

ANÁLISIS

La eficiencia de los puertos en la región del APEC, 2005-2013: una medición a través del Análisis de la Frontera Estocástica (SFA)

PORTS EFFICIENCY IN APEC REGION, 2005-2013: A MEASUREMENT
THROUGH STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS (SFA)

Odette Virginia Delfin Ortega¹
José César Lenin Navarro Chávez²

Resumen

En este trabajo se presenta un modelo donde se utiliza el análisis de frontera estocástica para medir la eficiencia de las terminales de contenedores de los principales puertos del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico durante el periodo 2005-2013. La eficiencia es calculada a través de los estimadores: JLMS (Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt, 1982) y BC (Batesse y Coelli, 1988). Se utilizan como *inputs* la longitud del muelle y el personal ocupado, y como *output* los TEU movilizados anualmente. Los resultados muestran que

Artículo recibido el 08 de abril de 2016 y dictaminado el 23 de mayo de 2016.

1. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Francisco Javier Mujica s/n, Felicitas del Río, 58060, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: odettedelfin@hotmail.com
2. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Francisco Javier Mujica s/n, Felicitas del Río, 58060, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: cesar126@hotmail.com

durante todo el periodo analizado en promedio ningún puerto fue eficiente; sin embargo, Shanghai fue el que tuvo los resultados más altos en contraste con el puerto de Callao en Perú, donde sus niveles de eficiencia fueron los más bajos.

Palabras clave: análisis de frontera estocástica, eficiencia, puertos, APEC.

Abstract

This paper presents a model using the Stochastic Frontier Analysis to measure the efficiency of container terminals in the main ports of Asia-Pacific Economic Cooperation for the period 2005-2013. Efficiency is calculated through the estimators: JLMS (Jondrow, Lovell, Materov & Schmidt, 1982) and BC (Batesse & Coelli, 1988). It was used as inputs quay length and employed personnel and for output TEUs annually moved. The scores showed that in the period analyzed, any port was efficient on average, while Shanghai was the one who presented the highest results, in contrast to the port of Callao in Peru, whose efficiency levels were the lowest.

Keywords: Stochastic Frontier Analysis, efficiency, ports, APEC.

1. Introducción

El beneficio de contar con puertos eficientes va más allá de aumentar el volumen de tráfico, tiene efectos directos e indirectos sobre otras actividades relacionadas, como aseguradoras, finanzas y servicios logísticos, debido a su posición estratégica en la cadena de transporte. De esta manera se crea un valor añadido que impacta directamente en la generación del empleo, propiciando un crecimiento regional y urbano. Por este motivo se han realizado diversos estudios sobre eficiencia y productividad en los puertos y han ido aumentando enormemente en los últimos 20 años, utilizando diversas metodologías (Merk y Dang, 2012).

Uno de los procedimientos para calcular la frontera de producción a través de la medición paramétrica es el análisis de frontera estocástica. Esta frontera fue desarrollada por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y Van den Broeck (1977). Metodológicamente el procedimiento es el siguiente: se postula una función de comportamiento eficiente, que en este caso es la de Cobb Douglas, en la que se asumen las perturbaciones de ruido y de ineficiencia, se formula una distribución probabilística para estas perturbaciones y usando

máxima verosimilitud se estiman los parámetros de interés y se calcula la eficiencia.

El objetivo de esta investigación es identificar las principales variables que explicaron la eficiencia de las terminales de contenedores de los puertos del Pacífico en México y de los países del APEC durante el periodo 2005-2013. La hipótesis planteada es que las terminales de contenedores de los principales puertos de la región del APEC no fueron eficientes en el periodo

2005-2013, debido a que no optimizaron adecuadamente sus recursos: los trabajadores y la longitud del muelle. Para probar la hipótesis, se utiliza la metodología del análisis de la frontera estocástica (SFA) con datos panel aplicado a 38 puertos del APEC durante el periodo 2005-2013.

El trabajo se encuentra estructurado en siete apartados. Se inicia con la introducción y se continúa con una descripción de la región del APEC. En tanto que en el tercer apartado se describen los materiales y métodos utilizados en esta investigación, donde se explica la metodología del análisis de la frontera estocástica en las mediciones de eficiencia. En el cuarto apartado se presenta la descripción del modelo, así como la selección de variables y pruebas del modelo. En el quinto apartado se exponen los resultados obtenidos, haciendo una comparación entre los modelos Jondrow *et al.* (1982) y Battese y Coelli (1988). Para el sexto se tiene la discusión de resultados, y por último se encuentran las conclusiones.

2. La región del APEC

El Foro de Cooperación Asia-Pacífico (APEC por sus siglas en inglés) es un bloque comercial que se estableció en el año 1989 como respuesta a la creciente interdependencia entre las economías de esa región. Doce países asiáticos del Pacífico y América del Norte se reunieron ese año en Canberra, Australia,

El beneficio de contar con puertos eficientes va más allá de aumentar el volumen de tráfico, tiene efectos directos e indirectos sobre otras actividades relacionadas, como aseguradoras, finanzas y servicios logísticos, debido a su posición estratégica en la cadena de transporte

siendo éste el primer foro oficial de la región, donde se fundó el Consejo Económico de Países Asiáticos del Pacífico (APEC, 2015).

Actualmente la región del APEC está integrada por 21 economías: Australia, Brunei Darussalam, Canadá, Chile, China (República Popular), Corea del Sur, Estados Unidos de América, Filipinas, Hong Kong, Indonesia, Japón, Malasia, México, Nueva Zelanda, Papúa Nueva Guinea, Perú, Rusia, Singapur, Tailandia, Taiwán, Vietnam (APEC, 2015).

Cuadro 1
Economías integrantes del APEC

	<i>Pais</i>	<i>Fecha de ingreso</i>
1	Australia	Nov. 1989
2	Brunei Darussalam	Nov. 1989
3	Canadá	Nov. 1989
4	Indonesia	Nov. 1989
5	Japón	Nov. 1989
6	República de Corea	Nov. 1989
7	Malasia	Nov. 1989
8	Nueva Zelanda	Nov. 1989
9	Filipinas	Nov. 1989
10	Singapur	Nov. 1989
11	Tailandia	Nov. 1989
12	Estados Unidos	Nov. 1989
13	China Taipei	Nov. 1991
14	China	Nov. 1991
15	Hong Kong, China	Nov. 1991
16	México	Nov. 1993
17	Papúa Nueva Guinea	Nov. 1993
18	Chile	Nov. 1994
19	Perú	Nov. 1998
20	Rusia	Nov. 1998
21	Vietnam	Nov. 1998

Fuente: APEC, 2015.

El principal objetivo del APEC es establecer una comunidad que fomente el crecimiento económico de la región y fue creado como un mecanismo de diálogo y consulta que promueve, a través de sus iniciativas y resoluciones, políticas

de promoción de libre comercio y cooperación económica entre sus miembros. Para México, su incorporación a este foro representó una oportunidad para la diversificación de sus relaciones económicas internacionales (González, 2002).

México es miembro del APEC desde 1993 (véase cuadro 1). Siendo en un inicio muy cuestionado su ingreso por los países asiáticos porque no cumplía con la condición de relaciones comerciales en el Pacífico (González, 2002). Sin embargo, a partir de su ingreso la participación de nuestro país en el APEC ha permitido un mayor acercamiento con la región Asia-Pacífico, donde ha diversificado sus relaciones económicas, particularmente con los países del este de Asia, fortaleciendo los flujos comerciales y de inversión, los cuales se vieron más consolidados a partir del año 2012, cuando el comercio entre México y las economías del APEC representó 84% del comercio total de nuestro país, esto es, 625 mil millones de dólares, y 73% de la inversión extranjera directa recibida por México en el mismo año, ascendiendo a 11,200 millones de dólares (SE, 2012).

