

# EFICIENCIA PORTUARIA ENTRE LÁZARO CÁRDENAS Y APEC, UTILIZANDO MODELOS DEA\*

Zoe Infante Jiménez\*\*

Ariel Gutiérrez Ortiz\*\*\*

## Resumen

Este artículo tiene el objetivo de llevar a cabo un análisis comparativo entre los puertos de Lázaro Cárdenas y algunos puertos importantes en el marco del Acuerdo de Cooperación Económica de Asia Pacífico (APEC). En este trabajo se utilizan los modelos de análisis envolvente de datos (DEA) en dos modalidades: el elaborado por Banker, Charnes y Cooper (BCC) y el otro por Charnes, Cooper y Rhodes (CCR) para evaluar el desempeño de la eficiencia portuaria a partir de *inputs* como: la longitud del muelle, la superficie y el número total de grúas pórtico de las terminales portuarias de contenedores. Al mismo tiempo, se considera en el modelo como *output* la cantidad de contenedores operados. Una vez obtenidos los resultados nos lleva a la conclusión que la eficiencia portuaria, a partir de la mejora infraestructural de Lázaro Cárdenas, en comparación a algunos puertos de APEC, es una de las más bajas y podría mejorar significativamente en algunos *inputs* derivados de esta investigación.

**Palabras clave:** eficiencia, infraestructura portuaria, Lázaro Cárdenas, Foro de Cooperación Económica Asia Pacífico (APEC) y Análisis Envolvente de Datos (DEA).

---

\* El artículo fue recibido el 20 de agosto y aceptado el 24 de septiembre de 2009.

\*\* Coordinador del Centro de Estudios APEC del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales.

\*\*\* Estudiante de la Maestría en Ciencias en Comercio Exterior del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales.

## Abstract

This article has the objective within the framework to carry out a comparative analysis between the ports of Lázaro Cárdenas and some important ports in the Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC). In this work the models of Data Envelopment Analysis (DEA) in two modalities are used: one developed by Banker, Charnes and Cooper (BCC) and by the own Charnes, Cooper and Rhodes (CCR) to evaluate the performance of the efficiency from inputs like: berth length, area and the total number of gantry cranes of port container terminals. At the same time, the container throughput is considered in the model like output. Once obtained it takes us to the results to the conclusion that the port efficiency, from the infrastructural improvement of Lázaro Cárdenas, in comparison to some ports of APEC, is one of lowest and could significantly improve in some inputs derived from this investigation.

**Keywords:** efficiency, port's infrastructure, Lázaro Cárdenas, Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) and Data Envelopment Analysis (DEA).

**Clasificación JEL:** C67 y L9.

## 1. Introducción

Consciente de la importancia que hoy tienen los temas relacionados con la medición de la eficiencia portuaria para incrementar la competitividad a nivel mundial, el presente artículo cuenta con el análisis de dicha eficiencia de Lázaro Cárdenas aportando información valiosa que servirá de material de reflexión y acción sobre el quehacer de dicho puerto y generar estrategias (*benchmarking*) tendientes a incrementar el grado de eficiencia de sus terminales de contenedores, realizando un comparativo en relación a las actividades propias efectuadas por los puertos de Manzanillo y Ensenada (México); Gwangyang y Busan (Corea); Balboa (Panamá); Long Beach y Los Ángeles (USA); Shanghai y Xiamen (China); Singapur (Singapur); Hong Kong (Hong Kong); Quetzal (Guatemala); Acajutla (El Salvador) y Vancouver (Canadá) en el 2008.

Se toman en consideración estos puertos que pertenecen a los países miembros de APEC y también son puertos que forman parte de las rutas naturales del propio puerto de Lázaro Cárdenas. Se comienza con una estructura teórica acerca de los fundamentos y definiciones de eficiencia, posteriormente se realiza una breve descripción de los modelos de frontera (DEA) a utilizar para la medición de la eficiencia, y por último, se hace el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, intentando hacer un *benchmarking* para el puerto en mención.

## 2. Eficiencia

El problema de medir la eficiencia productiva de una industria es importante tanto para los teóricos como para los hacedores de política económica. Durante mucho tiempo la eficiencia fue asociada con la productividad promedio de la mano de obra. Esta no es una medición claramente satisfactoria, ya que ignora todos los *inputs* de ahorro de mano de obra, pero fue utilizado ampliamente por econométricos. Recientemente, los intentos han sido realizados para construir “índices de eficiencia”, en el que una medida ponderada de los *inputs* es comparada con los *outputs* (Farrell, 1957: 254-255).

