

Las Principales Terminales de Contenedores Portuarias en el Ámbito Internacional: Un Análisis de Eficiencia Económica

José César Lenin Navarro Chávez¹

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Odette Virginia Delfín Ortega²

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Resumen

El objetivo de este trabajo es obtener y analizar la eficiencia económica de los 52 principales puertos en el ámbito internacional durante el periodo 2010-2016, utilizando la metodología DEA. Primero, se trabaja la eficiencia técnica con rendimientos variables, enseguida, se considera la eficiencia asignativa, y, finalmente, se aborda la eficiencia económica. En la selección de las variables a revisar se utilizó el análisis factorial, llevándose a efecto la extracción de factores comunes; y se obtuvo la matriz de componentes rotados utilizándose el método de normalización Varimax. Los resultados muestran que la eficiencia económica de los puertos fue del 38 %, siendo la eficiencia técnica la que mayor incidió en la determinación de la eficiencia económica. Se recomiendan políticas públicas que fomenten un mayor desarrollo portuario. La limitación que se encontró fue la de disponibilidad de información. La originalidad del trabajo consiste en que son mínimos los estudios sobre eficiencia económica, específicamente de la industria portuaria. Se concluye que los bajos niveles de eficiencia demandan un mejor aprovechamiento de sus recursos y una mejor combinación de sus insumos y precios.

Clasificación JEL: C61, C67, L91, O57

Palabras clave: Eficiencia económica, DEA, puertos

Main Terminals Container Port in the International ambit: An Analysis of Economic Efficiency

Abstract

The objective of this work is to obtain and analyze the economic efficiency of 52 main ports in the international area during the period 2010-2016, using DEA methodology. First, technical efficiency with variable returns to scale is worked, then, allocative efficiency is considered, and, finally, economic efficiency is addressed. In the selection of the variables to be reviewed, the factor analysis was used, carrying out the extraction of common factors; and the matrix of rotated components was obtained using Varimax normalization method. The results show that the economic efficiency of the ports was 38 %, being the technical efficiency that most influenced in economic efficiency determination. Public policies that encourage greater port development are recommended.

¹Profesor –Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales
Email: cesar.navarro@umich.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4465-8117>

²Profesor –Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

Email: odettedelfin@umich.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0990-6768>

Abstract

The limitation found was the availability of information. The originality of the work is that there are minimal studies on economic efficiency, specifically of the port industry. It is concluded that low levels of efficiency demand a better use of their resources and a better combination of their inputs and prices.

JEL Classification: C61, C67, L91, O57

Keywords: Economic efficiency, DEA, ports

1. Introducción

De acuerdo a la UNTACD (2018), el comercio marítimo está prosperando por la reactivación de la economía mundial en 2017. Con una tasa de crecimiento del 4%, la más alta en cinco años, el comercio marítimo mundial se ha visto favorecido. Tras los difíciles años de 2015 y 2016, en los que el comercio contenedorizado creció moderadamente (un 1.1% y un 3.1%, respectivamente), las condiciones del mercado mejoraron en 2017 y se registraron grandes aumentos de volumen en todas las rutas. El volumen del comercio contenedorizado mundial creció un 6.4% en 2017, la mayor tasa desde 2011, alcanzando 148 millones de teus, como resultado de varios fenómenos positivos (UNCTAD, 2018).

Contar con puertos y terminales de contenedores eficientes y bien conectados son elementos clave para minimizar los costos comerciales, incluidos los costos de transporte. Por lo tanto, los estudios sobre el rendimiento del puerto es un factor crítico que puede dar forma a la competitividad comercial de los países. Cada hora de tiempo en el puerto ahorrada por los barcos se traduce en ahorros en el gasto de infraestructura portuaria para los puertos, los costos de capital del barco para los transportistas y los desembolsos de inventario para los comercializadores. La UNCTAD desarrolló el Índice de Conectividad de Transporte Marítimo de Línea (LSCI) desde el año 2004 para determinar las posiciones de los países dentro de las redes mundiales de transporte marítimo de línea; y en el año 2019, China ocupó el primer lugar mientras que México ocupó el lugar número 33, lo que da cuenta de la necesidad de realizar estudios más profundos que permitan proponer elementos para la elaboración de políticas públicas portuarias que eleven su competitividad (UNCTAD, 2019).

En esta investigación se ve la viabilidad de calcular la eficiencia económica de los principales puertos del mundo utilizando la metodología del Análisis de la Envolvente de Datos. El objetivo de este trabajo es obtener y analizar la eficiencia económica de los 52 principales puertos en el ámbito internacional durante el periodo 2010-2016 y la hipótesis que se trabaja es que los principales puertos del mundo no fueron eficientes económicamente debido a que no maximizaron sus ingresos en función de la combinación de insumos que utilizaron y los teus que manejaron.

Para obtener la eficiencia económica, se considera un modelo DEA con rendimientos variables a escala y orientación output, el cual se desarrolla en cuatro etapas: a) se determina la eficiencia técnica, b) posteriormente se calcula la eficiencia de ingresos, c) una vez obtenidos la eficiencia técnica y de ingresos se procede a obtener la eficiencia asignativa, y d) finalmente, se obtiene la eficiencia económica.

El artículo está estructurado en seis partes, en la primera se tiene la introducción; en la segunda, se encuentran el Estado de Arte, donde se presenta los estudios de casos más recientes sobre la eficiencia en los puertos utilizando la metodología DEA; en el tercer apartado se encuentra la Metodología donde se desarrolla el análisis de eficiencia de los modelos DEA; en la cuarta sección se presentan los resultados y discusión, se consideran los métodos, de manera particular se desarrolla el modelo que se trabaja en este artículo; en la cuarta, se exponen los resultados; en la quinta, se tienen las conclusiones y recomendaciones.

2. Estado del Arte

Existe una estrecha relación entre el desarrollo del transporte marítimo y el comercio mundial. La expansión del comercio internacional se ha traducido en un aumento de la demanda de servicios de transporte (Grossmann, Otto, Stiller y Wedemeier, 2007). Los cambios tecnológicos en el transporte marítimo han provocado un aumento considerable de sus capacidades y, por lo tanto, han impulsado la expansión del comercio mundial. Especialmente la introducción del transporte de contenedores, el uso de las nuevas tecnologías de manejo y almacenamiento, y la aplicación de las tecnologías modernas de información y comunicación. Se estima que el comercio marítimo representa aproximadamente dos tercios del comercio total de mercancías.

Los estudios de economía internacional, especialmente sobre el crecimiento económico, resaltan la relación entre crecimiento y comercio (Romer 1990; Rivera-Batiz y Romer 1991). La literatura empírica sobre los estudios que relacionan el transporte marítimo y el crecimiento económico ha ido incrementando en los últimos años: Radelet y Sachs (1998), Redding (2002), Grossmann et al., (2007), Rodríguez, Comtois y Slack (2013), y Bernhofen, El-Sahli, y Kneller (2016).

El transporte marítimo de mercancías en contenedores, al operar en economías de escala, reduce los costos incurridos en el transporte de grandes volúmenes de mercancías y constituye una buena referencia para evaluar el impacto del tráfico marítimo en el crecimiento económico y el desarrollo de cualquier país. Además, se debe considerar que la carga en contenedores proviene principalmente del sector secundario y terciario (Guisan, 2013; Kenessey, 1987). Estudios realizados por Corbett y Winebrake (2008) encuentran una asociación muy fuerte -alrededor del 90%-, entre el Producto Interno Bruto de los Estados Unidos y el volumen de productos en contenedores (López-Bermudez, Freire-Seoane, De Peña Zarzuelo, 2018).

Analizar la eficiencia en este sector ha sido muy relevante sobre todo en las últimas dos décadas, resaltando los estudios sobre la eficiencia de costos para optimizar mejor los recursos y obtener mayor rentabilidad. Tal es el caso de Trujillo y Tovar (2007), quienes realizaron un estudio sobre la eficiencia portuaria, analizando la evolución de la legislación portuaria europea y muestra cómo se pueden utilizar las medidas económicas comparativas para resaltar el alcance de las mejoras de la eficiencia portuaria, esenciales para permitir que el transporte marítimo de corta distancia compita con el transporte por carretera en Europa. Sánchez et al. (2015) presentan los desafíos y oportunidades que el transporte marítimo y el desarrollo portuario representan para América Latina y el Caribe, presentando el tema de la sostenibilidad como eje transversal en la mejora de las infraestructuras.

Panayides, Maxoulis, Teng-Fei y Koi Yu, (2009), hicieron una medición de la eficiencia económica de los puertos marítimos del mundo con la metodología DEA, para identificar si los países eran eficientes tanto técnicamente como asignativamente. Coto-Millan, Banos-Pino y Rodriguez-Alvarez (2000), realizaron una función de costos a través de la frontera estocástica para estimar la eficiencia económica de los puertos españoles. La muestra cubre datos anuales de 27 puertos españoles. Al analizar los índices de eficiencia obtenidos, se encuentra que los puertos relativamente más grandes son económicamente más ineficientes.

Castelló, Giralt, Fabricia y Silva Da Rosa (2017), realizaron un estudio de las autoridades portuarias españolas, utilizando el análisis de la envolvente de datos. El propósito era identificar las correlaciones entre las variables ambientales y la eficiencia económica de la gestión portuaria, teniendo en cuenta los gastos generales del puerto y la estructura centrada en los beneficios.

Dwarakish y Muhammad (2015), realizaron un estudio de los puertos en la India, donde buscaban estudiar el papel que desempeñan los puertos en el desarrollo de una nación. Concluyeron indicando que los países con puertos más eficientes también tienden a tener un PIB general más elevado.

