluar, comparar, interpretar, establecer precedentes y determinar causalidad y sus implicaciones. Los alcances de esta investigación cuantitativa se centran en la cuestión descriptiva y práctica, correlacional y explicativa. Para la primera, se busca especificar describir propiedades y características importantes de los fenómenos que se estén analizando en la presente. A grandes rasgos, describe tendencias de un grupo o población; en la segunda, asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población y finalmente, la explicativa pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian (Hernández, 2014).

Capítulo 2.- Marco contextual

2.1.-Panorama internacional de la cadena de suministro sostenible

El transporte marítimo constituye uno de los elementos esenciales de todo programa que tenga por objeto un crecimiento económico sostenible. En el marco de la Organización Marítima Internacional (OMI), los Estados miembros de la organización, la sociedad civil y el sector del transporte marítimo trabajan con la finalidad de lograr un avance constante y vigoroso en busca de una economía verde y de un crecimiento ecológico y sostenible. El fomento del transporte y desarrollo marítimo sostenible es una de las principales prioridades de la OMI para los próximos años (OMI, 2020).

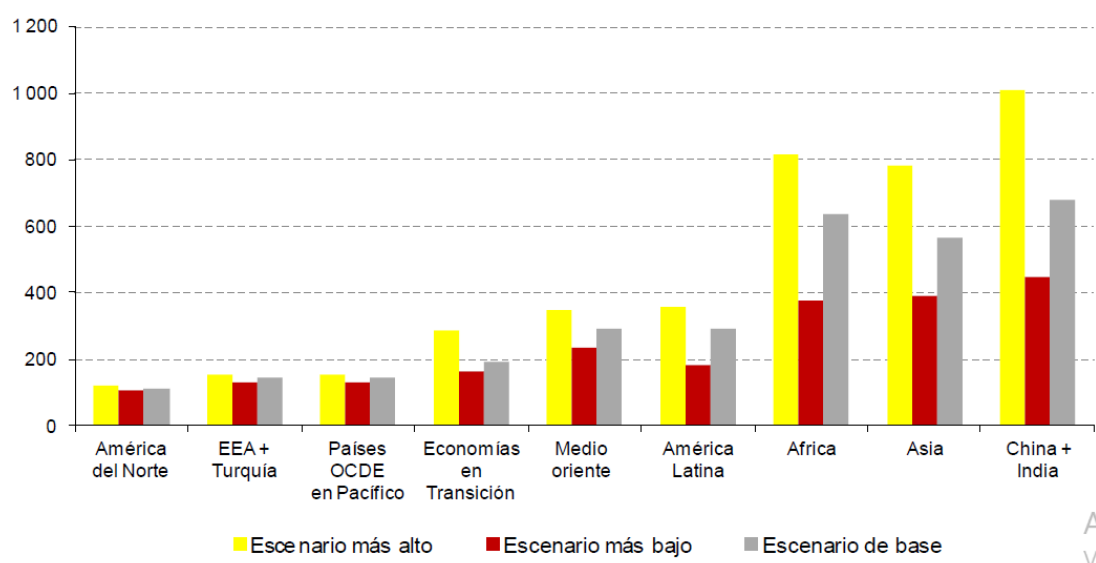
Uno de los impactos más significativos que ha tenido la pandemia por COVID-19 ha sido la interrupción de las cadenas de suministro a nivel mundial. La pérdida de libertad de movimiento y el abrupto paro de los sistemas productivos, logísticos y comerciales derivaron escasez de productos, retrasos en las entregas y una extensa serie de problemáticas que han elevado a urgente el debate sobre la sostenibilidad y la debida diligencia de las organizaciones sobre sus cadenas de suministro (Castilla et al., 2021).

En 2015, 193 países adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Dentro de estos 17 objetivos, se encuentra en el número 11 el llamado “Sustainable cities and communities” el cual señala que las ciudades y comunidades sostenibles dependen de una cadena de suministro segura. Para que las conexiones entre los barcos, las ciudades portuarias y las personas que viven en ellas sean seguras, resilientes y sostenibles. La OMI ayuda a sus Estados miembros a mejorar la seguridad marítima, centrándose en lo que la industria marítima civil puede hacer para protegerse y proteger el comercio marítimo mundial (OMI, 2020).

Por su parte, la CEPAL busca incorporar, desde los inicios de la concepción de una política nacional de logística, la preocupación por la sostenibilidad institucional con el objetivo de establecer una visión sostenible a largo plazo y una institucionalidad adecuada que incluya marcos normativos y regulatorios eficaces e instrumentos de fiscalización apropiados, y que incremente la coordinación y coherencia al interior del propio Estado y, al mismo tiempo, consolide la relación con el sector privado (CEPAL, 2020).

Analistas proyectan la continuación del crecimiento de las emisiones de CO₂ en el sector de transporte terrestre y marítimo, advierten que los cambios demográficos y la persistencia de las tendencias actuales en términos de transporte terrestre de carga y de pasajeros podrían resultar en el crecimiento de las emisiones CO₂ de entre 34% a 106% entre 2010 y 2050, con una gran variación entre las regiones y escenarios seleccionados (Sánchez et al., 2015).

(Base 2010=100)



Fuente: CEPAL (2015).

La gráfica 1 muestra el crecimiento de emisiones de CO2 desde tres escenarios distintos, se puede apreciar que países como África, Asia, China e India presentan un crecimiento significativo e incluso alarmante para los próximos 20 años.

2.2.- Situación de la cadena de suministro sostenible en México.

De acuerdo de con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se realizan proyectos en los puertos mexicanos, específicamente en el puerto de Veracruz donde se trabaja para gestionar sostenibilidad económica y financiera; medioambiental y cambio climático, así como sostenibilidad social que buscan el desarrollo de las terminales de carga general suelta y de contenedores para atender e incrementar la demanda de la carga comercial en los puertos mexicanos e incrementar con ello la infraestructura portuaria de importación y exportación del país con un enfoque sostenible (Bhattacharya et al., 2019).

Si se habla de sostenibilidad y cadena de suministro es importante incluir el tema de las certificaciones, México trabaja en la certificación Customs Trade Partnership Against Terrorism (CTPAT), una iniciativa conjunta entre el gobierno de Estados Unidos y el sector privado nacional que tiene como objetivo principal crear relaciones de cooperación que fortalezcan la seguridad de toda la cadena de suministro y la seguridad de las fronteras. Se busca certificar a todos los

actores que intervienen en la cadena logística para agilizar el comercio internacional. Los sistemas de sellado empleados en las mercancías son inviolables y los productos se suministran de forma segura (INEGI, 2017).

El sistema portuario nacional desempeña un papel fundamental para el crecimiento de la economía mexicana. Al cierre de 2006, el impacto del subsector marítimo portuario en el PIB de la economía mexicana fue de 13.7 mil millones de pesos, de los cuales 9.2 mil millones fueron originados por actividades portuarias y 4.5 mil millones por servicios de transporte por agua. En él operan 2,597 empresas, 1,546 relacionadas con el transporte por agua y 1,051 en actividades portuarias (S.C.T., 2021).

De acuerdo con la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante CGPMM, el valor del comercio exterior movilizado por los puertos del país representa el 21% del total nacional, ascendió a 877 mil millones de pesos, de los cuales 460.1 mil millones fueron de exportación y 417.3 mil millones de importación. Cabe destacar que en el 2006 el número de empleos generados fue alrededor de 157 mil, de los cuales 57 mil son directos y 100 mil indirectos. Las actividades de transporte por agua generan 69 mil empleos y las relacionadas con actividades portuarias 88 mil (SCT, 2018).

En el año 2016, el puerto de Santos en Brasil, manejó la mayor cantidad de contenedores en la región con 3.39 millones de teus anuales, por su parte, el puerto de Manzanillo ocupó el cuarto lugar con 2.83 millones de teus, el puerto de Lázaro Cárdenas obtuvo el treceavo lugar con 1.11 millones y el puerto de Veracruz se situó en el lugar catorceavo con 963 mil teus anuales. De acuerdo con el ranking de American Association of Ports Authorities (AAPA), el puerto de Manzanillo no se encuentra bien ubicado, ya que ocupó el lugar número 55 en el año 2016, mientras que el puerto de Shangai se situó en el primer lugar, manejando 37.132 millones de teus anuales (AAPA, 2018).

El Sistema Portuario Nacional (SPN) está conformado por 114 puertos y terminales habilitadas, 56 en el Pacífico y 58 en el Golfo de México y Caribe; 66 son para tráfico de altura y cabotaje y 48 únicamente de cabotaje. La capacidad

instalada para el manejo de carga comercial no petrolera es de 187.3 millones de toneladas, dispone de 198.1 kilómetros de muelles, 149.3 kilómetros de obras de protección y 5.6 millones de metros cuadrados de áreas de almacenamiento(S.C.T., 2021).

Figura 2. Sistema Portuario Nacional



Fuente: SCT (2018).

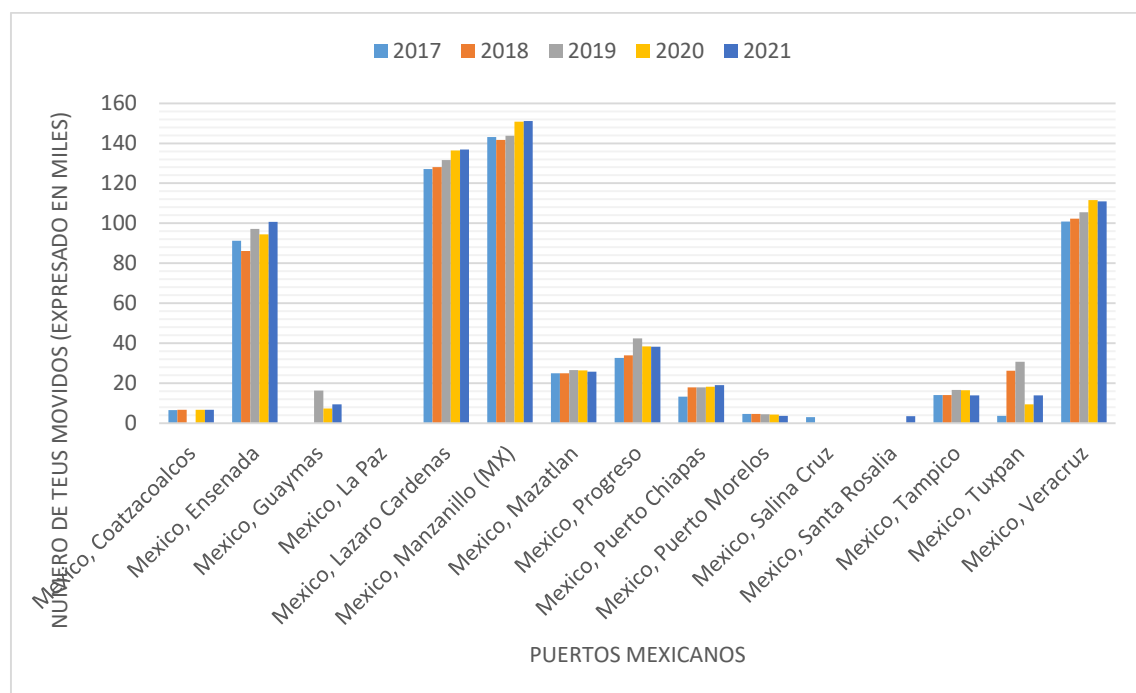
La carga operada en el Sistema Portuario Nacional se concentra en 41 puertos principales del total, con actividades comerciales, turísticos e industriales, y en su régimen de concesión existen 25 Administraciones Portuarias Integrales (APIs), de las cuales 16 son APIs federales, a cargo de la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante (CGPMM), 2 paraestatales del Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), 5 estatales en las entidades federativas de Quintana Roo, Campeche, Tabasco, Tamaulipas y Baja California Sur, 5 municipales en Nanchital, Cozumel, Coatzacoalcos, Guaymas y Boca del Río y una privada. Los 73 puertos restantes están bajo responsabilidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 2020).

Cabe mencionar que de acuerdo con el comunicado de prensa 09/2022, se llevó a cabo la Inauguración del Congreso El Futuro del Comercio Internacional Post Pandemia donde se habló sobre las TIC's como impulsor del desarrollo portuario, así como sobre la estrategia de competitividad y sustentabilidad

“Puertos Inteligentes Seguros”, que integra la modernización, profesionalización y simplificación de los procesos operativos. El desarrollo de este sistema combina aspectos de seguridad, tecnología, logística, recaudación, coordinación con autoridades e interacción con la comunidad portuaria.

Su implementación en todos los puertos va a permitir que los puertos operen con un sistema tecnológico inteligente para el registro y control de las personas, vehículos y carga que ingresan a los recintos portuarios. Esto favorecerá la agilización de procesos de tratamiento de información, disminución de tiempos operativos, disminuirá cuellos de botella en el puerto, impulsará la digitalización y facilitará el control de espacios en el puerto. En conjunto, estas acciones favorecen la competitividad del Sistema Portuario Nacional, y reducirán costos en tiempo y dinero de la cadena de suministro (CGPMM, 2022).

Gráfica 2.- Rendimiento portuario de contenedores en México.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la UNCTAD.

La gráfica 2 muestra la cantidad de contenedores movilizados por puerto durante el periodo del 2017 al 2021, se puede apreciar que los puertos de Manzanillo y Lázaro Cárdenas cuentan con mayor movilidad de TEUS seguido de Veracruz y Ensenada, esto se traduce en un mayor número de emisiones de CO₂.

2.3.- El funcionamiento de la logística dentro de la cadena de suministro sostenible

La logística implica una amplia gama de actividades que abarcan principalmente la planeación, ejecución y control de los flujos de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el punto de consumo (Ortiz et al., 2016).

De acuerdo con Villarreal, (2012), algunos de los servicios logísticos son: almacenamiento, mano de obra especializada, servicios a los transportistas y servicios terciarios. Mientras que para Patiño (2012), los servicios de valor agregado son: almacenamiento, procedimientos en aduana, embarque, empaque y embalaje.

A continuación se enuncian estrategias que se utilizan en la actualidad en algunas empresas (Maubert, 2020).

- Automatización
- Funciones óptimas en las instalaciones
- Ubicación
- Reducir, reutilizar y reciclar
- Energía renovable

La tendencia del nearshoring ha impulsado la relocalización de operaciones de manufactura y suministro a países cercanos al mercado de consumo final, como México. Este fenómeno ha promovido prácticas logísticas sostenibles, como la reducción de la huella de carbono mediante menores distancias de transporte, la inversión en infraestructura sostenible y la optimización del transporte mediante tecnologías avanzadas (Arredondo-Hidalgo & Caldera González, 2021).

Actualmente los puertos juegan una función importante como miembros de una cadena de suministro. En esta función, el puerto está considerado como parte de un grupo de organizaciones en que la logística y diferentes operadores de transporte están implicados en traer valor a los consumidores finales (De Souza Junior et al., 2003).

2.3.1.- El rol del justo a tiempo dentro de la logística

La metodología Justo a Tiempo es una herramienta que se encarga de garantizar que los productos estén en el lugar adecuado, en el momento adecuado y con las cantidades apropiadas (Arndt, 2005). Esto, con la finalidad de que el cliente pueda satisfacer la necesidad que tiene sin ningún inconveniente. Esta filosofía se fundamenta en la calidad de los productos y servicios, reducción de residuos, menores costos, aumento de la productividad y un nivel alto de satisfacción al cliente. El método Justo a Tiempo se empieza a aplicar en los años 70 por la empresa Toyota, debido a la crisis económica que surgió en esta época (Vélez-Rojas & Pérez-Ortega, 2014).

El papel del Just In Time (JIT) está basado en la simplificación de los procesos, donde se reducen los costos y los tiempos de entrega y se aumenta la calidad del producto; debido a lo anterior se aumenta el desempeño de operación de la empresa (Vásquez & Palomo, 2016). De forma puramente teórica, mediante el método JIT los materiales deben llegar justo a tiempo, exactamente en el momento en que se necesitan. Esto es válido tanto para los materiales adquiridos a terceros, entregados internamente en distintos puntos del proceso o procesados a través del flujo productivo (Medina, 2020).

La esencia en la que se basa este sistema es hacer llegar los materiales a las fábricas y los productos a los clientes Justo a Tiempo. Para ello, solo se van a usar los recursos estrictamente necesarios, tanto en variedad como en cantidad. Una de los efectos que tiene implantar esta metodología es reducir al mínimo la necesidad de almacenaje. Evidentemente, el JIT requiere una organización extraordinariamente precisa. Esta filosofía logra que la empresa pueda reducir notablemente su necesidad de almacenaje, ahorrando costes y tiempo. Además, este propósito va unido a otras herramientas que persiguen el cero errores, la mejora continua o la reducción de los tiempos de producción (Guerrero, 2020).

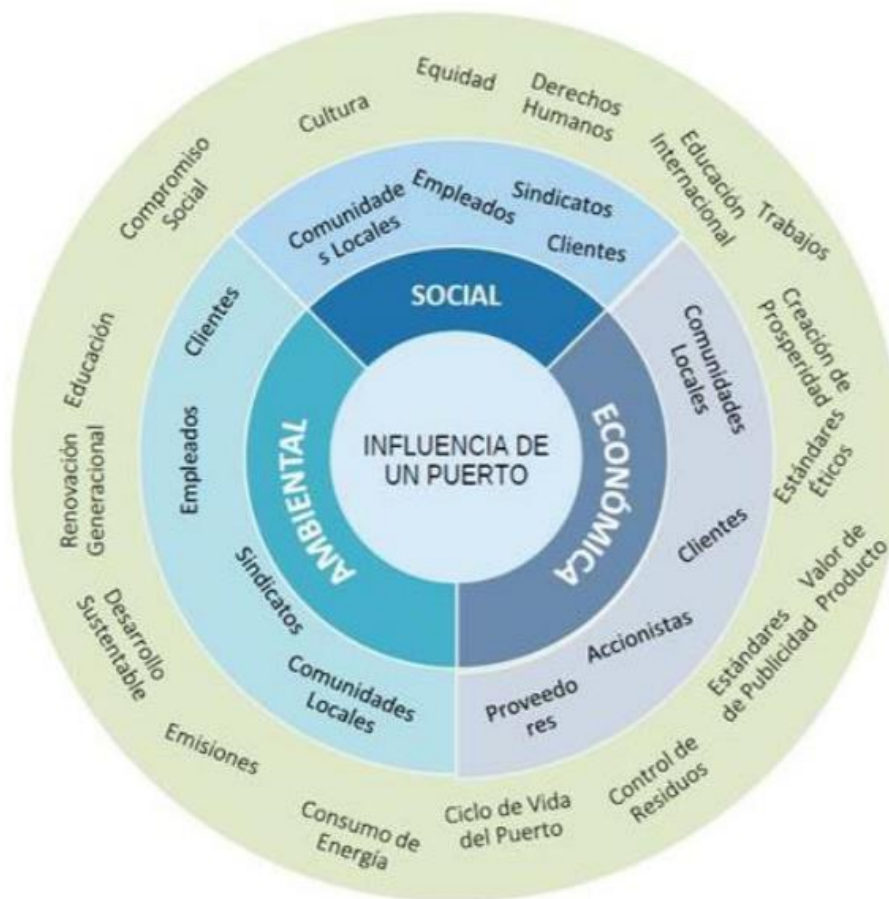
Esta filosofía ha trascendido a muchos campos y, aplicada a la navegación, propone que el tiempo que pasa un barco en un puerto sea el mínimo posible. Los buques deben llegar a puerto cuando se dan las condiciones para que sean acogidos y no tengan que esperar para atracar. Esto supone que el buque deberá ajustar su velocidad para llegar en el momento justo y no con anterioridad; de tal manera que cuando los buques de alta mar están mejor

informados sobre la disposición de los atracaderos y adaptan su velocidad, conseguirán ahorros en materia de combustible y, por tanto, de emisiones CO₂, así como de óxido de azufre y óxido nitroso (Tovar, 2018).

2.4.-Las partes interesadas como factor determinante de la sostenibilidad de la cadena de suministro de los puertos

Existen diversas definiciones de “partes interesadas”. Sin embargo, lo importante en cualquiera de ellas es que una parte interesada es una persona o un grupo que tiene cierta atracción hacia una situación dada, o que es un jugador activo. Una parte interesada también puede considerarse como un actor, en el sentido de una persona u organización que desempeña una o más de las actividades en un sistema (UNECE, 2020). La sostenibilidad portuaria son las estrategias de negocio y actividades que satisfacen las actuales y futuras necesidades de los puertos y todas las partes interesadas (stakeholders), al mismo tiempo que se protegen y mantienen los recursos naturales y el bienestar de la humanidad. El planteamiento de estrategias de direccionamiento empresarial enfocadas hacia la sostenibilidad, actualmente es la clave de la competitividad de los sectores Portuarios en el mundo (Buenrostro-Aguilar, 2019).

Figura 3. Grupos de interés



Fuente: XIII Congreso Marítimo Portuario (2016).

En las actividades cotidianas de un puerto participa una gran cantidad de agentes que prestan servicios relacionados de manera directa o indirectamente con el transporte marítimo. Todos estos operadores independientes, tanto públicos como privados, forman parte de una «comunidad portuaria», en la cual cada uno puede ser considerado un departamento de una misma empresa virtual que está unida por su interés común en el transporte intermodal. (Mendes, 2019).

En una cadena de suministro portuaria operan diferentes partes interesadas en el proceso del comercio internacional como exportadores, importadores, agencias aduanales, aduanas, líneas navieras, transporte terrestre, transporte ferroviario, operadores de terminales, entre otros. Por lo que, la integración y coordinación de los procesos de todos estos actores implica un enorme reto (Gutiérrez Ortiz, 2019). La conectividad electrónica con proveedores y clientes permite a las organizaciones transmitir y recibir órdenes, facturas y notificaciones de embarque con plazos de entrega más cortos y definidos previamente, lo que ayuda a acelerar la transacción de envío. La información al ser intercambiada

debe ser eficaz, cumpliendo con los requerimientos de precisión, oportunidad, suficiencia y credibilidad. Con lo anterior es posible contribuir en la facilitación comercial entre los grupos de interés de la cadena de suministro (puertos, proveedores y clientes) (Host et al., 2018).

2.5.- El papel de la Innovación tecnológica en la cadena de suministro

En las últimas décadas, la evolución hacia la globalización y hacia las oportunidades presentadas por la innovación tecnológica ha elevado la importancia de la logística a nivel nacional como internacional (Solano et al., 2017).

La tecnología dentro de la cadena de suministro tiene que permitir, por un lado, capturar la información a tiempo real, compartirla, tratarla, analizarla, establecer tendencias y patrones y, por otro lado, automatizarla para optimizar la planificación, facilitar la gestión y acelerar la ejecución de las tácticas y acciones operativas derivando en procesos más flexibles, rápidos, eficaces y eficientes (Budet Jofra & Pérez Gómez, 2019). Para la directora de Zaragoza Logistics Center, los avances tecnológicos o la llamada transformación digital, será punto clave de los escenarios de futuro de la cadena de suministro. Los efectos del Covid-19 han supuesto que dicho avance tecnológico en muchos países, se haya realizado a una velocidad cinco o seis veces superior a un escenario sin pandemia (Val, 2020). El uso de equipos con menores consumos energéticos y menos emisiones contaminantes supone una mejora de sostenibilidad decisiva para cualquier cadena de suministro. De igual modo, el uso de las nuevas tecnologías es esencial para medir el impacto de las medidas que se toman en cualquiera de los ámbitos para corregirlas y orientarlas adecuadamente (Hurtado, 2021).

Un concepto nuevo que es importante mencionar ya que va de la mano con todo lo que se está analizando en el presente estudio es la hiper automatización, la cual consiste básicamente en la combinación de tecnologías como el aprendizaje automático (ML), inteligencia artificial (IA) y la automatización de procesos

robóticos (RPA). Esto facilita y automatiza tareas que originalmente requerían alguna forma de juicio o acción humana (Juárez, 2021). La hiper automatización no solo es tecnología de software. Como tal, implica que las empresas adopten herramientas que se pueden configurar para trabajar entre sí. Actualmente, las empresas no solo necesitan soluciones de software únicas que sean fáciles de usar y escalables, sino que también necesitan considerar cómo la adición de una herramienta funcionará con sus métodos de operación existentes (Vergara, 2018).

Para (S. Lin et al., 2014) es relevante compartir información entre las organizaciones que componen una cadena de suministro, esto se logra a través del uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's), permitiendo mejorar la confiabilidad, dependencia y velocidad entre ellas. La introducción de las tecnologías de información en las operaciones propias del sector marítimo influye en una integración y coordinación más fuerte, evitando la duplicación de documentación y mejorando el procesamiento y tratamiento de datos para todos los miembros en la cadena con la consecuente disminución de los costos totales del puerto.

Para proporcionar un buen servicio a los usuarios de los puertos marítimos debe existir una mayor comunicación, compartir datos y utilizar las TIC's y con ello desarrollar una fuerte lealtad entre los integrantes de la cadena de suministro, aunque esto genere fuertes inversiones (Radhika, 2012).

La coordinación adecuada entre los proveedores y distribuidores provoca que las mercancías se entreguen a tiempo, convirtiéndose en factor clave para la competencia en los mercados internacionales. A medida que la satisfacción del cliente es un punto de referencia crucial del éxito de la cadena de suministro, la gestión eficaz de vincular los procesos es decisiva (Botti et al., 2017). Con la finalidad de lograr lo anterior, existen sistemas de información como el software de Planeación de Recursos Empresariales (ERP) y otras tecnologías de apoyo como el Identificador por Radiofrecuencia, los dispositivos móviles, entre otros (Harris et al., 2015).

A continuación se describen algunas de las tecnologías que se han implementado en los puertos, las cuales han tenido un impacto positivo, logrando reducir tiempo y costos dentro de la cadena de suministro generando así disminución de emisiones de CO₂ ya que los procesos logísticos se realizan de una manera más ágil y eficiente.

El Sistema de Automatización Aduanera Integral (SAAI), fue desarrollado por la Administración General de Aduanas (AGA), con la finalidad de concentrar todas las operaciones que se llevan a cabo en las aduanas del país en tiempo real, permitiendo a las autoridades establecer porcentajes de revisión de mercancías sobre la base del país de origen y destino, tener un historial de los contribuyentes, tipo de mercancías que maneja e incluso establecer niveles de confiabilidad de los agentes aduanales a quienes se les encomienda el despacho (AGA, 2021).

En otro sentido la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) es una plataforma integral donde se envía información electrónica a una única entidad, para cumplir con todos los requerimientos del comercio exterior. Con esto se homologan, automatizan y simplifican las operaciones y los procesos de gestión, agilizando la información entre los actores del comercio y el gobierno, contribuyendo con beneficios significativos para todas las partes involucradas en el comercio internacional (SAT, 2011).

El Puerto Sin Papeles (PSP) es una plataforma que permite el intercambio y la interacción de los miembros de la comunidad portuaria, como son las agencias aduanales, las líneas navieras, los recintos fiscalizados, las empresas de autotransporte terrestre, las empresas de servicios ferroviarios, entre otros, con la finalidad de automatizar y agilizar los trámites entre los usuarios (S.C.T., 2021). Estos son algunos sistemas de conectividad que se utilizan en las aduanas, puertos y agencias aduanales, para agilizar procesos y tener mayor comunicación entre las partes interesadas.

Por otro lado se encuentran también otros sistemas como son los de identificación y trazabilidad que no son más que un conjunto de herramientas que permiten conocer la ubicación y el histórico de un determinado producto. Esto se consigue a través de la aplicación de herramientas concretas y

predeterminadas, lo que a su vez permite establecer una homogeneidad en los procesos de trazabilidad (Beetrack, 2021).

Los sistemas de Identificación por Radiofrecuencia o RFID (Radio Frequency Identification) son una tecnología para la identificación de objetos a distancia sin necesidad de contacto, incluyendo el visual, mientras que los códigos de barras son una herramienta tecnológica para capturar información relacionada con los números de identificación de unidades logísticas y su localización de manera automática e inequívoca en cualquier punto de la cadena de suministro. Ambas tecnologías permiten observar el seguimiento o trazabilidad de las mercancías en tiempo y forma (Tanco et al., 2007).

En otro sentido, el puerto de Rotterdam utiliza un sistema tecnológico denominado “Pronto”, el cual se basa en técnicas de auto aprendizaje e inteligencia artificial para prever la hora estimada de llegada (ETA) de los buques al puerto y optimizar sus escalas, a partir de los datos del AIS de cada buque y de los históricos en la base de datos del puerto, consiguiendo predecir la ETA efectiva con una precisión aproximada de 20 minutos. Tan pronto como se conoce la ETA de un buque, “Pronto” le asigna su propia línea de tiempo con todos los pasos de su escala: desde la llegada del buque y su estancia en el puerto, hasta su salida. Casi la mitad de las empresas usuarias de este puerto: navieras, consignatarios y terminales utilizan este sistema (Leege, 2019). Cabe mencionar que este sistema también es capaz de definir qué servicios portuarios pueden necesitar los buques: remolcadores, practicaaje o suministro de combustible, y de esta manera planificar y optimizar el uso de dichos servicios (Beetrack, 2021).