En una perspectiva de largo plazo la eficiencia implica la maximización del beneficio y la minimización de los costos. Farrell (1957) fue el primero en introducir el marco teórico básico para estudiar y medir la eficiencia. De esta forma, la medida de la eficiencia será relativa y no absoluta, donde el valor agregado de eficiencia para una firma determinada corresponde a una expresión de la desviación observada respecto a aquellas consideradas como eficientes.

Farrell dividió a la eficiencia en dos componentes: eficiencia técnica y eficiencia asignativa. El producto de ambas eficiencias provee una medida de la eficiencia económica, la cual significa básicamente que la sociedad debe maximizar en términos dinámicos sus beneficios a partir de los escasos recursos que posee (Arzubi y Berbel, 2002: 106). De esta forma, la “eficiencia económica es considerada como el logro de la máxima producción al menor costo posible” (Pinzón, 2003: 17). Asimismo, el propio Farrell, definió a la eficiencia económica como el tipo de eficiencia que presentaría una asignación en caso de ser eficiente desde el punto de vista técnico y asignativo.

### 3. Eficiencia Técnica

Uno de los componentes de la eficiencia económica es la eficiencia técnica o productiva. La generalidad de este concepto ha favorecido la aparición en la literatura de diversas definiciones.

Koopmans (1951: 33) definió la situación de eficiencia técnica como aquella en la que un incremento en cualquiera de los *outputs*, exige una reducción en al menos alguno de los restantes o el incremento de alguno de los *inputs*. Debreu (1951: 16) y Farrell (1957: 259) conceptualizaron a la eficiencia técnica como la diferencia entre uno y un cociente que representa la mayor reducción proporcional en todos los *inputs* que aún permite la producción de todos los *outputs*.

Alé (1990: 183) menciona que la eficiencia técnica consiste en obtener la máxima producción física factible, dada la tecnología existente, a partir de una cierta cantidad de insumos.

Por su parte, González-Páramo (1995: 40) afirma que la eficiencia productiva o eficiencia técnica de una empresa está dada por su capacidad para transformar unos *inputs* (trabajo, capital y otros factores) en *outputs* (bienes o servicios) en el contexto de una tecnología, que puede sintetizarse mediante una función de producción, que marca el valor máximo o “frontera” de *output* alcanzable a partir de diversas combinaciones de *inputs*.

Trillo (2002: 5) menciona que el estudio de la eficiencia técnica o productiva centra su atención en el uso de los recursos humanos o de capital en la producción de uno o varios bienes y servicios. Es decir, se basa en utilizar unidades físicas, lo que implica que queda fuera del análisis el costo o precio de los factores y la valoración de los ingresos obtenidos de la producción.

### 4. Eficiencia Asignativa

La eficiencia asignativa tiene su base en la teoría microeconómica, específicamente en la teoría de Pareto. No obstante, otros autores han proporcionado definiciones acordes a su función como elemento de la eficiencia económica, como se presenta a continuación.

En microeconomía existe eficiencia en la asignación cuando no se desperdician recursos, y además se cumple el principio del óptimo de Pareto. Deben cumplirse tres condiciones básicas para lograr la eficiencia en la asignación:

1. Eficiencia económica. Implica la eficiencia tecnológica (o técnica), así como utilizar los factores de producción en proporciones que minimicen costos.
2. Eficiencia del consumidor. Ocurre cuando los consumidores no logran mejorar asignando de nuevo sus presupuestos.
3. Igualdad del costo marginal (costo de producir una unidad adicional de producto, incluyendo los costos externos) y del beneficios social marginal (valor del beneficio de una unidad adicional de consumo, incluyendo beneficios externos).

Por su parte, Hernández Laos (1985: 1-448) sostiene que la eficiencia asignativa se refiere a la asignación de recursos, lo cual corresponde al criterio de asignar una cantidad fija de recursos entre situaciones alternativas con el propósito de maximizar la cantidad del producto o satisfacción, ya sea que el análisis se concentre en la esfera de la producción o en la del consumo.