Cubas, Briceno-Garmendia y Bofinger (2015), hicieron un estudio sobre la evaluación de eficiencia y rendimiento de los puertos de la Organización de Estados del Caribe Oriental (OECS), debido a que los

cargos por manejo en los puertos del Caribe son dos o tres veces más altos que en puertos similares en otras regiones del mundo. Utilizando un enfoque de frontera estocástica para medir la eficiencia de costos, identificando que son económicamente ineficientes estos puertos.

Dong-Wook, Cullinane y Roe (2017), analizaron la eficiencia y productividad de las terminales de contenedores de Corea. Calcularon la eficiencia de costos y su impacto en el desarrollo económico y competitivo con la metodología DEA obteniendo resultados muy bajos en los índices de eficiencia y productividad.

Herrera, Jooste y Suárez-Aleman (2017), realizan un estudio sobre la eficiencia de los puertos marítimos y su impacto en los costos portuarios de la India y los países del Pacífico. Para lo cual utilizan la metodología de la envolvente de datos, concluyendo que una baja eficiencia impacta negativamente en los costos portuarios.

El analizar la eficiencia portuaria, ha permitido proporcionar elementos de mejora no solo en infraestructura, sino también en reducción de costos logísticos, políticas portuarias expansivas que permiten una mayor conectividad intrarregional, y aumento en la productividad portuaria (Serebrisky et al., 2016; Chang y Tovar, 2014; Núñez-Sánchez y Coto-Millán, 2012; Ramos-Real y Tovar, 2010; Coto Millán et al., 2000; Roll y Hayuth, 1993).

De la revisión de la literatura en este apartado, en lo que respecta al estudio de la eficiencia en los puertos, este trabajo se distingue por lo siguiente: a) aborda de manera integral el estudio de la eficiencia, al considerar en su conjunto la eficiencia técnica, la eficiencia asignativa y la eficiencia económica; b) el análisis de la eficiencia asignativa, se realiza a través de la eficiencia de los ingresos, es decir, los precios de los outputs; y, c) se estudian los 52 puertos más importantes en el ámbito internacional, incorporando los puertos de Manzanillo y Lázaro Cárdenas.

3. Metodología

Las técnicas de análisis de eficiencia mediante la “función frontera” son consideradas las alternativas más adecuadas para medir la eficiencia portuaria, ya que para su aplicación se utilizan indicadores de inputs y outputs calculables para este tipo de estudios (González y Trujillo, 2007).

La eficiencia analizada bajo el método no paramétrico del análisis de la envolvente de datos (DEA) fue iniciado por Farrell (1957) y reformulada como un problema de programación matemático por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). Dado un número de unidades de producción, que son las Unidades de Manejo Decisión (DMU), se construye una frontera de eficiencia de la muestra de unidades de producción. El método permite determinar la eficiencia de los puertos y así examinar su posición en relación con la situación óptima.

La metodología DEA pertenece al grupo de los denominados métodos de frontera, en los cuales se evalúa la producción respecto a las funciones de producción, donde por función de producción se entiende el máximo nivel de output alcanzable con una cierta combinación de inputs, o bien, el mínimo nivel de inputs necesario en la producción de un cierto nivel de outputs (Coelli et al., 1998).

En su trabajo Farrell diferenció entre eficiencia técnica y eficiencia asignativa. En todo proceso de producción, la eficiencia técnica orientada a los inputs viene dada por el consumo de inputs mínimo necesario para lograr un determinado volumen de outputs. Por otra parte, una empresa es eficiente en precios o asignativamente cuando combina los inputs en la proporción que minimiza sus costes. En la primera eficiencia se comparan los inputs y los outputs en unidades físicas, y en la segunda se añaden los precios de los factores de producción. La combinación de estas dos eficiencias proporciona una medida denominada eficiencia “económica” o “global”.

Eficiencia Técnica

La literatura sobre la eficiencia técnica tiene su origen en los primeros años de la década de los cincuentas. En la primera definición formal que se tuvo de la eficiencia técnica “un vector compuesto por inputs y outputs será técnicamente eficiente si es tecnológicamente imposible aumentar cualquier output o reducir cualquier input, sin reducir simultáneamente otro output o incrementar otro input” (Koopmans, 1951, p. 460), y la primera medida de la eficiencia técnica es propuesta por Debreu (1951) y Shephard (1953), aunque con diferente orientación (output e input, respectivamente).

El estudio de Farrell (1957) se complementa con el trabajo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), que partía de rendimientos a escala constantes (CRS), de forma tal que un cambio en los niveles de inputs conlleva a un cambio proporcional en el nivel del output. La fórmula para el modelo con rendimientos constantes con orientación input en su forma envolvente es la siguiente (Zhu and Cook, 2007):

$$\begin{aligned} \theta^* &= \min_{\theta, \lambda} \theta & (1) \\ \text{St. } Y\lambda &\geq Y_i \\ X\lambda &\leq \theta X_i \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned}$$

donde θ^* es la solución óptima de eficiencia, θ indica la distancia en inputs a la envolvente de datos, es decir la medida de eficiencia. X es la matriz de inputs, Y es la matriz de outputs, λ es el vector de pesos o intensidades, X_i, Y_i representan los valores de inputs y outputs respectivamente.

Posteriormente, Banker, Charnes y Cooper (1984) extendieron el modelo original para incluir rendimientos variables a escala (VRS). Considerando que diversas circunstancias como la competencia imperfecta, las restricciones en el acceso a fuentes de financiación, etc., pueden provocar que las unidades no operen a escala óptima. Este modelo propone una modificación al programa lineal original con rendimientos a escala constantes al cual se le agrega una restricción: $N1'\lambda = 1$. De tal manera, que el modelo de rendimientos variables a escala con orientación input queda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \theta^* &= \min_{\theta, \lambda} \theta & (2) \\ \text{St. } Y\lambda &\geq Y_i \\ X\lambda &\leq \theta X_i \\ N1'\lambda &= 1 \\ \lambda, s^+, s^- &\geq 0 \end{aligned}$$

La unidad evaluada será calificada como eficiente, según la definición de Pareto-Koopmans, si y solo si en la solución óptima $\theta^* = 1$ y las variables de holguras son todas nulas, es decir $s^{+*} = 0$ y $s^{-*} = 0$ (Zhu and Cook, 2007).

Eficiencia Asignativa

La eficiencia asignativa o eficiencia de precios, fue introducida por Farrell (1957) y se puede calcular cuando los precios de los insumos o de los productos son conocidos. De esta manera, la eficiencia asignativa de los inputs refleja la combinación de insumos en óptimas proporciones dado los precios de los mismos; de una manera similar cuando se conocen los precios de los outputs, se puede calcular la eficiencia de ingresos y de una manera global teniendo los precios de ambos: inputs y outputs se puede calcular la eficiencia de las ganancias (Thanassoulis, 2001).

La eficiencia asignativa de los outputs se obtiene en dos etapas. Primero, se determina la eficiencia técnica, y, posteriormente se requiere calcular la eficiencia de ingresos, introduciendo los precios de los outputs.

La función de ingresos $R(x, p)$ representa el máximo ingreso que es posible conseguir a partir de los factores $x = (x_1, \dots, x_n)$, teniendo en cuenta los precios $p = (p_1, \dots, p_m)$ a los que se venden los productos obtenidos $y = (y_1, \dots, y_m)$.

Se requiere calcular R_{j0} , el cual maximiza el ingreso, tomando en cuenta los precios P_{rj} de los outputs y_{rj} ($r = 1 \dots s$) de cada DMU j_0 dado un nivel de inputs x_{ij} ($r = 1 \dots m$) y se obtiene a través del siguiente modelo (Thanassoulis, 2001):

$$R_{j0} = \text{Max}_{yr} \sum_{r=1}^s P_{rj0} Y_r \quad (3)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j X_{ij} \leq X_{ij0} \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j Y_{rj} \geq Y_r \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1 \dots N \geq 0, \quad x_1 \geq 0, \quad \forall i$$

donde:

j = son las DMU,

X_{ij} = son los inputs,

Y_{rj} = son los outputs,

P_{rj} = son los precios de los outputs.

Finalmente, el índice de eficiencia asignativa se calcula como la relación entre la eficiencia de ingresos (EI) y la eficiencia técnica (ET), es decir:

$$EA = (x^o, y^o) = \frac{EI(x^o, y^o)}{ET(x^o, y^o)} \quad (4)$$

La maximización del ingreso requiere que la producción se lleve a cabo con eficiencia técnica, es decir, que las empresas consigan con los factores empleados la mayor producción alcanzable, pero también es necesario que la combinación final de producción obtenida sea la que aconsejan los respectivos precios de venta, para poder conseguir los mayores ingresos; en este caso, hablamos de eficiencia asignativa en la producción.

La eficiencia global, también se le llama eficiencia económica, y es el producto de la eficiencia técnica por la eficiencia asignativa (Farrell, 1957).

3.1. Desarrollo del Modelo

Se propone desarrollar un modelo DEA de eficiencia técnica con rendimientos variables a escala –VRS– y orientación output, ya que se pretenden maximizar los outputs. Posteriormente, se realiza el cálculo de la eficiencia asignativa, donde se considera un modelo en base a los precios de los outputs, ya que el objetivo es maximizar el ingreso. Por último, una vez obtenido la eficiencia técnica y la asignativa, se calcula la eficiencia global o económica durante el periodo del 2010 al 2016.

Para la selección de los DMU'S, se tomó como criterio los 50 puertos a nivel mundial, que movilizaron mayor cantidad de teus en el año 2016, de acuerdo al Port Industry Statistics - American Association of Port Authorities. Se añadieron además 2 puertos mexicanos – Manzanillo y Lázaro Cárdenas – para poder ubicar el nivel de eficiencia de los 2 principales puertos mexicanos respecto a los principales puertos del mundo.

