

Desarrollo Sostenible en los principales Puertos de México

Odette Virginia Delfín Ortega¹

Martha Villegas Manzo²

Resumen

El desarrollo sostenible en los puertos de México se aborda desde múltiples dimensiones, enfocándose en equilibrar el crecimiento económico, la equidad social y la protección ambiental.

La dimensión económica incluye la optimización de recursos y la atracción de inversiones para mejorar la infraestructura y la eficiencia operativa de los puertos. Además, se busca fomentar la competitividad y el comercio exterior, generando empleo y crecimiento económico local y nacional.

En la dimensión social, se promueve la integración de los puertos con las comunidades locales, mejorando la calidad de vida a través de la creación de empleo, capacitación y desarrollo social.

También se enfatiza la importancia de una gestión inclusiva y participativa, involucrando a las comunidades en la toma de decisiones y en la planificación de proyectos portuarios. La dimensión ambiental se centra en minimizar el impacto ecológico de las operaciones portuarias. Esto incluye la implementación de tecnologías limpias, el control de la contaminación del agua y del aire, y la gestión adecuada de residuos.

En esta investigación se tiene como objetivo analizar las dimensiones del desarrollo sostenible de los puertos de México.

Conceptos Clave: Desarrollo sostenible, puertos, crecimiento económico.

Introducción

Gran parte del comercio mundial se lleva a cabo a través del transporte marítimo. Sin esta actividad, sería imposible la importación y exportación de una infinidad de mercancías, en la escala necesaria para satisfacer las necesidades en el mundo actual. La constante innovación que continúa experimentando el transporte marítimo refleja en beneficios para los consumidores de todo el mundo a través del bajo costo en los fletes. Existen más de 50,000 buques marítimos dedicados exclusivamente en intercambio de mercancías, que transportan todo tipo de productos (UNCTAD, 2015).

El objetivo de esta investigación es identificar los factores que inciden en la sostenibilidad portuaria de los principales puertos de México por medio de la medición de cada una de las dimensiones económica, ambiental, social e institucional. El estudio analiza la sostenibilidad de los principales puertos de este bloque comercial, enfocándose en los puertos con el mayor movimiento de TEU's³ de México. Para la medición de las cuatro dimensiones de la sostenibilidad

¹ Doctora. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales odette.delfin@umich.mx

² Maestra. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. 0617493d@umich.mx

³ Acrónimo del inglés *Twenty-foot Equivalent Unit*. Unidad de medida utilizada en el comercio exterior para calcular la capacidad de carga de contenedores.

se utiliza un modelo PLS, para analizar cada una de las variables, en cada una de las terminales de los diferentes puertos analizados, siendo estos los principales dentro de la República Mexicana.

Se presentan los modelos de ecuaciones estructurales, una técnica de análisis estadístico multivariante utilizada para contrastar modelos que proponen relaciones causales entre las variables. Este modelo denominado PLS cuenta con una gran ventaja y es que permiten proponer el tipo y dirección de las relaciones que se espera encontrar entre las diversas variables contenidas en él, para pasar posteriormente a estimar los parámetros que vienen especificados por las relaciones propuestas a nivel teórico.

Para interpretar los resultados del Modelado de Ecuaciones Estructurales por sus siglas en inglés (SEM) se deben evaluar las pruebas estadísticas y un conjunto de índices que determinan que la estructura teórica propuesta suministra un buen ajuste a los datos empíricos. Este ajuste se verifica si los valores de los parámetros estimados reproducen la matriz observada de covarianza (Kahn, 2006).

Extensión

En el presente avance de investigación elaborado, se muestra la estructura de la investigación, por medio de la cual se presenta un proyecto de manera planeada, metódica y ordenada. Calidad necesaria para un trabajo de investigación científica.

Planteamiento del Problema

El problema principal que se ha detectado derivado de la revisión de literatura y de los informes portuarios, es que los puertos mexicanos aún no han logrado ser puertos sustentables y sostenibles. El impacto ambiental ha cobrado relevancia y una gran preocupación para los académicos, las autoridades portuarias, los responsables políticos, los usuarios y la propia comunidad portuaria; ya que estos problemas son ocasionados por las operaciones propias del puerto, mismas que afectan su competitividad; ello se debe a la compleja relación que existe entre la sociedad y los modos de transporte, al contribuir a la generación de empleos, el aumento en los ingresos fiscales y, en gran medida, al facilitar las cadenas logísticas internacionales, desempeñando un papel fundamental en la producción y distribución de las mercancías consumidas a nivel internacional (Aguilar, 2019).

Hoy en día, el desarrollo sostenible muestra un gran desafío en la gestión portuaria a nivel mundial, en este sentido, México es analizado mediante sus cinco puertos principales desde esta perspectiva. Abarcando una extensa costa son analizados en la presente investigación, los puertos más importantes de México, como el puerto de Manzanillo, Veracruz, Lázaro Cárdenas, Ensenada y Altamira, el país enfrenta la necesidad de equilibrar el crecimiento económico mediante la preservación ambiental y el bienestar social.

Los principales puertos de México son de crucial importancia para el comercio internacional y el desarrollo económico del país, sin embargo, su rápido desarrollo ha suscitado serias preocupaciones respecto a su impacto en el medio ambiente y la sociedad. La expansión de infraestructuras, el incremento en el tráfico marítimo y la intensificación de actividades industriales en las zonas portuarias han provocado efectos negativos como la contaminación del agua y del aire, la destrucción de hábitats naturales, y el desplazamiento de comunidades locales.

Los puertos, entonces, son responsables de externalidades negativas como el estrés de infraestructuras, la congestión de vialidades, los accidentes, la contaminación del aire por gases de efecto invernadero, la contaminación del agua, la generación de ruido y el manejo de los desperdicios, todo lo cual ha generado una presión cada vez mayor por mejorar la conciencia ecológica y aumentar el uso eficiente de los recursos (Acciario, 2014).

Bajo esta perspectiva, la ubicación geográfica de México requiere que se fortalezcan las estrategias para aprovechar al máximo los numerosos puertos del país, con el objetivo de convertirlos en una ventaja competitiva a nivel internacional. Además, el medio ambiente está siendo impactado por el cambio climático y diversas formas de contaminación, lo que conlleva a permitir la formulación de planes y objetivos que mejoren la competitividad y generen beneficios, mientras se protegen los ecosistemas en los que se encuentran los puertos.

Descripción del Problema

Con el paso del tiempo las naciones se hacen cada vez más globales por consiguiente sus industrias quedan expuestas a la competencia internacional, existe un requerimiento mayor sobre los servicios proporcionados por el país, en una base competitiva internacional realizado por las empresas. En este contexto existe una presión en las autoridades portuarias para que exista un adecuado funcionamiento y eficiencia con la finalidad de que se mejore la competencia entre los puertos, así como la sostenibilidad de cada uno de los puertos mexicanos.