González-Páramo (1995: 41) afirma que la eficiencia asignativa o de precios se da cuando una empresa maximiza beneficios o minimiza costos. Existe eficiencia asignativa cuando el administrador de una unidad productiva ha sabido no sólo alcanzar el conjunto frontera de producción, sino que también lo hizo eligiendo aquella combinación de factores que le permite minimizar los costos incurridos para un nivel de producción dado Bosch, Navarro y Giovagnoli (1999: 7).

## 5. Modelos DEA para determinar la Eficiencia

La técnica del análisis envolvente de datos (DEA), englobada dentro de la metodología de los métodos de frontera, se encuentra sustentada sobre el riguroso concepto de eficiencia ofrecido por la teoría microeconómica. DEA se enfoca al estudio de la eficiencia desde un punto de vista interno, es decir, de la utilización de

los recursos, pero siempre en relación a la forma en que los están utilizando otras empresas similares.

DEA permite comparar cada empresa ineficiente con aquella empresa eficiente con similar combinación de *outputs* e *inputs*, que actúa como referente (*peer*<sup>1</sup>). Ésta proporcionará información útil para guiar las decisiones de las empresas ineficientes que aspiren a mejorar.

A diferencia de los métodos tradicionales basados en relaciones de productividad, en los que la búsqueda de medidas globales de valoración de la actuación obliga generalmente a establecer *a priori* unas ponderaciones para los *outputs* e *inputs*, los modelos DEA proporcionan esta medida de eficiencia global sin necesidad de establecer las ponderaciones mencionadas *a priori*.

Existen cuatro modelos DEA: el modelo con rendimientos constantes a escala (CRS), el modelo con rendimientos variables a escala (VRS), el modelo aditivo y el modelo multiplicativo.

Los modelos DEA pueden tener dos orientaciones, hacia la optimización en la combinación de *inputs* (modelo *input*-orientado) para la obtención del *output*, o hacia la optimización en la producción de *outputs* (modelo *output*-orientado) (Navarro, 2005: 50-53).

La base del modelo consiste en lo siguiente:

*Eficiencia* = *Total de salidas (outputs) / Total de entradas (inputs)*

$$E = \frac{\sum_{i=0}^N v_i y_i}{\sum_{i=0}^N u_i x_i}$$

Donde  $E$  representa la eficiencia,  $x_i$  y  $y_i$  son las entradas (*inputs*) y salidas (*outputs*) respectivamente, mientras que los parámetros  $u_i$  y  $v_i$  muestran las importancias relativas de cada uno de los parámetros.

---

<sup>1</sup> El referente o *peer* es la empresa que mantiene las mejores prácticas dentro del grupo analizado, lo cual constituye el punto de referencia para las empresas ineficientes que aspiran a mejorar.

El problema de programación matemática podría ser establecido como

$$\max h_0(u, v) = \sum_r u_r y_{ro} / \sum_i v_i x_{io}$$

Sujeto a:

$$\sum_r u_r y_{rj} / \sum_i v_i x_{ij} \leq 1 \quad \text{Para } j = 1, \dots, n,$$

$U_r, V_i \geq 0$  para todas las  $i$  y  $r$ .

## 6. El modelo básico CCR (Charnes, Cooper y Rhodes)

Siguiendo a Charnes, Cooper y Rhodes, la eficiencia puede ser caracterizada con relación a dos orientaciones (o direcciones) básicas, mencionadas anteriormente. Teniendo en cuenta las orientaciones definidas, una DMU<sup>2</sup> será considerada eficiente sí, y solo sí, no es posible incrementar las cantidades de *output* manteniendo fijas las cantidades de *inputs* utilizadas ni es posible disminuir las cantidades de *inputs* empleadas sin alterar las cantidades de *outputs* obtenidas.

En la figura 1 se ha representado, bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, el caso de un único *input* y un único *output*, y en ella puede verse cómo la DMU A es ineficiente técnicamente, se sitúa por debajo de la frontera.