En el año 2002 México fue el país anfitrión de las reuniones del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico, donde se llevaron a cabo diferentes reuniones de trabajo que estuvieron sustentadas en la liberalización y facilitación del comercio y la inversión, y en la cooperación económica y técnica (Traslosheros, 2003). En el tema de facilitación de comercio los líderes aprobaron el Plan de Acción, que comprende un marco de implementación y un menú de acciones y medidas concretas a ser instrumentadas en cuatro áreas específicas: movimiento de bienes (incluyendo aduanas, puertos, sanidad y otros procedimientos similares), normas, movilidad de personas de negocios, y comercio electrónico (Traslosheros, 2003).

Desde su inicio en 1989 la región del APEC ha sido una de las más dinámicas del mundo. En su primera década las economías del APEC generaron casi 70% del desarrollo económico global y la región del APEC superó constantemente al resto del mundo; las transacciones comerciales en esta zona de Asia-Pacífico se efectúan principalmente a través del transporte marítimo (Rodríguez, 2015).

El APEC lo integran economías con diferentes niveles de desarrollo. Se observa en el cuadro 2 que Estados Unidos, China y Japón tienen un nivel de PIB muy alto, mientras que Papúa Nueva Guinea y Brunei Darussalam están en una etapa incipiente de desarrollo económico. Cabe destacar también que en el año 2014 los cuatro primeros países que presentaron el mejor indicador en el índice de facilidad para hacer negocio del Banco Mundial, se encuentran en esta región: Singapur, Hong Kong, Nueva Zelanda y Estados Unidos (APEC, 2016).

En el año 2014 el PIB de los países miembros del APEC representó 56% del PIB mundial, la inversión extranjera directa del APEC fue del 53% respecto a la inversión mundial; en cuanto al comercio exterior, las importaciones manejadas por todos los países miembros del APEC representaron 47%, mientras que las exportaciones fueron de 46% (APEC, 2016) (véase cuadro 2).

Este dinamismo comercial ha dado como resultado que los miembros del APEC hayan anunciado un proyecto para promover la conectividad regional para el año 2025, que incluye facilitar el transporte marítimo y aéreo y simplificar el comercio y la logística. El Proyecto Multianual de Facilidad para Hacer Negocios (FHN) de APEC permitirá a las economías hacer negocios 25% más barato, rápido y fácil (APEC, 2015).

En el área de investigación se han publicado diversos trabajos que tienen como objetivo analizar los flujos comerciales de esta región, las relaciones económicas entre los diferentes miembros, el análisis del Acuerdo Transpacífico de Cooperación Económica realizados por los autores: Fergusson, McMinim y Williams (2015); Rodríguez (2014); Petri y Plummer (2012); Palacios, González y Rangel (2006); Aguilar (2005); Sun Guangqi y Zhang Shiping (2000).

3. Materiales y métodos

La literatura que directamente ha influido en el desarrollo del análisis de la frontera estocástica comenzó en la década de 1950 con los trabajos de Koopmans (1951), Debreu (1951) y Shepard (1953). Koopmans emitió una definición de eficiencia técnica: “Un productor es técnicamente eficiente si y sólo si es imposible producir más de cualquier *output* sin producir menos de cualquier otro *output* o usando más de algún *input*”. Posteriormente Farrell (1957) propuso la estimación de los valores medios de la función de producción.

La medición de la eficiencia se comienza a desarrollar bajo un enfoque paramétrico con los trabajos de Aigner y Chu (1968), Seitz (1971), Timmer (1971), Afriat (1972), Richmond (1974). Sin embargo, son las aportaciones de Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y de Meeusen y Van Den Broeck (1977) con las que se desarrolla la conceptualización de la frontera estocástica, a partir de la cual se consolida la referencia metodológica de esta línea de estudio sobre la eficiencia, en la que se parte de una función de comportamiento eficiente, sea de producción o de costos.

$$y = X\beta + \varepsilon \tag{1}$$

Cuadro 2
Región del APEC, 2014

País	PIB (millones de dólares)	Inversión extranjera directa (millones de dólares)	Total población (en miles)	Índice de facilidad para hacer negocios	Importaciones (millones de dólares)	Exportaciones (millones de dólares)
Mundial	77,868,767.98	1,228,283.3	7,260,652		23,873,400	23,941,570
APEC	43,841,330.96	651,801.57	2,828,112		11,310,844.63	10,997,493.86
Australia	1,453,770.21	51,854.222	23,490.736	11	299,327.787	294,589.56
Brunei Darussalam	17,256.8	567.9	417.4	81	5,617.5	10,988.3
Canadá	1,786,655.1	53,864.0	35,540	19	580,967.0	559,620.7
Indonesia	888,538.2	22,579.6	254,454.8	120	211,254.8	199,212.3
Japón	4,601,461.2	2,089.8	127,131.8	27	1,012,183.6	841,926.6
República de Corea	1,410,382.9	9,898.5	50,424.0	7	639,480.7	678,424.2
Malasia	326,933.0	10,799.155	29,902.0	6	253,579.077	273,548.9
Nueva Zelanda	44,342.2	3,391.26	4,509.7	3	55,428.479	56,034.934
Filipinas	284,582.02	6,200.529	99,138.69	108	87,230.35	86,922.77
Singapur	307,871.907	67,522.986	5,469.7	1	507,569.703	549,909.115
Tailandia	373,804.134	12,565.729	67,725.979	18	280,839.919	282,515.461
Estados Unidos	17,419,000	92,397	318,857.05	4	2,864,229.75	2,308,137.23
China Taipei	529,587	2,839	23,403.635	16	319,268.17	370,571.91
China	10,360,105.2	128,500.0	1,364,270	96	2,340,938.4	2,574,761.7
Hong Kong, China	290,896.409	103,254.15	7,241.7	2	676,242.25	630,034.27
México	1282,719.95	22,794.697	125,385.83	53	443,295.29	418,542.204
Papúa Nueva Guinea	2,268.2	-30.389	7,463.57	113	6,261.68	5,846.94
Chile	258,061.5	22,949.2	17,762.6	41	86,733.7	86,919.8
Perú	202,902.76	7,606.63	30,973.148	42	49,860.68	45,042.848
Rusia	1,860,597.922	20,957.65	143,819.56	92	426,969.64	562,635.79
Vietnam	186,204.65	9,200	90,730	99	163,566.23	161,308.42

Fuente: estadísticas del APEC (2016).

Y = es el vector de los *outputs*.

β = es un vector de los parámetros a estimar.

X = es el vector de todos sus *inputs*.

ε = es el término estocástico de perturbación.

Donde se asume que el término de error tiene dos componentes: $\varepsilon = v - u$ para las funciones de producción, y $\varepsilon = v + u$ para las funciones de costos.

Generalmente la función de producción o de costos está basada en una Cobb-Douglas o translogarítmica o de otra forma del modelo logarítmico (Greene, 2003). La forma Cobb Douglas es la más utilizada.

$$\ln Y_i = \beta \ln X_i + v_i - u_i \quad (2)$$

Y_i = es el vector del logaritmo natural del producto obtenido de la firma i -ésima.

β = es un vector de los parámetros a estimar.

X = el vector del logaritmo natural de cada uno de los insumos involucrados en el proceso.

Error compuesto:

$$v_i - u_i$$

v_i = componente aleatorio (captura el ruido estocástico).

u_i = ineficiencia técnica.

Donde $(-u_i) > 0$ pero v puede tomar cualquier valor (Greene, 2003).

Los modelos de frontera pueden ser estimados con datos de corte transversal, es decir, con datos en un periodo dado de tiempo o con datos en panel. Los datos en panel contienen por lo general más observaciones que los datos de corte transversal, pues combinan las series de tiempo de las observaciones transversales (Coelli *et al.*, 2005).