A finales de los años ochenta, el gobierno estableció algunas reformas institucionales dentro del sector portuario, como lo fue la privatización, descentralización y desintegración de las operaciones portuarias. Estas reformas pretendían incrementar la eficiencia de los puertos al mejorar los servicios provistos por los puertos a los usuarios. México no fue la excepción y en 1993 dejó de monopolizar la administración gubernamental de los puertos y dio paso a administraciones privadas en los puertos y sus terminales.

La industria marítima y los servicios derivados del transporte marítimo son elementales para la economía internacional, en ellos se moviliza entre el 80 y el 90% en volumen y 70% en valores del comercio internacional. Los puertos son un factor esencial en la cadena de suministro internacional al ser un medio de integración económica, a la vez que se relacionan con el desarrollo económico, las condiciones geográficas, recursos oceánicos, infraestructura portuaria y sus operaciones (UNCTAD, 2015).

Es así que la sostenibilidad portuaria se puede analizar desde tres ámbitos en la perspectiva económica, se busca conservar y aumentar las inversiones, que se haga un uso eficiente de las áreas que integran el puerto para maximizar sus mecanismos de acción; socialmente, un puerto sustentable aumenta el número de empleos, permitiendo una relación positiva entre el puerto y la ciudad, también contribuye en la generación de conocimiento; finalmente, con relación al medio ambiente, la sustentabilidad requiere de una mejor actuación frente a los problemas que genera la operación del puerto, es decir, contar con estrategias para controlar y disminuir la contaminación (Lee & Seo, 2018).

Derivado de esta situación se tiene la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera incidieron los factores ambientales, económicos, sociales e institucionales en el desarrollo sostenible portuario de los principales puertos de México en el año 2024? Y en este mismo sentido el objetivo es: identificar de qué manera incidieron los factores ambientales, económicos, sociales

e institucionales en el desarrollo sostenible portuario de los principales puertos de México en el año 2024 y se presenta la siguiente hipótesis. Los factores ambientales, económicos, sociales e institucionales son los elementos que inciden positivamente en el desarrollo sostenible portuario en los principales puertos de México en el año 2024.

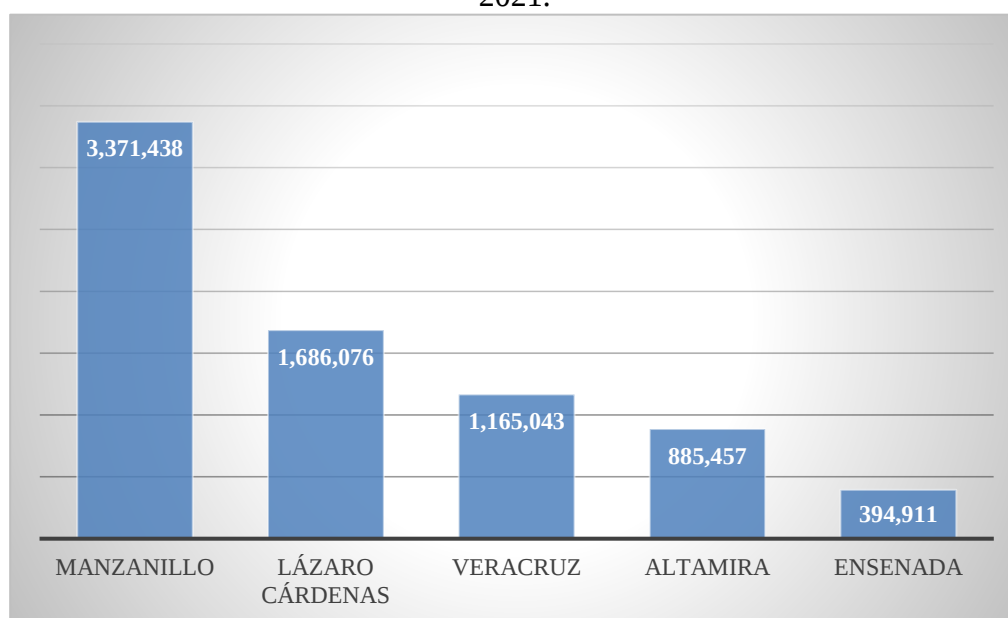
Alcanzar la sostenibilidad es uno de los mayores retos de la sociedad actual, es por esto que la transformación de las dinámicas sociales para lograr una transición del modelo productivo actual hacia uno sostenible y responsable con las presentes y futuras generaciones debe convertirse en una de las principales preocupaciones de gobiernos, instituciones, profesionales y personal civil; más de cuarenta años ha costado darse cuenta de que solo sobre la base de una densa red de entendimiento y apoyo entre responsables energéticos y financieros, líderes de gobiernos y actores sociales y económicos de muy diversa índole y personas del común, se puede llegar a responder adecuadamente al gran desafío que se tiene por delante, de lo contrario, resulta imposible dar la respuesta transversal que se necesita y, en cambio, se tendrían solo pequeños ajustes circunstanciales que servirían para atenuar temporalmente la necesidad de actuar (Padilla, 2020).

Una transformación hacia un modelo más sostenible a nivel global se trata de un rompecabezas complejo, de múltiples piezas, en el que actualmente muchas de ellas ya empiezan a perfilarse de forma distinta, sin embargo, una condición necesaria para lograr la sostenibilidad a nivel global es que las empresas, como uno de los agentes claves de este cambio, tomen parte activa (CEPAL, 2011).

Al conocer y gestionar sus impactos, e integrar el estudio de la sostenibilidad en toda la cadena de valor, las empresas pueden descubrir nuevas oportunidades de crecimiento y disminuir su perfil de riesgos, dentro de los beneficios principales se encuentran el aumento de las ventas, fortalecimiento de su marca, mejoramiento de su eficiencia operativa, estimulación de la innovación en procesos, reducción en la rotación de empleados, posibilidad de recibir incentivos económicos, reducción en costos de operación, entre otras. Sólo a partir de un adecuado diagnóstico y una evaluación constante de desempeño, realizadas con la rigurosidad y objetividad necesarias, así como ajustadas a la complejidad de la realidad evaluada, será posible tomar decisiones estratégicas que conlleven a la adopción de modelos de negocios cada vez más sostenible.