Desde el punto de vista de un modelo *input* orientado, la DMU A podría reducir la cantidad de *input*  $x$  (los *inputs* son controlables) y seguir produciendo la misma cantidad de *output*  $y$ , es decir, la DMU A debería tomar como referencia la mejor práctica de la DMU  $A_1$ . La eficiencia (técnica) de la DMU considerada vendría dada por:

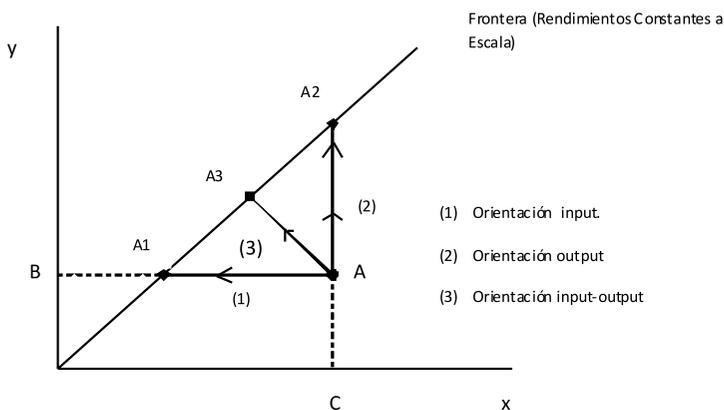
$$ET_A = BA_1 / BA$$

---

<sup>2</sup> DMU: Decision Making Unit (Unidad de Toma de Decisiones ó Unidad de Producción), para este caso una DMU es igual a un puerto.

Figura 1

## Orientaciones en DEA



Fuente: Coll, V. y Blasco, O. M. (2006) "Evaluación de la Eficiencia Mediante el Análisis Envolvente de Datos: Introducción a los Modelos Básicos", Universidad de Valencia. España, Edición Electrónica, Texto Completo en: [www.eumed.net/libros/2006c/197/](http://www.eumed.net/libros/2006c/197/).

De igual forma, al considerar la evaluación de la eficiencia a través de modelos *output* orientados (los *outputs* son controlables), la DMU A sería calificada como ineficiente. Esta DMU podría, consumiendo la misma cantidad de *input*, producir una mayor cantidad de *output*. En este caso, la eficiencia de la DMU A vendría dada por el cociente:

$$ET_A = CA / CA_2$$

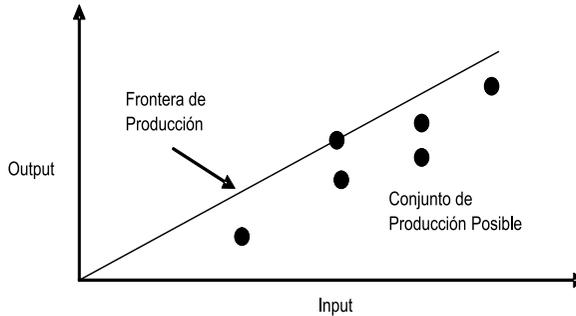
Bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, las medidas de eficiencia técnica *input* y *output* orientadas coinciden (Coll y Blasco, 2006: 20-22).

El modelo envolvente CCR es construido sobre la suposición de rendimientos a escala constantes de actividades como se describe por la frontera de producción en el caso de un único *input* y un único *output* (Ver figura 2). Generalmente, se asume que el conjunto de producción posible tiene la siguiente propiedad: Sí  $(x, y)$  es un punto factible, entonces  $(tx, ty)$  para cualquier número

positivo  $t$  también es factible. Esta suposición puede ser modificada para permitir conjuntos de producción posibles con diferente postulados.

**Figura 2**

Frontera de producción del modelo CCR



Fuente: Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2004). *Data Envelopment Analysis: History, Models and Interpretations*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

$$\max \phi + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \phi y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s;$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

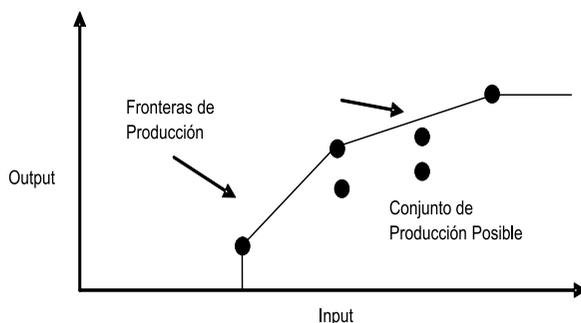
El modelo anterior se trata del CCR en su forma envolvente. De hecho, desde el principio de los estudios DEA, varias extensiones del modelo CCR han sido propuestas, entre las cuales el modelo BCC (Banker-Charnes-Cooper) es representativo.