Parte II.- Marco Teórico

Capítulo 3.- Fundamento teórico

El fundamento teórico de esta investigación se construye a partir del análisis de conceptos clave relacionados con la sostenibilidad, la cadena de suministro y la gestión portuaria. A través de la revisión de literatura especializada, se establecen las bases conceptuales y modelos teóricos que permiten comprender la dinámica entre los actores logísticos, las innovaciones tecnológicas y las prácticas sostenibles dentro del contexto portuario. Este marco teórico no solo proporciona el sustento académico para el desarrollo del estudio, sino que también orienta la interpretación de los resultados empíricos y la formulación de propuestas que contribuyan al fortalecimiento de una cadena de suministro más sostenible en los puertos del Pacífico mexicano.

3.1.- Teoría de la cadena de suministro

De acuerdo con Houlihan (1985), quien fue la primera persona en utilizar el término cadena de suministro, es un sistema de entidades (proveedores, fabricantes, almacenadores-distribuidores, vendedores y clientes) en los cuáles existe un flujo de materiales, y la información fluye en ambas direcciones (Valenzuela & Cruz-Mejía, 2012). En el siglo pasado la administración de la cadena de suministro involucra la administración de materiales, la logística funcional, la integración logística y las cadenas de suministro integradas (Bowersox & Closs, 1996). En los años 50's los investigadores hacían énfasis en el control de costos y en la eficiencia interna (Alderson, 1957).

En los años 60's y 70's, después de la introducción de las computadoras y las herramientas de optimización matemática (programación lineal, simulación), los investigadores comenzaron a introducir conceptos tales como los sistemas de distribución (sistema logístico conformado por una serie de etapas a través de las cuales se hacen llegar los productos terminados al cliente), y predecir el potencial de la cooperación logística, más allá de las compañías singulares (Bowersox & Closs, 1996). La investigación enfocada en temas relacionados con la administración de la cadena de suministro tuvo un gran impulso en la década de los 90's, enfrentando la presión de la competitividad global e incrementando

la demanda de productos hechos a la medida del cliente. Con grandes avances en las tecnologías de la información, su integración ha llegado a ser una manera de mejorar la competencia (Allen & Helferich, 1990).

En lo relacionado a la estrategia, los investigadores estudian la concordancia entre los objetivos de la cadena de suministro y los objetivos de la estrategia corporativa, y son medidos en términos de costo y nivel de responsabilidad. Una efectiva estrategia puede darle ventajas competitivas a una empresa tales como bajos costos, entregas rápidas, alta calidad y flexibilidad en los productos. La táctica se enfoca en la administración de los inventarios, la planeación y control de la manufactura, la transportación, y la coordinación e intercambio de información. En la parte de operaciones, los investigadores examinan como las herramientas de investigación de operaciones pueden ser utilizadas, cotidianamente, para satisfacer órdenes individuales en un contexto operativo y con visión de corto plazo (Valenzuela & Cruz-Mejía, 2012).

La administración de la cadena de suministro cuenta con distintas estrategias y técnicas las cuáles tienen la finalidad de reducir la incertidumbre y los costos mientras se satisfacen las necesidades del cliente (Boone et al., 2007), y una de sus estrategia referidas es la posposición la cual implica que donde quiera que se desarrollen las actividades en la cadena de suministro, estas son demoradas hasta que la demanda del cliente es satisfecha (Bucklin, 1965), (Van Hoek, 2001).

En otro sentido, la posposición tiene el potencial de mejorar el nivel de respuesta al cliente, mientras se reducen los inventarios, la transportación, los costos de almacenaje y obsolescencia. El proceso logístico se detiene en la parte de almacenamiento y entrega, por la manufactura al detalle necesaria para cumplir con las necesidades del cliente. Asimismo, la posposición tiene una historia bastante larga sobre todo en casos de aplicaciones prácticas, desde los años 20's (B. Yang et al., 2004). Desde el punto de vista de autores como Lambert, la posposición basada en el tiempo es la demora intencional de las actividades por el tiempo que sea posible e incluye demora en la diferenciación de los productos en términos de la forma, identificación o lugar, lo cual no incluye el cambio en la secuencia de las actividades (García-Dastugue & Lambert, 2007). Hoy en día, el

objetivo de una administración eficiente de la cadena de suministro es tener el producto correcto en la cantidad correcta disponible en el lugar correcto y al precio correcto (Nugent et al., 2019).

3.1.1.- Conceptualización teórica de cadena de suministro de acuerdo con distintos autores.

A continuación se muestra una tabla donde se describe de manera cronológica la definición de Cadena de Suministro de acuerdo al punto de vista de diversos autores.

Tabla 1.-Definición de “Cadena de Suministro” según autores.

Autor	Definición
<i>Lee y Billington (1993)</i>	Una Cadena de Suministros representa una red de trabajo para las funciones de búsqueda de material, su transformación en productos intermedios y acabados, y la distribución de esos productos acabados a los clientes finales.
<i>Quinn (1997)</i>	Una Cadena de Suministros puede ser definida como el conjunto de todas las actividades asociadas con el movimiento de bienes, desde el estado de materias primas hasta el usuario final.
<i>Lummus y Albert (1997)</i>	La Cadena de Suministros es una red de entidades, en la cual el material fluye. Esas entidades pueden incluir proveedores, transportistas, fábricas, centros de distribución, comerciantes y clientes finales.
<i>Christopher (1998)</i>	Define a la Cadena de Suministros como una red de organizaciones que están relacionadas a través de las conexiones Downstream, o corriente abajo (en la dirección de creación de un producto o servicio), y upstream, o corriente arriba (en la dirección de los proveedores), en los diferentes procesos y actividades que producen valor en la forma de productos y servicios finales ofrecidos al consumidor final.
<i>Mentzer (2001)</i>	Define una Cadena de Suministros como el conjunto de tres o más entidades (organizaciones o individuos)

directamente involucradas en los flujos descendentes y ascendentes de productos, servicios, finanzas e información, desde la fuente primaria de producción hasta el cliente final.

Fuente: Elaboración propia con base en Valles (2012).

3.2.- Teoría del desarrollo sostenible

El concepto de desarrollo sostenible fue popularizado por el Informe Brundtland, publicado en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Este informe define el desarrollo sostenible como "aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades"(Riechmann, 1995).

Esta definición introduce dos conceptos clave:

- **Necesidades:** Particularmente las de los más pobres del mundo, a quienes debe otorgarse prioridad.
- **Limitaciones:** Impuestas por el estado de la tecnología y la organización social sobre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

El informe destaca la interdependencia entre el desarrollo económico y la conservación ambiental, señalando que "el medio ambiente es donde vivimos; y el desarrollo es lo que todos hacemos para mejorar nuestras condiciones dentro de ese hábitat" (Meadows et al., 1972).

El desarrollo sostenible se fundamenta en tres pilares interrelacionados:

- **Dimensión Ambiental:** Se centra en la conservación y gestión eficiente de los recursos naturales, reconociendo los límites del crecimiento económico en un planeta con recursos finitos. El informe "Los límites del crecimiento" del Club de Roma ya advertía en 1972 sobre las consecuencias de un crecimiento económico y poblacional ilimitado en un planeta finito (Rabey et al., 2005).

- **Dimensión Económica:** Busca un crecimiento económico que sea inclusivo y equitativo, promoviendo la erradicación de la pobreza y la reducción de las desigualdades. El desarrollo económico debe ser compatible con la sostenibilidad ambiental y social.
- **Dimensión Social:** Promueve la equidad social, la participación ciudadana y el respeto a la diversidad cultural. La educación ambiental es fundamental para fomentar una ciudadanía comprometida con el desarrollo sostenible (Gutiérrez Pérez & Pozo Llorente, 2006).

Diversos enfoques teóricos han contribuido a la comprensión del desarrollo sostenible:

- **Tecnología Apropriada:** Propuesta por Mario Rabey, este enfoque aboga por el uso de tecnologías adecuadas al contexto local, que sean sostenibles y socialmente aceptables. La tecnología apropiada es participativa y se desarrolla en colaboración con las comunidades locales (Rabey et al., 2005).
- **Educación Ambiental Crítica:** Gutiérrez Pérez y Pozo Llorente destacan la importancia de una educación ambiental que fomente el pensamiento crítico y la acción transformadora hacia la sostenibilidad. Este enfoque busca empoderar a las personas para que participen activamente en la construcción de sociedades sostenibles (Gutiérrez Pérez & Pozo Llorente, 2006)

En otro sentido, durante la década de los setenta, el debate sobre el crecimiento económico cambió de rumbo. En esa época, surgieron las primeras voces en contra del crecimiento sin límites, alertando sobre la necesidad de considerar los límites biológicos del planeta, en un contexto en el que los efectos perniciosos que la crisis económica estaba ocasionando sobre el medio ambiente y sobre la calidad de vida eran cada vez más palpables (Meadows et al., 1972).

Ante la gravedad de las condiciones ambientales y la percepción de que los recursos naturales eran escasos, se empezó a incorporar en los modelos de crecimiento económico la variable medioambiental. La incorporación de esta variable a los modelos de crecimiento distinguen claramente dos posturas contrapuestas: por un lado, la postura neoclásica, que ha derivado en la Economía Ambiental y, por otro lado, la denominada Economía Ecológica. La

primera tiene como objetivo alcanzar la sustituibilidad de los recursos naturales por medio de la tecnología, mientras que la segunda enfatiza la imposibilidad de mantener un crecimiento exponencial, dado que nos encontramos en un planeta finito (Moralejo et al., 2009).

La escuela neoclásica erró, en un primer momento, de no incorporar el sustento físico en sus modelos matemáticos. Los neoclásicos justificaron el crecimiento ilimitado con la preservación de los recursos naturales a través de la conocida como “Curva Medioambiental de Kuznets”, que mide la evolución de la degradación ambiental en función de la renta. Su enfoque analítico especifica cómo en las primeras etapas de desarrollo, cuando el sector predominante es el agrícola, la contaminación y el consumo de recursos naturales es bajo. Progresivamente, con la industrialización de las economías tradicionales, la situación medioambiental empeora, aunque gracias al progreso económico y tecnológico llega a un punto de inflexión donde empieza a mejorar (Martínez Alier, 1999). En 1987 la Comisión Brundtland -comisión independiente creada a solicitud del Secretario General de la ONU en 1983-, presentó un informe titulado "Nuestro futuro común", el que tenía como temática central la idea del desarrollo sostenible y la necesidad de integrar medio ambiente y desarrollo (Brundtland, 1987).

Posteriormente, empezó a surgir una creciente preocupación, al abrigo de la doctrina neoclásica, por contabilizar los recursos naturales, evaluar los efectos contaminantes, internalizar las externalidades producidas por la actividad económica e, incluso, privatizar los recursos naturales mediante derechos de propiedad, con el fin de obtener un uso más eficiente de los mismos. Es lo que se conoce por Economía Ambiental, Economía del Medio Ambiente o Economía de los Recursos Naturales, dentro de la que hay que resaltar tres economistas, Pigou, Hotelling y Coase, cuyos trabajos han tenido una gran influencia sobre las aportaciones del resto de economistas ambientales posteriores (Martínez-Alier, 1999).

Actualmente La Agenda 2030, adoptada por las Naciones Unidas en 2015, establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible que abordan los desafíos globales, incluyendo la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la

degradación ambiental, la paz y la justicia. Esta agenda proporciona un marco integral para la acción global hacia el desarrollo sostenible (De La Cruz, 2015).

3.3.- Orígenes y principales teorías de la logística

“La logística se refiere a crear valor para los clientes y para los miembros de la cadena logística, El valor en la logística puede ser expresado en términos de tiempo y de lugar, ya que los productos o servicios no tienen valor si los clientes no los encuentran en el tiempo y lugar exacto en el que quieren consumirlos” (Ballou, 2004)

La logística ha evolucionado a través de los años; antes de los años cincuenta, la primera definición de la palabra logística hacía referencia al suministro de municiones y armas, es decir se enfocaba más al ámbito militar, con el paso del tiempo este enfoque fue evolucionando hasta que el concepto de “logística” apareció en el sector empresarial que conocemos hoy en día; sin embargo una vez ya en este enfoque empresarial, dicho concepto ha evolucionado de manera paulatina (Beetrack, 2021).

Durante los años cincuenta, la logística se le atribuyó el concepto de “logística como subproducto”, durante estos años se detectaron problemas en la logística y entrega de productos debido a que el volumen de producción y venta superaba el volumen de distribución. Por esta razón la logística tuvo que adoptar nuevas características como la logística como subproducto, que centra el interés en la administración del transporte y disminución de los costos. Buscando una mejora hacia el buen servicio para el consumidor final y centrando la atención en los canales de distribución (Mora, 2016).

Para los años sesenta, la logística toma una nueva definición “parte de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa, controla el flujo y el almacenamiento eficaz de los bienes, servicios e información relacionada desde el punto de origen al punto de consumo para satisfacer los requerimientos en los consumidores”, esta nueva definición fue propuesta por el Consejo de Profesionales de la Gestión de la Cadena de Suministro en este sentido, la logística se concentra más en la parte de la distribución a diferencia del enfoque de reducción de costos que tenía en los años cincuenta (Pinheiro de Lima et al., 2017).

Para los años setenta la logística adopta la metodología “Just in Time”, cuyo objetivo principal era disponer únicamente de la cantidad necesaria de producto en el momento y tiempo justos, es decir, desechar todo lo que no aporte beneficio ni genere valor (Mora, 2016). Ya para los años ochenta, con la segunda crisis económica, se empieza a valorar más el servicio al cliente y los tiempos de entrega; aumenta la productividad de las plantas distribuidoras gracias a una mejor coordinación entre el abastecimiento, la manufactura y la distribución, por su parte los servicios de transporte se afianzan de mejor manera (Harrison, Alan; Van-Hoek, Remko; Skipworth, 2014). Fue en los años noventa donde gracias al avance de la tecnología se mejoran los canales de distribución, debido al despertar del cliente-centrismo aceptando que una buena relación con ellos es la mejor estrategia; tomando también en cuenta a los proveedores y sus operaciones logísticas (Pinheiro de Lima et al., 2017).

A partir de los años veinte y hasta la fecha la logística logra un salto acelerado gracias al avance tecnológico y el comercio electrónico. Para estos años las empresas empiezan a migrar procesos automatizados y se genera una digitalización global importante. Algunas de las características de esta nueva era son el desarrollo de la gestión de flotas y rutas, utilización de códigos QR para diversos procesos, nuevos avances en la trazabilidad, notificaciones de entrega de los productos y avance en los indicadores de desempeño (Beetrack, 2021).

3.3.1.- Teoría del Justo a Tiempo

Esta metodología genera en todo sistema de producción una ventaja competitiva que adquiere la organización para entregar un producto solicitado al mercado en un tiempo y cantidad requerido por la demanda. Una definición para describir el objetivo de partida de un sistema JIT podría ser: “Producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan”(Mendoza & Vega, 2014).

La metodología JIT desarrollada en la actualidad se basa en la aplicación de siete elementos que se subdividen en internos y externos. A esto se llegó luego de un proceso desarrollado por Edward J. Hay y un grupo de investigadores, donde analizaron la aplicación y elementos de la metodología JIT oriental (Hay, 1989).

3.4.- Teoría de los Stakeholder o partes interesadas de Edward Freeman

El concepto de stakeholder, como neologismo apunta a una metáfora literalmente significa: “el que mantiene una apuesta” haciendo notar su cercanía fónica al término stockholder, que vale por shareholder y que sería, vertido al castellano, “el que tiene en su poder una parte alícuota de una empresa”; o sea: el accionista, había sido utilizado ya en los años sesenta y setenta, es Edward Freeman (1984) quien sistematiza y delinea una manera de aproximarse a los stakeholders que puede dar, como resultado final, toda una teoría de la empresa y la gestión, abriendo pistas tímidamente, si se quiere; pero abriendo pistas al fin y al cabo hacia lo que venimos denominando un nuevo paradigma de empresa a la altura de los requerimientos y circunstancias del siglo XXI (J. L. Fernández & Bajo, 2012).

El propio Freeman, en un reciente artículo afirma que los narrativos del discurso tradicional aplicado a la actividad económica y al capitalismo labor (capitalism, government capitalism, investor capitalism, managerial capitalism, entrepreneurial capitalism) se han venido construyendo sobre una antropología simplista y una preocupación más nítida por apropiarse del valor económico que por crearlo. Junto a ello está el supuesto de que lo predominante es la competición, la escasez de los recursos, el juego de suma cero y el hecho de que el ganador se queda con todo. (Bowie, 2012).

En otro sentido, la teoría de los Stakeholders supone la existencia de individuos que tiene interés particular en la empresa porque interactúan con ella de alguna manera. La palabra Stakeholders surgió por primera vez en un comunicado interno del Instituto de Investigación de Stanford según lo referido por Freeman y Redd (1983), desde entonces se ha escrito sobre este tema en particular, en español se ha traducido como “Participantes” o “Grupos de Interés”. La teoría hace notar que los accionistas no son los únicos interesados en la organización, sino que a partir de la interrelación social existe una red de colectivos interesados en la empresa por varias razones (Esparcia, 2009).

La teoría de las partes interesadas o Stakeholders no significa que los representantes de estos grupos deben formar parte de los consejos de administración de la empresa, lo que implica es que los intereses de estos grupos están vinculados y que para crear valor hay que ver cómo cada uno de los interesados pueden hacerlo. Esta teoría es acerca de cómo funcionan las empresas de manera óptima y cómo podrían funcionar, esta teoría tiene que ver en cómo se crea y gestiona un negocio eficaz (Freeman et al., 2010).

De acuerdo con Freeman (1984), la teoría de los stakeholders considera que las organizaciones están compuestas por un conjunto de actores, a los que denomina grupos de interés (stakeholders), y entre los que habitualmente se incluyen están los siguientes: accionistas, trabajadores, posibles inversionistas, proveedores, clientes, administración, y sociedad en general. Desde esta perspectiva, la empresa surge como el resultado de la interrelación de todos esos grupos a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta que lo que constituye a la organización es la comunicación y lo que constituye al grupo es la interacción (Schvarstein, 2010). Otros autores mencionan que la visión normativa de los stakeholders apoya la idea de que éstos tienen intereses genuinos por la actividad de la empresa y que además tienen un valor interno dependiendo de su conexión con los resultados financieros (Ruiz De Aguirre & Retolaza, 2012).

En el contexto de diseño de políticas, según D. Straus, existen cuatro tipos de partes interesadas consideradas como aquéllas con poder formal para tomar una decisión, aquellas con el poder para bloquear una decisión, aquellos que se ven afectados por una decisión y finalmente aquellos con información o experiencia relevante (Strauss, 2012).

A continuación se muestra una representación de las partes interesadas con mayor aprobación de acuerdo a diversos autores.

Tabla 2.- Partes Interesadas según autores

Autor	Autoridad portuaria y operadores de terminales	Buques y compañías navieras	Cargadores	Proveedores de logística intermodal	Gobierno	Comunidad	Investigadores
Notteboom and Winkelmanns (2002)	X	X	X	X	X	X	
Notteboom (2004)	X	X	X	X			
Barnes and Oloruntoba (2005)	X	X	X	X	X		
De Langen (2006)		X	X		X	X	
Berle et al. (2011)	X	X			X		
Mostashari et al. (2011)	X				X		
Dinwoodie et al. (2012)	X	X			X	X	X
Denktas-Sakar and Karatas-Cetin (2012)	X	X	X	X	X	X	
Lam et al. (2013)	X	X	X	X	X	X	
Park and Lim (2013)	X	X			X	X	
Christiansen et al. (2013)	X	X	X				
Becker et al. (2013)	X	X	X	X	X	X	X
Becker and Caldwell (2015)	X	X	X	X	X	X	X
Lam and Bai (2016)	X	X	X		X		
Gharehgozli et al. (2016)	X	X	X	X	X	X	X
Vilko et al. (2019)	X	X		X	X		
Shaw et al. (2017)	X	X	X	X	X	X	X
Lam and Yap (2019)	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia con base en Wendler-Bosco y Nicholson. (2019).

3.5.- Principales teorías y conceptos de innovación tecnológica.

El presente apartado busca explicar el concepto de “Sistema de Innovación” desde la perspectiva de dos de los más influyentes economistas de la historia del capitalismo: Adam Smith y Joseph Schumpeter. La visión “smithiana” aporta la visión de que la innovación refleja el proceso de la división del trabajo en el campo de la innovación con la participación correspondiente de un amplio conjunto de agentes e instituciones interrelacionados entre sí, cuyas actividades deberían generar sinergias o ahorrar costos, en otro sentido la visión “schumpeteriana” entiende el proceso de innovación como fruto de la creatividad y del azar (Gutiérrez & Baumert, 2018).

La teoría central que se pretende exponer es que la causa de la desarticulación entre la I+D, innovación y crecimiento económico, radica en un equivocado diseño de las políticas de impulso a la innovación, derivado también de una errónea concepción de la innovación, en lugar de la I+D, como un proceso sistémico basado en una división del trabajo de tipo smithiano (Mullan, 2017).

En la medida en la que avanza el estudio de las fuentes de la innovación, va quedando obsoleta la idea de que las grandes ideas empresariales provienen de

científicos o investigadores que llevan a cabo una labor sistematizada en sus laboratorios empresariales o departamentos universitarios, que luego son implementados por las empresas gracias a la cooperación pública y privada entre las universidades y las empresas coordinadas por los gobiernos (Jacobo, 2016). El estudio de Bhidé demuestra que el 72 por ciento de las ideas que dan lugar a una innovación provienen de los trabajadores no dedicados a la I+D; el 20 por ciento de las ideas provienen de personas (no científicos) ajenas a la empresa; y solo el 8 por ciento de las ideas provienen de investigadores formales (Bhidé, 1999).

Como alternativa más eficiente se propone un modelo basado en los postulados puramente schumpeterianos que vuelva a tornar la innovación en el centro del proceso productivo. Para ello es crucial comprender que si bien la I+D es sistémica y, por lo tanto, tiene sentido hablar de un sistema nacional o regional de I+D la innovación es, por lo general, un proceso espontáneo, es decir, fruto en gran parte del azar y en consecuencia no sistematizable por lo que debería desecharse el uso del término “sistema de innovación”(Gutiérrez & Baumert, 2018).

Schumpeter definió la innovación, en 1934, en un sentido más general que el de las innovaciones específicamente tecnológicas. Según su definición clásica, la innovación abarcaría los cinco casos siguientes:

- La introducción en el mercado de un nuevo bien.
- La introducción de un nuevo método de producción
- La apertura de un nuevo mercado en un país, tanto si el mercado ya existía en otro país como si no existía.
- La conquista de una nueva fuente de suministro de materias primas o de productos semielaborados
- La implantación de una nueva estructura en un mercado, como por ejemplo, la creación de una posición de monopolio (Cilleruelo Carrasco et al., 2008).

El amplio concepto de innovación aportado por Schumpeter en 1934 sigue teniendo validez en la actualidad, aunque es necesario actualizar la contextualización de algunos de los términos que utiliza, por lo que a

continuación se muestra dicha actualización, en base a las definiciones de diferentes autores contemporáneos sobre el concepto de innovación.

De acuerdo con Gee, S., innovación «es el proceso en el cual a partir de una idea, invención o reconocimiento de necesidad se desarrolla un producto, técnica o servicio útil y es aceptado comercialmente»(Gee, 1981).

Mientras que para Pavón, J., y Goodman, R., innovación «es el conjunto de actividades inscritas en un determinado periodo de tiempo y lugar que conducen a la introducción con éxito en el mercado, por primera vez, de una idea en forma de nuevos o mejores productos, servicios o técnicas de gestión y organización»(Pavon & Goodman, 1981). En otro sentido, la innovación es un cambio que requiere un considerable grado de imaginación y constituye una rotura relativamente profunda con la forma establecida de hacer las cosas y con ello crea fundamentalmente nueva capacidad (Nelson, 1985).

De acuerdo con Perrin, B.(1995) la innovación puede definirse como formas nuevas de hacer las cosas mejor o de manera diferente, muchas veces por medio de saltos cuánticos, en oposición a ganancias incrementales (Perrin, 1995).

Según Pavón, J., e Hidalgo, A., el proceso de innovación tecnológica se define como el conjunto de las etapas técnicas, industriales y comerciales que conducen al lanzamiento con éxito en el mercado de productos manufacturados, o la utilización comercial de nuevos procesos técnicos (Pavón & Hidalgo, 1997). Mientras que para Machado la innovación tecnológica es el acto frecuentemente repetido de aplicar cambios técnicos nuevos a la empresa, para lograr beneficios mayores, crecimientos, sostenibilidad y competitividad (C. Fernández et al., 2001). Según el libro verde de la innovación, innovación es sinónimo de producir, asimilar y explotar con éxito una novedad, en las esferas económica y social, de forma que aporte soluciones inéditas a los problemas y permita así responder a las necesidades de las personas y de la sociedad (Cilleruelo Carrasco et al., 2008).

Capítulo 4.- Evidencia empírica

En este capítulo se sintetiza la investigación empírica disponible en relación con la cadena de suministro portuaria bajo un concepto sostenible. Existen diversas investigaciones que explican el manejo de la cadena de suministro sostenible dentro de la industria portuaria, cada una con un enfoque distinto, debido a que algunos autores centran sus estudios en la medición específica de distintos factores que inciden en la cadena de suministro como los son las partes interesadas, la logística y la tecnología.

Un creciente cuerpo de estudios previos ha discutido las medidas de sostenibilidad y la política verde en el sector portuario (Darbra et al., 2009).

(Peris-Mora et al., 2005) desarrollaron un sistema de gestión ambiental sostenible para uso de las autoridades portuarias. (Shiau & Chuang, 2015) propusieron una variedad de indicadores de sostenibilidad portuaria que incluyen aspectos ambientales, económicos y sociales utilizando la construcción social de tecnología basada en un estudio de caso del puerto de Keelung. Se propusieron 36 indicadores de sostenibilidad portuaria para los operadores portuarios.

(Acciaro et al., 2014) desarrollaron un marco conceptual innovador para evaluar la sostenibilidad ambiental de los puertos. Encontraron que parecen prevalecer los objetivos de sostenibilidad vinculados a las funciones portuarias regulatorias y arrendadoras. (Lam, 2015) discutió una cadena de suministro marítimo sostenible basada en el despliegue de la función de calidad y enfoques de procesos de redes analíticas. Se descubrió que el uso de barcos, motores y maquinaria de diseño ecológico es el requisito de diseño más importante en las principales líneas de transporte de contenedores.

Diversos estudios han encontrado que la sostenibilidad portuaria debe implementarse dentro de una organización y en colaboración con socios portuarios en miembros clave de la cadena de suministro, como transportistas marítimos, operadores de terminales, empresas de camiones, empresas de estiba y operadores de depósitos (Denktas-Sakar & Karatas-Cetin, 2012).

(Linton et al., 2007) señalan que la sostenibilidad debe implementarse integrando todas las funciones de producción a lo largo del proceso de fabricación. Las

corporaciones portuarias son los principales operadores de los puertos; sin embargo, las principales fuentes de contaminantes son sus usuarios o proveedores, como los buques transoceánicos, las embarcaciones portuarias, los equipos de manipulación de carga y los remolques. Por lo tanto, la implementación efectiva de la sostenibilidad en los puertos debe tener en cuenta la gestión sostenible tanto dentro de las organizaciones como en asociación con miembros externos, incluidos los operadores de terminales, las empresas de estiba y los operadores de camiones y almacenamiento (Lu & Yang, 2010). Varios estudios previos han demostrado la importancia de los proveedores, las empresas focales, los clientes, el gobierno y las partes interesadas al explorar el impacto de la gestión sostenible de la cadena de suministro en el desempeño de la empresa (Seuring & Müller, 2019). Se han propuesto varios tipos de colaboración en la literatura existente, como la colaboración interna, la colaboración del cliente y la colaboración del proveedor (Lambert, 2008)

La consideración de la dimensionalidad de las cadenas de suministro sostenibles es importante para comprender la forma en que la dimensión individual influye en el desempeño sostenible, así como también cómo se influyen entre sí. Si bien algunos estudios proponen una cadena de suministro sostenible como una construcción unidimensional mientras que otros dividen la cadena de suministro sostenible en colaboración interna y colaboración externa (Flynn et al., 2010). Si bien cada una de estas dimensiones refleja un atributo importante de la cadena de suministro sostenible, existe una gran cantidad de similitudes entre ellas. Las partes interesadas, como las autoridades reguladoras, los ciudadanos y las organizaciones no gubernamentales (ONG), son cruciales para la cadena de suministro que enfrentan el desafío de volverse más sostenibles, ya que necesitan obtener su legitimidad para hacer negocios (Jakhar et al., 2020; J. Xu et al., 2019).