La gráfica 1, muestra el movimiento de contenedores medido en TEU's (Twenty-foot Equivalent Unit) en los principales puertos de México durante el año 2021. Los puertos están clasificados en orden de mayor a menor actividad, y se puede observar lo siguiente: El puerto de Manzanillo es el puerto con mayor movimiento de contenedores, registrando 3,371,438 TEU's. Este puerto se destaca claramente por su capacidad y volumen, superando por un amplio margen al resto de los puertos. El puerto de Lázaro Cárdenas es el segundo en volumen de contenedores, con 1,686,076 TEU's, aproximadamente la mitad del movimiento registrado en Manzanillo. El puerto de Veracruz ocupa el tercer lugar con un movimiento de 1,165,043 TEU's, lo que lo sitúa como uno de los puertos más activos en México, aunque con un volumen considerablemente menor que los dos primeros. En seguida, se encuentra el puerto de Altamira, el cual reporta 885,457 TEU's, ubicándose en el cuarto lugar. Este puerto tiene un movimiento inferior comparado con los primeros tres, pero mantiene su relevancia en el contexto nacional. Por último se muestra el puerto de Ensenada, es el puerto con menor actividad entre los cinco mostrados, con un movimiento de 394,911 TEU's, lo que indica una actividad considerablemente menor en comparación con los otros puertos.

Gráfica 1. Principales Puertos de México y su Movimiento de Contenedores Medido en TEU's en 2021.



Fuente: Elaboración propia con base en SEMAR (2021).

Autoridades portuarias pueden tomar decisiones de manera proactiva, con el objetivo de mejorar o mantener los niveles de comercio internacional y así continuar con el número de empleos que genera esta actividad. Para México es fundamental contar con un sistema portuario integrado que permita hacer un uso más eficiente de los recursos, que incentive el comercio, así como otros factores como lo es la inversión en infraestructura e industria con capitales privados, que se integre de manera plena con otros modos de transporte y que se desempeña mejor como fuente de valor en la cadena de suministro (SCT, 2008).

Revisión de la literatura

Desarrollo Sostenible Portuario

El concepto de desarrollo sostenible se definió por primera vez en el Informe Brundtland, publicado en 1987. Este es definido como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Drexhague, 2010). En este sentido, considera que el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección medioambiental son componentes interdependientes del desarrollo sostenible que se refuerzan mutuamente. Lo que hizo que el movimiento global por el desarrollo sostenible fuera diferente de otros esfuerzos medioambientales que lo precedieron fue el reconocimiento de la interrelación entre los elementos críticos del desarrollo económico, de la política social y de la protección medioambiental (Cooper, 1999).

En 1992, durante la Cumbre de la Tierra de Naciones Unidas realizada en Río de Janeiro, Brasil se elaboró la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, donde se asume el desarrollo sostenible como una guía para la formulación de políticas de desarrollo racional y regional, es decir, la integración entre desarrollo y medio ambiente. En la cumbre se estableció,

una comisión para el desarrollo sostenible con el propósito de impulsar el cambio de mentalidad necesaria para implementar el desarrollo sostenible (Larrouyet, 2015).

El desarrollo de la actividad portuaria implica el consumo de recursos naturales tales como energía, agua, o espacio litoral y, a su vez, produce residuos que, si son gestionados adecuadamente, pueden entrar en cadenas de valorización convirtiéndolos en un recurso material o energético (Puig & Darbra, 2019).

Durante los años 80 emerge el concepto de desarrollo sostenible (Tilley, 2009) que requiere de la integración de tres objetivos: ambientales, sociales y económicos, ahora y para las generaciones futuras (Schaltegger & Wagner, 2011). Además, considera la transparencia y la ética en los negocios, son necesarios para el buen funcionamiento del mercado (Klein, 2010).

El Informe Brundland considera que el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección medioambiental son componentes interdependientes del desarrollo sostenible que se refuerzan mutuamente (Cooper, 1999).

En los últimos años se ha identificado que el discurso sobre el desarrollo sostenible ha avanzado hacia no solo considerar los aspectos de medio ambiente y economía, sino también a que se incluyen aspectos relacionados con el sector social (Seuring, 2008). Lo anterior hace que el desarrollo sostenible deba ser analizado desde una perspectiva donde los grupos de interacción actúen de una manera más integrada (Silvestre & Tirca, 2019). El progreso del desarrollo sostenible como área de estudio implica que las investigaciones sobre el tema se relacionen con diversas áreas donde se puedan abordar desde una perspectiva multidisciplinaria (Ogunmakinde, et al., 2022).

La sostenibilidad es una manera de calificar el proceso de evolución del sistema social y su relación con el entorno, también llamado sistema socioambiental (Gallopín, 2003).

La sostenibilidad define una serie de características del proceso de evolución del sistema socioambiental que deben respetarse para que su evolución se pueda cualificar de sostenible. En este sentido, el término de sostenibilidad (que es un término que tiende a ser dominante en el mundo académico) tiene un sentido último que resulta meridiano. El término verde está ganando respaldo por parte de instituciones internacionales (Johnstone, 2009).

Dimensiones del Desarrollo Sostenible y sus Indicadores

El desarrollo sostenible de los puertos tiene sus raíces en los tres pilares del desarrollo sostenible que abarcan objetivos ambientales, sociales y económicos. Su principal propósito es buscar un enfoque de gestión portuaria socialmente aceptable, eficiente en el uso de la energía y respetuoso con el medio ambiente, al tiempo que se maximizan los beneficios. Para ello se requieren técnicas de gestión multidisciplinarias que integren lo socio-económico, las prácticas legales, las técnicas y ambientales, y analicen también el desempeño de las responsabilidades con datos de los componentes de la sostenibilidad (Puig & Darbra, 2019).

El desarrollo de la actividad portuaria implica el consumo de recursos naturales tales como energía, agua, o espacio litoral y, a su vez, produce residuos que, si son gestionados adecuadamente, pueden entrar en cadenas de valorización convirtiéndolos en un recurso material o energético (Hens, 2018). Los consumos de energía y agua, así como el porcentaje de residuos valorizados son indicadores que aparecen en las Memorias de Sostenibilidad de todas las Autoridades Portuarias y son presentados anualmente (Di Vaio, 2018).

Está ampliamente aceptado que las dimensiones fundamentales del desarrollo sostenible son la ambiental, la económica y la social. Sin embargo, en muchos casos se destaca separadamente la dimensión institucional, lo que tiene sentido desde el punto de vista operativo, dado que esta última contiene las estructuras y procesos que permiten a una sociedad regular sus acciones en pos de sus objetivos. Esto muestra que el desarrollo sostenible, entonces, es un concepto de tipo sistémico, no de índole sectorial. Son las cuatro dimensiones las que deben mejorar, y ello en forma sostenible, para que se pueda hablar de desarrollo sostenible (CEPAL, 2006).

Actualmente, el desarrollo sostenible es un concepto ampliamente utilizado, donde el concepto de sostenibilidad está siendo aplicado en forma emergente por autoridades nacionales del sector transporte y muchos otros campos de actividad e industrias, fuertemente impulsada por iniciativas que incorporan la variable ambiental y la responsabilidad social empresarial en la gestión estratégica de las empresas (Doerr, 2011).