## 7. El modelo BCC (Banker, Charnes y Cooper)

El modelo BCC tiene sus fronteras de producción en el núcleo convexo de las DMU's existentes. Las fronteras tienen características cóncavas y lineales, mostradas en la figura 3, que guían a las caracterizaciones de los rendimientos a escala variables con (a) rendimientos a escala crecientes ocurriendo en la primera línea sólida de segmento seguida por (b) rendimientos a escala decrecientes en el segundo segmento y (c) rendimientos a escala constantes ocurriendo en el punto en donde la transición del primero al segundo segmento es hecha.

**Figura 3**

Fronteras de producción del modelo BCC



Fuente: Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2004). *Data Envelopment Analysis: History, Models and Interpretations*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Los modelos BCC y CCR se diferencian sólo en que el primero incluye la condición de convexidad  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ ,  $\lambda_j \geq 0$ ,  $\forall j$  en sus restricciones. Por eso, como podría esperarse, comparten propiedades en común y muestran diferencias (Cooper, et al., 2000: 87-91).

Se presenta a continuación el modelo BCC. Supóngase, que se tienen  $n$  DMUs donde cada  $DMU_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , produce los mismos *outputs* en diferentes cantidades,  $y_{rj}$  ( $r = 1, 2, 3, \dots, s$ ), utilizando los mismos  $m$  *inputs*,  $x_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), también en diferentes cantidades. La eficiencia de una  $DMU_o$  específica puede ser

evaluada con el modelo BCC del DEA en “forma envolvente” y orientado a *output* como sigue:

$$\max \phi + \varepsilon \left( \sum_{j=1}^m s_j^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \phi y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, r, j$$

Donde  $\varepsilon > 0$  es un elemento no Arquimedeano definido menor que cualquier número real positivo.

## 8. Análisis *slacks* (holguras) de las variables

El análisis *slacks* de las variables en los modelos DEA, proporciona la dirección en la cual habrán de mejorarse niveles de eficiencia de las llamadas unidades de toma de decisión DMUs. Es así, que un valor *output slack* representa el nivel adicional de *outputs* necesarios para convertir una DMU ineficiente en una DMU eficiente. Asimismo, un valor *input slack* representa las reducciones necesarias de los correspondientes *inputs* para convertir un DMU en eficiente (Lo, *et al.* 2001), mencionado por Navarro (2005: 53).

## 9. Eficiencia portuaria de Lázaro Cárdenas y puertos en APEC utilizando los modelos DEA-CCR y DEA-BCC.

A continuación se puede observar la nomenclatura y terminología que se maneja para poder llevar a cabo la aplicación de los modelos CCR y BCC ambos con orientación a *output* y medir la eficiencia de las terminales portuarias de contenedores participantes en esta investigación.

Para ejemplificar y no hacer cada una de las terminales participantes en este análisis, dado que sería repetitivo, se toma entonces como patrón los puertos de Lázaro Cárdenas y de Los Ángeles:

$DMU_1$  = Terminal de contenedores del puerto de Lázaro Cárdenas (LCT).

$DMU_2$  = Terminal de contenedores del Puerto de Los Ángeles (LAT).

$y_1$  = TEUs movidos por la LCT.

$y_2$  = TEUs movidos por la LAT.

$x_{11}$  = Longitud de muelle de la LCT.

$x_{12}$  = Longitud de muelle de la LAT.

$x_{21}$  = Superficie de la terminal de la LCT.

$x_{22}$  = Superficie de la terminal de la LAT.

$x_{31}$  = Número total de grúas pórtico de la LCT.

$x_{32}$  = Número total de grúas pórtico de la LAT.

$u_1$  = Valor buscado para la Longitud de Muelle de LCT y LAT.

$u_2$  = Valor buscado para la Superficie de la Terminal de LCT y LAT.

$u_3$  = Valor buscado para el Número total de Grúas Pórtico de LCT y LAT.

$v_1$  = Valor buscado para los TEUs movidos por LCT y LAT.

Es importante resaltar que esta misma terminología y nomenclatura será utilizada para cada una de los puertos en comparación, obviamente cambiando el nombre y abreviación de los mismos.

Metodológicamente el número de DMUs debe ser al menos dos veces el número total de *inputs* y *outputs* considerados (Lo, *et al.* 2001), citado en Navarro (2005: 70). Por lo tanto, para este caso se consideran 15 puertos.

## 10. Análisis y resultados

Como se comentó, para llevar a cabo este análisis se toman en cuenta los puertos que bañados por el Océano Pacífico y que todos son miembros de APEC.