Estimaciones de frontera estocástica

Para la estimación de la frontera de producción puede optarse por emplear ML (*maximum likelihood*) o utilizar MOLS (*modified ordinary least squares*). El procedimiento de estimación propuesto por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) es el de máxima verosimilitud ML ya que requiere de la maximización de la función para obtener los estimadores verosímiles de los parámetros que nos interesa encontrar en el modelo de la función de la frontera de producción. Para poder armar la función de verosimilitud necesitamos la función de densidad de:

$$\varepsilon_i = (v_i - u_i)$$

La función de densidad surge de la siguiente integral (Greene, 1999):

$$f(\varepsilon) = \int_0^{\infty} f(u, \varepsilon) du = \int_0^{\infty} \frac{2}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \exp\left[-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(\varepsilon - u)^2}{2\sigma_v^2}\right] du =$$

$$f(\varepsilon) = \frac{2}{\sigma} \phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) \Phi\left(\frac{\varepsilon\lambda}{\sigma}\right) \quad (3)$$

Donde $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$, $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$, $\phi(\cdot)$ y $\Phi(\cdot)$ son funciones de densidad probabilística y acumulada de la normal estándar. Utilizando la ecuación anterior se obtiene la función de verosimilitud:

$$\ln L = -\frac{1}{2} \ln\left(\frac{\pi}{2}\right) - I \ln \sigma + \sum \ln \phi\left\{\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right\} - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_i \varepsilon_i^2 \quad (4)$$

Asumir una distribución

Una vez realizada la estimación de la frontera estocástica por ML, el siguiente paso consiste en obtener la medida de eficiencia. Para poder descomponer el término aleatorio y establecer qué parte corresponde al ruido y qué parte a la ineficiencia es necesario suponer alguna distribución para ambos componentes.

Para el caso de v_i existe un consenso generalizado de que esta variable se asume independiente e idénticamente distribuida a una normal

$$N(0, \sigma_v^2)$$

Para el término de ineficiencia se han propuesto varias distribuciones, las más comunes son (Green, 2003):

- La media normal (Aigner, Lovell y Schmidt, 1977),
- Normal truncada (Stevenson, 1980),
- Exponencial (Meeusen y Van Den Broeck, 1977),
- Gamma (Greene, 1990).

Estimación del término u_i

No se puede estimar directamente el término de ineficiencia u_i , su estimación se realiza de manera indirecta. Los principales autores que han establecido un estimador para poder obtener el valor de u_i son:

- JLMS (Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt, 1982).
- BC (Batesse y Coelli, 1988).

Estimación de u con fórmula Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt, 1982 (JLMS), basada en la media distribución $E[u | v_i - u_i]$. Bajo este método se estiman los parámetros de la frontera y se asigna una distribución estadística a cada perturbación por máxima verosimilitud, calculando con este procedimiento la ineficiencia de cada firma o unidad de producción a partir del valor estimado para la perturbación

$$E(u_i | e_i) = \frac{\sigma\lambda}{1+\lambda^2} \left[\frac{\phi\left(\frac{e_i\lambda}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{e_i\lambda}{\sigma}\right)} - \frac{e_i\lambda}{\sigma} \right] \quad (5)$$

Donde $\phi(\cdot)$ es la densidad de distribución normal estándar, $\Phi(\cdot)$ su función de distribución es:

$$\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}, \quad e_i = v_i - u_i \quad \sigma = \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_v^2} \quad (6)$$

Una vez que la estimación de u_i ha sido obtenida, Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt, 1982 (JLMS) calculan la eficiencia técnica de la siguiente manera:

$$TE_i = 1 - E(u_i | e_i) \quad (7)$$

Por su parte, Battese y Coelli (1988, 1992) calculan la eficiencia con la media distribución de:

$$\exp(-u | e), E \exp(-u | e) \quad (8)$$

$$E\{\exp(-\mu_{it} U_i | E_i = e_i)\}$$

La media de la eficiencia técnica de las firmas de una industria

$$E(\exp(-u_i) | e_i) = \left\{ \frac{1 - \Phi\left[\sigma - \frac{\mu}{\sigma}\right]}{1 - \Phi\left(-\frac{\mu}{\sigma}\right)} \right\} \exp\left(-\mu + \frac{1}{2}\sigma^2\right) \quad (9)$$

Eficiencia técnica

Una vez obtenida la estimación de u_i , la estimación de la eficiencia técnica (ET) está dada por el cociente entre la producción observada y la frontera estocástica estimada, como se muestra en la siguiente fórmula (Greene, 2003):

$$ET_i = \frac{Y_i}{f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}; \beta) \exp(v_i)} = \exp(u_i) \quad (10)$$

4. Descripción del modelo

En este apartado se presenta el modelo de una función de producción para estimar la eficiencia técnica, utilizando el análisis de frontera estocástica con datos panel durante el periodo 2005-2013.

La medición de eficiencia se realiza para 38 terminales de contenedores de los principales puertos de los países miembros del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC). Como criterio de selección se tomaron en cuenta aquellos puertos que manejaron más de un millón de TEU³ anuales en la región del APEC en el año 2013, de acuerdo con el reporte de World Shipping Council 2014.

3. Término en inglés —*twenty-foot equivalent unit*— que significa unidad equivalente a 20 pies.

Cuadro 3
Selección de puertos de la región del APEC

	<i>País</i>	<i>Puerto</i>
1	Australia	Melbourne
2	Australia	Sidney
3	Canadá	Metro Vancouver
4	China	Guangzhou
5	China	Qingdao
6	China	Shenzhen
7	China	Tianjin
8	China	Dalian
9	China	Xiamen
10	China	Ningbo -Zhoushan
11	China	Lianyungang
12	China	Yingkou
13	China	Shanghái
14	Corea	Busan
15	Corea	Kwangyang
16	Estados Unidos	Long Beach
17	Estados Unidos	Los Ángeles
18	Estados Unidos	Oakland-San Francisco Bay Area
19	Estados Unidos	Tacoma
20	Estados Unidos	Seattle
21	Filipinas	Manila
22	China	Hong Kong
23	Indonesia	Tanjung Priok, Yakarta
24	Indonesia	Tanjung Perak, Surabaya
25	Japón	Tokio
26	Japón	Osaka
27	Japón	Nagoya
28	Malasia	Port Kelang
29	Malasia	Tanjung Pelepas
30	México	Manzanillo
31	México	Lázaro Cárdenas
32	Perú	Callao
33	Singapur	Singapur
34	Tailandia	Laem Chabang
35	Tailandia	Bangkok
36	Taiwán	Kaohsiung
37	Taiwán	Keelung
38	Vietnam	Ho Chi Minh

Fuente: elaboración propia con base en el reporte de World Shipping Council, 2014.

Selección de variables

En la selección de las variables se consideraron en un principio como *inputs* la longitud del muelle, el personal ocupado, la superficie de la terminal de contenedores y las grúas pórtico. Mientras que como *outputs* se contempló el número de TEU movilizados anualmente. Después de instrumentar las pruebas estadísticas para comprobar la consistencia del modelo, se excluyeron los *inputs* “grúas pórtico” y “superficie de la terminal de contenedores” debido a que los parámetros obtenidos no resultaron significativos. Finalmente, las variables del modelo quedaron de la siguiente manera:

Inputs:

- a. Longitud de muelle (LM).
- b. Personal ocupado (PO).

Output:

- a. Número de TEU movidos anualmente (Y).

Modelo de eficiencia SFA

Se desarrolla un modelo de la forma Cobb-Douglas con una distribución truncada-normal, que es la que comúnmente se utiliza en datos panel. Se determina la ineficiencia (-u) con los estimadores: JLMS (Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt, 1982) y BC (Battese y Coelli, 1988).

Definición de la función Cobb Douglas:

$$\ln Y_{nt} = \beta_0 + \beta_1 \ln LM_{nt} + \beta_2 \ln PO_{nt} + v_{nt} - u_{nt}$$

Donde:

$\ln Y$ = logaritmo natural de los TEU (*output*).

n = 1, 2.... 38 puertos.

t = tiempo.

$\ln LM$ = logaritmo natural de longitud de muelle (*input* 1).

$\ln PO$ = logaritmo natural de personal ocupado (*input* 2).

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = son los coeficientes de los *inputs*.