Dimensión Social

La dominación que ejercen los seres humanos sobre el medio ambiente es algo muy evidente, sobre todo desde hace dos décadas, ya que la ecología ha ido ganando en consideración. En cuanto al poder que ejercen los países desarrollados sobre los países subdesarrollados en lo que a recursos naturales se refiere, cuando la preocupación básica del día a día es el poder alimentarse, la inquietud que pueda suponer el agotamiento de determinado recurso natural es sustancialmente menor que si las necesidades básicas están satisfechas (Miñón, 2003).

Con base en la dimensión social del desarrollo sostenible, los indicadores trabajados en la presente investigación son: el empleo y seguridad laboral y el capital humano. En este sentido se cuenta con el primer indicador que es el empleo laboral, para analizar la demanda de empleo, los economistas clásicos consideran que el salario se iguala a la productividad marginal del trabajo, es decir, al valor que se perdería si se redujera una unidad de empleo. Basados en la ley de los rendimientos marginales decrecientes, la productividad marginal del trabajo disminuye a medida que aumenta el empleo. Así, los clásicos sostienen que una menor cantidad de empleados resulta en una mayor productividad marginal del trabajo, lo que justificaría un salario más alto. Sin embargo, esto también implica que los empleadores tendrían la capacidad de contratar a menos trabajadores. Por otro lado, si el empleo aumenta, la productividad marginal del trabajo disminuye, lo que llevaría a una reducción en los salarios y, lógicamente, a un aumento en la demanda de trabajadores (Argoti, 2011).

De acuerdo con el segundo indicador, dado que los aspectos de seguridad son parte fundamental de cualquier proceso industrial y compiten con otros factores como la rapidez de las tareas o la rentabilidad económica, es evidente que las políticas y procedimientos de seguridad deben establecerse con prioridades claras. Por lo tanto, Zohar sugiere que las percepciones sobre el clima de seguridad se evalúen en función de la prioridad que se otorga a las políticas, procedimientos y prácticas de seguridad en comparación con otros elementos del funcionamiento organizacional (Zohar, 2000).

Con el indicador de capital humano, señala que el capital humano es definido como el conocimiento que los individuos adquieren durante su vida y que usan para producir buenos servicios o ideas en el mercado o fuera de él. Es importante visualizar que la OCDE, ignora la fuente de adquisición del conocimiento (formal o informal, familiar o escolar, por trabajo o por placer) y es indiferente a las propuestas teóricas sobre la naturaleza específica de la capacidad

adquirida (cognitiva o conductual, técnica u orientada a equipo de trabajo), como también al método para certificar o validar una actual adquisición de la capacidad específica (OCDE, 1998).

Dimensión Económica

Se centra en lograr un crecimiento económico equitativo, inclusivo y sostenible. Busca armonizar el progreso económico con la conservación del medio ambiente y el bienestar social, reconociendo que el desarrollo económico no puede ser sostenible si no se tienen en cuenta los impactos ambientales y sociales. El impacto del desempeño logístico es particularmente importante en la industria agrícola, dado el ratio más bajo de valor por tonelada y la calidad perecedera de muchos productos, que no oportan atrasos imprevistos (OCDE, 2013).

Los indicadores para medir esta dimensión incluyen: el valor generado y la productividad, el nivel y la estructura de las inversiones, la situación económica financiera, y los negocios y servicios. En este contexto, la productividad es un factor clave en la industria de un país para avanzar tecnológicamente. La industria manufacturera enfrenta el desafío de aumentar su productividad para mantenerse competitiva en el mercado, tanto en términos de precio como de calidad. Para lograrlo, es necesario innovar, actualizar las condiciones técnicas de producción, y mejorar las cadenas de valor en las industrias (Porter, 1990).

De acuerdo con el nivel y estructura de las inversiones, la estructura financiera es la combinación de recursos para financiar las inversiones de la empresa. Asumiendo que contablemente la inversión de la empresa es clasificada como activo y el financiamiento es el pasivo y patrimonio. Por ende, el origen de la estructura financiera descansa en la partida doble (Jiménez & Palacín, 2007).

Según el indicador de la situación económica financiera, la economía financiera se distingue de otras ramas de la teoría económica por su enfoque particular en el problema central. Se basa en un enfoque alternativo que facilita la determinación de los precios de los activos y la optimización de las decisiones empresariales dentro de los mercados financieros. La economía financiera postula que un mercado ideal estaría representado por activos contingentes o elementales, reflejando la interrelación entre el sistema financiero y esta rama económica (Marín & Rubio, 2011).

Otro indicador relevante es el de negocios y servicios, que ofrece una referencia clara sobre los negocios internacionales. Estos se enfocan en el estudio de las transacciones que se llevan a cabo a nivel global para satisfacer las necesidades de individuos y organizaciones. Entre los tipos más comunes de negocios internacionales se encuentran las actividades de exportación e importación, así como la inversión extranjera directa. Ambos han experimentado un crecimiento en los últimos años. La inversión extranjera, en particular, es de gran interés porque es llevada a cabo principalmente por empresas multinacionales (Daniels, et al., 2004).

Dimensión Ambiental

Para mitigar el impacto ambiental que la operación del puerto podría tener, es fundamental conservar los recursos de manera que no comprometan el futuro, al tiempo que se mantiene la capacidad y la calidad del trabajo de los economistas (CEPAL, 2006).

En otras palabras, es necesario diseñar sistemas productivos que puedan utilizar recursos y energías renovables, y que no generen residuos, ya que estos deben reintegrarse a la naturaleza o

convertirse en insumos para otros productos manufacturados. El término Política de Productos Integrada se mencionó por primera vez en el Sexto Programa Marco Comunitario, y según el análisis del Libro Verde sobre Política de Productos Integrada, elaborado por la Comisión de las Comunidades Europeas en 2001, su objetivo es minimizar los impactos ambientales de los productos a lo largo de su ciclo de vida. Esto implica considerar todo el ciclo vital del producto, desde la extracción de los materiales hasta la gestión final de los residuos al concluir su vida útil (Puig & Darbra, 2019).

Los siguientes indicadores se utilizan para evaluar la dimensión social: calidad del aire, comunidad portuaria, gestión ambiental, consumo de agua, consumo de combustible, gestión de residuos, calidad acústica, emisiones de dióxido de carbono y ecoeficiencia. En este sentido, La calidad del aire es un indicador que, según diversos autores, refleja la calidad del aire y del agua que una población consume, así como las profesiones o hábitos de los residentes. Esta perspectiva ha dado lugar a estrategias urbanas alineadas con los fundamentos científicos que las respaldan (Paiva, 2000).