Ahl et al. (2018) mencionan que la gestión de las partes interesadas es fundamental para las innovaciones de la cadena de suministro con respecto a la comprensión de los intereses de las partes interesadas a través del intercambio de conocimientos y la comunicación; es importante resaltar que los autores no hacen mención sobre cómo se puede llevar a cabo la gestión de las partes

interesadas. En la mayoría de los estudios sobre cadena de suministro sostenible, la gestión de las partes interesadas se considera necesaria, enfatizando que los stakeholders juegan un papel crucial en la búsqueda de un cadena de suministro más sostenible ya que, entre otras cosas, se requiere su legitimidad para el éxito de las operaciones comerciales (Siems & Seuring, 2021). Kannan (2018) sostiene que los proveedores son la primera entidad y la fuente inicial de cualquier cadena de suministro y que las organizaciones deben seleccionar a sus proveedores mediante una evaluación cuidadosa de sus factores críticos de éxito (CSF) por sus siglas en inglés. Lograr una estrategia exitosa de gestión sostenible de la cadena de suministro (SSCM) requiere que una empresa considere los puntos de vista de sus partes interesadas (Kannan, 2018).

Desde un punto de vista logístico, diversos autores estudian horarios, cronogramas y ventanas de tiempo; los cuales afectan el consumo de combustible del búnker y, por lo tanto, la emisión de contaminantes atmosféricos. Reducir el consumo de combustible también mejorará la sostenibilidad de la red mundial de transporte de contenedores (Alharbi et al., 2015).

La primera categoría de trabajos relevantes está en el diseño del cronograma a nivel de planificación táctica. (S. Wang & Meng, 2012) investigaron el diseño de horarios y el problema de enrutamiento de contenedores en una red general de transporte marítimo de línea con muchos puertos y muchas rutas de barcos con velocidad de navegación fija. Por su parte (Qi & Song, 2012) diseñaron un horario óptimo para una ruta de barco de línea para minimizar el costo total esperado de combustible. La hora del puerto es aleatoria, y se debe mantener en el modelo un cierto nivel de servicio, que es la probabilidad de que el portacontenedores llegue a un puerto antes de la hora de llegada anunciada.

(S. Wang et al., 2014) desarrolló un enfoque de programación dinámica para diseñar un horario para una sola ruta de barco con ventanas de tiempo de puerto.

(S. Wang et al., 2015) amplió el trabajo anterior al permitir visitar un puerto dos veces en una ruta de barco. Además (Brouer et al., 2013) examinó un problema de recuperación del horario de los buques, evaluando un escenario de interrupción dado y seleccionando una acción de recuperación que equilibre el

equilibrio entre el mayor consumo de combustible, el impacto en la carga en la red restante y el nivel de servicio al cliente.

Al mismo tiempo se ha investigado tanto las operaciones del lado del muelle, incluida la asignación de atracaderos y la asignación de grúas de muelle, como las operaciones del lado del patio, como la planificación de plantillas de patio y la programación de camiones de patio. (Él et al., 2013) propusieron una estrategia para resolver el problema de compartir camiones internos entre múltiples terminales de contenedores y propusieron un método de optimización de simulación para obtener soluciones casi óptimas. (Él et al., 2015) propuso un método heurístico basado en simulación para resolver el problema de la red de cadena de suministro de contenedores de varios niveles.

“Escenario de digitalización para el sistema portuario español” es un estudio que busca la automatización para hacer más eficiente y predictiva la cadena de suministro, reducir la contaminación, ganar flexibilidad y agilidad. La metodología utilizada fue un panel DELPHI cuyo resultado final fue la realización de un matriz DAFO. Finalmente la matriz resultante de este estudio mostró cinco claves para obtener la máxima eficiencia: Una apuesta real por la sostenibilidad portuaria, gobernanza y relaciones público privadas, sociales y laborales nuevas, reconfiguración del mapa de puertos, cambios en el TOP mundial e integración logística e interacción de la geopolítica, progreso técnico y automatización y por ultimo nuevo comercio y actividad portuaria (Cancelas et al., 2020).

En otro sentido, el estudio titulado “¿Qué tan sostenible es la cadena de suministro de gas natural licuado? Un modelo integrado de evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida”, los resultados arrojan luz sobre los que más contribuyen a las emisiones de CO₂-eq. Se encuentra que la carga de GNL (terminal de exportación) es la fuente que generó mayor huella de carbono, seguida de la unidad de endulzamiento MDEA con el aporte del 40% y 24%, respectivamente (Al-Yafei et al., 2022).

Con la creciente presión de las políticas ambientales, las empresas globales se esfuerzan por construir cadenas de suministro bajas en carbono. (Jin et al., 2014) investigaron tres políticas de carbono: esquema de tope y comercio, impuesto al

carbono y tope de carbono inflexible. Construyeron modelos de optimización para el diseño de la cadena de suministro y las operaciones logísticas de minoristas globales bajo varias políticas de carbono.

(Xiaoping Xu et al., 2017) estudiaron la coordinación de la cadena de suministro con una tecnología verde bajo el esquema de tope y comercio, encontraron que las empresas podían cooperar para reducir las emisiones de carbono sin disminuir sus ganancias. Mientras que en otro estudio (Xiaoyan Xu et al., 2016) modelaron una cadena de suministro por pedido con un fabricante y un minorista, analizaron el impacto del precio del carbono en las decisiones de producción óptimas y las ganancias óptimas de las dos empresas. Por su parte (Gurtu et al., 2015) analizaron los cambios en los precios de los combustibles y la imposición de los impuestos sobre el carbono. Desarrollaron una función para calcular los precios futuros de los combustibles y modificaron los modelos de cantidad económica de pedido para demostrar sus impactos en diversas políticas de inventario. Utilizando un enfoque de teoría de juegos, (Cui & Notteboom, 2017) analizaron la competencia y la cooperación entre un puerto puramente privado y un puerto arrendador (parcialmente público) cuando los gobiernos imponen un determinado impuesto sobre las emisiones a ambos.

La elección de tecnología juega un papel importante en las operaciones de las cadenas de suministro bajas en carbono de hoy. (Drake et al., 2016) estudiaron el impacto del impuesto a las emisiones y la regulación de tope y comercio de emisiones en la elección de tecnología y las decisiones de capacidad de una empresa. (Yu et al., 2017) propusieron un modelo de inversión en tecnologías de ahorro energético con el objetivo de resolver problemas de toma de decisiones en los que las empresas intentan equilibrar beneficios e inversiones. (Krass et al., 2013) mostró que un monopolista puede volver a una tecnología más sucia cuando la tasa impositiva ambiental es lo suficientemente alta, y el híbrido óptimo de tasa impositiva y subsidio de costo fijo puede restaurar el bienestar social al mejor nivel.

Los siguientes estudios de investigación han indicado los beneficios del uso de métodos de big data en logística y gestión de la cadena de suministro. (Mishra & Singh, 2018) propuso un enfoque de análisis de big data para la minimización de

residuos en las cadenas de suministro de alimentos.(Çakıcı et al., 2011) utilizaron datos RFID para rediseñar una política de inventario óptima. (Shukla & Kiridena, 2016) introdujeron un modelo de múltiples agentes basado en conjuntos preliminares difusos para configurar cadenas de suministro en entornos dinámicos. (Singh et al., 2015) propusieron un marco de computación en la nube para reducir la huella de carbono de una cadena de suministro. (Tan et al., 2015) propusieron una infraestructura de análisis de big data basada en la teoría de gráficos de deducción para mejorar las capacidades de innovación de la cadena de suministro. (Zhong et al., 2015) establecieron cómo la información de big data podría usarse en la planificación logística, la planificación de la producción y la programación efectivas.(Waller & Fawcett, 2013) argumentan que el uso de la ciencia de datos, el análisis predictivo y los grandes datos podría ayudar a los gerentes de logística a satisfacer las necesidades internas y adaptarse a los cambios en el entorno de la cadena de suministro.

Adicional a lo expuesto, Munim (2019), en su estudio sobre buques autónomos sostiene que existen nuevas formas de alianzas entre transportistas, por ejemplo, a través de pelotones de buques, que pueden evolucionar en el futuro, lo que facilitará el crecimiento comercial sostenible de los transportistas. Con los desarrollos recientes en la tecnología de sistemas autónomos, los barcos autónomos (AS) por sus siglas en inglés pueden llenar los inconvenientes de los barcos convencionales (Munim, 2019).

4.1.-Novedad y originalidad del estudio

La originalidad en una investigación es el motor que impulsa el avance del conocimiento. Al aportar una perspectiva novedosa o una solución innovadora a un problema existente, los investigadores contribuyen a enriquecer el acervo científico y a generar un impacto positivo en su campo de estudio (Rodríguez, 2020).

Uno de los principales propósitos de este estudio es el conocimiento acerca de la sostenibilidad de la cadena de suministro; y en la búsqueda de teorías, paradigmas y/o conjeturas se encontró un vacío sobre el tema. Existen teorías sobre sostenibilidad así como lo hay acerca de la cadena de suministro, sin embargo no se encontró algún estudio o teoría que hable sobre estos dos temas

de manera conjunta. Por ello lo que se hace en la presente investigación es la creación de este constructo, tomando en cuenta teorías de sostenibilidad y cadena de suministro.

Cabe destacar que además de lo mencionado, de acuerdo con la teoría de desarrollo sostenible, la cual hace referencia a que esta es sustentada por tres pilares fundamentales (económico, social y ambiental) (Brundtland, 1987); el presente estudio se enfoca específicamente en el pilar ambiental. Debido a que existen estudios que cubren la parte económica, sin embargo la parte medioambiental se está quedando atrás.

Lo que busca la presente investigación, a diferencia de los estudios y hallazgos encontrados en la evidencia empírica es determinar cuál de las variables sujetas a estudio (logística, partes interesadas e innovación tecnológica) es la que muestra mayor influencia dentro de la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano. Si bien los estudios anteriores afirman que estas variables son significativas y fungen como factor clave para lograr una cadena de suministro sostenible, sin embargo no se sabe a ciencia cierta cuál de las tres es la que tiene mayor incidencia.

Por ejemplo: Lam (2015) sostiene que el uso de barcos, motores y maquinaria de diseño ecológico es el requisito de diseño más importante en las principales líneas de transporte de contenedores. En otras palabras, para Lam la innovación tecnológica es factor clave para una cadena de suministro sostenible en puertos. Por otro lado Linton et al., (2007) señalaron que la sostenibilidad debe implementarse integrando todas las funciones de producción a lo largo del proceso de fabricación. Ellos sostienen que las corporaciones portuarias son los principales operadores de los puertos; sin embargo, las principales fuentes de contaminantes son sus usuarios o proveedores, como los buques transoceánicos, las embarcaciones portuarias, los equipos de manipulación de carga y los remolques. En este estudio las partes interesadas incluidos los operadores de terminales, las empresas de estiba y los operadores de camiones y almacenamiento son la variable que con mayor influencia en la cadena de suministro sostenible. Sin embargo para Alharbi et al. (2015), los horarios, cronogramas y ventanas de tiempo son soluciones logísticas que ayudan a reducir el consumo de combustible de los buques y demás maquinaria que

mejorará la sostenibilidad de la red mundial de transporte de contenedores. Claro es que para dichos autores la logística es una variable fundamental en la sostenibilidad de la cadena de suministro sostenible portuaria.

Estos solo son tres de los estudios analizados, donde se centran en estudiar únicamente una de las tres variables; con base en estos análisis tomamos dichas variables para analizar cuál de las tres es la que tiene mayor influencia. La diferencia de estos estudios con el presente es identificar la variable con mayor influencia, así como la creación de nuevas teorías como la que se menciona al inicio del presente apartado.

Parte III.- Diseño Metodológico

Capítulo 5.- Metodología

Este capítulo describe la metodología empleada para la medición de las variables que integran el análisis entre la cadena de suministro portuaria, logística, partes interesadas e innovación tecnológica bajo un enfoque sostenible en los puertos del pacífico mexicano utilizando las técnicas de análisis de modelamiento de ecuaciones estructurales.

La presente investigación está basada en el método científico, partiendo de la hipótesis, siendo el planteamiento del problema basado en que los supuestos intentan resolver y comprobar cuáles variables se pueden corroborar o no dependiendo de lo que se pretende estudiar. Su origen va desde un planteamiento del problema incluyendo el reconocimiento de los hechos: a) examen del grupo de hechos, clasificación preliminar y selección de los que probablemente sean relevantes en algún respecto, b) descubrimiento del problema como hallazgo de la laguna o de la incoherencia en el cuerpo del saber, y formulación del problema, la cual consiste en plantear de una pregunta que tiene probabilidad de ser la correcta; esto es, reducción del problema a su núcleo significativo, probablemente soluble y probablemente fructífero, con ayuda de conocimiento disponible (Bunge, 2004).

La metodología científica es un conjunto de pasos sistemáticos que los científicos emplean para investigar fenómenos naturales y sociales, buscando explicaciones objetivas y verificables. Este método se basa en la observación cuidadosa, la formulación de hipótesis, la experimentación controlada y el análisis riguroso de los datos obtenidos. A través de este proceso, los científicos construyen teorías que explican el mundo que nos rodea y generan nuevo conocimiento. La metodología científica se caracteriza por su objetividad, su capacidad de ser refutada y su constante revisión a la luz de nuevas evidencias (Hurtado-Talavera, 2020). Los instrumentos de investigación son una parte esencial del proceso de investigación y juegan un papel clave en la obtención de información precisa y confiable (Medina et al., 2023).

La presente investigación se clasifica dentro de un enfoque cuantitativo, el cual utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías; siendo de utilidad para evaluar, comparar, interpretar, establecer precedentes y determinar causalidad y sus implicaciones(Álvarez, 2011). Los alcances de esta investigación cuantitativa se centran en la cuestión descriptiva y práctica. Para la primera, se busca especificar describir propiedades y características importantes de los fenómenos que se estén analizando en la presente. A grandes rasgos, describe tendencias de un grupo o población; en la segunda, asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población y finalmente, la explicativa pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian (Hernández, 2014)

5.1. - Modelamiento de ecuaciones estructurales

El modelamiento de ecuaciones estructurales (MEE) es una técnica estadística ampliamente utilizada en las ciencias sociales y ciencias del comportamiento (Hox & Bechger, 1998). Los modelos de ecuaciones estructurales son considerados como análisis multivariantes de segunda generación (Fornell & Bookstein, 1982) cuyas características de dichas técnicas, es que vinculan datos con la teoría científica enlazando variables tanto empíricas como abstractas.

Anteriormente el análisis multivariante estaba compuesto por técnicas como el análisis de componentes principales, el análisis factorial, el análisis discriminante y la regresión múltiple. Con base en Haenlein y Kaplan (2004), estas técnicas de primera generación presentan las siguientes limitantes:

- Únicamente establecen modelos simples, donde existe solamente una variable dependiente y varias independientes.
- Se parte del supuesto de que todas las variables son observables.
- Se considera que las variables no contienen error en las medidas.

El desarrollo de los modelos de ecuaciones estructurales surge como una técnica para reducir las limitantes de las técnicas multivariantes de primera generación. El MEE es una combinación del análisis factorial, regresión múltiple y el análisis de sendero (Aldas-Manzano & Uriel-Jimenez, 2017).

Los antecedentes de los MEE radican en los trabajos de (Fisher, 1925) donde presenta su técnica de análisis de la varianza, en el que explica el efecto de una variable independiente o explicativa sobre una variable dependiente explicada, lo que se conoce como correlación, y establece hasta qué punto la variación de la variable dependiente se debe a las variaciones de las variables independientes. Sin embargo, el hecho de que dos variables estén correlacionadas no significa que haya un efecto de causalidad, pero la existencia de una relación causal entre dos variables sí implica una relación de correlación y es de este punto de donde se desprende la importancia de los modelos de ecuaciones estructurales.

El principal modelo es el análisis factorial exploratorio junto con el trabajo de análisis de factores de Spearman (1904), tuvieron una gran influencia para el desarrollo de los modelos de ecuaciones estructurales y el análisis factorial confirmatorio de (Jöreskog, 1969).

El modelamiento de ecuaciones estructurales fue influenciado por el análisis de senderos o Path Analysis (PA), una técnica que sirve para estimar parámetros desconocidos de un sistema de ecuaciones simultáneas. Esta técnica fue propuesta por el genetista Sewall Wright (1920, 1921) donde se calculan coeficientes de las rutas a un problema sobre factores de crecimiento, dichos cálculos buscan establecer relaciones de causa efecto, el resultado de los coeficientes obtenidos miden el grado de relación causal entre las variables.

El desarrollo formal de los modelos de ecuaciones estructurales está estrechamente ligado a los trabajos de Jöreskog y Wold, cada uno con sus diferentes perspectivas y técnicas de estimación. Por un lado, Jöreskog mediante las covarianzas, que es el método más popular, sin embargo, Wold (1966) introdujo la idea de los mínimos cuadrados parciales mediante su algoritmo NILES (Nonlinear Iterative Least Squares), posteriormente en la década de los años setenta, propuso un enfoque alternativo a LISREL, con la denominación de NIPALS (Nonlinear Iterative Partial Least Squares). Wold propone la estimación

de los modelos de ecuaciones estructurales mediante mínimos cuadrados parciales, al no estar de acuerdo con la modelación propuesta por Jöreskog, al necesitar un gran tamaño muestra y una distribución normal de los datos (J. F. Hair et al., 2022).

El uso de los modelos de ecuaciones estructurales ofrece los siguientes beneficios:

- Provee una función integrativa bajo un solo método.
- Ayuda a precisar mejor las hipótesis y la operacionalización de constructos.
- De forma frecuente sugiere nuevas hipótesis que no eran consideradas originalmente y abre sugerencias para investigaciones futuras.
- Son útiles en investigaciones experimentales, por encuestas, estudios longitudinales y transversales (Bagozzi & Yi, 2012).

El análisis de los modelos de ecuaciones estructurales se puede realizar mediante dos enfoques:

- **Análisis de covarianzas (CBM):** la estimación de los coeficientes se realiza ajustando la matriz de covarianzas, implicando grandes cantidades de datos muestrales y condiciones rígidas de normalidad de los datos. La estimación se realiza a través de la máxima verosimilitud (ML) o mínimos cuadrados generalizados (GLS), el software utilizado generalmente es LISREL, Amos, EQS, R, Sepath.
- **Análisis de varianzas basados en componentes (PLS):** estima los coeficientes con el método de mínimos cuadrados parciales, arrojando resultados igual de fiables que el método basado en covarianzas, pero sin las fuertes restricciones relacionadas con el tamaño muestral y la distribución.

La selección de cualquiera de los métodos dependerá de los objetivos de la investigación, si es para llevar a cabo el desarrollo y evaluación de alguna teoría, se recomienda utilizar un modelo de ecuaciones estructurales basado

en covarianza (Sánchez-Infante, 2017) El uso de PLS se orienta el análisis predictivo de alta complejidad donde la teoría se encuentra poco desarrollada (Wold, 1980a).

Adicionalmente, Bagozzi y Yi (1994) mencionan tres factores que influyen en la elección de un método u otro, PLS es preferido cuando las muestras son de un tamaño pequeño, los datos no están distribuidos normalmente y cuando el modelo es sumamente complejo y con muchas variables y parámetros.

5.2.- El Modelo de Ecuaciones Estructurales con Mínimos Cuadrados Parciales (SEMPLS)

El modelo de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (SEMPLS) es una técnica estadística que permite el cálculo de estimación simultánea de un conjunto de ecuaciones en el que se mide los conceptos (modelo de medición) y las relaciones que hay entre ellos (modelo estructural), y tiene capacidad para tratar con conceptos no directamente observables (Cepeda-Carrión & Roldán, 2004).

Con base en Barclay *et al.* (1995) SEMPLS es una combinación iterativa de análisis de componentes principales que vincula medidas con constructos y análisis de senderos que permite el desarrollo de un sistema de constructos. Las relaciones entre indicadores y constructos son guiados por la teoría y la estimación de los parámetros de las relaciones entre constructos se realiza con Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS). Así que SEMPLS busca la predicción de las variables dependientes, tanto latentes como manifiestas, por lo que se busca maximizar la varianza explicada R^2 de las variables dependientes. A diferencia de los métodos tradicionales, basados en covarianzas (MBC), SEMPLS se ajusta mejor en aplicaciones predictivas y de desarrollo de la teoría o análisis exploratorio, sin embargo, también puede ser utilizado para la confirmación de la teoría (Sánchez-Infante, 2017).

Chin *et al.*, (2003) menciona que SEMPLS es un potente método de análisis debido a que sus requerimientos en cuanto a la medición de las variables, el tamaño muestral y las distribuciones son mínimas. SEMPLS evita dos serios

problemas: las soluciones impropias o inadmisibles y la indeterminación de factores (Fornell & Bookstein, 1982).

SEMPLS ofrece una ventaja significativa sobre los modelos basados en covarianzas (MBC), los modelos PLS permiten operar con indicadores tanto reflectivos (por ejemplo, rasgos de personalidad, actitudes) como formativos (medidas que dan lugar a un constructo teórico latente, por ejemplo, el constructo estatus social que incluye los indicadores ocupación, ingreso, lugar de residencia), mientras que los modelo MBC solo operan con indicadores reflectivos (Cepeda-Carrión & Roldán, 2004).

En cuanto a las relaciones que se presentan en las variables, estas pueden ser recursivas, cuando solo van en una sola dirección o no recursivas, cuando son bidireccionales. Los MBC aceptan ambas relaciones, mientras que SEMPLS solo aceptan las relaciones unidireccionales (J. F. Hair et al., 2022).

PLS presenta un tipo de sistema de análisis tanto estadístico como matemático que se ajustan a las condiciones de las ciencias sociales, a estos modelos se les conocen como modelización flexible (Wold, 1980a). Los procedimientos tanto matemáticos como estadísticos son sumamente rigurosos y robustos, sin embargo el modelo es flexible debido a que no realiza suposiciones relativas a los niveles de medida de los indicadores, distribución de los datos y el tamaño muestral (Wold, 1980b).

Hair Jr et al., (2021) mencionan que el procedimiento para desarrollar un modelo de ecuaciones estructurales utilizando mínimos cuadrados parciales (SEMPLS) se basa en siete pasos, lo cuales se describen a continuación:

1. **Especificación del modelo estructural:** consiste en preparar un diagrama que ilustre las hipótesis de la investigación, así como la relación entre las variables, constructos e indicadores.
2. **Especificación de las medidas:** en esta etapa se representa la relación entre los constructos y sus indicadores correspondientes basados en las teorías correspondientes.
3. **Recolección de datos:** es una de las fases más importantes la cual involucra la recolección de los datos que van a ser medidos en el modelo.
4. **Estimación del modelo de sendero SEMPLS:** consiste en la estimación

delos coeficientes de los senderos que relacionan los constructos con los indicadores.

5. **Evaluación de los resultados del SEMPLS:** compara las medidas empíricas utilizadas con la realidad, es decir que tan bien la teoría se ajusta a los datos.
6. **Evaluación de los resultados del modelo estructural:** ya que se ha confirmado que los constructos son confiables y válidos, ahora se evalúa los resultados del modelo estructural mediante la examinación de la capacidad predictiva de las relaciones entre los constructos.
7. **Interpretación de los resultados:** hace referencia al reporte de los resultados que arroja el modelo.

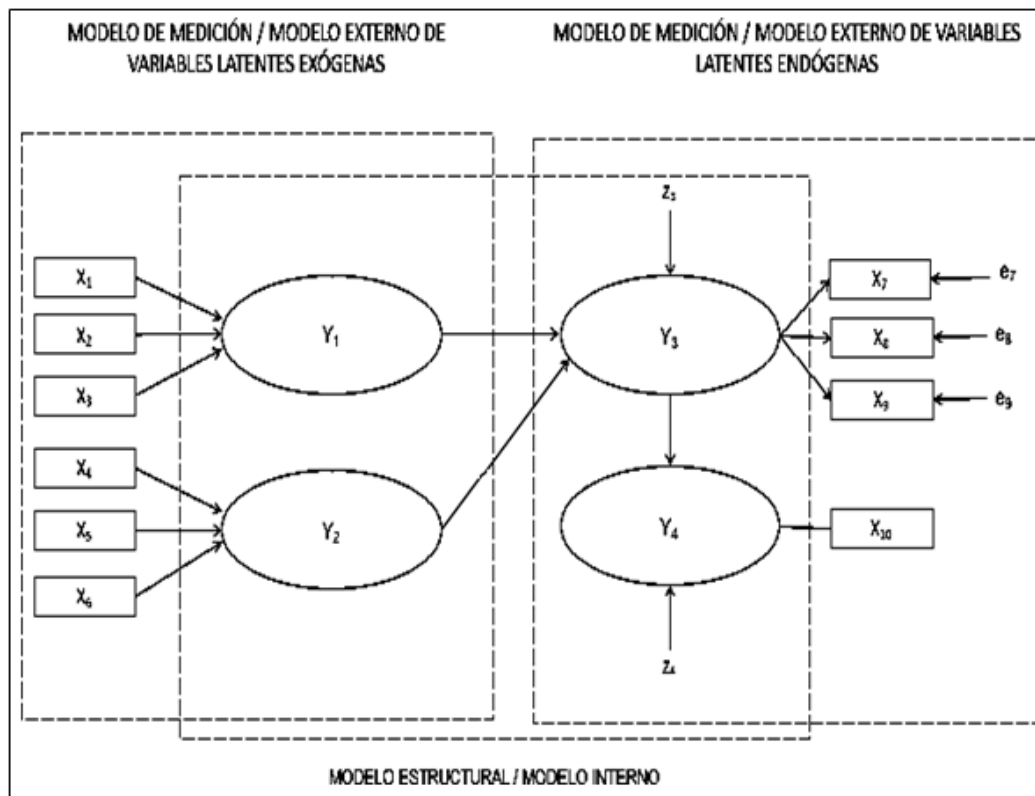
5.3.- Construcción del modelo estructural

El primer paso muestra las hipótesis de la investigación e ilustra las relaciones de las variables que serán examinadas. A este diagrama se le conoce como modelo de sendero. Se basa en dos elementos: (1) el modelo estructural o en términos de SEMPLS *inner model*, que describe la relación entre las variables latentes y (2) el modelo de medición, en el cual se describen la relación entre las variables latentes y sus indicadores (J. F. Hair et al., 2022).

Los elementos utilizados en los modelos SEMPLS son los siguientes:

- **Constructos:** son las variables que no son medidas directamente y dentro de los modelos se representan como círculos (Y_1 , a Y_4).
- **Indicadores:** también son llamados ítems o variables manifiestas, estas son medidas directamente y contienen los datos puros, dentro del modelo se representan como rectángulos (X_1 a X_{10}).
- **Flechas:** indican la relación entre los constructos y sus indicadores, en los modelos SEMPLS las flechas son unidireccionales. Las flechas representan también, relaciones predictivas, pero con un fuerte soporte teórico indican relaciones causales

Figura 4.- Ejemplo de Modelo SEMPLS



Fuente: Hair et al., (2017).

Los modelos SEMPLS se construyen de dos elementos:

1. **Un modelo estructural o *ínter modelo*:** representa los constructos (círculos u óvalos) así como las relaciones entre los constructos, es decir el sendero (flecha).
2. **Modelos de medición u *autor modelo*:** muestran las relaciones entre los constructos y los indicadores. En este tipo de modelos se identifican dos tipos: uno es para las variables latentes exógenas (son los indicadores que componen los constructos) y otro para las variables endógenas (son los indicadores que explican los constructos).

Finalmente, los términos de error (e_7 a e_9) están conectados a los constructos endógenos y son medidos de forma reflectiva por una flecha. Estos términos de error representan la varianza inexplicada cuando el modelo es estimado.

En la figura anterior los términos de error e_7 a e_9 , son resultado de la estimación de un modelo endógeno cuya relación va del constructo hacia el indicador, estos indicadores son medidos de manera reflectiva, Mientras, que los indicadores formativos (X_1 a X_6), donde la relación va del indicador al constructo, no tienen

término de error. Para el constructo Y_4 la dirección de la relación entre ambos no importa, ya que el constructo es equivalente al indicador por lo mismo no hay un término de error asociado a X_{10} . (Joseph F Hair et al., 2021).