Cuadro 1. Principales puertos del mundo

| No. | Puerto | No. | Puerto |
|-----|--|-----|------------------------------------|
| 1 | Shanghái, China | 27 | Tanjung Priok, Jakarta, Indonesia |
| 2 | Singapur | 28 | Colombo, Sri Lanka |
| 3 | Shenzhen, China | 29 | Suzhou, China |
| 4 | Ningbo-Zhoushan, China | 30 | Lianyungun, China |
| 5 | Hong Kong, S.A.R., China | 31 | Hanshin Ports, Japón |
| 6 | Busan, Corea del Sur | 32 | Valencia, España |
| 7 | Qingdao, China | 33 | Algerciras Bay, España |
| 8 | Guangzhou Harbor, China | 34 | Jawaharlal Nehru, India |
| 9 | Jebel Ali, Dubai, Emiratos Árabes Unidos | 35 | Manila, Filipinas |
| 10 | Tianjin, China | 36 | Jeddah, Suadi Arabia |
| 11 | Rotterdam, Holanda | 37 | Felixstowe, Reino Unido |
| 12 | Port Klang, Malasia | 38 | Haiphong, Vietnam |
| 13 | Kaohsiung, Taiwán, China | 39 | Santos, Brasil |
| 14 | Antwerp, Bélgica | 40 | Georgia Ports, Estados Unidos |
| 15 | Dalian, China | 41 | Port Said East, Egipto |
| 16 | Xiamen, China | 42 | Colon, Panamá |
| 17 | Tanjung Pelepas, Malasia | 43 | Seattle-Tacoma Estados Unidos |
| 18 | Hamburg, Alemania | 44 | Sharjah, Emiratos Árabes Unidos |
| 19 | Los Ángeles, Estados Unidos | 45 | Piraeus, Grecia |
| 20 | Keihin Ports, Japón | 46 | Balboa, Panamá |
| 21 | Long Beach, Estados Unidos | 47 | Tanjung Perak, Surabaya, Indonesia |
| 22 | Laem Chabang, Tailandia | 48 | Ambarli, Turquía |
| 23 | New York-New Jersey, Estados Unidos | 49 | Marsaxlokk, Malta |
| 24 | Yingkou, China | 50 | Vancouver, Canadá |
| 25 | Bremen/Bremerhaven, Alemania | 51 | Manzanillo, México |
| 26 | Ho Chi Minh, Vietnam | 52 | Lázaro Cárdenas, México |

Fuente: Elaboración propia con base en el reporte de Port Industry Statistics, 2017.

Selección de Inputs y Outputs

Para la selección de las variables, primero se hizo una revisión literaria de los diferentes autores que han realizado estudios de eficiencia en el sector portuario utilizando la metodología DEA, los cuales se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Relación de variables utilizadas en la medición de eficiencia portuaria

| Variables | | Autores |
|-----------|---------------------------------|---|
| Inputs | Longitud de muelle | Van Dyck, G. (2015), Baran y Górecka (2015), Ramos y Gastaud (2006), Liu (2008). Almawsheki y Shah (2014), Bichou (2013) |
| | Área de la superficie portuaria | Van Dyck, G. (2015), Baran y Górecka (2015), Al-Eraqi, Mustaff, Khader y Barros, (2008), Cullinane y Song, (2006), Cullinane y Wang (2006). Almawsheki y Shah (2014), Bichou (2013) |

| Variables | | Autores |
|-----------|-------------------------|--|
| Inputs | No. grúas | Van Dyck, G. (2015), Baran y Górecka (2015), Al-Eraqi, Mustaff, Khader y Barros, (2008), Ramos y Gastaud (2006), Wu y Lin (2008), Cullinane y Wang (2006), Liu (2008). Almawsheki y Shah (2014), Bichou (2013), Li et al. (2013) |
| | No. de empleados | Roll y Hayuth (1993), Ramos y Gastaud (2006), Gonzalez y Trujillo (2007), Li et al. (2013) |
| | Capacidad de almacenaje | Baran y Górecka (2015), Cullinane y Wang (2006). |
| | Atracaderos | Tabernacle, (1995), Ashar (1997), Kaiser, Clark, Pathomsir y Haghani (2006), Cullinane y Song, (2006), Zheng y Park (2016), Almawsheki y Shah (2014) Elsayed y Shabaan (2017) |
| | Líneas marítimas | Mokhtar y Shah (2013), Barros y Athanassiou (2004), Barros (2006). |
| Outputs | Número de teus | Van Dyck, G. (2015), Baran y Górecka (2015), Valentine y Gray (2000), Wu y Lin (2008), Cullinane y Song, (2006), Cullinane y Wang (2006), Almawsheki y Shah (2014), Bichou (2013) |

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión literaria.

Una vez identificadas las variables más referenciadas, así como la información disponible en las bases de datos, se inició el estudio con las siguientes variables como inputs: superficie, longitud de muelle, almacenaje, atracaderos, líneas marítimas y grúas, como output el número de teus, por lo que se procedió a realizar un análisis factorial para determinar las variables que mejor ajustan al modelo que se desarrollará en este trabajo.

El primer paso en el análisis factorial es determinar si los datos tienen las características requeridas. Se muestran en el cuadro 3 dos pruebas que indican la idoneidad de los datos para la detección de estructura - la prueba KMO y Bartlett-, quienes evalúan todos los datos disponibles juntos. La adecuación de la medida de muestreo de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) es una estadística que indica la proporción de varianza en sus variables que puede ser causada por factores subyacentes. Los valores altos (cerca de 1.0) generalmente indican que un análisis factorial puede ser útil con sus datos. Si el valor es inferior a 0.50 los resultados indican que el análisis factorial no es adecuado. En este caso como se puede observar en el cuadro 3, el valor obtenido en esta prueba fue de 0.752, por lo cual se puede afirmar que pasa la prueba de Kaier-Meyer-Olkin (KMO).

Cuadro 3. Prueba de KMO y Bartlett

| | | |
|---|---------------------|--------|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo | | .752 |
| Prueba de esfericidad de Bartlett | Aprox. Chi-cuadrado | 56.010 |
| | gl | 15 |
| | Sig. | .000 |

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

La prueba de esfericidad de Bartlett, tiene como hipótesis nula, que la matriz de correlación es una matriz de identidad, lo que indicaría que sus variables no están relacionadas y, por lo tanto, no son adecuadas para la detección de estructuras. Los valores menos de 0.05 (nivel de significación) indican que un análisis factorial puede ser útil con sus datos. Si esta prueba no es estadísticamente significativa, no se debe emplear un análisis factorial. En este caso se obtuvo un valor de 0.000, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa donde indica que las variables si son adecuadas para la detección de estructuras. Después de analizar ambas pruebas se comprueba que es factible utilizar la técnica del análisis factorial.

Comunalidades

El siguiente elemento es una tabla de comunalidades que muestra la cantidad de la varianza en las variables han sido explicadas por los factores extraídos (es decir, el valor de comunalidad que debe ser más de 0.5 para ser considerado, de lo contrario, estas variables deben eliminarse (Kaiser, 1958).

Cuadro 4. Comunalidades

| | Inicial | Extracción |
|-------------|---------|------------|
| Superficie | 1.000 | .667 |
| LongMuelle | 1.000 | .762 |
| Almacenaje | 1.000 | .459 |
| Atracaderos | 1.000 | .777 |
| LinMarit | 1.000 | .753 |
| Grúas | 1.000 | .504 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Varianza Total Explicada

El siguiente elemento muestra todos los factores extraíbles del análisis junto con sus valores propios. La tabla de valores propios se ha dividido en tres subsecciones, es decir, valores iniciales, sumas extraídas de cargas cuadradas y rotación de sumas de cargas cuadradas. Para fines de análisis e interpretación, solo nos preocupan las sumas extraídas de las cargas cuadradas (Hair, Anderson, Tatham y Black, 1999). Aquí se debe tener en cuenta que el primer factor representa el 35.81 % de la varianza, el segundo 19.815 % y el tercero 19.066 %. Todos los factores restantes no son significativos. Los 3 componentes en conjunto representan el 74.697 % de la varianza total (cuadro 5).

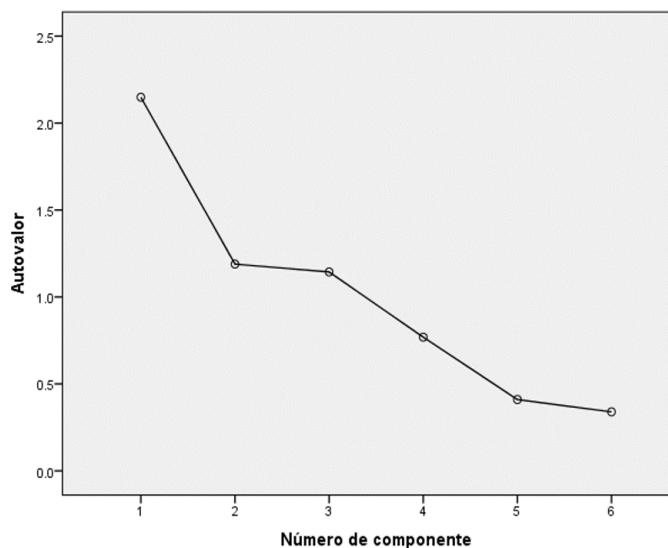
Cuadro 5. Varianza total explicada

| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de extracción de cargas al cuadrado | | | Sumas de rotación de cargas al cuadrado | | |
|------------|-----------------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|---|---------------|-------------|
| | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado |
| 1 | 2.149 | 35.817 | 35.817 | 2.149 | 35.817 | 35.817 | 1.800 | 29.993 | 29.993 |
| 2 | 1.189 | 19.815 | 55.632 | 1.189 | 19.815 | 55.632 | 1.396 | 23.270 | 53.264 |
| 3 | 1.144 | 19.066 | 74.697 | 1.144 | 19.066 | 74.697 | 1.286 | 21.434 | 74.697 |
| 4 | .769 | 12.814 | 87.511 | | | | | | |
| 5 | .410 | 6.836 | 94.347 | | | | | | |
| 6 | .339 | 5.653 | 100.000 | | | | | | |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

En la gráfica 1 (Gráfico de sedimentación) se observa que los 3 primeros componentes son los que explican la mayor parte de la varianza. Cada uno de estos componentes tiene valores superiores a uno, y son los que se consideran en la explicación del modelo. Los componentes restantes explican una proporción muy pequeña de la varianza por lo que no son representativos.