De acuerdo con el indicador de comunidad portuaria, desde la perspectiva de la teoría de sistemas, una comunidad portuaria puede entenderse como un sistema complejo. Esto se debe a que está formada por varios subsistemas interrelacionados, con una estructura de múltiples niveles que colaboran para mejorar la competitividad de los puertos que la integran (Grajirena, 2004).

En cuanto a la estructura, hay un indicador que aborda la gestión ambiental. La evolución de la Gestión Ambiental ha pasado por diversas etapas, en las que la relación entre economía y medio ambiente, así como la percepción pública de los daños ambientales, han influido en su desarrollo hasta la actualidad (Rodríguez & Sablón, 2010).

En relación con el indicador de gestión de residuos, es esencial comenzar con la definición de términos clave como sistema, sistemas sociales, residuos sólidos y gestión de residuos sólidos. Para ello, se considera, en primer lugar, las principales teorías de los autores sobre sistemas, y luego, los enfoques específicos referentes a los residuos sólidos (Segura & Yeffer, 2020).

De acuerdo con el indicador de calidad acústica, la acústica es una ciencia interdisciplinaria que examina el comportamiento físico de las ondas sonoras en un espacio cerrado. Además, tiene en cuenta cómo cada oyente percibe esos sonidos, lo cual puede variar según la cultura y el contexto histórico de cada individuo (Cañonero, 2020).

De acuerdo con el indicador de la ecoeficiencia, ésta puede ser entendida como la relación entre el valor de los productos o servicios que ofrece una empresa y la suma de los impactos ambientales a lo largo de su ciclo de vida. La fórmula de ecoeficiencia se expresa como la proporción entre el valor económico y su impacto ambiental. Este paradigma demuestra que es posible mejorar el rendimiento ambiental sin sacrificar los resultados económicos y financieros (Schaltegger, 1996).

Dimensión institucional

Es la cuarta dimensión de la sostenibilidad, la institucionalidad, la que permite integrar todas las preocupaciones u objetivos que surgen con respecto al impacto negativo y positivo de un sistema de logística en su conjunto. La dimensión institucional de la sostenibilidad constituye el soporte de las otras dimensiones sustantivas, porque lo que se plantea bajo esta dimensión es la coordinación, organización institucional, normativa necesaria y fundamental, de modo que las políticas, las

estrategias, y la legislación se traduzcan en un correcto equilibrio de las respuestas a las necesidades de la sociedad para que la sostenibilidad pueda realizarse y consolidarse (Sánchez et al, 2015).

El concepto institucional hace referencia a acciones propias de las instituciones. De tal forma que para que una empresa alcance sus objetivos, el personal debe institucionalizar sistemas que ayuden a la organización a pensar a largo plazo y a cómo administrar sus operaciones cotidianas (Bertels & Papania, 2010).

La propuesta de la CEPAL sobre las políticas nacionales integradas y sostenibles de logística y movilidad (Pérez et al, 2015) busca incorporar, desde los inicios de la concepción de una política nacional de logística, la preocupación por la sostenibilidad institucional de tal política 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 (Sánchez et al, 2015).

Los siguientes indicadores se utilizan para evaluar la dimensión institucional: integración de los puertos en el sistema de transporte, servicios y concesiones, mercados atendidos, desarrollo de infraestructura portuaria, transparencia y competencia justa, participación del sector privado, herramientas de apoyo a la gestión, calidad en la prestación de servicios, el rol del sector portuario como impulsor de la actividad productiva y el PIB.

Metodología

Esta sección presentará la metodología propuesta como lo es el modelo de ecuaciones estructurales, utilizada para examinar las relaciones complejas entre variables, se podrá medir el impacto del desarrollo sostenible en los principales puertos analizados como lo son: Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Veracruz, Ensenada y Altamira, con ello, se permite analizar cada una de las variables con el impacto de cada uno de ellos en cada uno de los puertos mexicanos.

Se muestran los modelos de ecuaciones estructurales, una técnica de análisis estadístico multivariante utilizada para contrastar modelos que proponen relaciones causales entre las variables. Tras la definición de este tipo de modelos, se discute el concepto de causalidad, para entender su utilización en este contexto. Este método permite examinar simultáneamente las relaciones causales y las correlaciones entre las variables observadas y no observadas dentro de este estudio. Los datos se obtuvieron de fuentes primarias publicadas directamente de las páginas de los puertos.

Este modelo permite examinar una serie de relaciones de dependencia, es útil cuando una variable dependiente se convierte en variable independiente en relaciones de dependencia. Muchas de las mismas variables afectan a cada una de las variables dependientes, pero con efectos distintos (Hair et al, 1995). El modelo de ecuaciones estructurales es una extensión de varias técnicas multivariadas como la regresión múltiple y el análisis factorial (Kahn, 2006). Posee algunas características que se diferencian de técnicas multivariadas. Una de las diferencias es la capacidad de estimar y evaluar la relación entre constructos no observables, denominados variables latentes. Una variable latente es un constructo supuesto que solo puede ser medido mediante variables observables (Cupani, 2012).

Las siguiente ecuación ilustra formalmente la relación entre una variable latente y sus indicadores observados:

$$x = \lambda Y + e \quad (1)$$

Donde x es la variable indicadora observada, Y es la variable latente (λY), la carga λ es un coeficiente de regresión que cuantifica la fuerza de la relación entre x y Y , y e representa el error de medición aleatorio.

En contraste, en un modelo de medición formativo, una combinación lineal de un conjunto de indicadores forma el constructo. Hay dos tipos de indicadores: indicadores causales e indicadores compuestos (Bollen & Bauldry, 2011). Los constructos medidos con indicadores causales tienen un término de error. En este sentido, un modelo de medición con indicadores causales puede describirse formalmente como:

$$Y = \sum_{k=1}^k w_k \cdot x_k + z \quad (2)$$

Donde w_k indica la contribución de x_k ($k = 1, \dots, K$) a Y , y z es un término de error asociado con Y . Los indicadores compuestos constituyen el segundo tipo de indicadores asociados con los modelos de medición formativos, donde se asume que los indicadores definen completamente el constructo (Sarstedt et al. 2016). Por lo tanto, el término de error se establece en cero (McDonald, 1996):

$$Y = \sum_{k=1}^k w_k \cdot x_k \quad (3)$$

Donde Y es una combinación lineal de los indicadores x_k ($k = 1, \dots, K$) cada uno ponderado por un peso del indicador w_k .

La fiabilidad individual de cada uno de los ítems se valora examinando las cargas o correlaciones simples de los indicadores con respecto a su constructo. Aquí se deben buscar que los indicadores tengan valores mayores a 0.70 o en algunos casos mayores a 0.55 cuando se trata de investigaciones con fines exploratorios.