Modelo para datos panel

Como primer paso, se requiere identificar si el modelo de datos panel es de efectos fijos o aleatorios. En el modelo de efectos fijos se considera que existe un término constante diferente para cada individuo, y se parte del supuesto de que los efectos individuales son independientes entre sí; en cambio, en los efectos aleatorios la constante en lugar de ser fija para todos los individuos y el tiempo, es aleatoria.

Se aplica la prueba de Hausman (1978) para elegir el estimador más adecuado y así determinar si el modelo es de efectos fijos o aleatorios. En esta prueba si se acepta la hipótesis nula, se utiliza el modelo de efectos aleatorios; por el contrario, si se rechaza la hipótesis nula, se aplica el modelo de efectos fijos. El test propuesto por Hausman es un test chi cuadrado que determina si las diferencias son sistémicas y significativas entre dos estimaciones. La hipótesis nula es: no diferencia sistemática entre los coeficientes; si la prob $\chi^2 > 0.05$, se acepta la hipótesis nula, lo que indica que el estimador aleatorio debe de ser utilizado; en caso contrario, si $\text{Prob } \chi^2 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y emplearíamos el estimador de efectos fijos. Una vez aplicada la prueba de Hausman (véase cuadro 1 del anexo) se observa que el valor $\text{Prob } \chi^2 0.008 < 0.05$, por lo tanto se emplea el estimador de efectos fijos.

Una vez determinado el tipo de modelo de datos panel que se utiliza, se procede a instrumentar las diversas pruebas para comprobar la consistencia del modelo.

Pruebas del modelo

Para que el modelo tenga validez se aplicaron las siguientes pruebas:

- Prueba de heteroscedasticidad: *white test*.
- Prueba de multicolinealidad: VIF.
- Prueba de especificación: prueba Ramsey.
- Prueba de raíz unitaria: Levin-Lin-Chu-LLC.
- Prueba de cointegración: Johansen test.
- Diagnóstico de *skewness*.

Prueba de heteroscedasticidad

Un supuesto importante del modelo clásico de regresión lineal es que la varianza de cada término de perturbación u , condicional a los valores seleccionados de las variables explicativas, es algún número constante igual a σ^2 . Éste es el supuesto de homoscedasticidad o igual dispersión, es decir igual varianza (Gujarati y Porter, 2010).

Uno de los métodos para detectar heteroscedasticidad es la prueba de White, donde se plantea en la hipótesis nula que no hay heteroscedasticidad, es decir que la varianza de los errores es constante. La prueba de White estima una regresión auxiliar considerando a los residuales al cuadrado contra todos los regresores, los productos cruzados y los cuadrados de todos los regresores. Este estadístico sigue una distribución chi cuadrada con grados de libertad igual al número de regresores (sin incluir al término constante). Una vez corrido el modelo, si el chi cuadrado obtenido es mayor al chi cuadrado de la tabla, se rechaza la hipótesis nula.

En el cuadro 2 del anexo, el resultado que se obtuvo es una $\chi^2 = 11.94$, que es menor al valor en tabla, que en este caso es de 16.9190 al 5% para 9 grados de libertad. Por lo cual se concluye que no se rechaza la hipótesis nula y se valida el supuesto de homoscedasticidad.

Prueba de multicolinealidad

A la hora de estimar un modelo econométrico, los datos disponibles sobre las variables explicativas pueden presentar un alto grado de correlación, especialmente en un contexto de series temporales; este fenómeno se conoce como multicolinealidad. El término de multicolinealidad se le atribuye a Ragnar Frisch (1934). Cuando dos o más variables explicativas en un modelo están altamente correlacionadas, en la muestra es muy difícil separar el efecto parcial de cada una de estas variables sobre la variable dependiente. La información muestral que incorpora una de estas variables es casi la misma que el resto de las correlacionadas con ella (Gujarati y Porter, 2010).

Existen diversas pruebas de multicolinealidad, una de ellas es la prueba VIF (*variance inflation factor*). Esta prueba calcula los datos de inflación de la varianza centrados o no centrados para las variables independientes especificadas en un modelo de regresión lineal, por lo que la prueba muestra

la forma en cómo la varianza de un estimador se *infla* por la presencia de la multicolinealidad (Gujarati y Porter, 2010).

Los valores mayores que 10 se consideran indicativos de multicolinealidad. De acuerdo con los resultados del cuadro 3 del anexo, se puede observar que no hay evidencia de multicolinealidad, al obtenerse un valor de 1.10 (Bruin, 2006).

Prueba Ramsey (prueba de especificación)

La prueba *Reset* fue propuesta por Ramsey (1969), es una prueba de error de especificación que está diseñada para detectar variables relevantes omitidas, así como variables irrelevantes incluidas; se realiza utilizando los valores críticos de la distribución F, comparando los residuos del modelo base y del modelo ampliado.

En esta prueba, si se acepta la hipótesis nula, significa que no se ha detectado una mala especificación del modelo, es decir se requiere tener valor $p > 0.05$ para aceptar la hipótesis nula y obtener un valor F menor al valor de la tabla de distribución F.

Como se observa el cuadro 4 del anexo, se acepta la hipótesis nula de que el modelo no ha omitido variables a partir del valor p arrojado por la prueba, ya que se obtuvo un valor $0.0745 > 0.05$; además, una vez corrido el modelo se observa que el valor F obtenido es de 1.23, siendo menor al valor F de la tabla, al valor crítico F de 1.927.

Prueba de raíz unitaria

En las series de tiempo y datos panel las variables pueden presentar una tendencia temporal, denominada “no estacionaria”, es decir sistemáticamente crece o disminuye con el tiempo, presentándose una relación espuria entre las variables (Montero, 2013).

Para poder determinar si la serie presenta raíz unitaria (no estacionaria) es importante aplicar pruebas estadísticas; una de ellas comúnmente utilizada para datos panel es la prueba de Levin-Lin-Chu (LLC) (2002); en esta prueba la hipótesis nula que se plantea es la existencia de raíces unitarias.

Cuando se aplica la prueba y resulta presentar raíz unitaria, es decir, es no estacionaria, se puede diferenciar d veces para convertirla en estacionaria, por lo que el orden de integración va a indicar el número de veces que se debe

diferenciar $I(d)$. Las series que son estacionarias sin diferenciar se denominan $I(0)$ ruido blanco. Si se calcula la primera diferencia de una serie y ésta se vuelve estacionaria, se dice entonces que la misma está integrada en orden $I(1)$ *random walk*. Si la integración se alcanza después de calcular la segunda diferencia se dirá que la serie está integrada de orden 2, es decir $I(2)$.

En este caso, una vez aplicado el estadístico a la variable dependiente Y (número de teus) en una primera instancia presentó raíz unitaria, pero cuando se calculó con la primera diferencia, como se observa en el cuadro 5 del anexo, los paneles ya no presentaban raíz unitaria al rechazarse la hipótesis nula con el valor obtenido $p\text{-value } 0.0057 < 0.05$, por lo tanto en la variable dependiente Y , los paneles son estacionarios en primeras diferencias $I(1)$.

De igual manera, en el caso de la variable independiente longitud de muelle (LM) (véase cuadro 6 del anexo), todos los paneles presentaron raíz unitaria sin diferenciar; sin embargo, cuando se volvió a calcular nuevamente con la primera diferencia mostraron ya no tener raíz unitaria al rechazarse la hipótesis nula teniendo un valor de $p\text{-value } 0.0014 < 0.05$, por lo que los paneles fueron estacionarios en primeras diferencias $I(1)$.

Por último, con la variable independiente personal ocupado (PO) (véase cuadro 7 del anexo), en una primera instancia mostraron todos los paneles raíz unitaria y al aplicar las primeras diferencias, ya los paneles no presentaron raíz unitaria, obteniendo un $p\text{-value } 0.00245 < 0.05$. De esta manera, se concluye que la variable personal ocupado fue estacionaria en primeras diferencias $I(1)$.