Grafica 1. Gráfico de sedimentación.

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Matriz de Componentes

De acuerdo con Kline (1994), la fase de interpretación juega un papel preponderante en la teoría existente sobre el tema. A efectos prácticos, en la interpretación de los factores se sugieren los dos pasos siguientes: 1) identificar las variables cuyas correlaciones con el factor son las más elevadas en valor absoluto 2) intentar dar un nombre a los factores. Dos estrategias más que pueden ayudar a interpretar los factores son: a) ordenarlos, y, b) eliminar las cargas bajas. El cuadro 6 muestra las cargas (valores extraídos de cada ítem) de las seis variables en los tres componentes extraídos. Cuanto mayor sea el valor absoluto de la carga, más contribuye el factor sobre la variable.

Cuadro 6. Matriz de componentes^a

| | Componente | | |
|-------------|------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| LongMuelle | .829 | -.299 | .108 |
| Atracaderos | .775 | .179 | -.360 |
| Superficie | .648 | -.139 | .477 |
| Almacenaje | .522 | .491 | -.353 |
| LinMarit | -.175 | .854 | .134 |
| Grúas | .155 | .279 | .595 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

^a 3 componentes extraídos.

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Matriz de Componentes Rotados

La idea de la rotación es reducir los factores numéricos sobre los cuales las variables tienen altas cargas. La rotación no cambia nada en realidad, pero facilita la interpretación del análisis. En este caso, para la rotación de factores, se ha utilizado el método de normalización Varimax propuesto por Kaiser (1958), el cual minimiza el número de variables con cargas altas en un factor, mejorando así la capacidad de interpretación de los factores.

Cuadro 7. Matriz de componentes rotados^a

| | Componente | | |
|-------------|------------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| LongMuelle | .858 | .080 | -.139 |
| Atracaderos | .844 | .017 | .202 |
| Superficie | -.153 | .771 | .340 |
| Grúas | .245 | .535 | -.260 |
| LinMarit | .101 | .047 | .875 |
| Almacenaje | .508 | .502 | .527 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

^a La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

Se observa después de la rotación de la matriz, que en el primer componente quedaron las variables longitud de muelle (0.858) y atracaderos (0.844); en el segundo componente, la variable superficie (0.77) y grúas (0.535) y, en el tercer componente, se encuentran las líneas marítimas (0.875) y almacenaje (0.527).

Posteriormente, se realizó la correlación de Pearson, donde se pudo identificar, la relación de los inputs con los outputs y poder determinar después de las técnicas aplicadas, la selección de las variables con las que se va a trabajar (véase cuadro 8).

Cuadro 8. Correlación de Pearson

| | | Superficie | Long Muelle | Atracaderos | Almacenaje | LinMarit | Gruas | Teus |
|-------------|------------------------|------------|-------------|-------------|------------|----------|-------|--------|
| Superficie | Correlación de Pearson | 1 | .291* | .223** | -.019 | .086 | .188 | .757** |
| | Sig. (bilateral) | | .036 | .000 | .893 | .545 | .181 | .001 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| LongMuelle | Correlación de Pearson | .291* | 1 | 0.455 | -.036 | .527** | -.062 | .470** |
| | Sig. (bilateral) | .036 | | .091 | .801 | .000 | .662 | .000 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| Atracaderos | Correlación de Pearson | .223** | 0.455 | 1 | -.289* | .313* | .099 | .762** |
| | Sig. (bilateral) | .000 | .091 | | .038 | .024 | .484 | .000 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| Almacenaje | Correlación de Pearson | -.019 | -.036 | -.289* | 1 | .101 | .104 | -.200 |
| | Sig. (bilateral) | .893 | .801 | .038 | | .477 | .464 | .154 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |

| | | Superficie | Long Muelle | Atracaderos | Almacenaje | LinMarit | Gruas | Teus |
|----------|------------------------|------------|-------------|-------------|------------|----------|--------|--------|
| LinMarit | Correlación de Pearson | .086 | .527** | .313* | .101 | 1 | .064 | .602* |
| | Sig. (bilateral) | .545 | .000 | .024 | .477 | | .654 | .029 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| Grúas | Correlación de Pearson | .188 | -.062 | .099 | .104 | .064 | 1 | .620** |
| | Sig. (bilateral) | .181 | .662 | .484 | .464 | .654 | | .031 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| Teus | Correlación de Pearson | .757** | .470** | .762** | -.200 | .602* | .620** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | .001 | .000 | .000 | .154 | .029 | .031 | |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados en SPSS.

En el cuadro 8, se observa que los inputs – superficie, atracaderos, líneas marítimas y grúas- son las que muestran una correlación alta con el output -número de teus-; por el contrario, con la variable longitud de muelle, la correlación es baja; mientras que, con la variable almacenaje no se tiene una correlación con el output.

Después de revisar los resultados del análisis factorial de correspondencias y la correlación de pearson, los inputs seleccionados son: superficie, atracaderos, líneas marítimas, y grúas como output: número de teus movilizadas anualmente, quedando las variables del modelo de la siguiente manera:

Inputs:

- a) Superficie.
- b) Atracaderos.
- c) Líneas marítimas.
- d) Grúas.

Outputs:

- a) Número de teus movilizadas anualmente.

Para calcular la eficiencia asignativa se toma en cuenta los precios del output:

- a) Ingresos percibidos en la terminal de contenedores.

4. Resultados y Discusión

En este apartado se presentan en una primera instancia los resultados de los cálculos de eficiencia técnica, asignativa y económica; posteriormente se encuentra el análisis de holguras para ver el comportamiento de cada input y output. En una segunda instancia se presenta la discusión de los resultados.

4.1. Resultados

Se muestra en el cuadro 9, que es la eficiencia técnica quien determina la eficiencia económica en el periodo. Esto es, la eficiencia técnica tuvo un valor promedio de 0.748, mientras que la eficiencia asignativa tuvo un valor promedio de 0.486. En la medida, que la eficiencia económica es el producto de estas dos eficiencias, se puede observar que la que tiene un mayor impacto es la eficiencia técnica.

Los puertos tuvieron altos niveles de eficiencia técnica, sin ser eficientes – los puertos para ser eficientes requieren tener valores de 1- con los insumos utilizados y la producción alcanzada. En lo que respecta a la eficiencia asignativa, como se desprende de su bajo valor promedio, la mayoría de los puertos no maximizaron su ingreso.

Cuadro 9. Eficiencia técnica, asignativa y económica 2010-2016

| Puerto | Eficiencia Técnica VRS | Eficiencia Asignativa | Eficiencia Económica |
|--|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1.-Shenzhen, China | 0.944 | 0.943 | 0.896 |
| 2.-Ningbo-Zhoushan, China | 0.920 | 0.936 | 0.884 |
| 3.-Singapore | 0.890 | 0.971 | 0.883 |
| 4.-Qingdao, China | 0.927 | 0.906 | 0.881 |
| 5.-Shanghai, China | 0.884 | 0.934 | 0.839 |
| 6.-Tianjin, China | 0.993 | 0.838 | 0.835 |
| 7.-Guangzhou Harbor, China | 0.918 | 0.878 | 0.823 |
| 8.-Jebel Ali, Dubai, U. A. Emirates | 1 | 0.817 | 0.817 |
| 9.-Antwerp, Bélgica | 0.857 | 0.793 | 0.689 |
| 10.-Hong Kong, S.A.R., China | 0.798 | 0.798 | 0.653 |
| 11.-Busan, Corea del Sur | 0.707 | 0.897 | 0.651 |
| 12.-Rotterdam, Holanda | 0.704 | 0.880 | 0.626 |
| 13.-Xiamen, China | 1 | 0.605 | 0.605 |
| 14.-Bremen, Alemania | 1 | 0.559 | 0.559 |
| 15.-Dalian, China | 0.734 | 0.609 | 0.473 |
| 16.-Port Klang, Malasia | 0.629 | 0.730 | 0.463 |
| 17.-Los Angeles, U.S.A. | 0.605 | 0.711 | 0.457 |
| 18.-Sharjah, U. A. Emirates | 0.736 | 0.603 | 0.450 |
| 19.-Kaohsiung, Taiwán, China | 0.578 | 0.724 | 0.432 |
| 20.-Tanjung Pelepas, Malasia | 0.917 | 0.448 | 0.412 |
| 21.-Seattle-Tacoma U.S.A. | 0.683 | 0.599 | 0.407 |
| 22.-New York-New Jersey, U.S.A. | 0.582 | 0.651 | 0.377 |
| 23.-Keihin Ports, Japón | 0.603 | 0.546 | 0.323 |
| 24.-Ho Chi Minh, Vietnam | 0.933 | 0.345 | 0.319 |
| 25.-Marsaxlokk, Malta | 0.794 | 0.316 | 0.314 |
| 26.-Yingkou, China | 0.995 | 0.310 | 0.307 |
| 27.-Hamburg, Alemania | 0.438 | 0.640 | 0.298 |
| 28.-Piraeus, Grecia | 0.664 | 0.431 | 0.287 |
| 29.-Colombo, Sri Lanka | 0.949 | 0.304 | 0.285 |
| 30.-Tanjung Perak, Surabaya, Indonesia | 0.704 | 0.402 | 0.273 |
| 31.-Manzanillo, México | 0.991 | 0.278 | 0.272 |
| 32.-Colón, Panamá | 0.654 | 0.404 | 0.252 |
| 33.-Vancouver, Canadá | 0.949 | 0.275 | 0.247 |
| 34.-Georgia Ports, U.S.A. | 0.677 | 0.388 | 0.246 |
| 35.-Long Beach, U.S.A. | 0.507 | 0.475 | 0.238 |