Para analizar la fiabilidad del constructo se debe analizar los coeficientes de Alfa de Cronbach (CA) y la Fiabilidad Compuesta (CR); ambas medidas de consistencia interna del constructo. Para ambos índices de fiabilidad del constructo se deben buscar valores mayores a 0.70 para una fiabilidad modesta y valores mayores a 0.80 en la investigación básica.

Para analizar la consistencia interna del modelo se debe analizar la validez convergente y la validez discriminante. Primero se observa la validez convergente del modelo, donde se considera la Varianza Extraída Media (AVE), esta medida es sólo aplicable a variables latentes conformadas de indicadores reflectivos. Se busca obtener valores AVE mayores a 0.50 que señala que más del 50% de la varianza del constructo es debida a sus indicadores, de esta manera se comprobaría el ajuste de los indicadores.

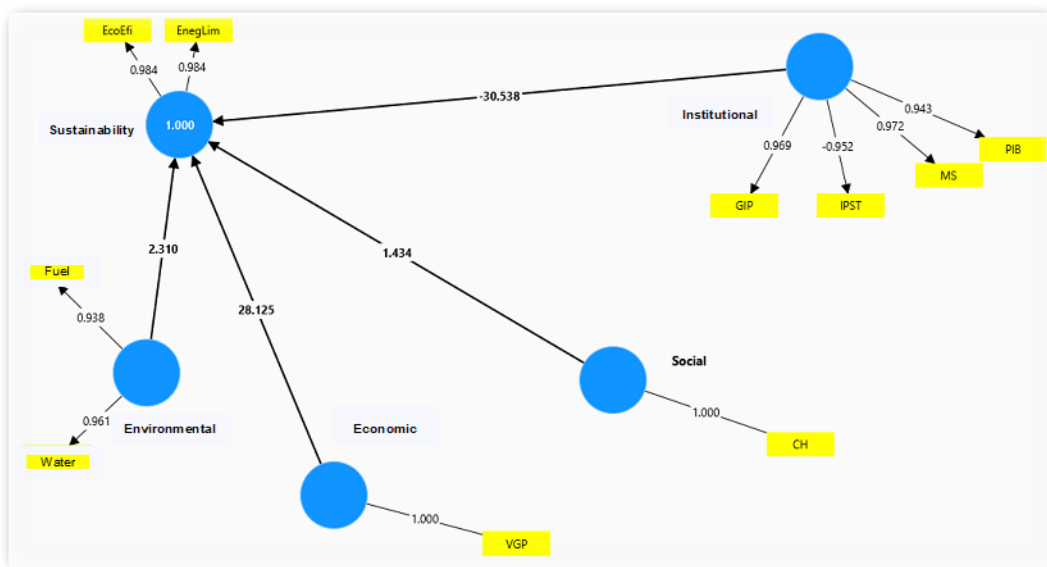
En este sentido, los modelos de ecuaciones estructurales (SEM) son un conjunto de técnica de análisis estadístico multivariante de segunda generación que permite estimar el efecto y las relaciones entre múltiples variables latentes. Los modelos de ecuaciones estructurales surgen como una necesidad de encontrar flexibilidad para el análisis de las relaciones causales más allá de los tradicionales modelos de regresión lineal. Puede pensarse en los SEM como modelos de análisis factorial confirmatorio que permite confirmar efectos directos e indirectos entre los factores. Estos

modelos permiten proponer el tipo y dirección de las relaciones que se espera encontrar entre las variables. Posteriormente se estiman los parámetros que vienen especificados por las relaciones propuestas a nivel teórico (Hair, 2017).

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología de PLS⁴ con la finalidad de verificar la dependencia entre las variables y validar la hipótesis. Se deben tener en cuenta las relaciones entre los constructos latentes y sus indicadores, así como las cargas (loadings) y los pesos (weights) que se encuentran asociados. Donde se presentan las variables latentes: Y: sustentabilidad. X₁: Dimensión ambiental y sus indicadores: calidad del aire, comunidad portuaria, gestión ambiental, consumo de agua, consumo de combustible, gestión de residuos, calidad acústica, emisiones de dióxido de carbono y ecoeficiencia. X₂: Dimensión económica y sus indicadores: el valor generado y la productividad, el nivel y la estructura de las inversiones, la situación económica financiera, y los negocios y servicios. X₃: Dimensión social y sus indicadores: el empleo y seguridad laboral y el capital humano. X₄: Dimensión institucional y sus indicadores: integración de los puertos en el sistema de transporte, servicios y concesiones, mercados atendidos, desarrollo de infraestructura portuaria, transparencia y competencia justa, participación del sector privado, herramientas de apoyo a la gestión, calidad en la prestación de servicios, el rol del sector portuario como impulsor de la actividad productiva y el PIB, en este sentido, es un modelo formativo. Para ello, se efectuó un modelo de inicio que se observa en la figura 1, que a continuación se muestra:

Figura 1. Modelo de inicio



Fuente: Elaboración propia con base en la metodología PLS

Se realizó un primer modelo, donde se establece su validez, para ello es necesario revisar el coeficiente de determinación R^2 , en este caso dando como resultado el valor de 1, lo cual refleja

⁴ PLS. Partial least squares. It is a statistical method related to principal component regression, instead of finding hyperplanes of maximum variance among the response variable.

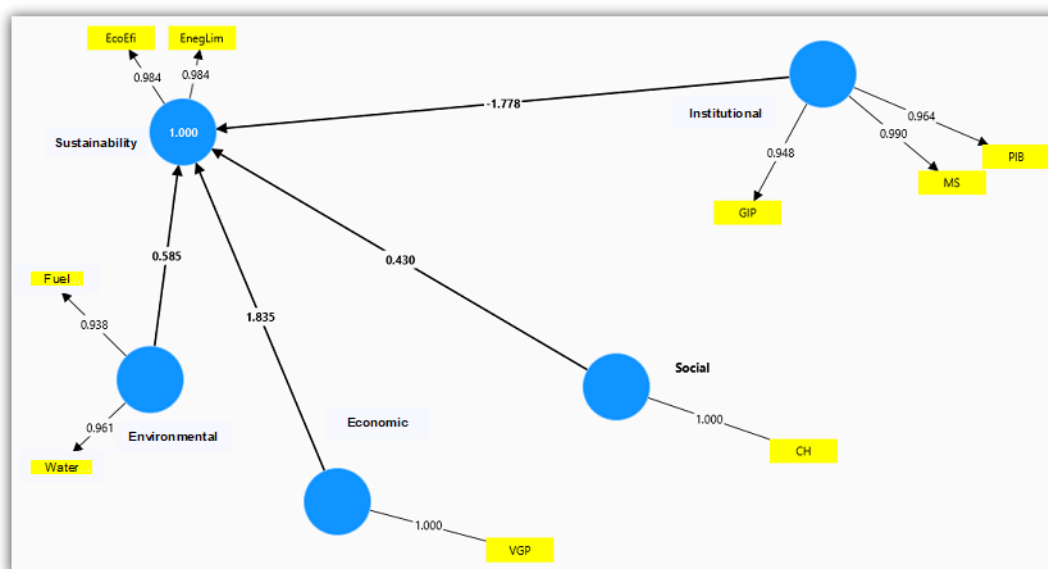
que sí existe una asociación entre variables independientes con la dependiente, es decir con la sustentabilidad. Esto indica que la dimensión institucional tiene la mayor influencia sobre la sustentabilidad, seguida por la económica, ambiental y, por último, la social.