Prueba de cointegración: Johansen test

Una vez que se obtuvo el orden de integración de las variables, se pretende observar si existe equilibrio a largo plazo, es decir si están cointegradas. Se dice que dos o más series están cointegradas si las mismas se mueven conjuntamente a lo largo del tiempo y las diferencias entre ellas son estables (es decir estacionarias). Durante los últimos años los economistas han desarrollado ciertas herramientas para examinar si las variables económicas están cointegradas. Una de esas herramientas es la llamada prueba de cointegración desarrollada por Johansen (1988 y 1991).

El método de Johansen considera la prueba traza (*trace test*) y la prueba de máximo valor propio (*maximum eigenvalue test*). En este caso la hipótesis que se plantea para la prueba traza es H_0 : no existe cointegración entre las

variables. Se rechaza la hipótesis nula cuando el valor estadístico es mayor al valor crítico seleccionado.

En el cuadro 8 del anexo se muestran los resultados obtenidos; en el primer rango los valores del estadístico traza son mayores al valor crítico al 5%, por lo que rechazamos la hipótesis nula de que las variables no cointegran, ya que se obtuvo un valor $51.5956 > 29.68$. Cuando rechazamos el rango 0, se pasa al rango 1 donde la hipótesis nula dice que al menos una variable cointegra; como el valor obtenido es $12.8621 < 15.41$ aceptamos la hipótesis nula. Al igual en el rango 2, la hipótesis nula es que al menos dos variables cointegran; en este caso se acepta la hipótesis nula $2.3567 < 3.76$ porque el valor obtenido en la prueba traza es menor al valor crítico, por lo tanto se acepta la hipótesis donde se dice que al menos dos variables cointegran.

Podemos concluir entonces que las variables Y, LM y personal cointegran y por lo tanto presentan un equilibrio a lo largo del tiempo.

Prueba de asimetría (skewness)

La prueba *skewness* sirve para especificar si se puede medir la ineficiencia en el modelo de frontera estocástica; en este caso, el signo negativo muestra que los residuales están ajustados correctamente para la implementación de máxima verisimilitud. En la frontera estocástica si el signo no es negativo entonces no podemos distinguir entre la ineficiencia y el error estocástico (Waldman, 1982). En la prueba (véase cuadro 9 del anexo) el resultado del test de Skewness fue de -0.8682 , obteniéndose el signo esperado.

5. Resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de la eficiencia técnica con el análisis de frontera estocástica con los dos estimadores: JLMS (Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt, 1982) y BC (Batesse y Coelli, 1992).

Se observa en el cuadro 4 que aunque con ambos estimadores los puertos no fueron eficientes en promedio en todo el periodo, los resultados con el estimador BC fueron más robustos con 0.364 en comparación con el estimador JLMS con un promedio de 0.394.

Cuadro 4
Promedio de eficiencia técnica en el periodo 2005-2013

	<i>Puerto</i>	<i>País</i>	<i>TE SFA-JLMS</i>	<i>TE SFA-BC</i>
1	Melbourne	Australia	0.402	0.364
2	Sidney	Australia	0.425	0.385
3	Metro Vancouver	Canadá	0.376	0.403
4	Guangzhou	China	0.569	0.520
5	Qingdao	China	0.222	0.205
6	Shenzhen	China	0.224	0.206
7	Tianjin	China	0.330	0.302
8	Dalian	China	0.551	0.542
9	Xiamen	China	0.425	0.392
10	Ningbo-Zhoushan	China	0.349	0.316
11	Lianyungang	China	0.457	0.424
12	Yingkou	China	0.560	0.519
13	Shanghái	China	0.770	0.734
14	Busan	Corea	0.336	0.304
15	Kwangyang	Corea	0.451	0.410
16	Long Beach	Estados Unidos	0.306	0.278
17	Los Ángeles	Estados Unidos	0.265	0.242
18	Oakland-San Francisco	Estados Unidos	0.309	0.281
19	Tacoma	Estados Unidos	0.453	0.410
20	Seattle	Estados Unidos	0.559	0.515
21	Manila	Filipinas	0.510	0.473
22	Hong Kong	China	0.192	0.178
23	Tanjung Priok, J.	Indonesia	0.439	0.397
24	Tanjung Perak, S.	Indonesia	0.238	0.219
25	Tokio	Japón	0.367	0.332
26	Osaka	Japón	0.557	0.508
27	Nagoya	Japón	0.460	0.417
28	Port Kelang	Malasia	0.226	0.208
29	Tanjung Pelepas	Malasia	0.290	0.264
30	Manzanillo	México	0.486	0.440
31	Lázaro Cárdenas	México	0.197	0.182
32	Callao	Perú	0.187	0.174
33	Singapur	Singapur	0.675	0.636
34	Laem Chabang	Tailandia	0.348	0.315
35	Bangkok	Tailandia	0.467	0.427
36	Kaohsiung,	Taiwán	0.356	0.322
37	Keelung	Taiwán	0.394	0.356
38	Ho Chi Minh	Vietnam	0.270	0.250

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

A partir de los resultados del estimador BC presentados en el cuadro 5, se observa que el año cuando la mayoría de los puertos fue más eficiente fue en 2007, esto debido a que en ese año la mayoría de los países invirtieron más en insumos, creando terminales de contenedores más grandes y equipadas, por lo que movieron mayor número de contenedores. Por el contrario, el año 2009 fue el de menor eficiencia portuaria, debido a que por la crisis financiera de 2008 hubo una contracción en los flujos comerciales, disminuyéndose el número de TEU movilizados anualmente (véase cuadro 5).

Cuadro 5

Eficiencia técnica con el estimador BC de los puertos del APEC 2005-2013

	<i>Puerto</i>	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	<i>Promedio</i>
P01	Melbourne	0.308	0.337	0.322	0.311	0.301	0.382	0.384	0.433	0.501	0.364
P02	Sidney	0.369	0.367	0.453	0.327	0.31	0.355	0.394	0.434	0.452	0.385
P03	Metro Vancouver	0.319	0.328	0.32	0.323	0.321	0.338	0.659	0.627	0.395	0.403
P04	Guangzhou Harbor	0.647	0.543	0.44	0.439	0.475	0.509	0.499	0.559	0.571	0.520
P05	Qingdao	0.212	0.206	0.204	0.203	0.187	0.194	0.194	0.212	0.229	0.205
P06	Shenzhen	0.192	0.184	0.188	0.191	0.198	0.208	0.217	0.225	0.251	0.206
P07	Tianjin	0.366	0.355	0.61	0.19	0.16	0.197	0.195	0.346	0.299	0.302
P08	Dalian	0.629	0.598	0.942	0.542	0.462	0.487	0.433	0.386	0.396	0.542
P09	Xiamen	0.381	0.348	0.881	0.326	0.311	0.331	0.328	0.33	0.29	0.392
P10	Ningbo-Zhoushan	0.32	0.377	0.243	0.200	0.339	0.361	0.35	0.352	0.305	0.316
P11	Lianyungang	0.991	0.422	0.436	0.345	0.319	0.338	0.306	0.326	0.331	0.424
P12	Yingkou	0.934	0.601	0.639	0.45	0.387	0.416	0.406	0.423	0.416	0.519
P13	Shanghái	0.924	0.911	0.864	0.757	0.66	0.653	0.642	0.568	0.632	0.734
P14	Busan, South Korea	0.297	0.312	0.33	0.332	0.316	0.310	0.290	0.286	0.263	0.304
P15	Kwangyang	0.200	0.17	0.488	0.493	0.456	0.465	0.473	0.472	0.475	0.410
P16	Long Beach	0.222	0.22	0.22	0.264	0.287	0.318	0.327	0.33	0.313	0.278
P17	Los Ángeles	0.233	0.215	0.23	0.239	0.232	0.229	0.238	0.275	0.287	0.242
P18	Okland- SF	0.263	0.413	0.396	0.231	0.262	0.231	0.24	0.243	0.25	0.281
P19	Tacoma	0.336	0.316	0.405	0.409	0.422	0.437	0.464	0.467	0.44	0.410
P20	Seattle	0.843	0.292	0.452	0.515	0.465	0.48	0.481	0.526	0.582	0.515
P21	Manila	0.722	0.722	0.74	0.346	0.382	0.356	0.334	0.319	0.332	0.473
P22	Hong Kong	0.181	0.184	0.179	0.174	0.176	0.178	0.178	0.176	0.179	0.178