Dentro del modelo estructural también se tienen términos de error Z_3 y Z_4 se asocian con los constructos Y_3 y Y_4 .

Componentes del modelo construido.

La cadena de suministro sostenible es un sistema de gestión del flujo de bienes, servicios, información y finanzas a través de la cadena de suministro para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Es un enfoque holístico para administrar la cadena de suministro que considera los impactos ambientales, sociales y económicos de todas las actividades (Lao Torres, 2019). Hay una serie de desafíos para las cadenas de suministro marítimo sostenibles, como el alto consumo de energía de los barcos, el impacto ambiental de las operaciones portuarias y la falta de transparencia en la cadena de suministro (Aita, 2022)

La logística en la cadena de suministro sostenible.

La logística es una parte fundamental de cualquier cadena de suministro y desempeña un papel aún más importante en los puertos marítimos. Esto se debe a que los puertos son centros importantes para el movimiento de mercancías y pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente (Marinucci, 2021). Al adoptar prácticas logísticas sostenibles, los puertos pueden reducir su impacto ambiental y mejorar su desempeño social. Algunas prácticas de logística sostenible que los puertos pueden adoptar incluyen el uso de fuentes de energía renovables, reducción de residuos, mejora de la eficiencia energética y promoción de la responsabilidad social (Justavino-Castillo et al., 2020).

Partes interesadas en la cadena de suministro sostenible

Una cadena de suministro portuaria comprende todas las cadenas logísticas globales que operan a través de un puerto marítimo, incluyendo a los diferentes actores interesados en los procesos de comercio internacional, ejemplo de estos son importadores y exportadores, autoridades portuarias, los operadores de terminales, aduanas, agencias aduanales, transportistas, navieras, parques de contenedores vacíos, recintos fiscales, etc. (Ascencio et al., 2014) En este

sentido, las autoridades portuarias pueden influir en las compañías navieras al establecer requisitos para prácticas sostenibles, como el uso de embarcaciones energéticamente eficientes. Las compañías navieras pueden influir en los operadores de terminales exigiéndoles que adopten prácticas sostenibles, como el uso de energías renovables. Los operadores de terminales pueden influir en los propietarios de la carga ofreciendo descuentos para los bienes que se transportan utilizando métodos sostenibles (Valcarce-Ruiz, 2023). Los propietarios de la carga pueden influir en las comunidades locales apoyando prácticas sostenibles y abogando por políticas que protejan el medio ambiente. Los gobiernos pueden influir en todas las partes interesadas proporcionando incentivos financieros y promulgando reglamentos que respalden prácticas sostenibles (Smith et al., 2006).

Innovación tecnológica en la cadena de suministro sostenible

La innovación tecnológica puede tener un impacto positivo en la cadena de suministro sostenible en los puertos marítimos de varias maneras. Un ejemplo de innovación tecnológica que se está utilizando para mejorar la sostenibilidad en los puertos es el uso de barcos eléctricos e híbridos. Los barcos eléctricos e híbridos producen cero emisiones, lo que puede ayudar a reducir la contaminación del aire y las emisiones de gases de efecto invernadero en las zonas portuarias (Ramos-Aguado, 2022). Otro ejemplo es el uso de tecnologías de puertos inteligentes, como sensores y análisis de big data, que se pueden utilizar para mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio en las operaciones portuarias (Revuelta-Martinez, 2019). En general, la innovación tecnológica tiene el potencial de desempeñar un papel importante en el desarrollo de puertos marítimos sostenibles. Al adoptar nuevas tecnologías, los puertos marítimos pueden reducir su impacto ambiental y mejorar su desempeño social. Esto puede conducir a una serie de beneficios, como una mayor satisfacción del cliente, costos reducidos, seguridad mejorada y mayor cumplimiento de las regulaciones (González-Cancelas et al., 2020).

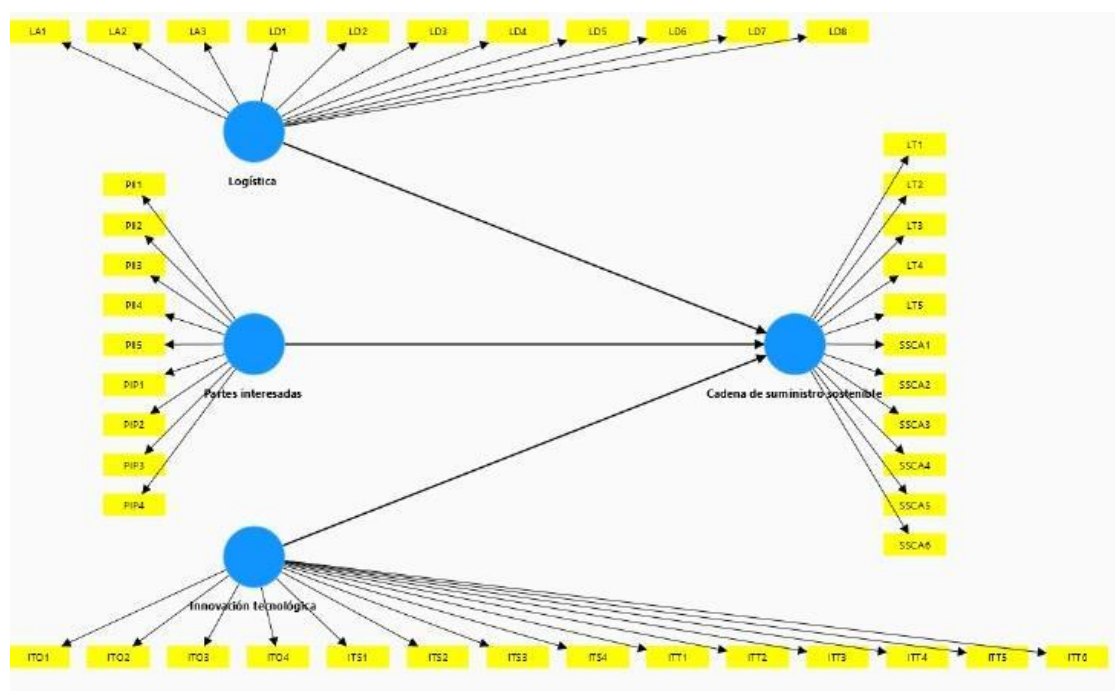
5.4.- Especificación del modelo SEMPLS

De acuerdo con los componentes identificados del modelo y siguiendo el procedimiento propuesto por (Joseph F Hair et al., 2017) el primer paso para crear

un modelo de ecuaciones estructurales mediante mínimos cuadrados parciales es la especificación del modelo de forma gráfica.

Los constructos son representados dentro del modelo estructural como círculos u óvalos, en este caso son los constructos cadena de suministro sostenible (SSC), logística (L), partes interesadas calidad (PI) e innovación tecnológica (IT) así como sus relaciones con sus indicadores que son representados en los rectángulos de cada uno de los constructos. Mientras que los rectángulos representan los indicadores del modelo.

Figura 5.- Especificación del modelo de ecuaciones estructurales de la cadena de suministro sostenible



Fuente: Elaboración propia con base en marco teórico

Las especificaciones del modelo representan la parte más importante en la construcción de este análisis estadístico (Kline, 2023), debido a que estos últimos resultados dependen de la precisión del modelo especificado, además el tiempo del modelo puede ser modificado en etapas posteriores de acuerdo a consideraciones teóricas y resultados experimentales correspondan mejor a la realidad. En el modelo de ecuaciones estructurales (SEM), un modelo reflexivo es un tipo de modelo de medición en el que la variable latente (también conocida como constructo) es causada por sus indicadores. En otras palabras, los indicadores son variables observadas que miden la variable latente. Por ejemplo, si la variable latente es "inteligencia", entonces los indicadores podrían ser

"puntuaciones de pruebas de coeficiente intelectual", "promedio de calificaciones" y "puntuaciones de pruebas estandarizadas"(J. F. Hair et al., 2022).

Un modelo formativo es un tipo de modelo de medida en el que la variable latente provoca sus indicadores. En otras palabras, los indicadores no son variables observadas que miden la variable latente, sino que son las cosas que crean o forman la variable latente. Por ejemplo, si la variable latente es "calidad del producto", entonces los indicadores podrían ser "número de defectos", "índices de satisfacción del cliente" y "devoluciones de productos".

En la presente investigación los indicadores generados para la estimación del modelo son de tipo reflectivo dado que los indicadores muestran actitudes hacia el constructo (Barclay et al., 1995) es decir que los indicadores son manifestaciones del constructo por lo que estos indicadores son de una forma causal (Cepeda-Carrión & Roldán, 2004).

5.5.- Selección de medidas y recolección de datos

Para poder realizar el análisis de los datos recogidos es importante revisar todas las variables con la finalidad de evaluar la base de datos dado que esta es una de las etapas con mayor relevación en cualquier proyecto de investigación, pero es aún más importante cuando la técnica para su análisis es un modelo de ecuaciones estructurales (Joseph F Hair et al., 2021).

El análisis mediante el uso de un MEE requiere disponibilidad de los datos cuantitativos, los investigadores de las ciencias sociales en general confían en la recolección de datos a través de cuestionarios estructurados, sin embargo, esta tendencia ha cambiado principalmente con acceso a bases de datos secundarias altamente confiables (Rigdon, 2014).

5.5.1.- Instrumento

Uno de los principales aspectos dentro de la investigación científica es la generación de datos para alcanzar los objetivos planteados por lo tanto la medición de los aspectos de interés científico es un asunto necesario. La medición es definida como la asignación de números, símbolos o valores a las propiedades de los objetos o eventos de acuerdo con reglas (Stevens, 1989). Sin embargo, esta definición está más apegada a las ciencias exactas que a las sociales (Carmines & Zeller, 1979). De acuerdo con estos autores, la medición se

define como el proceso de vinculación de conceptos abstractos con indicadores empíricos, el cual se realiza mediante un plan para clasificar los datos disponibles, en términos que el investigador considere.

En la investigación científica, los instrumentos de investigación son herramientas valiosas para la recopilación de información y la obtención de una comprensión más profunda y precisa de un tema de estudio. Estas herramientas ayudan a los investigadores a recopilar datos objetivos, a evaluar y comparar diferentes grupos o poblaciones (Medina et al., 2023). Un instrumento de recopilación de datos es una herramienta rigurosamente estandarizado, que traduce y operacionaliza determinados objetos de la investigación (Ander-Egg & Aguilar, 1995). Para que un instrumento que pueda cumplir con el rigor del método científico debe responder a dos requisitos:

- **Validez:** consiste en captar, de manera significativa y en un grado de exactitud suficiente y satisfactorio, quiere decir que el cuestionario mida lo que realmente se quiere medir, sin ocasionar una distorsión de la realidad.
- **Fiabilidad:** es la capacidad de que tiene el instrumento de poder obtener observaciones iguales o similares aplicando las mismas preguntas acerca de los mismos hechos.

Para medir la influencia que cada una de las variables propuestas tiene en la cadena de suministro sostenible se diseñó y aplicó un instrumento con una escala tipo Likert de cinco puntos. La escala tipo Likert es comúnmente utilizada en instrumentos de investigación para medir las opiniones, creencias y actitudes indicando los diferentes grados de acuerdo con cada ítem de la escala, con esto se eliminan los juicios de los respondientes (Oppenheim, 1966). Los resultados obtenidos se suman y se promedian, para producir una puntuación de actitud del individuo (Kerlinger et al., 2002).

Un cuestionario es una herramienta valiosa en la recopilación de información y se utiliza ampliamente en diversos campos, incluyendo la investigación, la evaluación, la educación y la evaluación del desempeño. Un cuestionario bien diseñado es crucial para obtener resultados precisos y confiables. Debe tener

preguntas claras y concisas, que permitan al participante proporcionar información precisa y relevante (Medina et al., 2023).

El instrumento se elaboró a través de la operacionalización de las variables, iniciando por la definición conceptual de las variables involucradas. Después, se definió operacionalmente la variable, transformando de términos abstractos a términos concretos, observables y medibles. El siguiente paso es la identificación de las dimensiones de las variables, que son los componentes que integran a las variables. Por último, se establecen indicadores para ser extraídos y posteriormente medidos.

En el instrumento se presentaron cinco alternativas de respuesta para cada ítem, con un valor numérico para cada alternativa, donde los entrevistados solo pueden elegir una sola opción. Las opciones de respuesta son las siguientes: 1) totalmente en desacuerdo, 2) en desacuerdo, 3) ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4) de acuerdo y 5) totalmente en de acuerdo

5.5.2.- Recolección de datos

La aplicación del instrumento desarrollado anteriormente se realizó en tres etapas. La primera fue mediante el uso de correo electrónico. Se hizo un directorio con los correos de las agencias aduanales de Manzanillo y Lázaro Cárdenas. Se asistió a la Feria Michoacán de Origen 2024 del 15 al 19 de Abril donde estuvo toda la comunidad portuaria de Lázaro Cárdenas. Se presentaron distintas empresas y asociaciones del ramo portuario como la Asociación de Agentes Aduanales, la Asociación de Agentes Navieros A.C., Asociación de Transportistas de carga Federal de Lázaro Cárdenas y demás terminales portuarias como SSA MEXICO, APM TERMINALS, MEXSHIPPING AGENCIA S.A DE C.V., ECU WORLDWIDE GEOGRAPHY SIMPLIFIED, entre otras.

La segunda etapa se hizo directamente en puerto. Se visitaron agencias aduanales, navieras y terminales del puerto de Manzanillo, Colima. Ubicadas en su mayoría en la Avenida Teniente Azueta, San Pedrito y algunas otras ubicadas a un costado de Torre Puerto sobre el Boulevard Miguel de la Madrid. Cabe destacar que en estas últimas, se visitó la Agencia Aduanal “Grupo de Logística Aduanera”, donde el A.A. Alán Ramírez Castrejón con patente número 1348 contestó directamente un cuestionario. Esta etapa se realizó del 8 al 12 de mayo

del 2024.

La etapa tres se realizó a raíz de la segunda etapa, donde uno de los colaboradores de la Agencia Aduanal Grupo Galván, quien además de llenar un cuestionario, ofreció el ingreso a un grupo de WhatsApp denominado RIAM ADUANEROS MZO (Red de Inteligencia Aduanera Mzo), con 748 miembros dedicados a las actividades portuarias. En dicho grupo se compartió el cuestionario y se obtuvo respuesta de 18 agencias, terminales y transportistas adicionales a las ya visitadas. Esta última etapa se llevó a cabo del 23 al 30 de Mayo del 2024.

Tabla 3.- Empresas encuestadas

	Nombre de la empresa	Localidad
1	SILCA LOGISTICA AGENCIA ADUANAL	Lázaro Cárdenas
2	GTS CORPORATIVO ADUANERO	Lázaro Cárdenas
3	AGENCIA ADUANAL FERNANDEZ ESPINOSA	Lázaro Cárdenas
4	RB GROUP	Lázaro Cárdenas
5	HANO PANIAGUA Y ASOCIADOS	Lázaro Cárdenas
6	CORPORATIVO INTERNACIONAL ESPECIALIZADO	Lázaro Cárdenas
7	TRADELINK PACIFICO	Lázaro Cárdenas
8	AGENCIA ADUANERA DE AMERICA LS	Lázaro Cárdenas
9	AGENCIA ADUANAL	Lázaro Cárdenas
10	AGENCIA ADUANAL ARFERION CIUDAD DE MEXICO	Lázaro Cárdenas
11	AGENCIA ADUANAL ESQUER LUKEN	Lázaro Cárdenas
12	AGENCIA ADUANAL VISA	Lázaro Cárdenas
13	AGENCIAS ADUANALES CONSOLIDADAS	Lázaro Cárdenas
14	ALMEIDA Y ALATORRE	Lázaro Cárdenas
15	CORPORATIVO ENCISO	Lázaro Cárdenas
16	FEME LOGISTICA	Lázaro Cárdenas
17	FERNANDEZ HINOJOSA Y CIA	Lázaro

		Cárdenas
18	GRUPO ADUANAL GALVAL	Lázaro Cárdenas
19	HG AGENCIA ADUANAL	Lázaro Cárdenas
20	LOGISTICA INTERNACIONAL DE COMERCIO	Lázaro Cárdenas
21	LOSEN	Lázaro Cárdenas
22	OCAMPO GRUPO ADUANAL	Lázaro Cárdenas
23	OÑATE WILLY Y CIA	Lázaro Cárdenas
24	PALCO	Lázaro Cárdenas
25	SERVICIOS ADUANALES DEL PACIFICO	Lázaro Cárdenas
26	VILLUEVA CERVANTES Y ASOCIADOS INTERNACIONAL LOGISTICA	Lázaro Cárdenas
27	WELLDEX INTERNACIONAL	Lázaro Cárdenas
28	SERVICIOS ADUANALES DEL PACIFICO SC	Manzanillo
29	AGENCIA EN DESPACHOS Y OPERACION DE NEGOCIOS ADUANALES INTEGRALES SC	Manzanillo
30	COMEXTAA SC	Manzanillo
31	AGENCIA ADUANAL FERNANDEZ ESPINOZA SC	Manzanillo
32	HANO PANIAGUA Y ASOCIADOS SC	Manzanillo
33	AGENCIA ADUANAL PEREZ ORTIZ SC	Manzanillo
34	SILCA LOGISTICA AGENCIA ADUANAL SC	Manzanillo
35	AGENCIA ADUANAL HERNANDEZ MARYM SC	Manzanillo
36	LOGISTICA CORPORATIVA EN COMERCIO EXTERIOR SC	Manzanillo
37	AGENCIA ADUANAL WISE SICE SA DE CV	Manzanillo
38	COORDINACION DE DESPACHO Y ASESORIA ADUANAL SC	Manzanillo
39	PASE OPERACION ADUANAL Y SERVICIO SC	Manzanillo
40	CONFEDERACION LATINOAMERICANA DE AGENTES ADUANALES AC	Manzanillo
41	PASQUEL HERMANOS CENTRO SC	Manzanillo
42	MOZ AGENCIA ADUANALES DE MANZANILLO	Manzanillo
43	TECNO LOGISTICA ADUANAL SA DE CV	Manzanillo
44	WELLDEX INTERNACIONAL SC	Manzanillo
45	VISA LOGISTICA ADUANERA SC	Manzanillo
46	AGENCIAS ADUANALES CONSOLIDADAS SC	Manzanillo
47	AGUILAR MORFIN SC	Manzanillo
48	ALMEIDA Y ALATORRE SC	Manzanillo
49	COORDINADORA Y DISEÑO EN SOLUCIONES DE COMERCIO EXTERIOR SA DE CV	Manzanillo

50	CORPORATIVO ADUANAL ROBLES SC	Manzanillo
51	CORPORATIVO ADUANERO GSM SA DE CV	Manzanillo
52	CORPORATIVO ENCISO SC	Manzanillo
53	D A HINOJOSA SA DE CV	Manzanillo
54	DESPACHO ADUANAL DEL GOLFO SC	Manzanillo
55	ESH LOGISTICA INTELIGENTE SC	Manzanillo
56	GIL Y GIL AGENTES ADUANALES SC	Manzanillo
57	GOMSA GO FORWARDER	Manzanillo
58	YARZA Y CIA SC	Manzanillo
59	GRUPO HERNANDEZ GARZA SC	Manzanillo
60	INTER MEDIA CONTROL FRUIT SA DE CV	Manzanillo
61	LOGISTICA WOODWARD SC	Manzanillo
62	LOSEN SA DE CV	Manzanillo
63	LOUNIKO TRADING CORPORATION SC	Manzanillo
64	MOVERS CONSORCIO ADUANAL SC	Manzanillo
65	MULTISERVICIOS ADUANALES DE MANZANILLO SC	Manzanillo
66	OCAMPO GRUPO ADUANAL SA DE CV	Manzanillo
67	OÑATE WILLY Y COMPAÑIA SC	Manzanillo
68	PRIDA SERVICIOS CORPORATIVOS SAPI DE CV	Manzanillo
69	RADAR CUSTOMS & LOGISTICS SAPI DE CV	Manzanillo
70	RAVISA MEXICO SC	Manzanillo
71	RED ADUANERA PENINSULAR SC	Manzanillo
72	SICE AGENTES ADUANALES SC	Manzanillo
73	SISTEMA ADUANAL PROFESIONAL SC	Manzanillo
74	TRAMITADORA DEL PACIFICO SA DE CV	Manzanillo
75	TRAMITES Y LOGISTICA EN COMERCIO EXTERIOR SA DE CV	Manzanillo
76	VILLANUEVA CERVANTES Y ASOCIADOS SC	Manzanillo

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se obtuvieron un total de 78 cuestionarios respondidos de las empresas mencionadas. Con los resultados obtenidos de los cuestionarios se realizó la base de datos. La creación de la base de datos se hizo en el software Excel, colocando en la parte superior los ítems que corresponden a los resultados de las encuestas en seguida se subió la base de datos al software PLS, donde se hicieron las mediciones, pruebas, evaluaciones y demás estimaciones correspondientes para dar inicio al modelado de ecuaciones estructurales.

5.6.- Estimación del modelo

Para la estimación del modelo es necesario entender el funcionamiento del

algoritmo PLS. El algoritmo fue inicialmente desarrollado por el estadístico y econometrista noruego Herman Wold en su trabajo seminal de 1975 donde plantea el método de mínimos cuadrados parciales para el cálculo del análisis de componentes principales de 1966 a contextos donde se involucraba más de un grupo de variables. Posteriormente, Wold (1980) explica el funcionamiento de los modelos de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales en la econometría. En sus trabajos de 1982 y 1985 Wold describe cuál es el funcionamiento del algoritmo.

Posteriormente otros autores que hicieron aportaciones importantes al desarrollo de los modelos SEM-PLS fueron Lohmöller (1989), Chin (1998), Tenenhaus *et al.* (2005), Bentler y Huang (2014), Dijkstra (2014) y Dijkstra y Henseler (2015); (Wold, 1980a). Sin embargo Joseph F. Hair (Jr.), G. Tomas M. Hult, Christian M. Ringle, y Marko Sarstedt son nombres destacados en el campo de la investigación cuantitativa, particularmente en el área de los modelos de ecuaciones estructurales (SEM), específicamente el modelado de ecuaciones estructurales por mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM). Su trabajo conjunto ha sido instrumental en la popularización y el desarrollo de esta técnica estadística, brindando a investigadores de diversas disciplinas una herramienta poderosa para analizar datos complejos y construir modelos teóricos robustos. (J. F. Hair *et al.*, 2022)

El algoritmo funciona para estimar los coeficientes de los senderos y los otros parámetros del modelo de tal manera que logra maximizar la varianza explicada de los constructos (Joseph F Hair *et al.*, 2017). Para estimar un modelo SEMPLS se crea una matriz con los datos que se van a utilizar para correr el algoritmo, en las columnas se muestran los indicadores utilizados, y en las filas se muestran las observaciones. Los indicadores medidos (rectángulos en el modelo de sendero) se muestran al inicio, los constructos (círculos u óvalos en el modelo de sendero) se muestran del lado derecho de la matriz. Los indicadores medidos son utilizados como datos puros para estimar cada uno de los diferentes constructos.

El algoritmo SEMPLS utiliza los elementos conocidos para estimar los elementos desconocidos del modelo. El algoritmo necesita determinar los scores de los constructos que son utilizados como *inputs* para el modelo de regresión parcial

dentro del modelo. Después de que el algoritmo calcula los escores de los constructos, estos son utilizados para estimar cada una de las regresiones en el modelo de sendero, como resultado se obtienen los parámetros de todas las relaciones en los modelos de medición (cargas y pesos) y los coeficientes de los senderos (Joseph F Hair et al., 2017).

Las regresiones parciales de los modelos estimados por el algoritmo SEMPLS y su procedimiento iterativo incluyen dos etapas: en la primera, los escores de los constructos son estimados; en la segunda etapa, se estiman los pesos y las cargas, así como los coeficientes del modelo estructural y el valor R^2 de las variables latentes endógenas (Martínez-Ávila & Fierro-Moreno, 2018).

Para la estimación del modelo desarrollado en la presente investigación se utilizó el software SmartPLS ya que es más comprensible y sencillo de utilizar para la estimación de este tipo de modelos

5.6.1.- Propiedades estadísticas

La técnica de estimación de los modelos de ecuaciones estructurales utilizando mínimos cuadrados parciales es una técnica que basada en regresiones de mínimos cuadrados ordinarios, por lo que comparten algunas de sus propiedades estadísticas. SEMPLS se enfoca principalmente en la predicción de un conjunto de relaciones hipotetizadas que maximizan la varianza explicada en las variables dependientes (Joseph F Hair et al., 2017).

Uno de los aspectos negativos de utilizar SEMPLS es la falta de un índice de bondad de ajuste el modelo, a pesar de que se han propuesto algunos índices, las investigaciones relacionadas en este aspecto mencionan que las ideas propuestas no han permitido la identificación de modelos especificados incorrectamente (Henseler & Sarstedt, 2013; Tenenhaus et al., 2004) Es por ello que los usuarios de este tipo de modelos confían en los parámetros estimados para establecer la calidad del modelo. La medición de la calidad del modelo corresponde a la segunda fase del proceso de SEMPLS.

Una de las principales bondades de SEMPLS radica en la facilidad para estimar los escores de los constructos, dichos escores el modelo los toma como sustitutos perfectos para los indicadores de las variables y utiliza la varianza para explicar los constructos endógenos. Con base en (Joseph F Hair et al., 2017) menciona que los modelos SEMPLS se basan en el supuesto de que la varianza

medida de los indicadores es útil y debe de ser incluido en la estimación de los constructos. Es por ello que estos modelos evitan el problema de estimar escores de factor estables y desarrolla escores de medición más precisos en comparación con los modelos basados en covarianzas (Rigdon, 2012). El algoritmo calcula los escores de los constructos como combinaciones lineales exactas de los indicadores de las variables asociadas (Joseph F Hair et al., 2017).

5.7.- Evaluación del modelo

La evaluación del modelo se divide en dos partes, en la primera se evalúan los resultados del modelo de medición es decir los indicadores, la evaluación depende del tipo de modelo diseñado, si el modelo es formativo se evalúa la validez convergente, colinealidad entre los indicadores y significancia y relevancia de los pesos externos. En cambio el modelo es reflectivo se mide la consistencia interna (alfa de Cronbach y confiabilidad compuesta), validez convergente (confiabilidad de los indicadores y el promedio de la varianza extraída) y la validez discriminante (Chin, 2009).

En la segunda parte se evalúa la medición del modelo estructural, en esta fase se evalúan los coeficientes de determinación R^2 , la relevancia predictiva Q^2 , el tamaño y significancia de los coeficientes de sendero, el tamaño de los efectos f^2 y el tamaño de los efectos q^2

5.7.1.- Evaluación del modelo de medición

En este apartado se evalúa la confiabilidad y validez del modelo de medición. Para la evaluación se utiliza la confiabilidad compuesta dentro de la cual se medirá la fiabilidad de consistencia interna, la confiabilidad individual de los indicadores, la validez convergente mediante AVE (Average Variance Extracted). Finalmente, la validez discriminante con el criterio Fornell-Larcker, con cargas cruzadas y la ratio de correlaciones *heterotrait-monotrait* (HTMT).

- Fiabilidad de consistencia interna

El criterio utilizado para medir la consistencia interna del modelo de medición es el coeficiente alfa de Cronbach. Este coeficiente proporciona un estimado de fiabilidad basado en las intercorrelaciones de los indicadores de las variables

observadas. El cálculo de dicho coeficiente es el siguiente:

$$\alpha \text{ de Cronbach} = \left(\frac{M}{M-1} \right) \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^M S_i^2}{S_t^2} \right)$$

donde S_i^2 representa la varianza del indicador de la variable i de un constructo específico medida con M indicadores ($i=1, \dots, M$) y es la varianza de la suma de todos los indicadores M de ese constructo.

El Alfa de Cronbach asume que todos los indicadores son igual de confiables y poseen la misma carga en el constructo, sin embargo, SEMPLS le da prioridad a los indicadores de acuerdo a su fiabilidad interna. Asimismo, el alfa de Cronbach es sensible al número de ítems en la escala y tiende a sobreestimar la fiabilidad de consistencia interna, por lo que se debe de utilizar de manera conservadora (Joseph F Hair et al., 2021).

Para complementar las limitantes del alfa de Cronbach y tener una mejor fiabilidad de consistencia interna, se aplica una medida de fiabilidad compuesta, la cual utiliza las diferentes cargas de los indicadores de las variables. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\rho_c = \frac{(\sum_{i=1}^M l_i)}{(\sum_{i=1}^M l_i) + \sum_{i=1}^M \text{var}(e_i)}$$

donde l_i simboliza las cargas externas estandarizadas de los indicadores i de un constructo específico medido con M indicadores, e_i es la medida de error de un indicador i , y $\text{var}(e_i)$ muestra la varianza de la medida del error.