El análisis se centra básicamente en encontrar la eficiencia de cada uno de los puertos de contenedores para el año 2008 y se intenta realizar un *benchmarking* para el puerto de Lázaro Cárdenas (LC) de acuerdo a los resultados arrojados por el programa de *software* utilizado<sup>3</sup>.

Ambos modelos el DEA-CCR y DEA-BCC son aplicados para encontrar la eficiencia de los puerto/terminales de contenedores bajo estudio:

**Tabla 1**

Estadísticos descriptivos de las variables <i>input</i> y <i>output</i>				
Variabes	LM	ST	GP	TEUS
Total de datos	15	15	15	15
Mínimo	300.00	10.50	3.00	121,418.00
Máximo	16,000.00	682.30	190.00	29,918,200.00
Media	2,708.37	137.76	38.53	4,963,682.33
Desviación Estándar	4,225.74	208.79	46.75	7,538,227.57

Fuente: Gallaher y Petrusa (2006).

Donde: LM (Longitud de Muelle), ST (Superficie de la Terminal), GP (Número total de Grúas pórtico) y TEUS (Contenedores movidos)

Como se puede observar en ambos modelos algunos de los resultados difieren para los puertos y otros son similares. Para el modelo CCR los puertos de Busan (Corea) y Long Beach (EUA) son los más eficientes con un 100%. El puerto central del análisis -Lázaro Cárdenas (LC)-, en ambos modelos, CCR y BCC presenta el menor grado de eficiencia con 9.20% y 10.40%, respectivamente. Los puertos que figuran como competencia directa nacional para LC son Manzanillo y Ensenada, los cuales tienen una eficiencia de 28% y 6.70%, aplicando el modelo CCR. Por otro lado, utilizando el modelo BCC la eficiencia es de 34.20% para Manzanillo y 100% para Ensenada.

<sup>3</sup> DEAOS.

**Tabla 2**

Resultados de eficiencia para el año 2008

MODELOS DEA 2008		
DMU	CCR Efficiency	BCC Efficiency
ACAJUTLA	14.80%	100.00%
BALBOA	16.70%	20.10%
BUSAN	100.00%	100.00%
ENSENADA	6.70%	100.00%
HONG KONG RTT	28.90%	29.30%
KWANGYANG	33.20%	35.20%
LAZ CARDENAS	9.20%	10.40%
LONG BEACH	100.00%	100.00%
LOS ANGELES	17.80%	55.90%
MANZANILLO	28.00%	34.20%
PTO QUETZAL	12.80%	100.00%
SHANGHAI SPICT	57.50%	66.40%
SINGAPUR	47.60%	100.00%
VANCOUVER	65.70%	100.00%
XIAMEN	65.30%	70.60%

Para el modelo BCC las DMUs más eficientes se ven incrementadas, esto es que los puertos de Vancouver (Canadá); Singapur (Singapur); Long Beach (EUA); Ensenada (México); Busan (Corea); Quetzal (Guatemala) y Acajutla (El Salvador) poseen un 100% de eficiencia.

### 11. Propuesta para mejorar la eficiencia portuaria de Lázaro Cárdenas

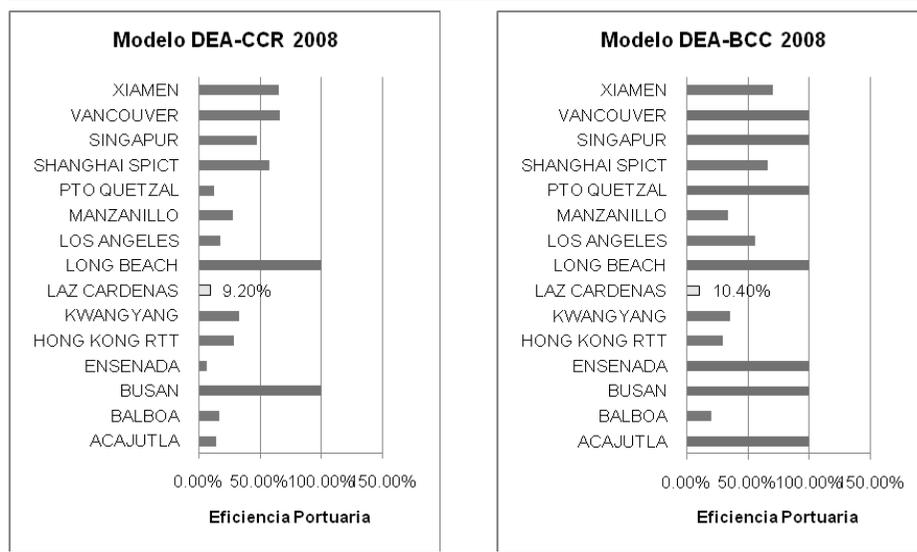
De acuerdo a los resultados del software empleado, en el modelo DEA-CCR el grupo o conjunto de referencia para el *benchmarking* del puerto de LC son los puertos de Long Beach (0.470) y Busan (0.256).