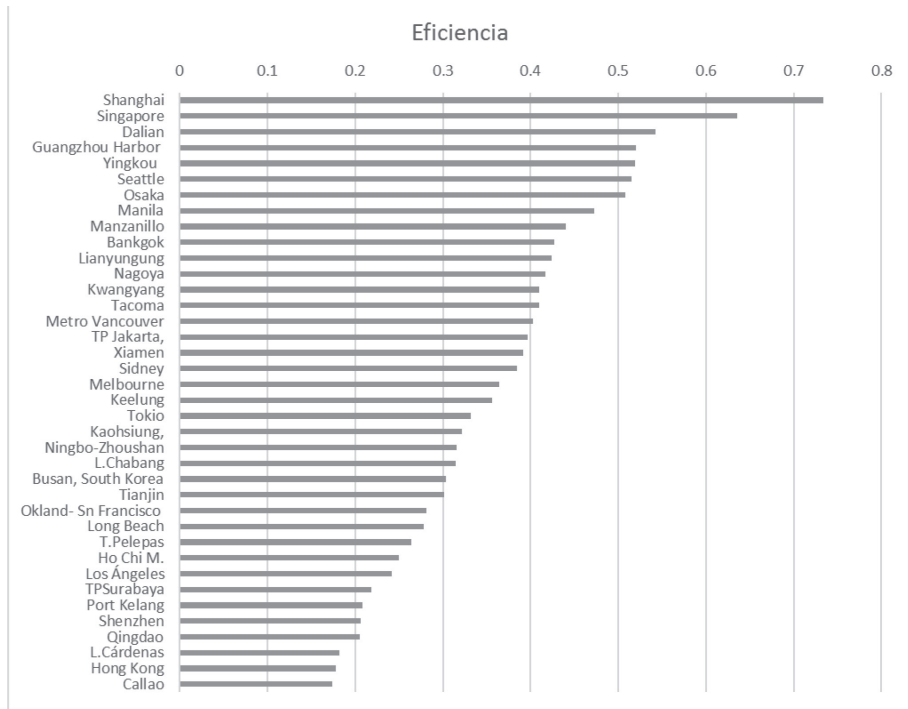
*La eficiencia de los puertos en la región del APEC, 2005-2013:
una medición a través del Análisis de la Frontera Estocástica (SFA)*

	<i>Puerto</i>	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	<i>Promedio</i>
P23	TP Jakarta,	0.463	0.434	0.438	0.426	0.392	0.426	0.412	0.377	0.208	0.397
P24	TP Surabaya	0.187	0.176	0.22	0.222	0.222	0.224	0.245	0.238	0.236	0.219
P25	Tokio	0.340	0.338	0.362	0.375	0.343	0.368	0.312	0.276	0.278	0.332
P26	Osaka	0.499	0.506	0.516	0.544	0.539	0.559	0.482	0.465	0.463	0.508
P27	Nagoya	0.317	0.333	0.355	0.368	0.416	0.444	0.500	0.507	0.516	0.417
P28	Port Kelang	0.208	0.202	0.214	0.214	0.205	0.217	0.215	0.203	0.198	0.208
P29	T. Pelepas	0.278	0.271	0.264	0.26	0.263	0.274	0.258	0.261	0.248	0.264
P30	Manzanillo	0.504	0.429	0.417	0.429	0.448	0.499	0.465	0.384	0.387	0.440
P31	L. Cárdenas	0.193	0.181	0.232	0.172	0.163	0.166	0.176	0.178	0.178	0.182
P32	Callao	0.160	0.159	0.160	0.161	0.160	0.174	0.176	0.184	0.232	0.174
P33	Singapur	0.957	0.632	0.961	0.639	0.560	0.533	0.49	0.469	0.477	0.636
P34	L. Chabang	0.371	0.369	0.326	0.327	0.297	0.300	0.282	0.281	0.284	0.315
P35	Bangkok	0.752	0.225	0.364	0.378	0.411	0.419	0.424	0.438	0.429	0.427
P36	Kaohsiung	0.273	0.285	0.288	0.305	0.324	0.341	0.352	0.359	0.375	0.322
P37	Keelung	0.357	0.36	0.357	0.351	0.375	0.381	0.351	0.332	0.34	0.356
P38	Ho Chi M.	0.282	0.255	0.68	0.187	0.179	0.179	0.169	0.162	0.156	0.250
	Promedio	0.422	0.357	0.425	0.341	0.335	0.349	0.351	0.353	0.347	0.364

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

El puerto más eficiente fue Shanghái, seguido de Singapur, debido a que han optimizado mejor sus insumos logrando tener mayores TEU movidos anualmente. En el caso del puerto Callao de Perú, que tuvo los niveles de eficiencia más bajos, no logró utilizar de manera óptima el número de trabajadores, la longitud del muelle y mueve muy pocos contenedores anualmente. En el caso de Hong Kong, aunque es uno de los puertos con mayor número de TEU que se manejan, tiene un exceso de trabajadores y en los muelles existe demasiado espacio sin utilizar, razón por la cual obtuvo niveles bajos de eficiencia (véase gráfica 1).

Gráfica 1
Eficiencia en los puertos del APEC 2005-2013



Fuente: elaboración propia con base en el estadístico Stata 14.

6. Discusión de resultados contra estudios similares

Se han realizado diversos estudios sobre la medición de la eficiencia de los puertos. Sin embargo, utilizando la metodología del análisis de frontera estocástica han sido muy pocos, como a continuación se describe.

Morales, Araya, Serebrisky, Briseño y Schwartz (2103) realizaron un estudio analizando la eficiencia técnica de 67 terminales de contenedores de los puertos de América Latina y el Caribe, en un periodo de 10 años. Ese trabajo tiene semejanza con el que aquí se presenta, debido a que ambos calculan la eficiencia técnica usando la metodología del análisis de frontera estocástica con panel de datos. No obstante, las diferencias se encuentran en las variables utilizadas, así como en la región de estudio. Además un punto importante es que estos autores efectúan la estimación de la eficiencia con la técnica de los

autores Battese y Coelli (1988), mientras que en este caso, además de lo que ellos implementaron, se trabajó el estimador de Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt (1982). Otro aspecto a destacar, es que los autores de referencia no realizan ningún tipo de prueba para validar su modelo, situación que en este trabajo sí se considera.

Por su parte, Otieno, Khin, Hualong y Banomyong (2011) analizan la eficiencia de cinco puertos asiáticos considerándola como factor crítico para la manipulación fluida de las mercancías en las cadenas de suministro internacionales. Utilizan la metodología de frontera estocástica para el análisis de eficiencia y la técnica Delphi para solicitar la opinión de los expertos encuestados, a diferencia de la presente investigación, en la cual la información sobre los puertos del APEC es obtenida de las bases de datos de los anuarios portuarios de cada uno de los países, así como de las páginas oficiales de los puertos. Por otro lado, en el desarrollo del modelo parten de una Cobb-Douglas con máxima verosimilitud y una distribución truncada, al igual que en el presente trabajo; sin embargo, estos autores no especifican el estimador para calcular la eficiencia, además sólo aplican una prueba de modelo de ineficiencia y de asimetría.

Por último, Cullinane y Song (2006) calculan la eficiencia técnica con frontera estocástica de 74 terminales de contenedores europeas. Consideran una función Cobb-Douglas con máxima verosimilitud en su modelo y el estimador Jondrow, con distribuciones media, media truncada y exponencial. En tanto que en el trabajo que aquí se presenta, adicionalmente se calcula la eficiencia con el estimador de Battese y Coelli. Además, el modelo se sometió a las diferentes pruebas de heteroscedasticidad, multicolinealidad, prueba de variables omitidas, raíz unitaria y cointegración, las que no están presentes en el estudio de estos autores.