Esta medida de fiabilidad varía entre 0 y 1, donde los valores altos representan mayores niveles de fiabilidad. Su interpretación es similar al del alfa de Cronbach. Los niveles de fiabilidad compuesta que se encuentran entre 0.60 y 0.70 son aceptables en investigaciones exploratorias, mientras que en etapas más avanzadas de una investigación valores entre 0.70 y 0.90 son satisfactorias (Oviedo & Campo-Arias, 2005). Valores por encima de 0.90 no son

deseables ya que indican que todos los indicadores están midiendo el mismo fenómeno y no hay una medición válida del constructo. Por último, los valores inferiores a 0.60 indican una falta de consistencia interna (Joseph F Hair et al., 2017).

Cuando se analiza y evalúa la fiabilidad interna, la verdadera fiabilidad se encuentra entre el alfa de Cronbach (límite inferior) y la fiabilidad compuesta (límite superior) (Chin, 2009).

- Validez convergente

La validez convergente es el grado en que una medida se correlaciona de manera positiva con medidas alternativas del mismo constructo (Joseph F Hair et al., 2017). Para medir la validez convergente se utilizan dos indicadores: el primero es a través de las cargas externas de los indicadores y la segunda forma es la medida conocida como Average Extracted Variance (AVE), fue formulado por Fornell y Larcker (1981) con la finalidad de medir la cantidad de varianza que una variable latente obtiene de los indicadores relativos. Dicho de otra manera, los indicadores reflectivos de un constructo son tratados como medidas alternativas al mismo constructo, de forma que los indicadores de un constructo específico deben de compartir una porción de varianza alta (Fornell & Bookstein, 1982).

En cuanto a las cargas externas de los indicadores, si las cargas son altas esto indica que los indicadores asociados a un constructo tienen mucho en común. La carga externa de los indicadores se le conoce como fiabilidad del indicador. Una regla general dentro de los modelos SEMPLS es que las cargas externas estandarizadas deben de ser de 0.708 o mayores (Ibarra-Sáiz & Rodríguez-Gómez, 2020). Dicha regla se basa en el contexto de que el cuadrado de la carga externa de un indicador representa cuanta variación de un ítem es explicada por el constructo y descrita como la varianza extraída del ítem.

Es común encontrar cargas menores de 0.70 en las investigaciones en ciencias sociales, principalmente cuando se aplican nuevas escalas e instrumentos de medición (Hulland, 1999). Cuando se evalúan las cargas externas del modelo de medición, es necesario realizar un análisis de factores con base en los siguientes

criterios: cuando los indicadores tienen cargas debajo de 0.40 los indicadores se deben eliminar del constructo mientras que las cargas mayores a 0.70 siempre se deben conservar dentro del constructo. Con las cargas que se encuentran entre 0.40 y 0.70, los investigadores deberán de examinar cuidadosamente los efectos de remover el indicador revisando la fiabilidad compuesta, así como la validez de contenido del constructo. Los indicadores con cargas de entre 0.40 y 0.70 serán eliminados cuando al descartar el indicador induce a un incremento en la fiabilidad compuesta o en la AVE (Hair Jr et al., 2021) . Otro factor por considerar es si al momento de eliminar un indicador afecta la validez de contenido.

Otra forma de medición de la validez convergente es el AVE, cuya medición es la media del valor de las cargas de los indicadores asociados con el constructo al cuadrado. Se calcula mediante la siguiente formula:

$$AVE = \left(\frac{\sum_{i=1}^M l_i^2}{M} \right)$$

Donde l_i simboliza las cargas externas estandarizadas de los indicadores i de un constructo en específico medido con M indicadores.

Los valores de AVE deben de ser iguales o mayores a 0.50, lo cual indica que, en promedio, el constructo explica al menos la mitad de la varianza de los indicadores. Un valor por debajo de 0.50 indica que hay más varianza contenida en el error de los ítems que la que es explicada por la varianza generada por los indicadores (Joseph F Hair et al., 2017).

- Validez discriminante

La validez discriminante es el último componente de la evaluación del modelo de medición. La validez discriminante se define como el grado en el cual un constructo es verdaderamente distinto de otros constructos por estándares empíricos (Joseph F Hair et al., 2017). Es decir, que el constructo es único y captura fenómenos que no son representados en los otros constructos utilizados en el modelo.

Esta evaluación se basa en dos medidas: la primera son las cargas cruzadas y la

segunda es el criterio Fornell-Larcker. Con las cargas cruzadas, se espera que las cargas de los indicadores asociadas a un constructo sean mayores que cualquiera de sus cargas cruzadas con los otros constructos. La mejor forma de evaluar las cargas cruzadas es mediante una matriz, en las filas se colocan los indicadores y en las columnas se colocan los constructos (Rubia, 2019).

La segunda forma de evaluar la validez discriminante es mediante el criterio Fornell-Larcker. Este criterio compara la raíz cuadrada de los valores AVE con las correlaciones de las variables latentes. La raíz cuadrada de los valores AVE de cada constructo deben de ser mayores que la correlación más alta con cualquier otro constructo (Fornell & Bookstein, 1982).

Hace algunos años Henseler *et al.* (2015) observaron que tanto las cargas cruzadas como el criterio Fornell-Larcker carecían fiabilidad al momento de realizar la evaluación de validez discriminante por lo que se propuso la ratio *Heterotrait- Monotrait* (HTMT). HTMT se define como la ratio de entre las correlaciones rasgo a las dentro correlaciones rasgo. La técnica HTMT es un estimado de lo que la verdadera correlación entre constructos será, si son perfectamente medidos, a esta correlación se le conoce como correlación desaturada. Una correlación desaturada cercana a 1 indica falta de validez discriminante. El valor límite de esta media es de 0.85 (Henseler & Sarstedt, 2013).

5.7.2.- Evaluación del modelo estructural

La evaluación del modelo estructural permite determinar la evidencia del modelo teórico especificado mediante el diagrama de sendero. Cuando se ha confirmado que el modelo de medición es fiable y válido, el siguiente paso es examinar las capacidades predictivas y las relaciones entre los constructos del modelo (Chin, 2009).

Hair *et al.* (2017) consideran seis pasos para la evaluación de un modelo estructural: (1) evaluar la colinealidad del modelo; (2) evaluar la significancia y relevancia de las relaciones del modelo estructural; (3) evaluar el nivel de R^2 ; (4) evaluar el efecto de f^2 ; (5) evaluar la relevancia predictiva Q^2 ; y (6) evaluar el tamaño del efecto q^2 .

Paso 1: Evaluación de multicolinealidad

Para evaluar la multicolinealidad se utilizan dos medidas tomadas de la evaluación de modelos formativos, el primero es la tolerancia (*TOL*) y el segundo valores *VIF* (*Variance Inflation Factor*). La tolerancia representa la cantidad de varianza de un indicador formativo no explicado por los otros indicadores en el mismo bloque (Joseph F Hair et al., 2017).

Mientras que el valor *VIF* mide hasta qué punto la varianza se incrementa causa de la multicolinealidad. En este caso ambas medidas incluyen la misma información ya que para calcular *VIF* se necesita tener *TOL*, por lo que es común que se reporte solamente *VIF* como una práctica aceptada. Para considerar algún aspecto de colinealidad un valor *TOL* de 0.20 o más bajo es aceptado y un valor de 5 o más de *VIF* indican que hay un problema de colinealidad (Joseph F Hair et al., 2017). Para eliminar problemas de colinealidad se deben de considerar tres posibles opciones, la primera es eliminar el constructo, la segunda fusionar los predictores en un nuevo constructo y la tercera opción es crear constructos de un nivel jerárquico más alto.

Paso 2: Evaluación de los coeficientes de sendero

Después de la estimación del modelo de sendero se obtienen sus respectivos coeficientes los cuales representan las relaciones hipotetizadas entre los constructos, estos coeficientes tienen valores estandarizados de aproximadamente entre -1 y +1. Los coeficientes más cercanos a +1 indican una fuerte relación positiva. Los coeficientes cercanos a 0 indican una debilidad y no son significativos (Ortiz-Paniagua et al., 2021).

Para determinar si un coeficiente es significativo depende del error estándar y se calcula a través de *bootstrapping*, una técnica que permite calcular los valores *t* y los valores *p* para cada uno de los coeficientes de sendero. Cuando el valor *t* es mayor que el valor crítico, se concluye que el coeficiente es significativo estadísticamente a un nivel de significancia determinado (Avila & Fernando, 2023). Los valores críticos para pruebas de dos colas son 1.65 para un nivel de significancia de 10%, 1.96 para un nivel de significancia de 5% y 2.57 para un nivel de significancia de 1%. El valor de significancia depende del campo de estudio y el objetivo de la investigación, comúnmente se asume un nivel de

significancia de 5% (Ayvar-Campos et al., 2020).

Paso 3: Coeficiente de determinación R^2

Este coeficiente es el más utilizado para evaluar un modelo estructural y es una medida del poder predictivo del modelo y se calcula como el cuadrado de la correlación entre un constructo endógeno y los valores predichos. El coeficiente representa la cantidad de varianza en el constructo endógeno explicado por todos los constructos endógenos vinculado a él (Bañuelos-García et al., 2021).

Los valores de R^2 están en un rango de 0 a 1 con niveles más altos de R^2 indican mayor nivel de precisión predictiva. Debido a la diversidad de complejidad y disciplinas académicas es complicado establecer reglas para valores R^2 aceptados. Por ejemplo, en estudios relacionados con la conducta del consumidor valores de R^2 cercanos a 0.2 son altos, mientras que en estudios relacionados en satisfacción lealtad se buscan valores cercanos al 0.75 de R^2 (Brito, 2012).

Paso 4: Efecto f^2

Adicionalmente a la evaluación del coeficiente R^2 de todas las variables endógenas, se considera que el cambio en R^2 cuando un constructo exógeno es omitido del modelo puede ser usado para evaluar si el constructo omitido tiene un impacto sustantivo en el constructo endógeno. Este efecto es conocido como el efecto f^2 . El efecto f^2 se calcula de esta forma (Granados, 2016):

$$f^2 = \frac{R_{incluido}^2 - R_{excluido}^2}{1 - R_{incluido}^2}$$

donde R^2 incluido y R^2 excluido son los valores R^2 de la variable latente exógena cuando una variable latente exógena es incluida o excluida del modelo.

Para la evaluación de los efectos f^2 los valores 0.02, 0.15 y 0.35 representan efectos pequeños, medianos y grandes respectivamente. Los valores menores de 0.02 indican que no hay efectos entre las variables (Cohen Karen & Asín Lares, 2014).

Paso 5: Relevancia predictiva Q^2

Junto con el valor de R^2 como criterio para la evaluación predictiva del modelo, se puede aplicar también la técnica desarrollada por Stone (1974) y Geisser (1974). Esta técnica representa una síntesis de validación cruzada y ajuste de función con la perspectiva de que la predicción de los observables es más relevante que la estimación con parámetros artificiales (Geisser, 1974).

La relevancia predictiva Q^2 consiste en un procedimiento a ciegas que omite una parte de los datos de un bloque de indicadores durante la estimación de los parámetros y posteriormente intenta estimar la parte omitida usando los parámetros estimados. Es decir, se considera un bloque de N casos y K indicadores y se saca una porción de N por K puntos, utilizando la distancia de omisión D , el primer punto (caso 1 indicador 1) se remueve y después cada dato D hasta que cada columna y fila es omitida hasta que se termina la matriz. Con los datos restantes se obtienen los estimados al tratar los valores perdidos vía eliminación por pares, sustitución de medias o procedimiento de imputación. La suma de los cuadrados del error calculado (E) se calcula cuando los datos omitidos son después estimados. La suma del cuadrado del error usando la media para la predicción (O) también se calcula. Los datos omitidos se regresan y se cambia al siguiente dato de la matriz (caso 1 indicador 2) para la siguiente ronda de omisión. Se calcula un nuevo E y O y así continua hasta que un conjunto de D , E y O son obtenidos.

Q^2 representa una buena medida de que tan bien los valores observados son reconstruidos por el modelo y sus parámetros. Cuando los valores de Q^2 son mayores que 0 implica que el modelo tiene relevancia predictiva, si Q^2 es menor que 0 representa una ausencia de relevancia predictiva (Chin, 2009).

Paso 6: El efecto q^2

De una forma similar al efecto f^2 , los cambios ocasionados en Q^2 pueden ser utilizados para evaluar el impacto relativo en las mediciones observadas para cada variable latente. El efecto q^2 se calcula de la siguiente forma:

$$q^2 = \frac{Q_{incluida}^2 - Q_{excluida}^2}{1 - Q_{incluida}^2}$$

De forma similar los valores de q^2 de 0.02, 0.15 y 0.35 indican que el constructo exógeno tiene predicción relevante pequeña, mediana o grande respectivamente (Arias-Martínez, 2008).

Parte IV.- Resultados

Capítulo 6.- Análisis e interpretación de resultados

Con base en el proceso anteriormente establecido para la creación del modelo de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales propuesto por Hair *et al.* (2017), en este capítulo se realiza la estimación del modelo estructural utilizando la evaluación de los resultados del modelo de medición, la evaluación de los resultados del modelo estructural y de la misma manera se realiza la interpretación de los resultados. Así mismo se realiza la prueba de hipótesis de la investigación.

6.1.- Resultados de la estimación del modelo de medición

Para la estimación del modelo se utilizó el software SmartPLS en su versión 4.1.0.3, siendo esta la última actualización disponible. Se utilizaron las recomendaciones de estimación propuestas por Hair *et al.* (2017) donde las opciones y configuración de los parámetros para la estimación del modelo diseñado fueron las siguientes:

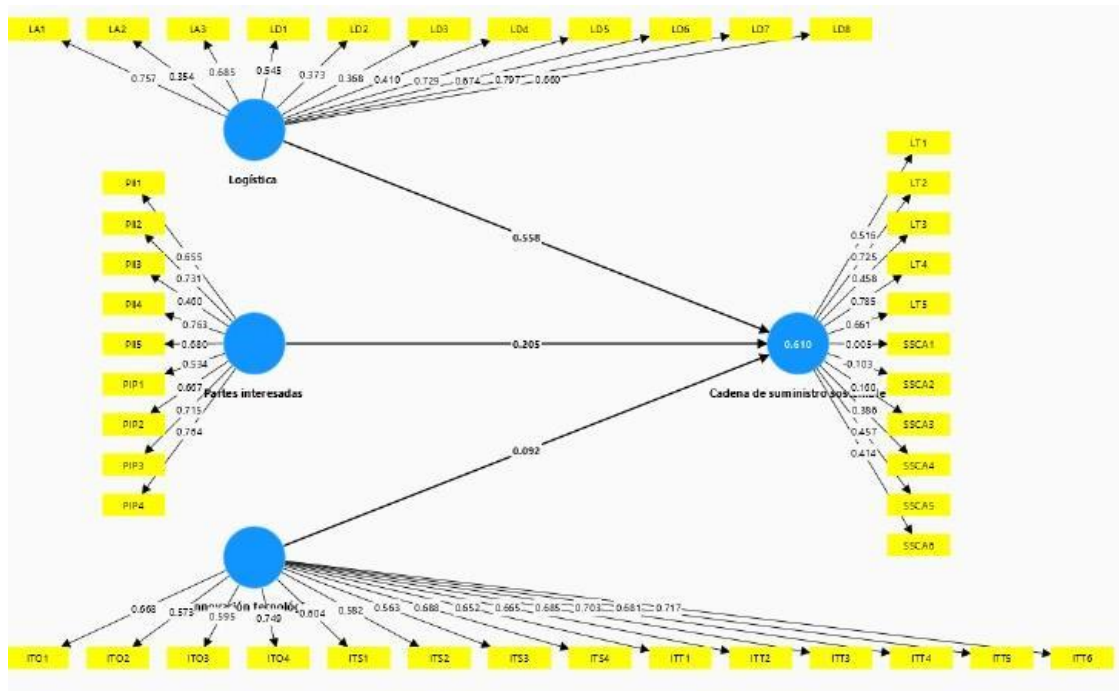
Método de ponderación: existen tres formas de ponderación: de factores, de sendero y centroide. A pesar de que los resultados difieren muy poco con cualquier método, es recomendable utilizar el método de sendero ya que es el que arroja el valor R^2 más alto para los variables endógenas y es aplicable para cualquier tipo de modelo.

Métrica de datos: en el modelo SEMPLS se utilizan datos estandarizados para los indicadores (cada indicador tiene una media de 0 y la varianza es 1) como *input* para correr el modelo. Se utilizan datos sin procesar y es asignada automáticamente por cualquier software que utilice PLS al iniciar el algoritmo. Al correr el modelo, SmartPLS estandariza los datos sin procesar de los indicadores y los scores de las variables latentes. El algoritmo calcula coeficientes estandarizados entre -1 y +1 para cada relación en el modelo estructural y el modelo de medición. Mientras los coeficientes sean cercanos a +1 indican una relación positiva y fuerte y viceversa. Si los coeficientes son cercanos a 0 las relaciones son débiles y por lo general no son estadísticamente significativos.

Valores iniciales del modelo: para la primera iteración, se recomiendan cargas iguales de las combinaciones de los indicadores, por lo que se asignaron valores de +1 en cada una de las relaciones en el modelo de medición durante la primera iteración. En las siguientes iteraciones, los valores iniciales fueron sustituidos por los coeficientes de los senderos, si todos los indicadores tienen la misma dirección y todas las relaciones son positivas, el resultado debe arrojar coeficientes positivos.

Criterio de parada: es el último parámetro por configurar para correr el algoritmo SEM-PLS y está designado para correr hasta que los resultados se estabilicen. La estabilización se obtiene cuando la suma de los cambios en los pesos entre dos iteraciones son lo suficientemente bajos, se recomienda un valor de 1×10^{-7} para asegurarse que el algoritmo converge a valores razonablemente bajos. También es importante asegurarse que el algoritmo se detenga en este nivel por lo que se debe de asignar un número máximo de iteraciones. El número de iteraciones recomendada es de 300 debido a que se considera que el algoritmo es eficiente aun cuando el modelo sea complejo. Henseler (2010) en investigaciones previas ha demostrado que SEMPLS casi siempre converge excepto cuando se modelan condiciones sumamente extremas y artificiales. En este caso se utilizó un criterio de 1×10^{-7} e iteraciones máximas de 300 (Henseler & Sarstedt, 2013).

La figura 5 muestra la estimación del modelo que se diseñó como primer paso con base en el proceso propuesto por Hair *et al.* (2017). Se observa cada una de las diferentes cargas de los indicadores hacia la variable latente, así como la relación que existe de las variables independientes hacia la independiente.



Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

Otro resultado importante a destacar en esta primera estimación del modelo es que los tres constructos, logística, partes interesadas e innovación tecnológica explican en un 61% la varianza de la integración de la cadena de suministro (coeficiente $R^2=0.610$) este valor se encuentra representado en el círculo azul de la figura 6.

En este caso se determina que la mayor relación entre la cadena de suministro sostenible es con logística con un coeficiente de 0.558, seguido por las partes interesadas con 0.205 y por último entre la cadena de suministro sostenible y la innovación tecnológica con 0.092. Dichos resultados pueden observarse de forma gráfica en la figura anterior, así como de manera resumida en la tabla 3.

Tabla 4.- Resultados de los coeficientes de sendero

	Cadena de suministro sostenible	Innovación tecnológica	Logística	Partes interesadas
Cadena de suministro sostenible				
Innovación tecnológica	0.092			
Logística	0.558			
Partes interesadas	0.205			

Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

6.2.- Evaluación del modelo de medición

Siguiendo el proceso de creación de un modelo de ecuaciones estructurales utilizando mínimos cuadrados ordinarios propuesto por Hair *et al.* (2017) después de la estimación inicial del modelo, el siguiente paso es hacer una evaluación del modelo en dos pasos, el primero es una evaluación del modelo de medición y el segundo es la evaluación del modelo estructural.

Con base en las evaluaciones que se deben de analizar, se comenzó evaluando las cargas externas de los ítems, las cuales se presentan en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 5.- Cargas externas de los ítems

	Cadena de suministro sostenible	Innovación tecnológica	Logística	Partes interesadas
ITO1		0.668		
ITO2		0.573		
ITO3		0.595		
ITO4		0.749		
ITS1		0.604		
ITS2		0.582		
ITS3		0.563		
ITS4		0.688		
ITT1		0.652		
ITT2		0.665		
ITT3		0.685		

ITT4		0.703		
ITT5		0.681		
ITT6		0.717		
LA1			0.757	
LA2			0.354	
LA3			0.685	
LD1			0.545	
LD2			0.373	
LD3			0.368	
LD4			0.41	
LD5			0.729	
LD6			0.674	
LD7			0.979	
LD8			0.66	
LT1	0.516			
LT2	0.725			
LT3	0.458			
LT4	0.785			
LT5	0.661			
PII1				0.655
PII2				0.731
PII3				0.46
PII4				0.763
PII5				0.68
PIP1				0.534
PIP2				0.667
PIP3				0.715
PIP4				0.764
SSCA1	0.005			
SSCA2	-0.103			
SSCA3	0.16			
SSCA4	0.386			
SSCA5	0.457			
SSCA5	0.414			

Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

Siguiendo la evaluación de las cargas, en primera instancia se eliminaron los ítems que son menores de 0.40.

Posteriormente se fueron eliminando los ítems cuyas cargas se encontraban entre 0.40 y 0.70 y cuyos efectos fueran positivos para la medición de fiabilidad interna del modelo. Después de realizar este proceso solamente se quedaron los ítems que se muestran en la tabla 5.

Tabla 6.- Resultados de las cargas externas de los ítems utilizados

	Cadena de suministro sostenible	Innovación tecnológica	Logística	Partes interesadas
ITO1		0.662		
ITO4		0.689		
ITS4		0.708		
ITT1		0.635		
ITT2		0.699		
ITT3		0.752		
ITT4		0.77		
ITT5		0.772		
ITT6		0.751		
LA1			0.804	
LA3			0.737	
LD5			0.759	
LD6			0.69	
LD7			0.804	
LD8			0.672	
LT2	0.733			
LT4	0.842			
LT5	0.787			
PII1				0.654
PII2				0.716
PII4				0.75
PII5				0.701
PIP2				0.698
PIP3				0.728
PIP4				0.779

Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

Los ítems que quedaron para el modelo de ecuaciones estructurales final fueron los siguientes:

- ITO1.- Innovación Tecnológica Organizativa** (Cultura de innovación)
- ITO4.- Innovación Tecnológica Organizativa** (Apertura a nuevas ideas)
- ITS4.- Innovación Tecnológica Sistemática** (Eficiencia de sistemas portuarios)
- ITT1.- Innovación Tecnológica, Técnica** (Gasto en investigación y desarrollo (I+D))
- ITT2.- Innovación Tecnológica Técnica** (Adopción de tecnología)
- ITT3.- Innovación Tecnológica Técnica** (Automatización)
- ITT4.- Innovación Tecnológica Técnica** (Digitalización)
- ITT5.- Innovación Tecnológica Técnica** (Seguridad)
- ITT6.- Innovación Tecnológica Técnica** (Toma de decisiones basadas en datos)
- LA1.- Logística, Almacenaje** (Tiempo de almacenamiento)
- LA3.- Logística, Almacenaje** (Rendimiento en almacenamiento)
- LD5.- Logística, Distribución** (Tiempo de acarreo)
- LD6.- Logística, Distribución** (Costos de distribución)
- LD7.- Logística, Distribución** (Eficiencia de distribución)
- LD8.- Logística, Distribución** (Resiliencia de la red de distribución)
- LT2.- Logística, Tiempo** (Tiempo Estimado de Llegada (ETA))
- LT4.- Logística, Tiempo** (Tiempo Estimado de Entrega (ETD))
- LT5.- Logística, Tiempo** (Tiempo de permanencia)
- PII1.- Partes Interesadas, Interés** (Comunidades sociales)
- PII2.- Partes Interesadas, Interés** (Autoridades portuarias)
- PII4.- Partes Interesadas, Interés** (Sindicatos)
- PII5.- Partes Interesadas, Interés** (Accionistas)
- PIP2.- Partes Interesadas, Poder** (Poder de regulación)
- PIP3.- Partes Interesadas, Poder** (Poder de planificación y desarrollo)
- PIP4.- Partes Interesadas, Poder** (Poder financiero)

El siguiente criterio que se evaluó fue la fiabilidad de consistencia interna, en la cual se evalúa el coeficiente de alfa de Cronbach y la medida de fiabilidad compuesta. Esta medición se realizó con los 25 indicadores restantes que ofrecen cargas importantes para la explicación del modelo planteado. Los resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 7.- Resultados de fiabilidad de consistencia interna

	Alfa de Cronbach	Fiabilidad Compuesta
Cadena de suministro sostenible	0.70	0.715
Innovación tecnológica	0.877	0.878
Logística	0.839	0.839
Partes Interesadas	0.845	0.851

Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

Como se puede observar en la tabla, tanto el coeficiente alfa de Cronbach, así como la medida de fiabilidad compuesta son superiores a 0.70 lo que significa que cada uno de los constructos muestra validez y consistencia interna. En el caso de la fiabilidad compuesta, todas las variables se encuentran entre los valores de 0.70 y 0.90 por lo que estos constructos son medidos de una forma satisfactoria.

En cuanto al criterio de validez convergente se evaluaron previamente la fiabilidad del indicador (véanse tablas 4 y 5) y se evalúa la medida AVE. En el primer caso de la fiabilidad del indicador mediante las cargas externas, es importante destacar que el indicador LT4 que menciona el tiempo de entrega dentro de la logística es el necesario para evitar almacenajes innecesarios tiene la carga más alta con 0.842 seguido de LA1 y LD7 que habla sobre el tiempo de almacenaje y la eficiencia de distribución dentro de la logística con 0.804 cada uno y en tercer lugar PIP4 que habla acerca del poder financiero que poseen las partes interesadas dentro de la cadena de suministro con 0.779.

En cuanto a la medida AVE que se muestran en la tabla 7, los cuatro constructos muestran un valor AVE mayor al mínimo requerido de 0.5, siendo el más alto el de la variable cadena de suministro sostenible, seguida de la variable logística, en tercer lugar quedó la variable partes interesadas y finalmente la innovación tecnológica.

Tabla 8.- Resultado Varianza Extraída Media (AVE)

	Varianza Extraída Media (AVE)
--	--------------------------------------

Cadena de suministro sostenible	0.622
Innovación tecnológica	0.506
Logística	0.557
Partes Interesadas	0.517

Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

La última evaluación realizada es referente a la validez discriminante, las evaluaciones en este sentido fueron a través de las cargas cruzadas y la medida *Heterotrait-Monotrait* (HTMT).

Las cargas cruzadas se presentan en la tabla 8, se observa que los indicadores miden al constructo que deben de medir al ser más los valores más grandes en ese constructo que los valores que miden que los demás constructos del modelo.

Tabla 9.- Cargas cruzadas

	Cadena de suministro sostenible	Innovación tecnológica	Logística	Partes interesadas
ITO1	0.451	0.662	0.621	0.583
ITO4	0.451	0.689	0.407	0.568
ITS4	0.459	0.708	0.432	0.618
ITT1	0.411	0.635	0.449	0.692
ITT2	0.333	0.699	0.288	0.459
ITT3	0.418	0.752	0.202	0.437
ITT4	0.45	0.77	0.326	0.489
ITT5	0.391	0.772	0.444	0.579
ITT6	0.437	0.751	0.342	0.49
LA1	0.474	0.412	0.804	0.458
LA3	0.511	0.328	0.737	0.454
LD5	0.462	0.328	0.759	0.361
LD6	0.496	0.522	0.69	0.598
LD7	0.49	0.482	0.804	0.524
LD8	0.475	0.407	0.672	0.508
LT2	0.733	0.385	0.484	0.456
LT4	0.842	0.556	0.607	0.57
LT5	0.787	0.465	0.432	0.458
PII1	0.318	0.451	0.43	0.654
PII2	0.467	0.737	0.545	0.716
PII4	0.411	0.542	0.506	0.75
PII5	0.497	0.488	0.356	0.701
PIP2	0.398	0.439	0.512	0.698
PIP3	0.496	0.522	0.426	0.728

PIP4	0.535	0.661	0.52	0.779
-------------	-------	-------	------	--------------

Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

Para la medida *Heterotrait-Monotrait* (HTMT) se encontraron valores para la cadena de suministro sostenible y de innovación tecnológica de 0.753, para la relación cadena de suministro sostenible y logística fue de 0.84 y entre la cadena de suministro sostenible y la innovación tecnológica fue de 0.799 como se aprecia en la tabla 9. Mientras que el valor para la relación entre innovación tecnológica y logística es de 0.639 y para las partes interesadas y la innovación tecnológica quedó en el límite de 0.85 propuesto por (Henseler et al., 2015). Finalmente, para la relación entre logística y la las partes interesadas es de 0.775. Con estos valores se consideran que los indicadores que componen cada una de las variables planteadas cumplen con los criterios de validez discriminante.