El valor de 1, se encuentra en el centro del círculo de la variable independiente y es un coeficiente que su valor va del 0 al 1. Mientras más cercano a 1 mayor fuerza de asociación. Refleja que existe una fuerte asociación entre las variables independientes con la dependiente. Se muestra que entre las variables latentes hay un modelo formativo. En este sentido, se realizaron distintas corridas hasta obtener un modelo final como el de la figura 2, donde se pueden observar las relaciones y el grado de influencia entre las variables e indicadores en relación con la sustentabilidad de los puertos.

Se analiza el Coeficiente Path o coeficiente de trayectoria de cada una de las variables latentes de manera individual con respecto de la variable dependiente (Y: Sustentabilidad); este análisis es un análisis de regresión múltiple que además de evaluar el orden o dirección de las dependencias explica el impacto de una variable a otra.

En este sentido, la dimensión económica tiene la mayor influencia comparada con las otras tres dimensiones, lo que indica que los esfuerzos en sustentabilidad deben balancear el desarrollo económico con una moderada atención a las políticas institucionales y la protección ambiental. Aunque importante, la dimensión institucional es una de la más influyente en la sustentabilidad, lo que subraya la importancia de mejorar las políticas, la infraestructura y la participación del sector privado en los puertos, esto con el fin de analizar el resultado negativo. Dentro de la dimensión ambiental, su alto coeficiente sugiere que la calidad del aire es un factor crucial y debe ser una prioridad en los esfuerzos de sustentabilidad ambiental. La comunidad sigue siendo un factor central en la dimensión social, lo que resalta la importancia de las relaciones comunitarias en la gestión portuaria sustentable.

Figura 2. Modelo final



Fuente: Elaboración propia con base en la metodología PLS.

En el caso de la variable X_1 Ambiental tiene dos dimensiones: consumo de agua y consumo de combustible. Hay un modelo reflectivo entre la variable y sus dimensiones. La variable independiente X_1 : obtuvo un valor en la prueba del Coeficiente Path de 0.58, en el caso de la variable X_2 tuvo un valor de 1.83 con mayor incidencia en la sustentabilidad, para la variable X_3 el valor fue de 0.43. Finalmente, la variable X_4 tuvo un coeficiente de -1.77. Estos resultados dieron evidencia de que las variables independientes de manera individual se ajustan al modelo.

En una primera aproximación, el modelo es altamente válido y fiable, explicando completamente la variabilidad de la sustentabilidad mediante las variables independientes. Se calculó la fiabilidad individual del indicador por medio de las cargas factoriales (loading); para el caso de constructos reflectivos, estos deben poseer una carga factorial igual o superior a 0.50, por lo cual todos los modelos reflectivos pasan.

Las variables X_2 y X_4 tienen los mayores impactos, positivo y negativo respectivamente, en la sustentabilidad. Las variables X_1 y X_3 también contribuyen positivamente, aunque en menor medida. Todos los indicadores utilizados en el modelo reflectivo son fiables, lo que refuerza la solidez de las conclusiones obtenidas. La variable X_2 con el valor más alto de 1.83, es la dimensión económica con mayor incidencia en la sustentabilidad esto se debe a que las variables y sus indicadores son cruciales para el desarrollo y la competitividad de los puertos. Un fuerte desempeño económico puede significar que los puertos están atrayendo inversiones, generando empleos, y fomentando el comercio, lo cual es vital para su sostenibilidad (Hair et al, 1995).

Conclusiones

Si bien, la economía es importante, los puertos deben buscar un equilibrio donde el crecimiento económico no comprometa los objetivos ambientales. La implementación de prácticas sostenibles que protejan el medio ambiente mientras se promueve el desarrollo económico es esencial.

Dado el alto impacto del indicador de partículas suspendidas en el aire, es crucial que los puertos implementen medidas para reducir las emisiones de partículas y mejorar la calidad del aire. Esto no solo beneficiará al medio ambiente, sino que también mejorará la salud de las comunidades cercanas.

Los puertos en México deben continuar enfocándose en mejorar las políticas y la infraestructura institucional, lo cual es fundamental para su sustentabilidad. Esto incluye promover la transparencia, la participación del sector privado, y la mejora continua de la infraestructura portuaria.

La participación activa de la comunidad portuaria y el enfoque en su bienestar son fundamentales para el éxito de cualquier iniciativa de sostenibilidad. Los puertos deben asegurarse de que las comunidades locales se beneficien del desarrollo y se mantengan involucradas en el proceso.

El alto impacto de la dimensión económica en la sustentabilidad de los puertos mexicanos puede atribuirse a su capacidad de generar valor, contribuir al crecimiento económico regional y nacional, mejorar la competitividad internacional, y adoptar tecnologías avanzadas. Este resultado subraya la importancia de las estrategias económicas para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los puertos.