7. Conclusiones

En este trabajo se efectuó la medición de la eficiencia técnica con la metodología del análisis de frontera estocástica con datos de panel para 38 terminales de contenedores de los puertos del APEC en el periodo 2005-2013. Se desarrolló una función de producción Cobb-Douglas, teniendo como variable dependiente (*output*) la cantidad de contenedores movilizados anualmente, y como variables explicativas (*inputs*) la longitud del muelle y el personal ocupado.

Se aplicó la prueba de Hausman para elegir el estimador más adecuado y así determinar si el modelo es de efectos fijos o aleatorios, seguida de las pruebas de heteroscedasticidad, multicolinealidad, variables omitidas, *skewness*, raíz unitaria y cointegración, todo ello con la finalidad de comprobar la consistencia del modelo. Al instrumentar estas pruebas dos variables fueron eliminadas, superficie y grúas pórtico, lo que permitió obtener un modelo que mejor explica la eficiencia en las 38 terminales de contenedores de los puertos del APEC.

Se determina la eficiencia (-u) con los estimadores JLMS (Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt, 1982) y BC (Battese y Coelli, 1988), con lo que se tienen resultados más robustos.

Los resultados dan cuenta de que ningún puerto fue eficiente durante el periodo 2005-2013. Los valores más altos los tuvo el puerto de Shanghái, con un promedio de eficiencia en todo el periodo de 0.73. En el lado opuesto, el puerto de Callao alcanzó la puntuación más baja con un 0.17 de eficiencia.


Los resultados más bajos se tienen para el año 2009, lo cual puede explicarse por la contracción económica que se tuvo a nivel mundial para esos años, reduciéndose en todos los puertos la cantidad de contenedores movilizados.

La hipótesis planteada se cumple, ya que con los resultados se tiene evidencia de que los puertos de la Región del APEC no fueron eficientes, debido a que no optimizaron sus insumos —longitud de muelle y personal ocupado— durante el periodo 2005-2013.

Se analizaron diversos estudios sobre mediciones de eficiencia en las terminales de contenedores utilizando la metodología de la frontera esto-cástica, encontrándose las siguientes fortalezas que distinguen la presente investigación de las demás:

- a) Se realiza el cálculo de eficiencia con los dos estimadores JMLS y BC para poder determinar con cuál técnica se obtienen resultados más robustos.
- b) El modelo que aquí se presenta se ha sometido a diversas pruebas económicas, garantizando así el desarrollo de un modelo con las variables que mejor explican la eficiencia en la región del APEC para el periodo 2005-2013.
- c) Las variables contempladas en el periodo de estudio no se tienen en otros trabajos debido a la dificultad que implica el encontrar esta información.

Este estudio permitió demostrar, de acuerdo con la información y las técnicas empleadas, que la mayoría de los puertos de las economías del APEC tienen

una baja eficiencia. Es así que se hace necesario que los gobiernos, los operadores, las navieras, los empresarios y los prestadores de servicios portuarios trabajen en la implementación de estrategias dirigidas a corregir la ineficiencia del sector portuario en esta región, donde la inversión en infraestructura y la capacitación del personal serán aspectos fundamentales a considerar, de lo cual da cuenta este trabajo. 

Referencias bibliográficas

- Afriat, S. N. (1972). "Efficiency estimation of production functions", *International Economic Review*, 13(3): 568-598.
- Aguilar, R. (2005). "La participación de México en la Cuenca del Pacífico", *De Jure*, año 5, segunda época, núm. 2, pp. 155-174.
- Aigner, D. J. y Chu, S. F. (1968). "On estimating the industry production function", *American Economic Review*, 52(4): 762-782.
- Aigner, D. J., Lovell, C. A. y Schmidt, P. (1977). "Formulation and estimation of stochastic frontier production models", *Journal of Econometrics*, 6(1): 21-37.
- APEC. (2015). *Países miembros del APEC*. Recuperado de <http://www.apec.org/about-us/about-apec/member-economies.aspx> [10/11/2015].
- . (2016). *Statistics APEC, Key Indicators Database*. Recuperado de: http://statistics.apec.org/index.php/apec_psu/index
- Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1988). "Prediction of Firm Level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data", *Journal of Econometrics*, núm. 38, pp. 387-399.
- . (1992). "Frontier Production Functions, Technical efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India", *The Journal of Productivity Analysis*, núm. 3, pp. 153-169.
- Bruin, J. (2006). *New test: Command to compute new test*. Los Ángeles: UCLA Statistical Consulting Group. Recuperado de: <http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/ado/analysis/> [21/10/2015].
- Coelli, T. J., Prasada, D., O'Donnell, C., y Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2ª edición. Estados Unidos: Springer.
- Cullinane, K., y Song, D. (2006). "Estimating the Relative Efficiency of European Container Ports: A Stochastic Frontier Analysis", *Research in Transportation Economics*, núm. 16, pp. 85-115.

- Debreu, G. (1951). "The Coefficient of Resource Utilization", *Econometrica*, 19(3): 273-292.
- Farrell, M. (1957). "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, serie A, 120, parte III, pp. 253-267.
- Fergusson, I. F., McMinim, M. A., y Williams, B. L. (2015). *The Trans-Pacific Partnership (TPP) Negotiations and Issues for Congress*. Washington, DC: Congressional Research Service.
- González G. J. (2002). "México y el APEC 2002. Recapitulación y perspectivas", *Comercio Exterior*, 52(9): 777-788.
- Greene, W. H. (1990). "A Gamma-distributed stochastic frontier model", *Journal of Econometrics*, 46(1-2): 141-163. Elsevier.
- . (1999). "Frontier production functions", en: Pesarsan, M. H. y P. Schmidt (eds.), *Handbook of Applied Econometric*, vol. II, Microeconomics, pp. 81-164.
- . (2003). "Maximum simulated likelihood estimation of the normal-gamma stochastic frontier function", *Journal of Productivity Analysis*, núm. 19, pp. 179-190.
- Guangqi, S., y Shiping, Z. (2000). "The APEC future maritime policy and its evaluation", *Maritime Policy & Management*, 27(2): 209-213.
- Gujarati, D., y Porter, D. (2010). *Econometría*, 5ª edición. México, DF: McGraw-Hill.
- Hausman, J. (1978). "Specification Test", *Econometrics*, núm. 46, pp. 1251-1271.
- Johansen, S. (1988). "Statistical Analysis of Cointegration Vectors", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3): 231-254.
- . (1991). "Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models", *Econometrica*, 59(6): 1551-1580.
- Jondrow, J., Lovell, K., Materov, I., y Schmidt, P. (1982). "On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model". *Journal of Econometrics*, núm. 19, pp. 233-238.
- Koopmans, T. (1951). "Efficient Allocation of Resources", *Econometrica*, 19(4): 455-465.
- Levin, A., Lin, C. F., y Chu, C. S. J. (2002). "Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties", *Journal of Econometrics*, núm. 108, pp. 1-24.