Tabla 10.- Resultados prueba *Heterotrait-Monotrait*

	Cadena de suministro sostenible	Innovación tecnológica	Logística	Partes interesadas
Cadena de suministro sostenible				
Innovación tecnológica	0.753			
Logística	0.84	0.639		
Partes interesadas	0.799	0.85	0.775	

Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos

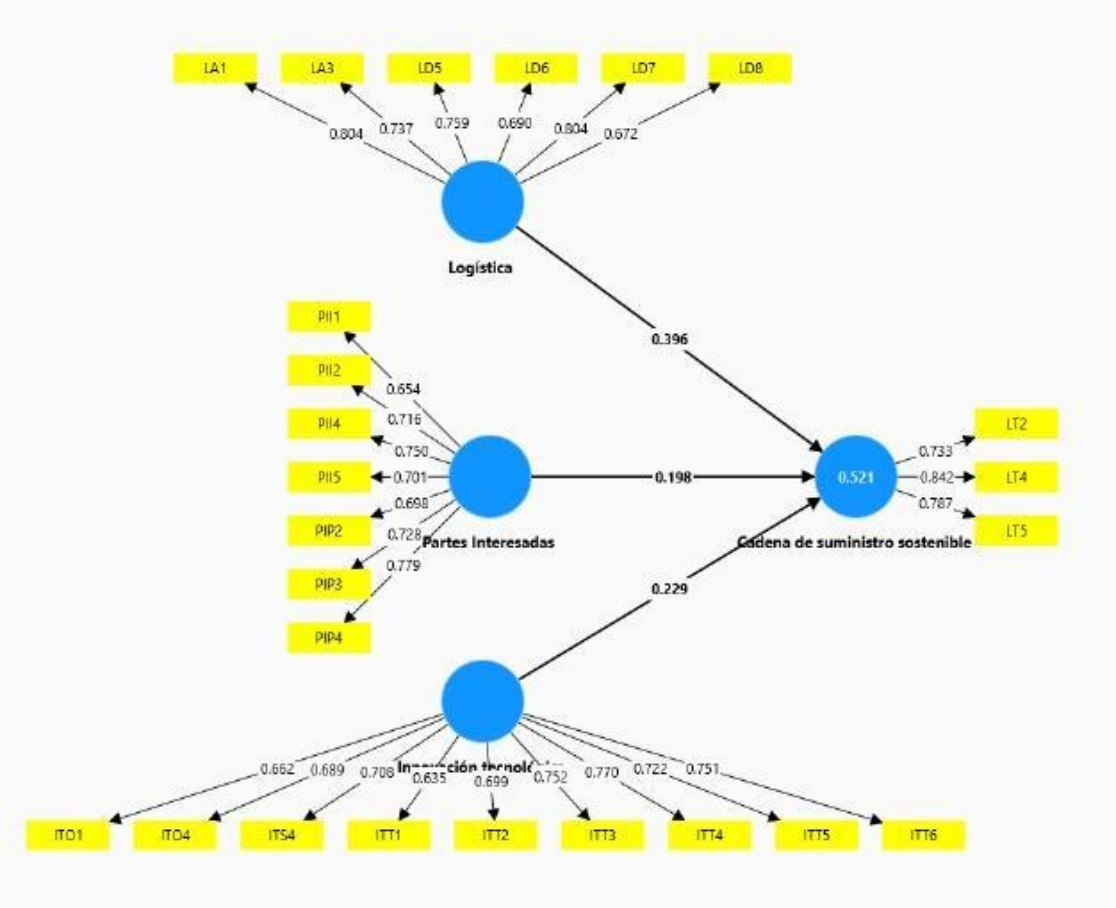
6.3.- Evaluación del modelo estructural

El resultado de la estimación con la eliminación de los indicadores que no aportaban, es decir que tenía una carga inferior al 0.40 a las variables independientes del modelo estructural planteado puede observarse en la figura número 7.

La evaluación del modelo estructural es mediante el coeficiente R^2 , el cual tiene un valor de 0.521, considerando que el modelo creado es exploratorio ya que en conjunto las tres variables no se habían probado anteriormente, es posible

considerar que es un valor moderado. Este parámetro indica que la logística, las partes interesadas y la innovación tecnológica explican en un 52.1 % la cadena de suministro sostenible

Figura 7.- Modelo estructural final



Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

De acuerdo con el procedimiento propuesto por Hair *et al.* (2017) el primer paso es la evaluación de cualquier signo de colinealidad, para lo cual se utilizaron los valores *VIF*, representados en la siguiente tabla. La tabla indica que los constructos Innovación tecnológica, logística y partes interesadas son predictores del constructo cadena de suministro sostenible, y todos los valores se encuentran por debajo del valor límite de 5, por lo que no existe colinealidad entre los constructos y se puede proceder a la evaluación del modelo estructural.

Tabla 11.- Valores VIF del modelo estructural

	Cadena de suministro sostenible	Innovación tecnológica	Logística	Partes interesadas
Cadena de suministro sostenible				
Innovación tecnológica	2.504			
Logística	1.759			
Partes interesadas	3.01			

Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

En cuanto a los efectos f^2 , se buscan efectos valores mayores a 0.02, lo cual indica que existe un efecto entre las variables latentes. En este caso se considera que la innovación tecnológica, logística y las partes interesadas todas tienen una influencia en la cadena de suministro sostenible ya que todas tienen valores superiores al 0.02, los valores son de 0.044, de 0.186 y 0.027 respectivamente como se aprecia en la tabla 11.

Tabla 12.- Efecto f^2

	Cadena de suministro sostenible	Innovación tecnológica	Logística	Partes interesadas
Cadena de suministro sostenible				
Innovación tecnológica	0.044			
Logística	0.186			
Partes interesadas	0.027			

Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos

En cuanto a los coeficientes de sendero (*path*) se considera que el principal componente de la cadena de suministro sostenible es la logística con un coeficiente de 0.396, seguido por la innovación tecnológica con 0.229 y por último las partes interesadas con 0.198.

6.4.- Prueba de hipótesis

En este apartado se pone a escrutinio empírico la hipótesis planteada y se determina si es aceptada o rechazada. Kerlinger y Lee (2002) mencionan que las hipótesis representan instrumentos poderosos en el avance del

conocimiento, ya que las hipótesis, a pesar de ser formuladas por el ser humano, son sometidas a prueba y de mostrarse de ser correctas e incorrectas sin que interfieran los valores y creencias del individuo. La hipótesis que se planteó en el presente estudio fue la siguiente:

La logística, las partes interesadas y la innovación tecnológica son las variables que influyen de manera positiva en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano.

Para realizar la prueba de hipótesis se consideraron los coeficientes path de la evaluación del modelo estructural y la significancia estadística de dichos coeficientes.

En este caso, se consideró que la logística es la variable independiente que más influencia tiene en la cadena de suministro sostenible ya que tiene tanto una relación positiva con una influencia de 0.396 de explicación. La segunda variable que mayor influencia tuvo fue la innovación tecnológica, también tuvo un signo positivo y su valor fue 0.229 a la cadena de suministro sostenible. Finalmente, la variable partes interesadas también tuvo signo positivo con un valor de 0.198 a la cadena de suministro sostenible. Con base en esta primera parte de la prueba de hipótesis se cumple la condición de que las tres variables independientes elegidas influyen de manera positiva en la cadena de suministro sostenible.

La segunda parte de la prueba de hipótesis es la evaluación de la significancia estadística, para lo cual se utilizó el valor t . Para que puedan ser significativos al 5% se debe de tener un valor t igual o mayor a 1.96, para una significancia del 10% se necesita un valor t mayor de 1.65. Con base en los resultados, las variables logística e innovación tecnológica fueron significativas al 5% ya que tienen un valor t de 3.174 y 2.045 respectivamente, superiores al 1.96 necesario, sin embargo la variable partes interesadas no es significativa al tener un valor t de 1.470 inferior al 1.96 o 1.65 requeridos.

Con base en los resultados obtenidos del modelo de ecuaciones estructurales se considera que la hipótesis es aceptada debido a que las tres variables independientes influyen positivamente en la cadena de suministro sostenible.

Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo identificar de qué manera la logística, las partes interesadas y la innovación tecnológica influyen en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano. Los resultados obtenidos mediante el análisis cuantitativo muestran que las tres variables independientes influyen de manera positiva y significativa en el desarrollo de una cadena de suministro sostenible; sin embargo, la logística se identificó como el factor con mayor nivel de influencia.

Estos hallazgos concuerdan parcialmente con lo observado por diversos autores en estudios previos, aunque con una distinción metodológica relevante. Por ejemplo, (Hatami-Marbini & Tavana, 2011) y (Notteboom & Rodrigue, 2008) destacan el papel estratégico de la logística portuaria en la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones marítimas. En su enfoque, la logística se analiza como un componente aislado que permite optimizar los flujos de mercancías y reducir impactos negativos mediante el uso de tecnologías de transporte, infraestructura eficiente y procesos de coordinación intermodal. En coincidencia con estos estudios, los resultados del presente trabajo refuerzan que una logística bien estructurada y eficiente es un determinante clave en la sostenibilidad de la cadena de suministro portuaria, especialmente en los puertos del Pacífico mexicano que presentan importantes retos de conectividad y modernización.

Por otro lado, investigaciones como las de (Freeman et al., 2010; Mitchell et al., 1997) han subrayado la relevancia de los grupos de interés en la gestión sostenible. Dichos estudios demuestran cómo la participación de actores como comunidades locales, gobiernos, operadores logísticos y clientes influye en las políticas ambientales y sociales dentro de los puertos. En este sentido, los resultados del presente estudio coinciden al validar que la integración efectiva de los stakeholders tiene un impacto significativo en la sostenibilidad portuaria, al fomentar prácticas éticas, transparencia y colaboración multisectorial. No obstante, en comparación con la logística, su grado de influencia es menor, lo

que sugiere que su rol es más de acompañamiento que de liderazgo directo en la transformación sostenible.

Respecto a la innovación tecnológica, estudios como los de (Zhao et al., 2011) argumentan que la adopción de tecnologías verdes, automatización y digitalización contribuyen a la sostenibilidad al mejorar el desempeño ambiental y operativo de los puertos. En consonancia con lo anterior, el presente estudio confirma que la tecnología actúa como un facilitador importante; sin embargo, al igual que con los grupos de interés, su influencia es menor en comparación con la logística. Esto podría deberse a que la tecnología, si bien es esencial, requiere de una base logística sólida para ser implementada de manera eficaz. Es decir, la innovación tecnológica puede potenciar la sostenibilidad, pero su éxito está condicionado por la infraestructura logística existente.

Una de las principales aportaciones de este estudio es el enfoque integrado de las tres variables independientes. A diferencia de investigaciones previas que analizan cada dimensión por separado, aquí se demuestra que su interacción simultánea proporciona una comprensión más holística del fenómeno. Esta integración permite identificar no solo la relación individual de cada factor con la cadena de suministro sostenible, sino también jerarquizar su impacto, lo cual es de gran utilidad para la toma de decisiones en materia de políticas públicas y estrategias operativas en los puertos del Pacífico mexicano.

La mayor influencia de la logística sobre la cadena de suministro sostenible puede explicarse por su naturaleza transversal: articula recursos, actores, tecnología y procesos, y actúa como eje estructural de las cadenas de valor portuarias. Por tanto, los hallazgos de esta investigación sugieren que fortalecer la infraestructura logística, mejorar los procesos de coordinación y promover una visión sistémica del transporte multimodal debería ser una prioridad en la agenda de sostenibilidad portuaria.

En resumen, este estudio confirma que la logística, los grupos de interés y la innovación tecnológica son elementos clave para una cadena de suministro

sostenible, pero destaca que es la logística la que funge como motor principal de dicha sostenibilidad. Este hallazgo abre la puerta a futuros estudios que profundicen en el análisis de estas interacciones y propongan estrategias integradas para el desarrollo portuario sostenible en México y América Latina.

Propuesta de solución

Este apartado presenta una propuesta de solución que busca abordar los objetivos de investigación establecidos previamente. La propuesta se centra en la creación e implementación del "Modelo Integral de Sostenibilidad Logística en la Cadena de Suministro Portuaria en México". Esta propuesta se configura como una herramienta estratégica que puede impulsar la sostenibilidad en dicha industria.

Esta propuesta busca contribuir a la mejora de la sostenibilidad de la industria portuaria en México. Además, tiene como objetivo aportar al corpus de la literatura sobre sostenibilidad portuaria y contribuir a los Programas Nacionales Estratégicos, específicamente al Programa Nacional Estratégico Sistemas Socioecológicos y Sustentabilidad del Secihti.

Modelo Integral de Sostenibilidad Logística en la Cadena de Suministro Portuaria en México

1. Fundamentación Teórica

El modelo se basa en los siguientes enfoques:

A. Enfoque de Logística Sostenible

- Teoría de la Triple Cuenta de Resultados (Elkington, 1997): Integra el desempeño económico, social y ambiental.
- Green Supply Chain Management (Srivastava, 2007): Estrategias para minimizar el impacto ambiental en toda la cadena logística.
- Teoría de la Eficiencia Dinámica (Schumpeter, 1934): Explica cómo la innovación tecnológica impacta la competitividad y sostenibilidad logística.

B. Gestión de Partes Interesadas (Stakeholders)

- Teoría de los Stakeholders (Freeman, 1984): Identifica actores clave en la cadena portuaria y su influencia en la sostenibilidad.
- Cadenas de Suministro Colaborativas (Christopher, 2011): Modelos de cooperación entre empresas para optimizar recursos.

C. Innovación Tecnológica Aplicada a la Logística Verde

- Industria 4.0 en Logística Portuaria (Hofmann & Rüsch, 2017): Aplicación de IoT, Big Data y Blockchain en la eficiencia operativa.
- Tecnologías Limpias en Puertos (UNCTAD, 2020): Uso de energías renovables, electrificación de equipos y reducción de emisiones.

2. Diseño del Modelo

Se propone un modelo basado en tres pilares interdependientes:

A. Logística Verde (Variable Clave)

Esta propuesta busca reducir el impacto ambiental de las operaciones logísticas en los puertos a través de tecnologías limpias, eficiencia operativa y digitalización.

1. Optimización del transporte y reducción de emisiones

El objetivo es disminuir la huella de carbono mediante la modernización de equipos y la optimización de rutas logísticas.

- Electrificación de grúas y vehículos portuarios: Sustitución de maquinaria diésel por grúas y vehículos eléctricos para reducir emisiones y costos operativos a largo plazo.
- Implementación de combustibles alternativos (LNG, hidrógeno): Uso de gas natural licuado (LNG) y tecnologías basadas en hidrógeno como alternativas más limpias a los combustibles fósiles tradicionales.
- Gestión eficiente de rutas marítimas y terrestres con inteligencia artificial: Aplicación de IA para optimizar trayectorias, minimizar tiempos de espera y reducir el consumo de combustible en el transporte de mercancías.

2. Gestión de residuos y economía circular

Se enfoca en reducir el desperdicio y fomentar la reutilización dentro de las operaciones portuarias.

- Reciclaje de materiales en operaciones portuarias: Implementación de programas de reciclaje de plásticos, metales y otros materiales derivados de la carga y almacenamiento.
- Reducción del desperdicio en embalajes y almacenamiento: Uso de materiales biodegradables y optimización del embalaje para minimizar residuos en la cadena logística.

3. Digitalización y trazabilidad sostenible

La tecnología se utiliza para garantizar la transparencia y el monitoreo en tiempo real del impacto ambiental.

- Uso de Blockchain para certificaciones de sostenibilidad en carga: Aplicación de tecnología blockchain para rastrear la procedencia y prácticas sustentables en el comercio marítimo.
- IoT para monitoreo de emisiones en tiempo real: Sensores inteligentes para medir la huella de carbono de operaciones portuarias y detectar oportunidades de mejora.
- Uso de ventanas y cronogramas de tiempo: Coordinación eficiente de tiempos de llegada y salida de buques para evitar congestión y reducir tiempos de espera en puerto.

B. Gobernanza y Partes Interesadas

Busca fortalecer la regulación y la colaboración entre gobiernos, empresas y la comunidad para impulsar la sostenibilidad.

1. Creación de regulaciones ambientales portuarias

Establecimiento de normativas más estrictas y su alineación con estándares internacionales.

- Desarrollo de estándares más estrictos con apoyo gubernamental: Creación de leyes que promuevan la reducción de emisiones, eficiencia energética y economía circular.
- Alianzas con organismos internacionales (IMO, UNCTAD): Cooperación con entidades globales para garantizar el cumplimiento de regulaciones y acceso a mejores prácticas.

2. Incentivos económicos y certificaciones

Estrategias para fomentar la adopción de prácticas sostenibles en el sector portuario.

- Beneficios fiscales a empresas con logística sostenible: Reducción de impuestos para compañías que adopten energías limpias y tecnologías verdes.
- Implementación de estándares como ISO 14001 en puertos: Certificación ambiental para garantizar el cumplimiento de normas de gestión sostenible.

3. Participación de la comunidad y formación

Involucrar a los trabajadores y comunidades cercanas en la transformación sostenible de los puertos

- Programas de educación en sostenibilidad para trabajadores portuarios: Capacitación en prácticas ecológicas y manejo eficiente de recursos.
- Creación de centros de innovación verde en puertos clave: Espacios dedicados a la investigación y desarrollo de soluciones ecológicas en logística.

C. Innovación Tecnológica como Habilitador

La tecnología actúa como un catalizador para mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental.

1. Automatización y digitalización

Optimización de procesos mediante la integración de tecnologías avanzadas

- Implementación de terminales autónomas para reducción de tiempos y emisiones: Uso de maquinaria automatizada y sistemas de carga y descarga autónomos.
- Uso de algoritmos predictivos para la optimización de cargas: Aplicación de inteligencia artificial para mejorar la distribución y manipulación de mercancías.

2. Energías renovables en puertos

Fomentar el uso de fuentes de energía limpia en la infraestructura portuaria.

- Paneles solares y turbinas eólicas en infraestructura portuaria: Generación de energía sostenible para reducir la dependencia de combustibles fósiles.

- Integración con redes inteligentes de energía para eficiencia operativa: Uso de smart grids para mejorar la gestión y distribución de la energía renovable en el puerto.

3. Implementación del Modelo

Desarrollo de estrategias para garantizar una ejecución efectiva de las iniciativas tecnológicas en la logística portuaria.

Fases de Implementación

1. Corto Plazo (1-2 años):

- Diagnóstico ambiental y desarrollo de KPIs.
- Plan piloto con energías renovables en un puerto estratégico.

2. Mediano Plazo (3-5 años):

- Expansión de tecnologías limpias y digitalización.
- Implementación de regulaciones ambientales en toda la cadena.

3. Largo Plazo (6-10 años):

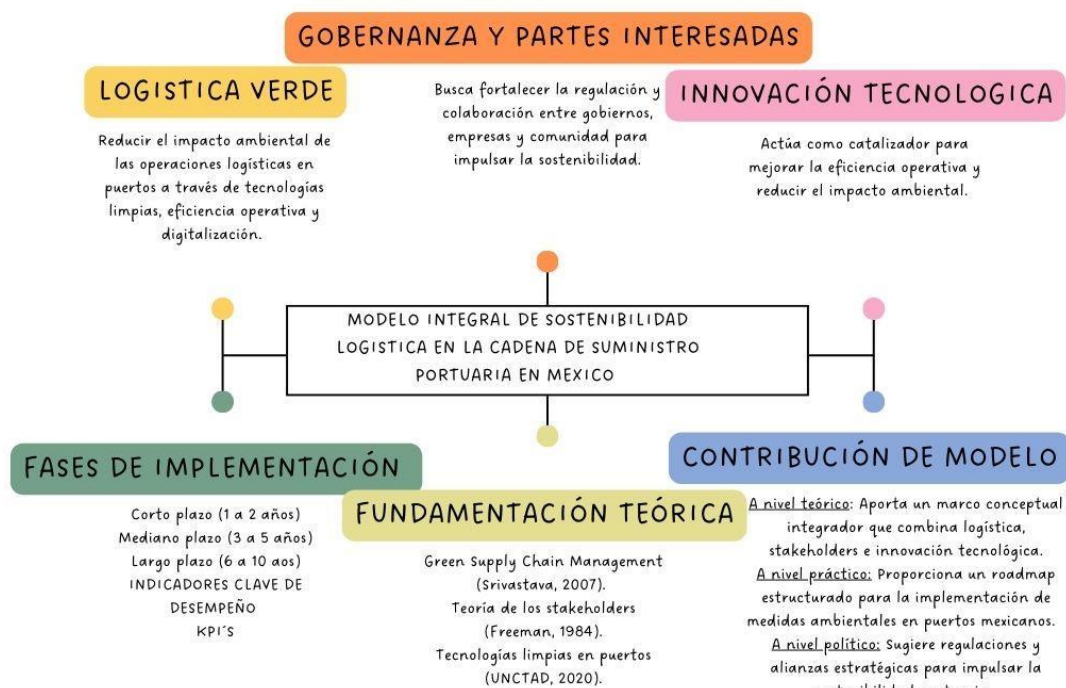
- Consolidación de puertos verdes en la región del Pacífico.
- Integración con estándares internacionales de sostenibilidad.

Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

- Reducción de emisiones de CO₂ (%) en operaciones logísticas.
- Eficiencia energética (%) en equipos portuarios.
- Aumento de carga movilizada con estándares ecológicos (%).
- Cumplimiento normativo (%) en regulaciones ambientales.

3. Contribución del Modelo

- A nivel teórico: Aporta un marco conceptual integrador que combina logística, stakeholders e innovación tecnológica.
- A nivel práctico: Proporciona un roadmap estructurado para la implementación de medidas ambientales en puertos mexicanos.
- A nivel político: Sugiere regulaciones y alianzas estratégicas para impulsar la sostenibilidad portuaria.



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Esta investigación sirvió para explicar algunos de los factores influyen en la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano. En este sentido se detectó que las variables que más influyen en la cadena de suministro sostenible es la logística, la innovación tecnológica y las partes interesadas que los puertos manejan por lo que se puede tener un mayor énfasis en este factor. Una de las principales contribuciones que esta investigación doctoral aporta, radica en la minuciosa revisión de la literatura para determinar la relación que la logística, las partes interesadas y la innovación tecnológica mantienen con la cadena de suministro sostenible de los puertos.

Se identificó que dentro de la cadena de suministro sostenible no existe paradigma teórico que explique este proceso, en este caso se utilizaron dos teorías, la teoría del desarrollo sostenible; la cual expone que la sostenibilidad está apoyada por tres pilares fundamentales (económico, social y ambiental) de los cuales, para la presente investigación, se tomó el enfoque medioambiental; la segunda teoría fue la de la cadena de suministro, ya que como se mencionó

con anterioridad no existe una teoría que habla de la cadena de suministro sostenible de manera conjunta.

Para conocer la influencia que cada una de las variables tienen, se aplicó una técnica de análisis diferente a las aplicadas en investigaciones en México. Para esta investigación se utilizó los modelos de ecuaciones estructurales utilizando el enfoque de mínimos cuadrados parciales. Esta técnica de análisis estadística es ampliamente utilizada en regiones como Europa o Asia sin embargo en México es poco utilizada, esto da oportunidad a ser de los pocos que manejan este tipo de herramientas estadísticas por lo que esta investigación puede servir como referencia para futuras investigaciones al explicarse ampliamente cómo se diseña y la manera en que se evalúa un modelo de ecuaciones estructurales.

En relación con la hipótesis planteada, esta se aceptó ya que las tres variables tienen una influencia positiva en la cadena de suministro sostenible. Sin embargo, logística fue la variable con mayor significancia seguido por innovación tecnológica y partes interesadas.

De los resultados de la estimación del modelo de ecuaciones estructurales y de manera particular, los ítems que explican de mejor forma a cada una de las diferentes, en el caso de la cadena de suministro sostenible como variable, se considera que el tiempo estimado de llegada (ETA), el tiempo estimado de entrega (ETD) así como el tiempo de permanencia en el puerto, son un factor crítico para fortalecer de la cadena de suministro sostenible en los puertos en el sentido en el que los buques llegarán en el tiempo justo para evitar derramas de combustible al esperar tiempo para atracar en puerto; de la misma manera buscar el desarrollo medioambiental a través de técnicas de reciclaje, el correcto uso de suelo y de biocombustibles harán que los procesos que se llevan a cabo en los puertos cumplan con sus objetivos de una manera sostenible ya que de acuerdo con las encuestas realizadas, los participantes en dichas encuestas no están interesados en otra cosa que no sea en cumplir con sus objetivos económicos dejando a un lado la parte ambiental a un lado.

En cuanto a la variable logística, el tiempo y rendimiento de almacenamiento así como el tiempo de acarreo de la mercancía es fundamental para mejorar la

cadena de suministro sostenible. De la misma manera los costos de distribución, la eficiencia de distribución así como la red de distribución de la mercancía que se mueve en los puertos son factores que promueven la cadena de suministro de manera sostenible ya que de esta manera los procesos son más ágiles y eficientes para que las mercancías lleguen a su destino final en tiempo y forma, justo como se revisó en la teoría del Justo a Tiempo.

De acuerdo con los criterios que las encuestas generaron, la innovación tecnológica sirve de soporte para el buen funcionamiento de la cadena de suministro sostenible en el sentido de que es a través de la adopción de nuevas tecnologías, la automatización, el gasto en investigación y desarrollo, la digitalización, seguridad y toma de decisiones a basadas en datos, la cadena de suministro portuaria podrá funcionar con mayor eficiencia, rapidez y precisión. Adicional a lo mencionado anteriormente la cultura en innovación, apertura a nuevas ideas y la eficiencia en sistemas portuarios como los son los Sistema de Gestión de Contenedores (CGM), Sistema de Gestión de Cargas (CLM), Sistema de Gestión de Buques (VMS) y Sistema de Gestión de Almacenes (WMS) fortalecerán aún más la cadena de suministro sostenible.

En el caso de los grupos de interés, fue la variable con menor significancia, sin embargo no deja de ser importante dentro de la cadena de suministro sostenible por lo que se procede a describir los factores que convierten a esta variable importante. Las comunidades sociales, autoridades portuarias, sindicatos y accionistas muestran un nivel de interés importante en la cadena de suministro sostenible en el sentido de que al estar inmersos en este ámbito les resulta trascendental todo lo que sucede dentro de los puertos y buscan estar presentes en todas y cada una de las etapas. Además, el poder de relación, planificación, desarrollo y financiero también tienen valor debido a estas dan funcionamiento y crecimiento a la cadena de suministro sostenible.

De igual manera, las variables seleccionadas explican en un 52% la cadena de suministro sostenible por lo que se debe de ampliar el uso a más variables para explicar el 48% restante de la cadena de suministro sostenible.

Con el desarrollo de la investigación, se detectó que existen algunas organizaciones que no consideran importante apoyar cualquier estudio donde

estén involucradas, debido a que, como se mencionó anteriormente, se mostraban renuentes a responder el instrumento de recopilación de información, algunos de ellos por la desconfianza que les da compartir la información con un extraño y desconocer el uso que se le pueda dar a esa información pero sobre todo por el tiempo que implica; además de que consideran que los resultados de este tipo de estudios no les sirven, en este sentido se tiene que utilizar la información de la manera más ética posible y crear mecanismos y propuestas que puedan ser utilizados por ellos.

Un factor que complicó el desarrollo de la investigación fue la utilización de encuestas para la recopilación de información, por lo que se invirtieron muchos recursos en la aplicación del instrumento, sin embargo es importante resaltar que generó mucho interés por parte de algunos de los miembros de la industria portuaria por lo que los resultados que se generaron en esta investigación se compartirán con algunas de las empresas y puedan tomar en cuenta algunas de las sugerencias que se plantean en la propuesta.

Otro aspecto importante a resaltar es que durante el levantamiento de datos, se observó un deterioro importante en playa es decir las playas de Manzanillo mostraron un deterioro ambiental grave que afecta los ecosistemas de la costa. Se detectaron residuos sólidos, hidrocarburos derivados de los combustibles, metales pesados provenientes de las pinturas de los barcos, y sustancias químicas tóxicas presentes en los productos transportados. Esta contaminación tiene consecuencias devastadoras para la biodiversidad marina, la calidad del agua y la salud humana, afectando tanto a la fauna y flora locales como a las comunidades costeras que dependen del turismo y la pesca y todo esto es derivado de las actividades portuarias.