| Puerto | Eficiencia Técnica VRS | Eficiencia Asignativa | Eficiencia Económica |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| 36.-Balboa, Panamá | 0.792 | 0.286 | 0.234 |
| 37.-Valencia, España | 0.921 | 0.200 | 0.181 |
| 38.-Ambarli, Turquía | 0.774 | 0.186 | 0.173 |
| 39.-Hanshin Ports, Japón | 0.423 | 0.389 | 0.167 |
| 40.-Santos, Brasil | 0.644 | 0.249 | 0.163 |
| 41.-Laem Chabang, Tailandia | 0.437 | 0.352 | 0.151 |
| 42.-Lázaro Cárdenas, México | 0.915 | 0.146 | 0.133 |
| 43.-Suzhou, China | 0.627 | 0.207 | 0.132 |
| 44.-Jeddah, Suadi Arabia | 0.639 | 0.197 | 0.123 |
| 45.-Port Said East, Egipto | 0.611 | 0.188 | 0.115 |
| 46.-Tanjung Priok, Jakarta, Indonesia | 0.625 | 0.178 | 0.109 |
| 47.-Felixstowe, Reino Unido | 0.619 | 0.177 | 0.107 |
| 48.-Haiphong, Vietnam | 0.601 | 0.157 | 0.096 |
| 49.-Jawaharlal Nehru, India | 0.618 | 0.155 | 0.094 |
| 50.-Lianyungun, China | 0.661 | 0.123 | 0.081 |
| 51.-Algerciras, España | 0.579 | 0.097 | 0.055 |
| 52.-Manila, Filipinas | 0.540 | 0.058 | 0.030 |
| Promedio | 0.748 | 0.486 | 0.383 |

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados a partir de la metodología DEA.

Se observa también en el cuadro 9, que el puerto Shenzhen, en China fue quien tuvo el mayor nivel de eficiencia económica durante todo el periodo, al contrario de lo que sucedió con el puerto de Manila en Filipinas, que tuvo un nivel de eficiencia económica del 0.030. En cuanto a los puertos mexicanos, Manzanillo alcanzó un nivel de eficiencia técnica muy elevado 0.991; sin embargo, su eficiencia asignativa tuvo niveles muy bajos de 0.278, al igual que en su eficiencia económica con un valor de 0.272, ocupando el lugar número 31 de los 52 puertos en total que se analizaron. El puerto de Lázaro Cárdenas va en la misma dirección que el de Manzanillo, el cual alcanzó un nivel en promedio de eficiencia técnica del 0.915, de eficiencia asignativa del 0.146 y de eficiencia económica del 0.133, quedando en el lugar 42. Los puertos mexicanos requieren de la instrumentación de estrategias específicas para poder maximizar sus ganancias, así lo observan los bajos niveles en su eficiencia asignativa.

La eficiencia técnica promedio de los 52 puertos en todo el periodo fue del 0.748. El 54% de los puertos tuvieron resultados mayores a 0.70, lo que da cuenta de que en general los puertos se encuentran cerca de la optimización de sus recursos en función de sus teus movilizadas anualmente. Sobresalen los puertos de Jebel Ali, Dubai; Xiamen, China; y Bremen en Alemania que tuvieron eficiencia técnica –alcanzaron valores de 1-durante todo el periodo. En el lado opuesto, se encuentra el puerto de Hanshin Ports, en Japón, con un valor del 0.423 en su eficiencia (véase cuadro 9).

La eficiencia asignativa tuvo un valor promedio del 0.486 para los años de estudio, se observa entonces que este indicador tiene un valor mucho menor que el que se tuvo con la eficiencia técnica. Ningún puerto fue eficiente en promedio en todo el periodo, sin embargo el puerto de Singapur tuvo el valor más elevado, cercano al óptimo de 0.97, mientras que el menos eficiente fue el de Manila, Filipinas con 0.058.

Por último, se observa en el cuadro 10, que la eficiencia económica o global alcanza un promedio en todo el periodo del 0.383. Los bajos niveles de eficiencia económica se explican por el impacto que tiene sobre ésta la eficiencia asignativa. Es el puerto de Manila en Filipinas, el que tuvo la eficiencia económica más baja, mientras que el puerto de Shenzhen, China, fue el puerto en todo el periodo de estudio que alcanzo los niveles más altos de eficiencia económica –con un valor promedio de 0.896-.

Cuadro 10. Eficiencia económica

| Puerto | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | Promedio |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1.-Shenzhen, China | 1 | 0.944 | 0.512 | 1 | 1 | 1 | 0.814 | 0.896 |
| 2.-Ningbo-Zhoushan, China | 1 | 1 | 0.288 | 1 | 1 | 1 | 0.903 | 0.884 |
| 3.-Singapore | 1 | 1 | 0.199 | 1 | 1 | 1 | 0.980 | 0.883 |
| 4.-Qingdao, China | 1 | 1 | 0.168 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.881 |
| 5.-Shanghai, China | 0.630 | 1 | 0.246 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.839 |
| 6.-Tianjin, China | 1 | 1 | 0.414 | 1 | 1 | 1 | 0.433 | 0.835 |
| 7.-Guangzhou Harbor, China | 0.894 | 0.939 | 0.139 | 0.942 | 0.946 | 0.904 | 1 | 0.823 |
| 8.-Jebel Ali, Dubai | 1 | 0.928 | 1 | 0.598 | 1 | 0.598 | 0.593 | 0.817 |
| 9.-Antwerp, Bélgica | 0.491 | 0.856 | 0.274 | 0.916 | 0.749 | 0.871 | 0.662 | 0.689 |
| 10.-Hong Kong, S.A.R., China | 1 | 1 | 0.156 | 0.096 | 0.844 | 0.716 | 0.758 | 0.653 |
| 11.-Busan, Corea del Sur | 0.785 | 0.868 | 0.212 | 0.750 | 0.683 | 0.689 | 0.572 | 0.651 |
| 12.-Rotterdam, Holanda | 0.753 | 0.660 | 0.318 | 0.632 | 0.619 | 0.678 | 0.725 | 0.626 |
| 13.-Xiamen, China | 0.8 | 0.651 | 1.000 | 0.317 | 0.210 | 1 | 0.261 | 0.605 |
| 14.-Bremen Alemania | 0.068 | 0.086 | 0.710 | 0.051 | 1 | 1 | 1 | 0.559 |
| 15.-Dalian, China | 0.053 | 0.576 | 0.099 | 0.801 | 0.699 | 0.613 | 0.469 | 0.473 |
| 16.-Port Klang, Malasia | 0.613 | 0.578 | 0.240 | 0.332 | 0.533 | 0.348 | 0.595 | 0.463 |
| 17.-Los Angeles, U.S.A. | 0.692 | 0.641 | 0.066 | 0.377 | 0.468 | 0.438 | 0.514 | 0.457 |
| 18.-Sharjah, U. A. Emirates | 0.402 | 0.641 | 1.000 | 0.338 | 0.314 | 0.338 | 0.116 | 0.450 |
| 19.-Kaohsiung, Taiwán, China | 0.580 | 0.573 | 0.115 | 0.367 | 0.486 | 0.461 | 0.445 | 0.432 |
| 20.-Tanjung P., Malasia | 0.210 | 0.597 | 0.699 | 0.388 | 0.118 | 0.725 | 0.144 | 0.412 |
| 21.-Seattle-Tacoma U.S.A. | 0.723 | 0.569 | 0.365 | 0.398 | 0.307 | 0.291 | 0.199 | 0.407 |
| 22.-New York-New, U.S.A. | 0.479 | 0.425 | 0.321 | 0.389 | 0.366 | 0.354 | 0.303 | 0.377 |
| 23.-Keihin Ports, Japón | 0.311 | 0.512 | 0.090 | 0.501 | 0.172 | 0.407 | 0.268 | 0.323 |
| 24.-Ho Chi Minh, Vietnam | 0.156 | 0.514 | 0.763 | 0.127 | 0.070 | 0.544 | 0.062 | 0.319 |
| 25.-Marsaxlokk, Malta | 0.807 | 0.169 | 0.091 | 0.052 | 0.118 | 0.405 | 0.555 | 0.314 |
| 26.-Yingkou, China | 0.021 | 0.110 | 0.765 | 0.081 | 0.087 | 1 | 0.085 | 0.307 |
| 27.-Hamburg, Alemania | 0.295 | 0.436 | 0.034 | 0.236 | 0.368 | 0.321 | 0.393 | 0.298 |
| 28.-Piraeus, Grecia | 0.187 | 0.317 | 0.068 | 0.417 | 0.393 | 0.343 | 0.288 | 0.287 |
| 29.-Colombo, Sri Lanka | 0.211 | 0.131 | 0.441 | 0.053 | 0.076 | 1 | 0.084 | 0.285 |
| 30.-Tanjung Perak, Indonesia | 0.420 | 0.054 | 0.237 | 0.468 | 0.107 | 0.355 | 0.269 | 0.273 |
| 31.-Manzanillo, México | 0.250 | 0.035 | 0.574 | 0.061 | 0.170 | 0.277 | 0.538 | 0.272 |
| 32.-Colon, Panamá | 0.138 | 0.170 | 0.238 | 0.364 | 0.276 | 0.293 | 0.287 | 0.252 |
| 33.-Vancouver, Canadá | 0.035 | 0.346 | 0.425 | 0.098 | 0.136 | 0.231 | 0.459 | 0.247 |
| 34.-Georgia Ports, U.S.A. | 0.414 | 0.064 | 0.237 | 0.295 | 0.063 | 0.325 | 0.323 | 0.246 |
| 35.-Long Beach, U.S.A. | 0.260 | 0.331 | 0.066 | 0.342 | 0.031 | 0.316 | 0.319 | 0.238 |
| 36.-Balboa, Panamá | 0.137 | 0.172 | 0.082 | 0.125 | 0.454 | 0.375 | 0.290 | 0.234 |
| 37.-Valencia, España | 0.041 | 0.029 | 0.725 | 0.043 | 0.030 | 0.145 | 0.256 | 0.181 |
| 38.-Ambarli, Turquía | 0.058 | 0.043 | 0.269 | 0.058 | 0.075 | 0.395 | 0.313 | 0.173 |
| 39.-Hanshin Ports, Japón | 0.194 | 0.011 | 0.059 | 0.270 | 0.234 | 0.210 | 0.192 | 0.167 |
| 40.-Santos, Brasil | 0.038 | 0.049 | 0.233 | 0.032 | 0.290 | 0.277 | 0.220 | 0.163 |
| 41.-Laem Chabang, Tailandia | 0.028 | 0.212 | 0.063 | 0.305 | 0.078 | 0.297 | 0.076 | 0.151 |
| 42.-Lázaro Cárdenas, México | 0.062 | 0.283 | 0.125 | 0.047 | 0.144 | 0.167 | 0.107 | 0.133 |
| 43.-Suzhou, China | 0.031 | 0.036 | 0.191 | 0.039 | 0.271 | 0.295 | 0.059 | 0.132 |
| 44.-Jeddah, Suadi Arabia | 0.045 | 0.048 | 0.227 | 0.038 | 0.169 | 0.307 | 0.027 | 0.123 |
| 45.-Port Said East, Egipto | 0.292 | 0.093 | 0.181 | 0.032 | 0.082 | 0.048 | 0.074 | 0.115 |
| 46.-Tanjung Jakarta, Indonesia | 0.049 | 0.077 | 0.193 | 0.081 | 0.037 | 0.302 | 0.025 | 0.109 |
| 47.-Felixstowe, Renio Unido | 0.042 | 0.041 | 0.224 | 0.032 | 0.085 | 0.298 | 0.029 | 0.107 |
| 48.-Haiphong, Vietnam | 0.012 | 0.039 | 0.255 | 0.027 | 0.025 | 0.293 | 0.020 | 0.096 |
| 49.-Jawaharlal Nehru, India | 0.028 | 0.050 | 0.083 | 0.026 | 0.228 | 0.222 | 0.020 | 0.094 |
| 50.-Lianyungun, China | 0.038 | 0.043 | 0.088 | 0.091 | 0.027 | 0.256 | 0.021 | 0.081 |
| 51.-Algerciras Bay, España | 0.019 | 0.020 | 0.020 | 0.070 | 0.023 | 0.209 | 0.020 | 0.055 |
| 52.-Manila, Filipinas | 0.029 | 0.019 | 0.066 | 0.027 | 0.023 | 0.025 | 0.021 | 0.030 |
| Promedio | 0.381 | 0.404 | 0.301 | 0.349 | 0.379 | 0.499 | 0.369 | 0.383 |