Referencias literarias

- Acciario, M. V. T. S. C. F. C. R. A. G. G. L. J. y. K. S.,** 2014. Environmental sustainability in seaports: a framework for successful innovation. *Maritime Policy & Management.*, 41(5), pp. 480-500.
- Aguilar, H. J. B.,** 2019. La sustentabilidad en los puertos marítimos: el reto de México en el siglo XXI. XXIV Congreso internacional de contaduría, administración e informática, 9 Octubre.
- Argoti, C. A. C.,** 2011. Algunos elementos sobre la teoría clásica del empleo y la versión Keynesiana. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*, pp. 39, 40.
- Bertels, S. P. L. & Papania, D.,** 2010. Embedding sustainability in organizational culture. A systematic review of the body of knowledge.. [En línea]
Available at: https://api.van2.auro.io:8080/v1/AUTH_6bda5a38d0d7490e81ba33fbb4be21dd/sophia/blob/assets/data/000/000/058/original/Systematic-Review-Sustainability-and-Corporate-Culture.pdf?1492524392 Recuperado:
- Bollen, K. & Bauldry, S.,** 2011. Three Cs in measurement models: Causal indicators, composite indicators, and covariates. *Psychological Methods*, 16(3), p. 265–284.
- Cañonero, J. M.,** 2020. La importancia de la forma en la acústica arquitectónica. En: *Tipologías arquitectónicas y de calidad acústica de saas para música*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- CEPAL,** 2006. Sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: cifras y tendencias Honduras. [En línea]
Available at: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3536/S2006305_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y Recuperado de
- CEPAL,** 2011. Facilitación del transporte y el comercio en América Latina y el Caribe. Repositorio CEPAL, 299(7).
- Cooper, P. J.,** 1999. ¿Quién paga y quién es compensado? Justicia medioambiental, política social y desarrollo sostenible. [En línea]
Available at: URL: http://www.iigov.org/iigov/pnud/bibliote/revista/revista4/docs/arti_s1.htm
- Cupani, M.,** 2012. Análisis de Ecuaciones Estructurales: conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación. Facultad de psicología.
- Daniels, J. D., Radebaugh, L. H. & Sullivan, D. P.,** 2004. *Negocios internacionales ambientes y operaciones*. México: Pearson, Prentice Hall.
- Di Vaio, A. y. V. L.,** 2018. Management innovation for environmental sustainability in seaports: Managerial accounting instruments and training for competitive green ports beyond the regulations.. *MDPI sustainability*, 12 03, 10(3), p. 783.
- Doerr, O.,** 2011. Políticas portuarias sostenibles.. *Boletín FAL CEPAL*, 299(7).

- Drexhague, J. M.**, 2010. Sustainable Development: From Bruntland to Rio 2012. Background Paper.
- Gallopín, G.**, 2003. Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO.
- Grajirena, J. M.**, 2004. Los clusters como fuente de competitividad: el caso de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Cuadernos de Gestión.
- Hair et al, J. A. R. T. R. B. W.**, 1995. Análisis Multivariante. s.l.:Prentice Hall.
- Hair, e. a. J. F. H. T. M. R. C. M. & S. M.**, 2017. A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). Los Angeles-USA: SAGE Publications.
- Hens, L. B. C. C.-E. J. J. S.-G. A. G.-L. D. C. C. y. V. C.**, 2018. On the evolution of “Cleaner Production” as a concept and a practice. Elsevier, 20 01, Volumen 172, p. 3323.
- Jiménez, N. F. & Palacín, S. M. J.**, 2007. Determinantes de la estructura financiera de la empresa.. Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa, 16(4), pp. 9-24.
- Johnstone, S. e. a.**, 2009. Integrating products and services through life: an aerospace experience. International Journal of Operations & Production Management, 29(5).
- Klein, W. R. J.**, 2010. Sustainable Entrepreneurship in the Dutch Cons-truction Industry. Sustainability.
- Kahn, J. H.**, 2006. Factor analysis in Counseling Psychology research, training and practice: Principies, advances and applications. The Counseling Psychologist.
- Larrouyet, C.**, 2015. Desarrollo sustentable. Origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes, Volumen Recuperado de: <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/154>.
- Lee, S. & Seo, Y.**, 2018. The evaluation of seaport sustainability: the case of South Korea.. Ocean and Coastal Management, pp. 50-56.
- McDonald, R.**, 1996. Path analysis with composite variables. Multivariate Behavioral Research, 31(2), p. 239–270.
- Marín, J. M. & Rubio, G.**, 2011. Economía financiera. España: Antoni Bosch.
- Miñón, M. A.**, 2003. Hacia una economía sostenible: interpretaciones, teorías e indicadores de desarrollo sostenible. CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales, XXXV (138).
- OCDE**, 1998. Measuring what people know: Human capital for the knowledge economy. [En línea]
Available at: <https://one.oecd.org/document/OCDE/GD%2896%29102/En/pdf>
- OCDE**, 2013. ITF Transport Outlook 2013. ITF.
- Ogunmakinde, O. E., Egbelakim, T. & Wei, S.**, 2022. Contributions of the circular economy to UN sustainable development goals through sustainable construction, Resource, Conservation and Recycling. Volumen 178, pp. 1-13.

- Padilla, G. A. P.**, 2020. Puertos Sostenibles: Una directriz para medir la sostenibilidad en el sector portuario colombiano. Universidad Pontificia Bolivariana, 23 09.p. 8.
- Paiva, V.**, 2000. Teorías médicas y estrategias urbanas. Buenos Aires, Argentina: Estudios del Hábitat.
- Pérez et al, S.**, 2015. Políticas de logística y movilidad para el desarrollo sostenible y la integración regional. Recursos naturales e infraestructura, Issue 174.
- Porter, m. E.**, 1990. La ventaja Competitiva de las Naciones. Nueva york: Libre impresión.
- Puig, M. & Darbra, R. M.**, 2019. The Role of Ports in a Global Economy, Issues of Relevance and Environmental Initiatives.. Ecological Issues and Environmental Impacts, Volumen III, pp. 593-611.
- Rodríguez, A. M. & Sablón, O. S. B.**, 2010. El Perfeccionamiento de la gestión ambiental desde el análisis de riesgo para la toma eficiente de decisiones. Ciencias Holguín.
- Schaltegger, S.**, 1996. Corporate Environmental Accounting. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd.
- Schaltegger, S. & Wagner, M.**, 2011. Sustainable Entrepreneurship and Sustainability Innovation: Categories and Interactions.. Business Strategy and the Environment, pp. 222-237.
- SCT**, 2008. Programa nacional de infraestructura 2007-2012. [En línea]
Available at: <http://www.infraestructura.gob.mx/pdf/ProgramaNacionalInfraestructura2007-2012.pdf>
- Sánchez et al**, 2015. Transporte marítimo y puertos Desafíos y oportunidades en busca de un desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. Recursos naturales e infraestructura, ISSN 1680-9017(176).
- Segura, Á. R. & Yeffer, L. P.**, 2020. Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos. Revista Espacios, 41(17).
- SEMAR**, 2021. Secretaría de Marina. [En línea]
Available at: Recuperado: <https://www.gob.mx/semar>
- Seuring, S. & M. M.**, 2008. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. Journal of Cleaner Production, 16(15), pp. 1699-1710.
- Silvestre, B. S. & Tirca, D. M.**, 2019. Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. Journal of Cleaner Production, 208(20), pp. 325-332.
- Tilley, F. & Y. W.**, 2009. Sustainability Entrepreneurs: Could They Be the True Wealth Generators of the Future? [En línea]
Available at: Recuperado de <http://eprints.whiterose.ac.uk/77342/>
- UNCTAD**, 2015. Informe sobre transporte marítimo 2015101. Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo. [En línea]
Available at: http://unctad.org/es/Docs/rmt2009_sp.pdf

Zohar, D., 2000. A group level model of safety climate: Testing the effect of group climate on microaccidents in manufacturing jobs. *Journal of Applied Psychology*, 85(4).