Recomendaciones

Es importante buscar ampliar la muestra de estudio y realizar estudios confirmatorios para comparar los resultados obtenidos y poder generar modelos más robustos que generen resultados más significativos, en este sentido sería agregar dos puertos del pacífico en México para conocer las percepciones que tienen en relación con la cadena de suministro sostenible. De igual manera, sería interesante realizar una investigación similar a la presente pero con puertos del golfo de México, un ejemplo sería el puerto de Veracruz y Altamira, que son puertos que mueven cantidades similares a los puertos sujetos de estudio y así hacer comparaciones.

De igual manera sería muy interesante, realizar un estudio con puertos de otros países, un ejemplo sería Estados Unidos y Canadá por la cercanía; otro país sería China, debido a que este país también sufre problemas ambientales importantes y otros posibles serían Alemania y/o Países Bajos debido a que son la puerta de entrada de mercancías a Europa. Realmente sería muy enriquecedor hacer estudios como estos para saber qué están haciendo los puertos de estos países en materia sostenible.

Debido a que en esta investigación se utilizaron únicamente tres variables para tratar de explicar la cadena de suministro sostenible, otra recomendación sería el realizar nuevamente una revisión de literatura para detectar otras variables que también tengan implicaciones en cadena de suministro sostenible, por ejemplo, la economía circular o la resiliencia.

Igualmente, es importante seguir manejando distintas técnicas de análisis y desarrollar modelos más complejos para conocer de una mejor manera las implicaciones de las variables diseñadas, por ejemplo, el uso de la lógica difusa y/o las redes neuronales artificiales para el establecimiento de variables, dimensiones e indicadores más precisos. De la misma manera, es posible agregar efectos moderadores en el modelo, por ejemplo, el efecto que genera la facilidad de uso de la tecnología en la cadena de suministro sostenible.

Es importante también, crear otros aspectos para medir la cadena de suministro de manera sostenible, por lo que el desarrollo de un índice pudiera ser una línea

de investigación futura. Este índice puede facilitar la medición de este tipo de estudios y la generación de nuevo conocimiento. Adicional a ello la creación de nuevas teorías, como lo es la cadena de suministro sostenible, debido a que no hay teorías que abarquen ambos aspectos por que los investigadores optan por basarse en teorías de desarrollo sostenible y cadena de suministro de manera separada, por lo tanto esta sería otra futura línea de investigación muy interesante y necesaria.

Así mismo es fundamental que la relación entre industria, gobierno y academia se fortalezca y trabajen de manera conjunta en materia de certificaciones, creación de centros de investigación especializados en la industria portuaria, desarrollo de nuevas tecnologías específicas para la industria, con el objetivo de mejorar la competitividad de la industria portuaria en México y trabajar por la creación de actividades que involucren un mayor valor agregado y generar competencia.

Otra recomendación importante para mejorar la cadena de suministro sostenible radica en crear relaciones de confianza con los proveedores, intermediarios y demás actores dentro de la cadena de suministro esto con la finalidad de aclarar que la relación traerá beneficios a ambas partes, esta actividad se facilita al desarrollar ideas en conjunto para proyectos que mejoren la competitividad de las empresas involucradas.

Por último, otro elemento importante son los canales de comunicación adecuados, para mejorar la cadena de suministro sostenible se debe de contar con medios que faciliten la transmisión de la información entre los miembros de la cadena, esta información debe de ser balanceada, que no se transmita poca información y tampoco que haya exceso de comunicación. Esto agilizará los procesos de manera significativa.

Esta tesis ha permitido examinar la relevancia y los desafíos de implementar una cadena de suministro sostenible en los puertos mexicanos, considerando tanto las dimensiones económicas como las ambientales y sociales. A través del análisis realizado, se identificaron áreas clave de oportunidad para mejorar la eficiencia operativa, reducir el impacto ambiental y promover una cultura de responsabilidad compartida entre los actores portuarios.

Aunque persisten retos estructurales, normativos y tecnológicos, los resultados obtenidos evidencian que la sostenibilidad en los puertos no solo es necesaria, sino viable si se adoptan estrategias coordinadas y se fomenta la colaboración entre autoridades, empresas y comunidades. Esta investigación aporta elementos valiosos para el diseño de políticas públicas y la toma de decisiones en el sector logístico-portuario, y deja abiertas nuevas líneas de estudio que profundicen en el desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles.

En definitiva, se espera que este trabajo contribuya al fortalecimiento de una visión integral de la cadena de suministro en México, alineada con los objetivos globales de sostenibilidad y competitividad.

Referencias

- AAPA. (2018). *Sea Ports*. https://www.americanassociationofportauthorities-digital.com/aapd/2021_membership_directory/MobilePagedReplica.action?pm=2&folio=AD#pg1
- Acciaro, M., Vanellander, T., Sys, C., Ferrari, C., Roumboutsos, A., Giuliano, G., Lam, J. S. L., & Kapros, S. (2014). Environmental sustainability in seaports: a framework for successful innovation. *Maritime Policy & Management*, 41(5), 480–500. <https://doi.org/10.1080/03088839.2014.932926>
- AGA. (2021). *Lineamientos Técnicos de Registros VOCE – SAAI M3*. http://omawww.sat.gob.mx/aduanasPortal/Paginas/Documents/servicios/de-scargas/Documents/Lineamientos_tecnicos_registros_V9.0.pdf
- Ahl, A., Eklund, J., Lundqvist, P., & Yarime, M. (2018). Balancing formal and informal success factors perceived by supply chain stakeholders: A study of woody biomass energy systems in Japan. *Journal of Cleaner Production*, 175, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.108>
- Aita, D. (2022). *Digitalización en puertos: aplicación de gemelos digitales en la complejidad logística*.
- Al-Yafei, H., AlNouss, A., Aseel, S., Kucukvar, M., Onat, N. C., & Al-Ansari, T. (2022). How sustainable is liquefied natural gas supply chain? An integrated life cycle sustainability assessment model. *Energy Conversion and Management: X*, 15, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100246>
- Alamoush, A. S., Ölçer, A. I., & Ballini, F. (2022). Port greenhouse gas emission reduction: Port and public authorities' implementation schemes. *Research in Transportation Business & Management*, 43, 100708.
- Aldas-Manzano, J., & Uriel-Jimenez, E. (2017). *Análisis multivariante aplicado con R*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Alderson, W. (1957). Marketing behavior and executive action. *AGRRIS*.
- Alharbi, A., Wang, S., & Davy, P. (2015). Schedule design for sustainable container supply chain networks with port time windows. *Advanced Engineering Informatics*, 29(3), 322–331. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2014.12.001>
- Allen, M. K., & Helferich, O. K. (1990). Putting expert systems to work in logistics.

- Council of Logistics Management*, 70–112.
- Álvarez, C. A. M. (2011). Cuantitativa y cualitativa Guía didáctica. *Recuperado de [https://www. Uv. Mx/Rmipe/Files/2017/02/Guia-Didacticametodologia-de-La-Investigacion. Pdf](https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-Didacticametodologia-de-La-Investigacion.Pdf)*.
- Ander-Egg, E., & Aguilar, M. J. (1995). *Técnicas de investigación social* (Vol. 24). Lumen Buenos Aires.
- Arias-Martínez, B. (2008). Desarrollo de un ejemplo de análisis factorial confirmatorio con LISREL, AMOS y SAS. *Publicaciones Del INICO*, 75.
- Arndt, P. (2005). *Just in Time: El sistema de producción Justo a Tiempo*. Grin Verlag.
- Arredondo-Hidalgo, M. G., & Caldera González, D. del C. (2021). Analysis of CSR and the impact of the supply chain on sustainable performance practices: a case study of a mexican exporting company. *Investigación & Desarrollo*, 29(1), 15–40. <https://doi.org/10.14482/indes.29.1.658.408>
- Ascencio, L. M., González-Ramírez, R. G., Bearzotti, L. A., Smith, N. R., & Camacho-Vallejo, J. F. (2014). A Collaborative Supply Chain Management System for a Maritime Port Logistics Chain. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(3), 444–458. [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)71625-6](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)71625-6)
- Avila, I., & Fernando, M. (2023). *Dinámica del comportamiento de factores de competitividad en el sector textil-Huancayo, 2019*.
- Ayvar-Campos, F., Bonales-Valencia, J., & Meráz-Rodríguez, J. (2020). COMPETITIVENESS, R&D AND HIGH TECHNOLOGY OF THE MEXICAN AERONAUTICAL SECTOR: A STUDY UNDER STRUCTURAL EQUATION MODELING. *Iberoamerica*, 2, 66–90.
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (2012). Specification, evaluation, and interpretation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 40, 8–34.
- Ballou, R. (2004). *Logística Administracion de la Cadena de Suministro* (5ta ed.). Pearson Educación.
- Bañuelos-García, V. H., García-Martínez, F. de M., & Álvarez-Diez, R. C. (2021). El emprendimiento social de base universitaria en Latinoamérica: caso Zacatecas, México. *RIDE. Revista Iberoamericana Para La Investigación y*

El Desarrollo Educativo, 11(22).

- Barclay, D., Higgins, C., & Thompson, R. (1995). *The partial least squares (PLS) approach to casual modeling: personal computer adoption ans use as an Illustration*.
- Becker, A., Ng, A. K. Y., McEvoy, D., & Mullett, J. (2018). Implications of climate change for shipping: Ports and supply chains. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9(2), e508.
- Beetrack. (2021). *Evolución de la logística y su línea del tiempo hasta 2021*. DispatchTrack. <https://www.beetrack.com/es/blog/evolucion-de-la-logistica#:~:text=En la evolución de la,posicionamiento en un mercado competitivo>
- Bellucci, M., Simoni, L., Acuti, D., & Manetti, G. (2019). Stakeholder engagement and dialogic accounting: Empirical evidence in sustainability reporting. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 32(5), 1467–1499.
- Bernacki, D., & Lis, C. (2021). Investigating the sustainable impact of seaport infrastructure provision on maritime component of supply chain. *Energies*, 14(12), 1–22. <https://doi.org/10.3390/en14123519>
- Beskovnik, B. (2023). Supply chain engineering: Considering parameters for sustainable overseas intermodal transport of small consignments. *Advances in Production Engineering & Management*, 18(1), 79–91. <https://doi.org/10.14743/apem2023.1.458>
- Bhattacharya, A., Contreras Casado, C., Jeong, M., Amin, A.-L., Watkins, G., & Silva Zuniga, M. (2019). *Attributes and Framework for Sustainable Infrastructure*. <https://doi.org/10.18235/0001723>
- Bhidé, A. (1999). *The Origins and Evolution of New Businesses*.
- Boone, C. A., Craighead, C. W., & Hanna, J. B. (2007). Postponement: an evolving supply chain concept. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- Botti, A., Monda, A., Pellicano, M., & Torre, C. (2017). The Re-Conceptualization of the Port Supply Chain as a Smart Port Service System: The Case of the Port of Salerno. *Systems*, 5(2), 35. <https://doi.org/10.3390/systems5020035>
- Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (1996). *Logistical management: the integrated supply chain process*. McGraw-Hill College.

- Bowie, N. E. (2012). Stakeholder Theory: The State of the Art, R. Edward Freeman, Jeffrey S. Harrison, Andrew C. Wicks, Bidhan L. Parmar, and Simone de Colle (New York: Cambridge University Press, 2010). *Business Ethics Quarterly*, 22(1), 179–185.
- Brito, M. P. G. (2012). *Modelos Predictivos y Explicativos del Rendimiento Académico Universitario: Caso de una Institución Privada en México-Edición Única*.
- Brouer, B. D., Dirksen, J., Pisinger, D., Plum, C. E. M., & Vaaben, B. (2013). The Vessel Schedule Recovery Problem (VSRP) – A MIP model for handling disruptions in liner shipping. *European Journal of Operational Research*, 224(2), 362–374. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.08.016>
- Brundtland, G. H. (1987). No Title. Our common future: Report of the 1987. *World Commission on Environment and Development*, 1–59.
- Bucklin, L. P. (1965). Postponement, speculation and the structure of distribution channels. *Journal of Marketing Research*, 2(1), 26–31.
- Budet Jofra, X., & Pérez Gómez, A. (2019). Innovaciones tecnológicas en la cadena de suministro aplicadas al eCommerce. *Oikonomics*, 9546(9), 41–57. <https://doi.org/10.7238/o.n9.1804>
- Buenrostro-Aguilar, H. J. (2019). La sustentabilidad de los puertos marítimos: el reto de México en el siglo XXI. *XXIV Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática*, 22. <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xxiv/docs/4.04.pdf>
- Çakıcı, Ö. E., Groenevelt, H., & Seidmann, A. (2011). Using RFID for the management of pharmaceutical inventory — system optimization and shrinkage control. *Decision Support Systems*, 51(4), 842–852. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2011.02.003>
- Cancelas, N. G., Serrano, B. M., Infantes, M. E., Flores, F. S., & Orive, A. C. (2020). Escenario de digitalización para el sistema portuario español. *Revista Transporte y Territorio*, 22(22). <https://doi.org/10.34096/rtt.i22.6377>
- Carmines, E. G., & Zeller, R. A. (1979). *Reliability and validity assessment*. Sage publications.
- Castilla, A., Alvares, A., Fernández, I., Cortes, P., & Reyes, A. (2021). La sostenibilidad en la cadena de suministro en España. *Ecovadis*.

- CEPAL. (2020). Los efectos del COVID-19 en el comercio internacional y la logística. *Informe Especial COVID-19*, 6, 24. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45877>
- Cepeda-Carrión, G., & Roldán, J. L. (2004). *Aplicando en la práctica la técnica PLS en la administración de empresas*.
- CGPMM. (2022). *Inauguración de la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante en ASIPONA Manzanillo “El futuro del comercio internacional post pandemia.”* Gobierno de México. <https://www.gob.mx/puertosymarinamercante/articulos/inaugura-la-coordinacion-general-de-puertos-y-marina-mercante-en-asipona-manzanillo-el-futuro-del-comercio-internacional-post-pandemia>
- Chen, L., Zhao, X., Tang, O., Price, L., Zhang, S., & Zhu, W. (2017). Supply chain collaboration for sustainability: A literature review and future research agenda. *International Journal of Production Economics*, 194, 73–87.
- Chin, W. W. (2009). How to write up and report PLS analyses. In *Handbook of partial least squares: Concepts, methods and applications* (pp. 655–690). Springer.
- Chin, W. W., Marcolin, B. L., & Newsted, P. R. (2003). A partial least squares latent variable modeling approach for measuring interaction effects: Results from a Monte Carlo simulation study and an electronic-mail emotion/adoption study. *Information Systems Research*, 14(2), 189–217.
- Filleruelo Carrasco, E., Sánchez Fuente, F., & Etxeberria Robledo, B. (2008). Compendio de definiciones del concepto «innovación» realizadas por autores relevantes: diseño híbrido actualizado del concepto. *Dirección y Organización*, 36, 61–68. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i36.71>
- Cohen Karen, D., & Asín Lares, E. (2014). *Tecnologías de la información (6a. ed.): Estrategias y transformación en los negocios*. <https://books.google.com.mx/books?id=476MDAAQBAJ>
- Cui, H., & Notteboom, T. (2017). Modelling emission control taxes in port areas and port privatization levels in port competition and co-operation sub-games. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 110–128. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.07.030>
- Darbra, R. M., Pittam, N., Royston, K. A., Darbra, J. P., & Journee, H. (2009).

- Survey on environmental monitoring requirements of European ports. *Journal of Environmental Management*, 90(3), 1396–1403. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.08.010>
- De La Cruz, C. (2015). *Cambio, Poder y Justicia de Género en la Agenda 2030: Reflexiones para no perdernos en el camino*. Instituto Complutense de Estudios Internacionales (ICEI).
- De Souza Junior, G. A., Beresford, A. K. C., & Pettit, S. J. (2003). Liner Shipping Companies and Terminal Operators: Internationalisation or Globalisation? *Maritime Economics & Logistics*, 5(4), 393–412. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100088>
- Denktas-Sakar, G., & Karatas-Cetin, C. (2012). Port Sustainability and Stakeholder Management in Supply Chains: A Framework on Resource Dependence Theory. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 28(3), 301–319. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2013.01.002>
- Drake, D. F., Kleindorfer, P. R., & Van Wassenhove, L. N. (2016). Technology Choice and Capacity Portfolios under Emissions Regulation. *Production and Operations Management*, 25(6), 1006–1025. <https://doi.org/10.1111/poms.12523>
- Él, J., Huang, Y., & Chang, D. (2015). Simulation-based heuristic method for container supply chain network optimization. *Advanced Engineering Informatics*, 29(3), 339–354. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2014.08.001>
- Él, J., Zhang, W., Huang, Y., & Yan, W. (2013). A simulation optimization method for internal trucks sharing assignment among multiple container terminals. *Advanced Engineering Informatics*, 27(4), 598–614. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2013.08.001>
- Esparcia, A. C. (2009). *Relaciones públicas. Teoría e historia* (Vol. 135). Editorial UOC.
- Estrada, J. (2012). La sostenibilidad ambiental en los Una visión panorámica Environmental Sustainability of Ports . An Overview. *Portus*, 24, 12–19.
- Fernández, C., Sánchez, F., & Yáñez, I. (2001). RUMBO: Camino a la empresa innovativa. *Editorial Tekniker. Eibar*.
- Fernández, J. L., & Bajo, A. (2012). La Teoría del Stakeholder o de los Grupos de Interés, pieza clave de la RSE, del éxito empresarial y de la

- sostenibilidad. *Adresearch Esic International Journal of Communication Research*, 6(6), 130–143. <https://doi.org/10.7263/adr.rsc.006.07>
- Ferrara, M., Khademi, M., Salimi, M., & Sharifi, S. (2017). A Dynamic Stackelberg Game of Supply Chain for a Corporate Social Responsibility. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/8656174>
- Fisher, R. A. (1925). Theory of statistical estimation. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 22(5), 700–725.
- Flórez, C., & Miguel, J. (2019). Prácticas de responsabilidad sostenible de cadenas de suministro: Revisión y propuesta. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(87), 668–683. <https://doi.org/10.37960/revista.v24i87.24661>
- Flynn, B. B., Huo, B., & Zhao, X. (2010). The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach. *Journal of Operations Management*, 28(1), 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.06.001>
- Fornell, C., & Bookstein, F. L. (1982). Two structural equation models: LISREL and PLS applied to consumer exit-voice theory. *Journal of Marketing Research*, 19(4), 440–452.
- Freeman, R. E., Harrison, J. S., Wicks, A. C., Parmar, B. L., & De Colle, S. (2010). *Stakeholder theory: The state of the art*. Cambridge University Press.
- Freudenreich, B., Lüdeke-Freund, F., & Schaltegger, S. (2020). A stakeholder theory perspective on business models: Value creation for sustainability. *Journal of Business Ethics*, 166(1), 3–18.
- García-Dastugue, S. J., & Lambert, D. M. (2007). Interorganizational time-based postponement in the supply chain. *Journal of Business Logistics*, 28(1), 57–81.
- Gee, S. (1981). *Technology transfer, innovation, and international competitiveness*. John Wiley & Sons.
- Geerts, M., Dooms, M., & Stas, L. (2021). Determinants of sustainability reporting in the present institutional context: the case of port managing bodies. *Sustainability*, 13(6), 3148.
- Geisser, S. (1974). A predictive approach to the random effect model. *Biometrika*, 61(1), 101–107.

- Gerrero-Molina, M.-I., Vásquez-Suárez, Y.-A., & Valdés-Mosquera, D.-M. (2024). Smart, Green, and Sustainable: Unveiling Technological Trajectories in Maritime Port Operations. *IEEE Access*, 12, 47713–47723. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3376431>
- Giraldo Moya, J. A. (2023). *Impacto de los buques en el desarrollo sostenible en los puertos*.
- González-Cancelas, N., Molina-Serrano, B., & Soler-Flores, F. (2020). El impulso de la digitalización de los puertos del sistema portuario español mediante el análisis Business Observation Tool. *Revista Transporte y Territorio*, 14, 1–4.
- González, L., & Beltrán, J. (2010). Lean para la Sostenibilidad en la Cadena de Suministro. *4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management XIV Congreso de Ingeniería de Organización*, 989–998.
- Granados, R. M. (2016). Modelos de regresión lineal múltiple. *Granada, España: Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Granada*.
- Guerrero, I. (2020). *¿Qué es el sistema just-in-time?* Geinfor. <https://geinfor.com/business/que-es-el-sistema-just-in-time/>
- Gurtu, A., Jaber, M. Y., & Searcy, C. (2015). Impact of fuel price and emissions on inventory policies. *Applied Mathematical Modelling*, 39(3–4), 1202–1216. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2014.08.001>
- Gutiérrez, C., & Baumert, T. (2018). Smith, Schumpeter y el estudio de los sistemas de innovación. *Economía y Política*, 5(1), 93–111. <https://doi.org/10.15691/07194714.2014.11>
- Gutiérrez Ortiz, A. (2019). El papel de las TIC en la cadena de suministro portuaria: el caso del puerto de Manzanillo, México. *Revista de Investigación En Tecnologías de La Información*, 7(14), 241–249. <https://doi.org/10.36825/riti.07.14.020>
- Gutiérrez Pérez, J., & Pozo Llorente, T. (2006). Modelos teóricos contemporáneos y marcos de fundamentación de la educación ambiental para el desarrollo sostenible. *Revista Iberoamericana de Educación*, 41, 21–68. <https://doi.org/10.35362/rie410771>
- Hair, J. F., Hair, J., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). *A Primer*

- on *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. SAGE.
<https://books.google.com.mx/books?id=y8JyzgEACAAJ>
- Hair, Joseph F, Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. Sage publications.
- Hair, Joseph F, Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Gudergan, S. P. (2017). *Advanced issues in partial least squares structural equation modeling*. saGe publications.
- Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. Sage publications.
- Harris, I., Wang, Y., & Wang, H. (2015). ICT in multimodal transport and technological trends: Unleashing potential for the future. *International Journal of Production Economics*, 159, 88–103.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.005>
- Harrison, Alan; Van-Hoek, Remko; Skipworth, H. (2014). *Logistics Management and Strategy 5th Edition: Competing Through the Supply Chain* (Edición 5t). Pearson Educación.
- Hatami-Marbini, A., & Tavana, M. (2011). An extension of the Electre I method for group decision-making under a fuzzy environment. *Omega*, 39(4), 373–386. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.09.001>
- Hay, E. J. (1989). *Justo a Tiempo*. Norma.
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 115–135.
<https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>
- Henseler, J., & Sarstedt, M. (2013). Goodness-of-fit indices for partial least squares path modeling. *Computational Statistics*, 28, 565–580.
- Host, A., Pavlić Skender, H., & Mirković, P. A. (2018). The Perspectives of Port Integration into the Global Supply Chains – The Case of North Adriatic Ports. *Pomorstvo*, 32(1), 42–49. <https://doi.org/10.31217/p.32.1.5>
- Hox, J. J., & Bechger, T. M. (1998). *An introduction to structural equation modeling*.

- Hulland, J. (1999). Use of partial least squares (PLS) in strategic management research: A review of four recent studies. *Strategic Management Journal*, 20(2), 195–204.
- Hurtado-Talavera, F. J. (2020). Fundamentos Metodológicos de la Investigación: El Génesis del Nuevo Conocimiento. *Revista Scientific*, 5(16), 99–119. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2020.5.16.5.99-119>
- Hurtado, L. (2021). 5 aportes tecnológicos para una cadena de suministro sostenible. FIELDEAS. <https://www.fieldeas.com/cinco-aportes-tecnologicos-cadena-suministro-sostenible/>
- Hutchins, M. J., & Sutherland, J. W. (2008). An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1688–1698. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.06.001>
- Ibarra-Sáiz, M. S., & Rodríguez-Gómez, G. (2020). Evaluando la evaluación. Validación mediante PLS-SEM de la escala ATAE para el análisis de las tareas de evaluación. *RELIEVE-Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 26(1).
- INEGI. (2017). *Encuesta Sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Dirección General de Estadísticas Económicas, Dirección General Adjunta de Encuestas Económicas. <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/386/datafile/F5/V1060>
- Isabel-Vega, M., Bearzotti, L., Escobedo-Vargas, Y. K., & Gonzalez-Ramírez, R. G. (2018). Una propuesta de indicadores para el análisis de la sustentabilidad en puertos. *Panorama Económico*, 26(2), 177–198. <https://doi.org/10.32997/2463-0470-vol.26-num.2-2018-2234>
- Jacobo, A. D. (2016). *Sala I Martin, Xavier (2016). Economía en colores. Conecta*. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/1870>
- Jakhar, S. K., Bhattacharya, A., Rathore, H., & Mangla, S. K. (2020). Stakeholder pressure for sustainability: Can ‘innovative capabilities’ explain the idiosyncratic response in the manufacturing firms? *Business Strategy and the Environment*, 29(6), 2635–2653. <https://doi.org/10.1002/bse.2526>
- Jin, M., Granda-Marulanda, N. A., & Down, I. (2014). The impact of carbon

- policies on supply chain design and logistics of a major retailer. *Journal of Cleaner Production*, 85, 453–461.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.042>
- Jöreskog, K. G. (1969). A general approach to confirmatory maximum likelihood factor analysis. *Psychometrika*, 34(2), 183–202.
- Juárez, C. (2021). *Principales tecnologías de la cadena de suministro en 2021*. The Logistics World. <https://thelogisticsworld.com/tecnologia/principales-tecnologias-de-la-cadena-de-suministro-en-2021/>
- Justavino-Castillo, M. E., Gil-Saura, I., & Fuentes-Blasco, M. (2020). Efectos de la sostenibilidad y del valor logístico en las relaciones entre empresas de transporte marítimo. *Estudios Gerenciales*, 36(157), 377–390.
- Kannan, D. (2018). Role of multiple stakeholders and the critical success factor theory for the sustainable supplier selection process. *International Journal of Production Economics*, 195, 391–418.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.02.020>
- Karagkouni, K., & Boile, M. (2024). Classification of Green Practices Implemented in Ports: The Application of Green Technologies, Tools, and Strategies. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(4), 571.
<https://doi.org/10.3390/jmse12040571>
- Kerlinger, F. N., Lee, H. B., Pineda, L. E., & Mora Magaña, I. (2002). *Investigación del comportamiento*.
- Kline, R. B. (2023). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford publications.
- Krass, D., Nedorezov, T., & Ovchinnikov, A. (2013). Environmental Taxes and the Choice of Green Technology. *Production and Operations Management*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1111/poms.12023>
- Lam, J. S. L. (2015). Designing a sustainable maritime supply chain: A hybrid QFD–ANP approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 78, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.10.003>
- Lambert, D. M. (2008). *Supply chain management: processes, partnerships, performance*. Supply Chain Management Inst.
- Lanza, P., Berizzo, L., & Gorosito, V. (2023). Los desafíos del Comercio Internacional Sostenible en Argentina. *XII Congreso de Administración Del*

Centro de La República. VIII Congreso de Ciencias Económicas Del Centro de La República. IX Encuentro Internacional de Administración Del Centro de La República.