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados a partir de la metodología DEA.

En el caso de los puertos mexicanos de Manzanillo y Lázaro Cárdenas se ubicaron en el lugar 31 y 42 respectivamente, con bajos niveles en materia de eficiencia económica dentro de los puertos objeto de estudio, lo cual es resultado de la instrumentación de una inadecuada combinación de sus insumos y precios.

Análisis de Holguras (Slacks)

El análisis de holguras (slacks), indica la dirección en la cual habrán de mejorarse los niveles de eficiencia de cada DMU, de esta manera, el valor de las holguras en los outputs representa el nivel adicional de outputs necesarios para convertir una DMU ineficiente en una DMU eficiente. En la misma dirección el valor de las holguras en los inputs representa las reducciones necesarias en los inputs para convertir un DMU en eficiente. En el cuadro 11, se observa que el input líneas marítimas es el que más problemas presenta, ya que 15 países son los que muestran que no están siendo aprovechadas sus líneas marítimas eficientemente, por el contrario, el input almacenaje fue el input que menos puertos necesitaron ajustar para ser eficientes. En el caso de los ingresos, 11 puertos presentaron problemas en este indicador, y por lo tanto, no están generando los ingresos necesarios, dado el número de teus que mueven con los insumos empleados.

Cuadro 11. Análisis de Holguras

| DMU | Área | Grúas | Almacenaje | Atracaderos | Líneas marítimas | Teus | Ingreso |
|--------------------------|-------------|--------|------------|-------------|------------------|----------|---------|
| Hong Kong | 0 | -14645 | -8988.13 | 0 | -32 | 0 | 0 |
| Busan, Corea del Sur | 0 | -25665 | 0 | 0 | -54 | 0 | 0 |
| Port Klang, Malasia | 0 | 0 | 0 | 0 | -14 | 0 | 0 |
| Antwerp, Bélgica | -4278032.70 | 0 | -336200.88 | -1 | 0 | 0 | 0 |
| Tanjung Pelepas, Malasia | 0 | -1180 | -97454.98 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hamburg, Alemania | -2353048.68 | 0 | 0 | -12 | -22 | 0 | 0 |
| Los Angeles, U.S.A. | -1228258.45 | 0 | 0 | -9 | -53 | 0 | 0 |
| Long Beach, U.S.A. | -3037289.27 | -404 | 0 | -1 | -8 | 0 | 0 |
| Ho Chi Minh, Vietnam | -1950887.09 | 0 | 0 | 0 | -16 | 0 | 0 |
| Suzhou, China | -4958550.47 | 0 | 0 | 0 | -6 | 0 | 163.73 |
| Lianyungun, China | 0 | 0 | 0 | 0 | -21 | 0 | 323.14 |
| Hanshin Ports, Japón | 0 | 0 | 0 | -14 | -26 | 0 | 0 |
| Valencia, España | -4050001.87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 183.02 |
| Algerciras Bay, España | 0 | -2904 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169.45 |
| Manila, Filipinas | 0 | -669 | 0 | -26 | 0 | 0 | 341.60 |
| Felixstowe, Reino Unido. | -957326.96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.739179 | 0 |
| Haiphong, Vietnam | 0 | -1050 | 0 | -24 | 0 | 0 | 248.78 |
| Santos, Brasil | -2149105.35 | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | 394.10 |
| Georgia Ports, U.S.A. | -985011.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 133.51 |
| Port Said East, Egipto | 0 | 0 | 0 | -15 | -19 | 0 | 350.07 |
| Ambarli, Turquía | 0 | -2620 | 0 | -3 | -39 | 0 | 0 |
| Manzanillo, México | 773184.04 | 1283 | 45425.17 | 45 | 74 | 2.579 | 151 |
| Lázaro Cárdenas, México | 691194.04 | 1043 | 56123.93 | 30 | 85 | 1.115 | 160 |

Fuente: Elaboración propia con base en los cálculos realizados a partir de la metodología DEA.

4.2. Discusión

En la literatura revisada sobre el análisis de eficiencia económica portuaria, diversos autores han realizado importantes aportes a esta línea de investigación como es el caso de Díaz-Hernández y Martínez-Budría (2008), Hidalgo y Núñez-Sánchez (2012), Zheng y Chuanzhong Yin (2015), Kutin, Nguyen y Vallée (2017).

Díaz-Hernández y Martínez-Budría (2008), hacen un estudio donde calculan la eficiencia técnica, asignativa y económica utilizando el análisis DEA, como es el caso de la investigación que aquí se presenta. Los autores hacen un análisis del sistema portuario español, teniendo como muestra 19 puertos en los años 1990-1998. Dentro de las diferencias que se tienen en ambos trabajos destacan: a) las variables consideradas, ya

que los autores mencionados, analizan la carga contenerizada y carga a granel, mientras que en este trabajo se contempla la terminal de contenedores, b) los resultados que los autores muestran es que la ineficiencia técnica llevó a un aumento del costo promedio del 7%, en tanto que, en los resultados de la presente investigación se obtuvieron niveles altos de eficiencia técnica, y niveles de eficiencia asignativa y económica muy bajos.

Hidalgo y Núñez-Sánchez (2012), realizaron un estudio donde revisaron la eficiencia asignativa de las autoridades portuarias españolas durante el período 1986-2007. La muestra de estudio estuvo formada por 27 autoridades portuarias españolas que gestionan 46 puertos, teniendo como outputs: carga a granel líquido, carga a granel sólido, carga general en contenedores, carga general sin contenedores y pasajeros. Como inputs: trabajo, gastos anuales de depreciación, y gasto de consumo anual. Mientras que aquí se tienen como inputs la superficie, atracaderos y líneas marítimas y como output los contenedores movilizados anualmente. Ambas investigaciones difieren en el tipo de análisis que se realiza, ya que en esta investigación se presenta un estudio de eficiencia técnica, asignativa y económica, mientras que los autores mencionados solo realizan un análisis de la eficiencia asignativa. Además de que los objetivos que se persiguen son distintos, ellos analizan a las autoridades portuarias y en este caso a las terminales de contenedores.