- Meeusen, W., y Van den Broeck, J. (1977). "Efficiency estimation from Cobb–Douglas production functions with composed error", *International Economic Review*, 18(2): 435-444.
- Merk, O., y Dang, T. (2012). "Efficiency of world ports in container and bulk cargo (oil, coal, ores and grain)", *OECD Regional Development Working Papers*, 2012/09. OECD Publishing. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/5k92vgw39zs2-en> [12/09/2015].
- Montero, R. (2013). *Variables no estacionarias y cointegración*. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. España: Universidad de Granada.
- Morales, J., Araya, G., Serebrisky, T., Briseño-Garmendia, A., y Schwartz, J. (2013). *Benchmarking Container Port Technical Efficiency in Latin America and Caribbean: A Stochastic Frontier Analysis*. Policy Research Working Paper 6680. The World Bank-Latin American and Caribbean Region-Sustainable Development Department.
- Otieno, R., Khin, L., Hualong, Y., y Banomyong, R. (2011). "Sea-Port Operational Efficiency: An Evaluation of Five Asian Ports Using Stochastic Frontier Production Function Model", *Journal of Service Science and Management*, núm. 4, pp. 391-399.
- Palacios, L. J., González, G. J., y Rangel, D. E. (2006). *Las relaciones económicas México-Asia Pacífico en los albores del siglo XXI: Análisis de su dinámica e implicaciones de política*. Colima, Colima, México: Universidad de Colima-Facultad de Economía.
- Petri, P., y Plummer, M. (2012). *The Trans-Pacific Partnership and Asia-Pacific Integration: Policy Implications*. Peterson Institute for International Economics Policy Brief, Forthcoming. Disponible en: <http://ssrn.com/abstract=2108399>
- Ragnar, Frisch. (1934). *Statistical Confluence Analysis by Means of Complete Regression Systems*. Oslo, Noruega: Oslo University-Institute of Economics, publ. núm. 5.
- Ramsey, J. (1969). "Test for Specification Errors in Classical Linear Least Square Regression Analysis", *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 31(2): 350-371.
- Richmond, J. (1974). "Estimating the Efficiency of Production", *International Economic Review*, núm. 15, pp. 515-521.
- Rodríguez, E. (2015). "Algunos aspectos del desarrollo económico de Japón y los tigres asiáticos", *Observatorio Iberoamericano de la Economía y de*

- la Sociedad en Japón*, 7(22). Recuperado de: <http://www.eumed.net/rev/japon/22/desarrollo.pdf> [11/01/2016].
- Rodríguez, I. (2014). “Nuevas configuraciones económicas en el Asia-Pacífico y sus consecuencias para América Latina: Desde el APEC a la Alianza del Pacífico”, *Dados - Revista de Ciências Sociais*, abril-junio, pp. 553-580.
- SE. (2012). “Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC). Dirección General de Negociaciones Multilaterales y Regionales”, *Memorias Documentales*. Recuperado de: http://www.economia.gob.mx/files/transparencia/informe_APF/memorias/12_md_apec_sce.pdf [15/10/2015].
- Seitz, W. D. (1971). “Productive Efficiency in the Steam-Electric Generating Industry”, *Journal of Political Economy*, núm. 79, pp. 878-886.
- Shephard, R. (1953). *Theory Cost and Production Functions*. Nueva Jersey, Estados Unidos: Princeton University Press.
- Stata. (2014). *Stata Data Analysis and Statistical Software*. Recuperado de <http://www.stata.com/> [15/06/2015].
- Stevenson, R. (1980). “Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation”, *Journal of Econometrics*, núm. 13, pp. 57-66.
- Timmer, C. P. (1971). “Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency”, *Journal of Political Economy*, núm. 79, pp. 776-794.
- Traslosheros, G. (2003). “Principales actividades y resultados del APEC México 2002”, *Informe del presidente de la Reunión de Funcionarios de Alto Nivel de APEC México 2002*. Secretaría de Economía. Disponible en http://www.protlcuem.gob.mx/swb/work/models/economia/Resource/428/1/imagenes/act02_esp.pdf [22/06/2016].
- Waldman, D. (1982). “A Stationary Point for Stochastic Frontier Likelihood”, *Journal of Econometrics*, núm. 18, pp. 275-279.
- World Shipping Council. (2014). *Top 50 World Container Ports*. Recuperado de: <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/top-50-world-container-ports> [10/03/2015].

Anexo

Cuadro 1
Prueba de Hausman

Hausman fe re	Coeficientes			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt (diag (V_b-V_B))
	fe	re	Diference	S.E
LM	0.0567865	0.0593205	-0.002534	0.0038297
Persona	5.121715	5.16131	-0.0395949	0.2942378

b= Consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B= inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: difference in coefficients not systematic

$$\text{chi2}(2) = (b-B)' [(V_b-V_B)^{-1}](b-B)$$

0.44

Prob>chi2= 0.0080

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

Cuadro 2
Prueba de White (heteroscedasticidad)

White's test for Ho: homoskedasticity

against Ha: unrestricted

heteroskedasticity

chi2(9) = 11.94

prob > chi2 = 0.1259

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
heteroskedasticity	11.94	9	0.1259
Skewness	4.96	3	0.2458
Kurtosis	2.1	1	0.1478
Total	18.5	13	0.1548

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

Cuadro 3
Prueba de VIF (multicolinealidad)

Variable	VIF	1/VIF
lnPersonal	1.15	0.870145
lnLM	1.11	0.904276
t	1.04	0.960339
Mean VIF	1.10	

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

Cuadro 4
Prueba de especificación (modelo Ramsey)

```
.estat ovtest
Ramsey RESET test using powers of the fitted values of Y
Ho: model has no omitted variables
F(9,329) = 1.23
Prob >F = 0.0745
```

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

Cuadro 5
Prueba de raíz unitaria (LLC). Número de TEU

```
.xtunitroot 11c L3D. lnY, trend
Levin-Lin-Chu unit-root test for L3D. lnY
Ho: Panels contain unit roots          Number of panels = 38
Ha: Panels are stationary              Number of periods= 5
AR parameter: Common                  Asymptotics: N/T -> 0
Panel means: Included
Time trend: Included
ADF regressions: 1 lag
LR variance: Bartlett Kernel, 6.0
avarage (chosen by LLC)

Statistic          p-value
Adjusted t*       -2.357          0.0057
```

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

Cuadro 6
Prueba de raíz unitaria (LLC). Longitud de muelle

```
.xtunitroot 11c L3D. lnLM, trend
Levin-Lin-Chu unit-root test for L3D. lnLM
Ho: Panels contain unit roots          Number of panels = 38
Ha: Panels are stationary              Number of periods= 5
AR parameter: Common                  Asymptotics: N/T -> 0
Panel means: Included
Time trend: Included
ADF regressions: 1 lag
LR variance: Bartlett Kernel, 6.0 avarage (chosen by LLC)
                Statistic      p-value
Adjusted t*    0.4257          0.0014
```

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

Cuadro 7
Prueba de raíz unitaria (LLC). Personal ocupado

```
.xtunitroot 11c L3D. lnPersonal, trend
Levin-Lin-Chu unit-root test for L3D. lnLPersonal
Ho: Panels contain unit roots          Number of panels = 38
Ha: Panels are stationary              Number of periods= 5
AR parameter: Common                  Asymptotics: N/T -> 0
Panel means: Included
Time trend: Included
ADF regressions: 1 lag
LR variance: Bartlett Kernel, 6.0 avarage (chosen by LLC)
                Statistic      p-value
Adjusted t*    -1.3254         0.00245
```

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

Cuadro 8
Prueba de cointegración (Johansen)

.verak Y LM, Personal			trend (constant)		
Johansen tests for cointegration					
Trend: constant			Number of obs= 342		
Sample: 2005-2013			Lags = 3		
Maximum rank	Parms	LL	eigenvalue	trace statistics	5 % critical value
0	21	-1269.5781	.	51.5956	29.68
1	26	-1255.2113	0.25638	12.8621 *	15.41
2	29	-1248.4586	0.12997	2.3567	3.76
3	30	-1243.78	0.09195		

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.

Cuadro 9
Prueba de asimetría (*skewness*)

kdensity res, normal					
sum res, detail					
		Residuals			
	Percentiles	Smallest			
1%	-2.715348	-4.716735			
5%	-1.284016	-3.262532			
10%	-0.9844884	-3.1346		Obs	342
25%	-0.4636641	-2.715348		Sum of Wgt	342
50%	-0.0252426			Mean	-9.53E-11
		Largest		Std. Dev.	0.8902869
75%	0.6119404	1.696842			
90%	1.099829	1.747967		Variance	0.7926107
95%	1.363432	1.772517		Skewness	-0.8682207
99%	1.696842	1.78486		Kurtosis	5.665606
Sktest					
Skewness/ Kurtosis test for Normality					
Variable	Obs	Pr (skewness)	Pr (Kurtosis)	adj chi2 (2)	Prob>chi2
res	342	0.0000	0.0000	46.84	0.0000

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del estadístico Stata 14.