- Lao Torres, D. (2019). *Procedimiento para la gestión de la seguridad en las cadenas de suministros, con enfoque hacia la sostenibilidad. Caso de estudio de la construcción*. Universidad de Holguín, Facultad de Ciencias Empresariales y Administración
- Lee, P. T.-W., Kwon, O. K., & Ruan, X. (2019). Sustainability challenges in maritime transport and logistics industry and its way ahead. In *Sustainability* (Vol. 11, Issue 5, p. 1331). MDPI.
- Leege, A. (2019). *El puerto de Rotterdam utiliza un sistema de inteligencia artificial para optimizar las escalas de los buques*. ANAVE. <https://www.anave.es/prensa/ultimas-noticias/2043-el-puerto-de-rotterdam-utiliza-un-sistema-de-inteligencia-artificial-para-optimizar-las-escalas-de-los-buques>
- Li, J., Liu, X., & Jiang, B. (2011). An exploratory study on low-carbon ports development strategy in China. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 27(1), 91–111.
- Lin, C.-Y., Dai, G.-L., Wang, S., & Fu, X.-M. (2022). The evolution of green port research: a knowledge mapping analysis. *Sustainability*, 14(19), 11857.
- Lin, S., Potter, A., Pettit, S., & Nair, R. (2014). A Systems View of Supply Network Integration in Maritime Logistics. *19th Logistics Research Network Conference, Huddersfield, UK, 3-5 September 2014*, 1989, 1–8.
- Linton, J. D., Klassen, R., & Jayaraman, V. (2007). Sustainable supply chains: An introduction. *Journal of Operations Management*, 25(6), 1075–1082. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.012>
- Lu, C.-S., & Yang, C.-S. (2010). Safety leadership and safety behavior in container terminal operations. *Safety Science*, 48(2), 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.05.003>
- Lupano, J. A. (2023). Desafíos ambientales y regulatorios del transporte marítimo en América del Sur. *Repositorio Digital*. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/50bb8743-dcc1-46be-9163-9fcb45965866>

- Marinucci, E. (2021). *Logística y transporte internacional: la disrupción ante el COVID-19*.
- Martínez-Ávila, M., & Fierro-Moreno, E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico / Application of the PLS-SEM technique in Knowledge Management: a practical technical approach. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 8(16), 130–164. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.336>
- Martínez Alier, J. (1999). *Introducción a la Economía Ecológica*. Rubes.
- Maturano, J., Escalante-Ferrer, A., Torres-Salazar, M. C., García-Garnica, A., Herrera, K., Avidal, C. M., & Rivera, A. (2019). Las Cadenas De Suministro Y El Desarrollo Sostenible: Una Revisión De La Literatura the Supply Chains and Sustainable Development: a Review of the Literature. *Red Internacional de Investigadores En Competividad*, 20(1), 53–61. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/LOG/article/view/1021/1123>
- Maubert, I. (2020). *5 tendencias de almacenes sustentables para 2021*. The Logistics World. <https://thelogisticsworld.com/almacenes-e-inventarios/5-tendencias-de-almacenes-sustentables-para-2021/>
- Meadows, D., Randers, J., & Behrens, W. (1972). *Los límites del crecimiento: informe del Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad* ((1ª ed. ca). Fondo de Cultura Económica.
- Medina, J. (2020). *Método Just in time: qué es, orígenes y cómo se aplica*. Toyota Material Handling. <https://blog.toyota-forklifts.es/origenes-just-in-time>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Mendes, J. (2019). *Casos de estudio internacional y buenas prácticas para la implementación de Sistemas de Comunidad Portuaria*. Banco Interamericano de Desarrollo. https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Casos_de_estudio_internacional_y_buenas_prácticas_para_la_implementación_de_Sistemas_de_Comunidad_Portuaria_es_es.pdf

- Mendoza, L., & Vega, K. (2014). Teoría de las restricciones y proceso de mejora continua vs. metodología justo a tiempo (JIT) y costos ABC. *Dialnet*, 7–13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6578968>
- Mishra, N., & Singh, A. (2018). Use of twitter data for waste minimisation in beef supply chain. *Annals of Operations Research*, 270(1–2), 337–359. <https://doi.org/10.1007/s10479-016-2303-4>
- Mitchell, R. K., Agle, B. R., & Wood, D. J. (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of who and What Really Counts. *Academy of Management Review*, 22(4), 853–886. <https://doi.org/10.5465/amr.1997.9711022105>
- Mora, L. (2016). Gestion logistica integral. In *Ecoe Ediciones Ltda.* (Segunda Ed). Ecoe Ediciones. https://corladancash.com/wp-content/uploads/2018/11/Gestion-logistica-integral_-Las-Luis-Anibal-Mora-Garcia.pdf
- Moralejo, A., Miguel, E., Legarreta, B., Ma, J., & Miguel, C. E. (2009). El desarrollo sostenible a lo largo de la historia del pensamiento económico. *Revista de Economía Mundial*, 21, 87–110. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86611886004>
- Mullan, P. (2017). *Creative destruction: How to start an economic renaissance*. Policy Press.
- Munim, Z. H. (2019). Autonomous ships: a review, innovative applications and future maritime business models. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 20(4), 266–279. <https://doi.org/10.1080/16258312.2019.1631714>
- Nelson, R. R. (1985). *An evolutionary theory of economic change*. harvard university press.
- Notteboom, T., & Rodrigue, J.-P. (2008). Containerisation, Box Logistics and Global Supply Chains: The Integration of Ports and Liner Shipping Networks. *Maritime Economics & Logistics*, 10(1–2), 152–174. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100196>
- Nugent, M., Alberto Luis, M., Quispe, T., Llave, T., Marcelino, A., Morales, F., & Alberto, J. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*, 88, 1136–1146.

- OMI. (2020). *Introducción a la OMI*. Organización Marítima Internacional.
<https://www.imo.org/es/About/Pages/Default.aspx>
- Oppenheim, A. N. (1966). *Questionnaire design and attitude measurement*.
- Ortiz-Paniagua, C. F., Valencia, J. B., & Esparza, A. F. (2021). Structural model of university social responsibility. *Sustainability in Debate*, 12(2), 185–218.
- Ortiz, A., Gutiérrez-Jiménez, M., & Real, O. B. (2016). El Impacto de los Servicios Logísticos de Valor Agregado en la Cadena de Suministro Global: el Caso del Puerto de Manzanillo, México. *Revista de Gestión Empresarial y Sustentabilidad*, 2(1), 85–107.
<https://rges.umich.mx/index.php/rges/article/view/13>
- Oviedo, H. C., & Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572–580.
- Patiño, D. (2012). *Aumentará demanda de servicios logísticos de valor agregado*. T21. <http://t21.com.mx/logistica/2012/05/03/aumentara-demanda-servicios-logisticos-valor-agregado>
- Pavon, J., & Goodman, R. A. (1981). *Proyecto modeltec; la planificacion del desarrollo tecnologico; el caso español*. Centro para el desarrollo tecnologico industrial.
- Pavón, J., & Hidalgo, A. (1997). Gestión e innovación. *Un Enfoque Estratégico*, 57.
- Peris-Mora, E., Orejas, J. M. D., Subirats, A., Ibáñez, S., & Alvarez, P. (2005). Development of a system of indicators for sustainable port management. *Marine Pollution Bulletin*, 50(12), 1649–1660.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.048>
- Perrin, B. (1995). Evaluation and future directions for the Job Accommodation Network (JAN) in Canada. *Final Report. Employment Policies and Operations, HRDC*.
- Pinheiro de Lima, O., Breval Santiago, S., Rodríguez Taboada, C. M., & Follmann, N. (2017). A new definition of internal logistics and how to evaluate it. *Ingeniare*, 25(2), 264–276. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052017000200264>
- Qi, X., & Song, D.-P. (2012). Minimizing fuel emissions by optimizing vessel schedules in liner shipping with uncertain port times. *Transportation*

- Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(4), 863–880.
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2012.02.001>
- Rabey, M. A., Heras Monner Sans, A. I., & Burin, D. (2005). TRABAJO, DESARROLLO, DIVERSIDAD: Una investigación sobre metodologías y políticas de desarrollo local. *Tejido Social. Desarrollo Local y Economía Social*, FLACSO-ARGENTINA, 1–20.
- Radhika, D. (2012). The new role of seaports as integral parts of global supply chains. *International Journal of Multidisciplinary Management Studies*, 2(4), 131–144.
- Ralón, G. (2018). El proceso de investigación como sistema de problemas: una reconstrucción de su lógica y estructura basada en siete preguntas. *Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 40, 199.
<https://doi.org/10.5944/empiria.40.2018.22016>
- Ramos-Aguado, A. (2022). *Análisis de las nuevas directrices de la Omi para la descarbonización del transporte marítimo*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Revuelta-Martinez, T. (2019). *Aplicación de la industria 4.0 en el área de la logística*.
- Riechmann, J. (1995). Desarrollo sostenible: la lucha por la interpretación. *De La Economía a La Ecología*, 1, 1–20.
- Rigdon, E. E. (2012). Rethinking partial least squares path modeling: In praise of simple methods. *Long Range Planning*, 45(5–6), 341–358.
- Rigdon, E. E. (2014). Rethinking partial least squares path modeling: breaking chains and forging ahead. *Long Range Planning*, 47(3), 161–167.
- Rodriguez, A. (2020). *Fundamentos de la publicación científica*. El Principio de La Originalidad. <https://isdfundacion.org/2020/06/05/el-principio-de-originalidad-en-los-articulos-cientificos/>
- Rubia, J. M. de la. (2019). Revisión de los criterios para validez convergente estimada a través de la Varianza Media Extraída. *Psychologia. Avances de La Disciplina*, 13(2), 25–41.
- Ruiz De Aguirre, L. S.-J., & Retolaza, J. L. (2012). Participación de los stakeholders en la gobernanza corporativa: fundamentación ontológica y propuesta metodológica. *Universitas Psychologica*, 11(2), 619–628.

- S.C.T. (2021). Secretaria de Comunicaciones y Transportes. In *Obtenido de Secretaria de Comunicaciones y Transportes*. <https://www.gob.mx/sct>
- Samamé-Saavedra, J. A. (2023). Modelo de manejo para la comercialización legal y sostenible de la vida silvestre en el departamento de Lambayeque. *Repositorio Institucional*.
- Sánchez-Infante, J. P. (2017). *La influencia de la responsabilidad social empresarial en los resultados económicos de las micro, pequeñas y medianas empresas*. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Sánchez, R., Jaimurzina, A., Wilmsmeier, G., Pérez, G., Doerr, O., & Pinto, F. (2015). Transporte marítimo y puertos. Desafíos y oportunidades en busca de un desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, 176, 1–109. <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/19539/lcl2169e.pdf>
- Sandoval, J. A. C. (2021). *La Apropiación Social del Conocimiento (ASC) como un proceso estratégico para la buena gobernanza frente al cambio climático: un análisis desde el contexto colombiano*. Universidade de Lisboa (Portugal).
- SAT. (2011). *¿Qué es la Ventanilla Única de Comercio Exterior Mexicano?* Gobierno de México. <https://www.ventanillaunica.gob.mx/vucem/ventanillaunica.html>
- Schvarstein, L. (2010). Psicología social de las organizaciones: nuevos aportes. 2a reimp. Buenos Aires Editorial Paidós.
- SCT. (2020). *Programa maestro de desarrollo portuario de los puertos de manzanillo y laguna de cuyutlan 2015-2020*. <https://puertomanzanillo.com.mx/upl/sec/480a9ac9055c36e22410bd33e2020a50a5a11804.pdf>
- Sepehri, A., Kirichek, A., van den Heuvel, M., & van Koningsveld, M. (2024). Smart, sustainable, and circular port maintenance: A comprehensive framework and multi-stakeholder approach. *Journal of Environmental Management*, 370, 122625. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122625>
- Seuring, S., & Müller, M. (2019). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710.

- <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Shiau, T.-A., & Chuang, C.-C. (2015). Social construction of port sustainability indicators: a case study of Keelung Port. *Maritime Policy & Management*, 42(1), 26–42. <https://doi.org/10.1080/03088839.2013.863436>
- Shukla, N., & Kiridena, S. (2016). A fuzzy rough sets-based multi-agent analytics framework for dynamic supply chain configuration. *International Journal of Production Research*, 54(23), 6984–6996. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1151567>
- Siems, E., & Seuring, S. (2021). Stakeholder management in sustainable supply chains: A case study of the bioenergy industry. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3105–3119. <https://doi.org/10.1002/bse.2792>
- Singh, A., Mishra, N., Ali, S. I., Shukla, N., & Shankar, R. (2015). Cloud computing technology: Reducing carbon footprint in beef supply chain. *International Journal of Production Economics*, 164, 462–471. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.019>
- Smith, M., de Groot, D., & Bergkamp, G. (2006). *Pay: Establishing payments for watershed services*. IUCN.
- Solano, A. F. P., Barbosa-Correa, R. A., Cohen Jiménez, J., Suárez-López, D., Mercado-Caruso, N., & Salas-Navarro, K. (2017). Estrategias para el desarrollo sostenible del sector portuario en el Caribe Colombiano. *Espacios*, 38(22).
- Stevens, G. C. (1989). Integrating the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 19(8), 3–8.
- Strauss, D. (2012). *Guía de implementación de la facilitación del comercio*. Análisis de Las Partes Interesadas. <https://tfig.itcilo.org/SP/contents/stakeholder-analysis.htm>
- Tan, K. H., Zhan, Y., Ji, G., Ye, F., & Chang, C. (2015). Harvesting big data to enhance supply chain innovation capabilities: An analytic infrastructure based on deduction graph. *International Journal of Production Economics*, 165, 223–233. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.034>
- Tanco, J. A. A., Herrero, L. A. R., & Álvarez, J. L. (2007). Relaciones de integración empresa proveedor: influencia de la trazabilidad. *Universia Business Review*, 15, 54–67.

- Tenenhaus, M., Amato, S., & Esposito Vinzi, V. (2004). A global goodness-of-fit index for PLS structural equation modelling. *Proceedings of the XLII SIS Scientific Meeting*, 1(2), 739–742.
- Tovar, S. (2018). *La navegación “just-in-time” reduce las emisiones de CO2*. Bilogistik. <https://www.bilogistik.com/blog/navegacion-just-in-time/>
- UNECE. (2020). Guía de implementación del comercio. *Naciones Unidas*. <https://tfig.unece.org/SP/contents/stakeholders.htm>
- Val, S. (2020). *El futuro de la cadena de suministro pasa por la tecnología y la sostenibilidad*. El Canal Marítimo y Logístico. <https://www.diarioelcanal.com/el-futuro-de-la-cadena-de-suministro-pasa-por-la-tecnologia-y-la-sostenibilidad/>
- Valcarce-Ruiz, L. (2023). *Modelización dinámica de la gestión del puerto de cruceros: la influencia de variables sociodemográficas*.
- Valenzuela, U. M., & Cruz-Mejía, O. (2012). La posposición de operaciones en las cadenas de suministro: Un estudio de la literatura. *Tlatemoani: Revista Académica de Investigación*, 9, 5.
- Van Hoek, R. I. (2001). The rediscovery of postponement a literature review and directions for research. *Journal of Operations Management*, 19(2), 161–184.
- Vásquez, D., & Palomo, M. (2016). Gestión de la calidad total, del “Justo a tiempo”, y su impacto en la gestión de la cadena de suministros en empresas manufactureras. *Revista de La Facultad de Contaduría y Administración de La Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH)*, 39(13), 87–100. http://fca.uach.mx/posgrado_e_investigacion/2017/11/24/ExcAdm39D.pdf#page=9
- Vélez-Rojas, R., & Pérez-Ortega, G. (2014). Propuesta metodológica para la gestión de inventarios en una empresa de bebidas por el método justo a tiempo caso de estudio. *Saber, Ciencia y Libertad*, 9(1), 91–100. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2014v9n1.1987>
- Vergara-Jaimes, S. M., Botero-Bolívar, S., & Donado Gómez, J. H. (2022). Planteamiento del problema de un proyecto de investigación: escritura y formulación en ciencias de la salud. *Salud Uninorte*, 38(03), 919–931. <https://doi.org/10.14482/sun.38.3.610.72>
- Vergara, J. (2018). *Hiperautomatización: Cómo funciona y qué puede hacer*.

- Villarreal, A. (2012). *Plataformas logísticas y su impacto positivo*. Recuperado El 23 de Noviembre de 2014, de KPMG.
- Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution That Will Transform Supply Chain Design and Management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77–84. <https://doi.org/10.1111/jbl.12010>
- Wang, S., Alharbi, A., & Davy, P. (2014). Liner ship route schedule design with port time windows. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 41, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.01.012>
- Wang, S., Alharbi, A., & Davy, P. (2015). Ship Route Schedule Based Interactions Between Container Shipping Lines and Port Operators. In *Handbook of Ocean Container Transport Logistics, International Series in Operations Research & Management Science*, (pp. 279–313). https://doi.org/10.1007/978-3-319-11891-8_10
- Wang, S., & Meng, Q. (2012). Liner ship route schedule design with sea contingency time and port time uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, 46(5), 615–633. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2012.01.003>
- Wang, T., Cheng, P., & Zhen, L. (2023). Green development of the maritime industry: Overview, perspectives, and future research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 179, 103322.
- Wold, H. (1980a). Model construction and evaluation when theoretical knowledge is scarce: Theory and application of partial least squares. In *Evaluation of econometric models* (pp. 47–74). Elsevier.
- Wold, H. (1980b). Soft modelling: Intermediate between traditional model building and data analysis. *Banach Center Publications*, 6, 333–346.
- Xia, Z., Guo, Z., Wang, W., & Jiang, Y. (2021). Joint optimization of ship scheduling and speed reduction: A new strategy considering high transport efficiency and low carbon of ships in port. *Ocean Engineering*, 233, 109224.
- Xu, J., Wei, J., & Lu, L. (2019). Strategic stakeholder management, environmental corporate social responsibility engagement, and financial

- performance of stigmatized firms derived from Chinese special environmental policy. *Business Strategy and the Environment*, 28(6), 1027–1044. <https://doi.org/10.1002/bse.2299>
- Xu, Xiaoping, He, P., Xu, H., & Zhang, Q. (2017). Supply chain coordination with green technology under cap-and-trade regulation. *International Journal of Production Economics*, 183, 433–442. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.08.029>
- Xu, Xiaoyan, Xu, X., & He, P. (2016). Joint production and pricing decisions for multiple products with cap-and-trade and carbon tax regulations. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4093–4106. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.081>
- Yang, B., Burns, N. D., & Backhouse, C. J. (2004). Postponement: a review and an integrated framework. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(5), 468–487. <https://doi.org/10.1108/01443570410532542>
- Yang, Y.-C. (2017). Operating strategies of CO₂ reduction for a container terminal based on carbon footprint perspective. *Journal of Cleaner Production*, 141, 472–480.
- Yu, S., Zheng, S., Gao, S., & Yang, J. (2017). A multi-objective decision model for investment in energy savings and emission reductions in coal mining. *European Journal of Operational Research*, 260(1), 335–347. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.12.023>
- Zhao, X., Huo, B., Selen, W., & Yeung, J. H. Y. (2011). The impact of internal integration and relationship commitment on external integration*. *Journal of Operations Management*, 29(1–2), 17–32. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.04.004>
- Zhong, R. Y., Huang, G. Q., Lan, S., Dai, Q. Y., Chen, X., & Zhang, T. (2015). A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID-enabled production data. *International Journal of Production Economics*, 165, 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.02.014>
- Zhou, Y., & Zhou, H. (2024). The Emission Reduction Technology Decision of the Port Supply Chain. *Mathematics*, 12(6), 848. <https://doi.org/10.3390/math12060848>

ANEXOS

Operacionalización de variables

Operacionalización de variables					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Cadena de suministro sostenible	Una cadena de suministro sostenible es una red de organizaciones interconectadas que se comprometen a operar de una manera ambiental, social y económicamente responsable. Esto significa que las cadenas de suministro sostenibles se esfuerzan por minimizar su impacto negativo en el medio ambiente, al mismo tiempo que garantizan que sean social y económicamente beneficiosas para todas las partes interesadas (Seuring, S. & Müller, M. 2008).	Es una red de organizaciones interconectadas que están comprometidas a lograr el triple resultado de prosperidad económica, gestión ambiental y responsabilidad social. Este compromiso se manifiesta a través de la implementación de prácticas sostenibles en todas las etapas de la cadena de suministro, desde la compra de la materia prima hasta la eliminación del producto (Carter & Rogers, 2008)	Ambiental	Emisiones de gases de efecto invernadero	SSCA1
				Contaminación del aire y del agua.	SSCA2
				Uso de materiales reciclados	SSCA3
				Uso del suelo	SSCA4
				Generación de residuos	SSCA5
				Uso del suelo	SSCA6
Logística	La logística es la planificación, implementación y control sistemáticos del flujo y almacenamiento eficiente y efectivo de bienes, servicios e información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo con el fin de satisfacer los requisitos del cliente. (Consejo de Gestión Logística, 2018)	La logística es el proceso de gestionar el movimiento y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada desde su punto de origen hasta su punto de consumo, de una manera rentable, eficiente, confiable y que responda a las necesidades del cliente .	Distribución	Índice de desempeño logístico	LD1
				Conectividad del interior del puerto	LD2
				Distribución de carga de transporte	LD3
				Distancia promedio de acarreo	LD4
				Tiempo de acarreo	LD5
				Costos de distribución	LD6
				Eficiencia de distribución	LD7
				Resiliencia de red de distribución	LD8
			Tiempo	Just in time	LT1
				ETA	LT2
				ATB	LT3
				ETD	LT4
				Tiempo de permanencia	LT5
			Almacenaje	Tiempo de almacenamiento	LA1
				Costo de almacenamiento	LA2
				Rendimiento de almacenamiento	LA3
Partes Interesadas	Las partes interesadas son individuos o grupos que tienen interés o se ven afectados por las actividades de una organización (Freeman, 1984).	Las partes interesadas son individuos o grupos que pueden afectar o verse afectados por el logro de los objetivos de una organización. Las partes interesadas pueden identificarse por su capacidad para proporcionar recursos a la organización, influir en las decisiones de la organización o verse afectados por las actividades de la organización(Freeman, 1984).	Interés (se refiere al nivel de preocupación que tiene una parte interesada sobre las actividades de la	Comunidades sociales	PII1
				Autoridades portuarias	PII2
				Clientes	PII3
				Sindicatos	PII4
			Poder (se refiere a la capacidad de un interesado para influir en la organización)	Accionistas	PII4
				Comunidades locales	PIP1
				Poder de reguación	PIP2
				Poder de planificación y desarrollo	PIP3
Innovación tecnológica	La innovación tecnológica es el proceso de creación de tecnologías nuevas y mejoradas (Rogers, 2003). Novedad utilidad difusión	La definición operacional de innovación tecnológica es cantidad de nuevos productos o servicios introducidos en el mercado (Schumpeter, 1934).	Técnica	Poder financiero	PIP4
				Gasto en investigación y desarrollo (I+D)	ITT1
				Adopción de tecnología	ITT2
				Automatización	ITT3
				Digitalización	ITT4
				Seguridad	ITT5
			Organizativa	Toma de decisiones basadas en datos	ITT6
				Cultura de innovación	ITO1
				Solicitudes de patente	ITO2
				Colaboración con socios tecnológicos	ITO3
			Sistémica	Apertura a nuevas ideas	ITO4
				Número de acuerdos de capital de riesgo	ITS1
				Resiliencia de los sistemas portuarios	ITS2
				Compatibilidad de sistemas externos	ITS3
				Eficiencia de sistemas portuarios	ITS4

Instrumento



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas



El objetivo del presente instrumento es recolectar información con la finalidad de fortalecer la cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano para la elaboración de tesis doctoral en administración perteneciente al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT).

Los datos obtenidos serán utilizados exclusivamente con fines académicos y serán tratados con absoluta confidencialidad.

Instrucciones: Lea detenidamente las siguientes afirmaciones y marque la posición que considere adecuada tomando en cuenta que 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

	Cadena de suministro sostenible	1	2	3	4	5
1	El uso de buques portacontenedores dentro de la cadena de suministro portuaria genera emisiones contaminantes					
2	La cadena de suministro portuaria genera contaminación del aire y del agua					
3	El uso de materiales reciclados dentro de la cadena de suministro portuaria es el adecuado para que esta sea sostenible					
4	El uso de suelo dentro del puerto es el adecuado para mantener una cadena de suministro portuaria sostenible					
5	Los residuos generados dentro de la cadena de suministro en el puerto se aprovechan de manera eficiente dependiendo al utilidad que aún se les pueda dar					
6	La cadena de suministro portuaria utiliza las prácticas adecuadas para proteger la biodiversidad de su entorno					
	Logística					
7	El uso del término "justo a tiempo" se cumple en su totalidad dentro de la cadena de suministro portuaria					
8	La ETA se sabe con el tiempo de anticipación necesario para realizar los ajustes necesarios					
9	El tiempo que transcurre entre el fondeo y el atraque es mínimo como para retrasar procesos logísticos					
10	ETD siempre es la correcta para evitar almacenamientos innecesarios					
11	El tiempo de permanencia de contenedores en patio siempre es el normal					
12	El desempeño logístico que se maneja en el puerto es el adecuado para mantener una cadena de suministro sostenible					

13	La conectividad del interior del puerto cumple con las necesidades para mantener una cadena de suministro en óptimas condiciones					
14	La distribución de carga por modo de transporte es óptima dentro de la cadena de suministro sostenible					
15	La distancia promedio de acarreo en puerto es justo la necesaria para ajustar tiempos en puerto					
16	El tiempo de acarreo en puerto es óptimo y justo					
17	Los costos de distribución son los correctos de acuerdo a las necesidades de la mercancía					
18	La distribución es eficiente en toda la cadena de suministro					
19	La red de distribución es lo suficientemente resiliente para adaptarse a los cambios que esta pueda experimentar					
20	El tiempo de almacenamiento de contenedores dentro del puerto es el correcto y óptimo de una cadena de suministro sostenible					
21	Los costos de almacenamiento son los correctos de acuerdo al tipo de mercancía					
22	El rendimiento de almacenamiento en puerto es el adecuado para disminuir lugar y tiempo					
	Partes Interesadas					
23	Las comunidades sociales muestran el interés necesario para el óptimo funcionamiento de la cadena de suministro					
24	Las autoridades portuarias y demás partes interesadas mantienen la comunicación necesaria para la óptima comunicación dentro de la cadena de suministro portuaria					
25	Los clientes (importadores/exportadores) proporcionan la información necesaria en tiempo y forma para la realización de sus operaciones					
26	El trabajo de los sindicatos es el adecuado para las partes interesadas dentro de la cadena de suministro portuaria					
27	Los accionistas muestran un interés proporcional al poder que tienen dentro de la cadena de suministro portuaria					
28	Las comunidades locales están de acuerdo con el funcionamiento de los puertos ubicados en su entorno					
29	El poder de regulación que poseen los grupos de interés beneficia la cadena de suministro para su óptimo funcionamiento					
30	El poder de planificación y desarrollo de las partes interesadas ayuda a una mejor distribución de la mercancía					
31	El poder financiero que poseen los grupos de interés se utiliza en inversión de nuevas tecnologías para la cadena de suministro portuaria					
	Innovación tecnológica					

32	El gasto destinado a investigación y desarrollo es el necesario para que la cadena de suministro portuaria tenga suficiente innovación tecnológica					
33	La tecnología utilizada dentro del puerto es la necesaria para que la cadena de suministro sea sostenible					
34	Los sistemas de automatización se utilizan de manera correcta para facilitar la conectividad de cada eslabón de la cadena de suministro					
35	Los sistemas de digitalización son utilizados adecuadamente para agilizar los procesos administrativos y demás procedimientos involucrados					
36	La cadena de suministro del puerto es confiable gracias a los sistemas de seguridad que maneja					
37	La toma de decisiones basados en datos permite seleccionar las mejores oportunidades para el buen desempeño de la cadena de suministro					
38	La cultura en innovación dentro de la cadena de suministro portuaria es suficiente para que esta funcione de manera óptima					
39	Las solicitudes de patentes dentro de la cadena de suministro portuaria son suficientes para que exista innovación dentro de la misma					
40	La colaboración con socios tecnológicos permiten una comunicación ágil entre las demás partes interesadas dentro de la cadena de suministro					
41	Existe compromiso y apertura a nuevas ideas que fortalezcan la comunicación, conectividad y agilización de la cadena de suministro					
42	El número de acuerdos de capital de riesgo es el necesario para la inversión en innovación y tecnología del puerto					
43	Los sistemas portuarios se muestran resilientes a los cambios en situación de catástrofe					
44	Existe compatibilidad con sistemas externos lo que permite mayor conectividad					
45	La eficiencia tecnológica del sistema portuario permite agilizar la conectividad y comunicación entre las partes interesadas					

Información de la empresa

Nombre de la empresa _____

Localidad _____

Agradecemos su tiempo y atención prestada para dar respuesta al presente cuestionario.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Doctorado en Administración.	
Título del trabajo	Cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Marta Guadalupe Cortes Medina	maria.medina@umich.mx.
Director	Irma Cristina Espitia Moreno	irmacris@umich.mx
Codirector	Jesús Sigifredo Gastélum Valdéz	jsgastelum@unla.edu.mx
Coordinador del programa	Jaime Apdinar Martínez Arroyo	doc.administracion@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	Sí	Para tener un mejor parafraseo

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	No	
Traducción a otra lengua	No	
Revisión y corrección de estilo	No	
Análisis de datos	No	
Búsqueda y organización de información	No	
Formateo de las referencias bibliográficas	Sí	Uso del software Mendeley para que las citas y referencias sean correctos y en formato APA
Generación de contenido multimedia	No	
Otro	No	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	María C. ... <i>DL</i>
Lugar y fecha	Morelia Michoacán a 3 de Noviembre 2025.

María Guadalupe Cortés Medina

Cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano..pdf

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:526351874

Fecha de entrega

11 nov 2025, 7:13 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

11 nov 2025, 7:20 a.m. GMT-6

Nombre del archivo

Cadena de suministro sostenible de los puertos del pacífico mexicano..pdf

Tamaño del archivo

2.3 MB

140 páginas

39.471 palabras

229.021 caracteres

25% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 23%  Fuentes de Internet
- 13%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
35 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.