Zheng y Chuanzhong Yin (2015), calcularon la eficiencia técnica, asignativa y de costos (CE) de los puertos chinos basados en los datos de 16 corporaciones portuarias registradas desde 1998 hasta 2011. En sus resultados la eficiencia técnica ha tendido a disminuir en la mayoría de los puertos y es la eficiencia asignativa quien determina la eficiencia económica, a diferencia de este trabajo donde los valores obtenidos en la eficiencia técnica son en su mayoría altos por lo que este indicador es quien determina la eficiencia económica. La semejanza que hay entre estos modelos es que ambos obtienen la eficiencia técnica, asignativa y económica; sin embargo, estos autores calculan la eficiencia de costos y en la presente investigación se calcula la eficiencia de ingresos (precios del output).

Kutin, Nguyen y Vallée (2017), obtienen la eficiencia asignativa de las terminales de contenedores de 50 puertos de las economías que integran la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN), los puertos son categorizados de acuerdo al manejo de contenedores y a la localización (puertos internos y puertos marítimos). Estos autores tienen en común con esta investigación es la utilización de prácticamente la misma cantidad de DMU's y la orientación del modelo al output. La diferencia se presenta en que ellos trabajan bajo rendimientos constantes a escala, mientras que en el presente trabajo se realiza el análisis bajo rendimientos variables a escala. También se asemejan ambos modelos, en que obtuvieron niveles de eficiencia técnica superiores a la eficiencia asignativa, pero en el caso de Kutin, Nguyen y Vallée no abordan la eficiencia económica.

En resumen, se observa que aunque hay estudios semejantes al que aquí se presenta, se tienen diferencias en: a) las variables consideradas, b) el periodo de estudio, c) el número de DMU's a revisar, y d) la desagregación en eficiencia técnica, eficiencia asignativa y eficiencia económica. En la obtención de la eficiencia asignativa cuando es el caso, los autores revisados la calculan en función de los costos de los insumos, mientras que en este trabajo se calcula en función de la eficiencia de ingresos.

5. Conclusiones

En el estudio de la eficiencia técnica, asignativa y económica de los 50 principales puertos a nivel mundial y de los 2 puertos de México más importantes en el manejo de contenedores se desarrollaron tres modelos, una por cada tipo de análisis de eficiencia, instrumentando la metodología DEA con rendimientos variables a escala -VRS- y orientación output durante el periodo 2010 - 2016.

Para la selección de variables primero se consideró la técnica del análisis factorial y la correlación de Pear-

son, de tal manera que, en un principio se contaba con los inputs superficie, longitud de muelle, almacenaje, atracaderos, líneas marítimas y grúas y como output el número de teus. Finalmente, después de las pruebas realizadas, las variables que se definieron para el modelo fueron como inputs superficie, atracaderos, líneas marítimas y grúas y como output el número de teus, utilizando como precios los ingresos percibidos en las terminales de contenedores.

La eficiencia técnica que alcanzaron los puertos objeto de estudio en promedio fue del 0.748. Sobresalen los puertos de Jebel Ali, Dubai; Xiamen, China; y Bremen, Alemania que tuvieron eficiencia técnica –alcanzaron valores de 1- durante todo el periodo. En el lado opuesto, se encuentra el puerto de Hanshin Ports, en Japón, con un valor del 0.423.

La eficiencia asignativa tuvo un valor promedio del 0.486 para los años revisados, teniendo un valor mucho menor que el valor promedio de la eficiencia técnica (0.748). El puerto con el nivel de eficiencia asignativa más alto fue el de Singapore, alcanzó el valor de 0.971, mientras que el menos eficiente fue el de Manila, Filipinas con el 0.058.

La eficiencia económica o global alcanzó un promedio en todo el periodo del 0.383. Los bajos niveles de eficiencia económica se explican por el impacto que tiene sobre ésta la eficiencia asignativa. El puerto de Shenzhen, China, fue el que alcanzó el nivel de eficiencia económica más alto en todo el período de estudio –el promedio fue de 0.896 -. El puerto de Manila, Filipinas tuvo la eficiencia económica más baja.

En el caso de los puertos mexicanos de Manzanillo y Lázaro Cárdenas sus valores de eficiencia económica fueron de 0.272 y 0.133 en ese orden, ubicándose además en el lugar 31 y 42 respectivamente, resultado de la instrumentación de una inadecuada combinación de sus insumos y precios. Si bien parte del problema es la falta de infraestructura o el tamaño del recinto portuario en relación al volumen de carga que se recibe, no se observa el crecimiento esperado; esto es, ni en el volumen de carga movilizada ni en los ingresos que se deberían de percibir. Se requieren por consiguiente, políticas públicas portuarias que fomenten una mayor inversión en infraestructura con la finalidad de tener más terminales de contenedores en ambos puertos. Se hace necesario además, mejorar la tecnología en los equipos y procesos de estos puertos.

La hipótesis planteada se cumple ya que los principales puertos del mundo no fueron eficientes económicamente debido a que no maximizaron sus ingresos en función de la combinación de insumos que utilizaron y los teus que manejaron.

En resumen, se tiene que es la eficiencia técnica quien determinó la eficiencia económica de las 50 terminales de contenedores a nivel mundial más importantes, así como de las terminales de contenedores de los puertos de Manzanillo y Lázaro Cárdenas en México durante el periodo 2010-2016. Asimismo, los bajos niveles de eficiencia –técnica, asignativa y económica o global- demandan de los puertos estudiados un mejor aprovechamiento de sus recursos y una mejor combinación de sus insumos y precios.

Referencias

- [1] Al-Eraqi, A., Mustafa, A., Khader, A., y Barros, C., (2008). Efficiency of middle Eastern and East African seaports: application of DEA using Window analysis. *European Journal of Scientific Research*, 23(4), pp. 597-612. Recuperado de <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>
- [2] Almawsheki, E., y Shah, M. (2014). Technical Efficiency Analysis of Container Terminals in the Middle Eastern Region. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 31 (4), pp. 477-486. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2016.01.006>
- [3] Ashar, A. (1997). Dispelling the Myths of Port Performance. Paper presented at the Terminal Operations Conference 3-5 June 1997 Barcelona Spain: IOC'97. Recuperado de <http://www.gbv.de/dms/tib-ub-hannover/242250432.pdf>

- [4] Banker, R., Charnes, A. y Cooper, W., (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), pp. 1078-1092. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- [5] Baran, J. y Górecka, A. (2015). Seaport efficiency and productivity based on Data Envelopment Analysis and Malmquist Productivity Index. *Logistics Sustainable Transport*, 6(1), pp. 25-33. DOI: <https://doi.org/10.1515/jlst-2015-0008>
- [6] Barros, C. (2006). A benchmark analysis of Italian seaports using data envelopment analysis. *Maritime Economics Logistics*, 8(4), pp. 347-365. DOI: <https://doi.org/10.1057/palgrave.me1.9100163>
- [7] Barros, C. y Athanassiou, M. (2004). Efficiency in European Seaports with DEA: Evidence from Greece and Portugal. *Maritime Economics Logistics*, 6(2), pp. 122-140. DOI: https://doi.org/10.1057/9781137475770_14
- [8] Bernhofen, D.M., El-Sahli, Z. y Kneller, R. (2016). Estimating the effects of the container revolution on world trade. *Journal of International Economics*, 98, pp. 36-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2015.09.001>
- [9] Bichou, K. (2013). An empirical study of the impacts of operating and market conditions on container-port efficiency and benchmarking. *Research in Transport Economics*, 42 (1), pp. 28-37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.11.009>
- [10] Castelló, E.; Giralt, Fabricia, S., y Silva Da Rosa (2017). Environmental disclosure and economic efficiency: A correlational evaluation of Spanish ports authorities. *Intangible Capital*, 13(4), pp. 745-780. DOI: <https://doi.org/10.3926/ic.937>
- [11] Chang, V. y Tovar, B., (2014). Drivers explaining the inefficiency of Peruvian and Chilean ports terminals. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Elsevier, 67(C), pp.190-203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.04.011>
- [12] Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E., (1978). Measurement the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [13] Coelli, T., Prasada Rao D., y Battese, G. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston, Kluwer Academic Publisher.
- [14] Corbett, J., y Winebrake, J. (2008). The impacts of globalisation on international maritime transport activity. *Globalisation, Transport and the Environment*. OECD.
- [15] Cubas, D., Briceno-Garmendia, C., Bofinger, y Heinrich, C. (2015). *OECS Ports: An Efficiency and Performance Assessment*. Policy Research Working Paper; No. 7162. World Bank Group, Washington, DC. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/21379> License: CC BY 3.0 IGO.
- [16] Cullinane, K., y Song, D. (2006). Estimating the relative efficiency of European container ports: A stochastic frontier analysis. *Port Economics*, 16, pp. 85-115. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0739-8859\(06\)16005-9](https://doi.org/10.1016/s0739-8859(06)16005-9)
- [17] Cullinane, K., y Wang, T. (2006). The efficiency of European container ports: A cross sectional data envelopment analysis. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 9(1), pp. 19-31. DOI: <https://doi.org/10.1080/13675560500322417>
- [18] Debreu, G., (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19, (3), pp. 273-292. DOI: <https://doi.org/10.2307/1906814>
- [19] Díaz-Hernández, J., Martínez-Budría, E., y Jara-Díaz, S. (2008). Parametric estimation of inefficiency in cargo handling in Spanish ports. *Journal of Productivity Analysis*, 30(3), pp. 223-232. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11123-008-0110-x>
- [20] Dong-Wook, S.; Cullinane, K y Roe, M. (2017). The productivity efficiency of Container Terminals. An Application to Korea and the UK. *Playmouth Studies in Contemporary Shipping and Logistics*. Editorial Routledge, Taylor & Francis Group. London & New York.
- [21] Dwarakish, G. y Muhammad, A (2015). Review on the Role of Ports in the Development of a Nation. *Aquatic Procedia*, 4, pp.295-301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.040>

- [22] Elsayed, A. y Shabaan, N. (2017). Evaluate and Analysis Efficiency of Safaga Port Using DEACCR, BCC and SBM Models – Comparison with DP World Sokhna. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 245, 042033 doi:10.1088/1757-899X/245/4/042033
- [23] Farrell, M., (1957), The Measurement of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Serie A,120, Part III, 253-267. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctv5rdxd5.7>
- [24] González, M. y Trujillo L. (2009). Efficiency Measurement in the Port Industry: A Survey of the Empirical Evidence. Journal of Transport Economics and Policy, 43 (2), pp. 157-192. Recuperado de https://www.jstor.org/stable/20466776?seq=1#page_scan_tab_contents
- [25] Grossmann, H., Otto, A.H., Stiller, S. y Wedemeier, J. (2007). Growth potential for maritime trade and ports in Europe. Intereconomics, 42 (4), pp. 226-232. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10272-007-0223-x>
- [26] Guisan, M. C. (2013). Macro-econometric models of supply and demand: industry, trade and wages in 6 countries, 1960-2012. Applied Econometrics and International Development, 13(2), pp. 45-56
- [27] Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (1999). Análisis Multivariante (5.a ed.). Madrid: Prentice Hall Iberia.
- [28] Herrera D., Jooste, C. y Suarez-Aleman, A. (2017). How Does Port Efficiency Affect Maritime Transport Costs and Trade? Evidence from Indian and Western Pacific Ocean Countries (September 25, 2017). World Bank Policy Research Working Paper No. 8204. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3042911>
- [29] Hidalgo, S. y Núñez-Sánchez, R. (2012). Estimating allocative efficiency in port authorities with demand uncertainty, Munich Persona. RePEc Archive, Paper No. 38136, posted 16. Edición electrónica, ubicado en: <http://mpira.ub.uni-muenchen.de/38136/>
- [30] Kaisar, I., Pathomsiri, S. and Haghani, A. (2006). Efficiency Measurement of US Ports Using Data Envelopment Analysis. National Urban Freight Conference, Long Beach California, 1-3 February 2006, 16. Recuperado de: https://pdfs.semanticscholar.org/8f04/0661ee0d4f342d999e3155b8e3772a42cc92.pdf?_ga=2.102686529.1170580845.1571780382-349875560.1563042583
- [31] Kaiser, H.F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika, 23(3), pp.183-200. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02289233>
- [32] Kenessey, Z. (1987). The primary, secondary, tertiary and quaternary sectors of the economy. Review of Income and Wealth, 33(4). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4991.1987.tb00680.x>
- [33] Kline, P. (1994). An Easy Guide to Factor Analysis. Ed. Routledge. USA. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315788135>
- [34] Koopmans, T., (1951), Efficient Allocation of Resources. Econometrica, 19(4), pp.455-465. DOI: <https://doi.org/10.7249/p116>
- [35] Kutin, N., Nguyen, T. y Vallée, T. (2017). Relative efficiencies of ASEAN container ports based on data envelopment analysis, The Asian Journal of Shipping and Logistics 33 (2), pp. 67-77, DOI:10.1016/j.ajs1.2017.06.004.
- [36] Li, D., Luan, W., y Pian, F. (2013). The Efficiency Measurement of Coastal Container Terminals in China. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 15 (5), pp. 10-15. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1570-6672\(13\)60121-x](https://doi.org/10.1016/s1570-6672(13)60121-x)
- [37] Liu, C. (2008). Evaluating the operational efficiency of major ports in the Asia-Pacific Region using data envelopment analysis. Applied Economics, 40(13), pp. 1737-1743. DOI: <https://doi.org/10.1080/0003684060090512>
- [38] Lopez-Bermudez, B., Freire-Seoane, M. J., y De la Peña Zarzuelo, I. (2018). The impact of port governance and infrastructures on maritime containerized trade on the West Coast of Latin America. European Journal of Government and Economics, 7(1), pp.85-101. DOI: <https://doi.org/10.17979/ejge.2018.7.1.4334>
- [39] Mokhtar, k. y Shah, M. (2013), Efficiency of Operations in Container Terminals: A Frontier Method. European Journal of Business and Management 5(2), pp. 91-106. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.735.1609&rep=rep1&type=pdf>

- [40] Núñez-Sánchez, R. y Coto-Millán, P. (2012). The impact of public reforms on the productivity of Spanish ports: A parametric distance function approach. *Transport Policy*, 24, 99-108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.07.011>
- [41] Panayides, P., Maxoulis, Ch., Teng-Fei W., y Koi Yu A. (2009). A Critical Analysis of DEA Applications to Seaport Economic Efficiency Measurement, *Transport Reviews*, 29(2), pp. 183-206, DOI: [10.1080/01441640802260354](https://doi.org/10.1080/01441640802260354)
- [42] Port Industry Statistics (2017), World Port Rankings 2016, recuperado de: <http://www.aapa-ports.org/Industry/content.cfm?ItemNumber=900>
- [43] Radelet, S. y J. Sachs (1998). Shipping costs, manufactured exports and economic growth. Paper presented to the American Economic Association Meetings, Harvard University, disponible en <http://www2.cid.harvard.edu/hiidpapers/shipcost.pdf>, accessed 31 July 2002).
- [44] Ramos, L., y Gastaud, A. (2006). Analysing the Relative Efficiency of Container Terminals of Mercosur using DEA. *Maritime Economics Logistics*, Palgrave Macmillan; International Association of Maritime Economists (IAME), 8(4), pp. 331-346. DOI: <https://doi.org/10.1057/palgrave.me1.9100168>
- [45] Ramos-Real, J. y Tovar, B. (2010). Productivity Change and Economies of Scale in Container Port Terminals. A Cost Function Approach, *Journal of Transport Economics and Policy*, University of Bath, vol. 44(2), pp.231-246. Recuperado de: https://www.jstor.org/stable/40600024?seq=1#page_scan_tab_contents
- [46] Redding, S. y Venables, T. (2000). Economic Geography and International Inequality. *Journal of International Economics*, 62(1), pp. 53-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2003.07.001>
- [47] Rodriguez, J., Comtois, C. y Slack, B. (2013). *The geography of transport systems*. London, Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203884157>
- [48] Roll, Y., y Hayuth, Y., (1993). Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis. *Maritime Policy and Management*, 20(2), pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1080/03088839300000025>
- [49] Romer y Rivera-Batiz (1991). Economic Integration and Endogenous Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 106, pp. 531-555. DOI: <https://doi.org/10.3386/w3528>
- [50] Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98, pp. 71-102. DOI: <https://doi.org/10.3386/w3210>
- [51] Sánchez, R., Jaimurzina, A., Wilmsmeier, G., Pérez-Salas, G., Doerr, O. y Pinto, F. (2015). Transporte marítimo y puertos: desafíos y oportunidades en busca de un desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. Recursos Naturales e Infraestructura. Report number: LC/L.4119 Affiliation: ECLAC. CEPAL, Naciones Unidas DOI: [10.13140/RG.2.1.1645.5763](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1645.5763)
- [52] Serebrisky, T., Sarriera, J., Suárez-Alemán, A.; Araya, G.; Briceño-Garmendía, C., y Schwartz, J. (2016), Exploring the drivers of port efficiency in Latin America and the Caribbean. *Transport Policy*, 45, pp. 31-45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.09.004>
- [53] Shephard, R., (1953), *Cost and Production Functions*. Princeton University Press, Princeton.
- [54] Tabernacle, J. (1995). A Study of The Changes In Performance Of Quayside Container Cranes. *Maritime Policy and Management*, 22(2), 115-124. DOI: <https://doi.org/10.1080/03088839500000044>
- [55] Thanassoulis, E. (2001), *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis*, A foundation text with integrated software, Springer, Birmingham, England. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1407-7>
- [56] Trujillo, L. y Tovar B, (2007). The European Port Industry: An Analysis of its Economic Efficiency. *Maritime Economics Logistics*, 9(2), pp. 148-171. DOI: <https://doi.org/10.1057/palgrave.me1.9100177>
- [57] United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), (2019). Liner shipping connectivity index (LSCI) Recuperado de: <https://unctadstat.unctad.org/wds/tableViewer/tableView.aspx?ReportId=92>
- [58] United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), (2018). Informe Sobre el Transporte Marítimo. 2018. Recuperado de: https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/rmt2018_es.pdf

- [59] Valentine, V., y Gray, R. (2000). The measurement of port efficiency using data envelopment analysis, en Special Interest Group on Maritime Transport and Ports a member of the WCTR Society. International Workshop, Genoa, 2000. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/277617009_The_measurement_of_port_efficiency_using_data_envelopment_analysis
- [60] Van Dyck, G. (2015) Assessment of Port Efficiency in West Africa Using Data Envelopment Analysis, en American Journal of Industrial and Business Management, 5(4), pp. 208-218. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajibm.2015.54023>
- [61] Wu, Y.-C. y Lin C., (2008). National port competitiveness: implications for India. Management Decision 46(10), pp.1482–1507. DOI: <https://doi.org/10.1108/00251740810920001>
- [62] Zheng, S. y Chuanzhong Y. (2015) Technical, allocative and cost efficiencies of Chinese ports. Maritime Policy Management, 42(8), pp.746-758, DOI: 10.1080/03088839.2015.1040860
- [63] Zheng, X., y Park, N., (2016). A study on the Efficiency of Container Terminals in Korea and China. The Asian J Shipping Logistics 32(4), pp. 213-220. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajs1.2016.12.004>
- [64] Zhu, J. y Cook W. (2007). Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis. Springer, New York.