Para el modelo DEA-BCC, en base a los puertos ya mencionados, se agregan los puertos de Ensenada (0.215) y Vancouver (0.182). Por lo tanto, se observa que Long Beach tiene el valor de  $\lambda^4$  más alto 0.470 y debería ser considerado por LC como el puerto más favorable para llevar a cabo el *benchmarking*.

<sup>4</sup>  $\lambda$  Es el conjunto de soluciones toda vez que ha sido empleado el modelo.

Figura 4

## Eficiencia portuaria con los modelos CCR y BCC



Para evaluar los valores objetivo de *input* y *output* que hace a LC eficiente, se necesita proyectar dichos valores hacia la frontera eficiente y expresarlos como la combinación positiva de DMUs en el conjunto de referencia. Por lo tanto, el puerto de LC tiene una superficie que es subutilizada, esto es, 1.75 hectáreas ociosas, además el puerto de LC debería incrementar un 961.65% el movimiento anual de sus contenedores, es decir 5, 046,674 de TEUS.

La principal razón por la cual el puerto de LC tiene un bajo movimiento de contenedores podría ser explicado por la escasez de *know-how* y tecnología. Esto debido a que recientemente en el año 2003 se construyó la terminal, además de que existe un duopolio de las líneas navieras que manejan dicha terminal. Es decir, se tiende a la alta concentración del manejo comercial portuario, por lo que no se permite la libre entrada de otras navieras y se carece de políticas gubernamentales que lo permitan. Además, resulta necesaria la mejora de la capacidad tecnológica a partir del impulso de investigación y desarrollo experimental en el desarrollo industrial del puerto.

## 12. Conclusiones

La competencia entre los puertos pertenecientes a los países miembros de APEC ha ido en aumento, ya que en esa zona se maneja un alto porcentaje del comercio mundial. Por eso, es necesario que esos puertos fortalezcan su potencia competitiva a través del mejoramiento de la eficiencia operativa para alcanzar altas ventajas competitivas contra sus rivales.

Como se menciona en el “Programa Maestro de Desarrollo del Puerto de Lázaro Cárdenas 2006-2011” que debido a la saturación de las terminales de Long Beach y Los Ángeles, las líneas navieras manifiesten su interés por considerar otras alternativas como los puertos mexicanos para el manejo de su carga que va a Estados Unidos. Asimismo, la competencia portuaria también se vuelve nacional donde el puerto de LC debe competir contra Manzanillo y Ensenada, que también son puertos considerados por Long Beach y Los Ángeles. El Programa en mención también presenta la proyección que tiene LC hasta 2011 y es muy probable que para ese año dicho puerto aumente su eficiencia significativamente.

Efectivamente, como los resultados lo afirman, el puerto de Long Beach sirve como ejemplo para que LC realice su benchmarking y pueda en un futuro ser la mejor alternativa para el manejo de carga con destino hacia Estados Unidos.

Este estudio tiene una implicación importante en el sentido de que utiliza modelos cuantitativos, los modelos DEA-CCR y DEA-BCC, para evaluar la eficiencia operativa de los puertos de contenedores de los países miembros de APEC. Los modelos DEA nos permiten evaluar el nivel de eficiencia actual de cada uno de los puertos de contenedores para identificar las fortalezas y debilidades y eventualmente sugerir una forma eficiente de benchmarking a los puertos ineficientes.

## Referencias

- Economía, T. (2005). *Programa Maestro de Desarrollo Puerto de Lázaro Cárdenas 2006-2011*. Lázaro Cárdenas.
- Alé, J. (1990). Un Nuevo Esquema de Regulación de Monopolios Naturales. *Estudios Públicos* 37, 165-226.
- Arzubi, A., & Berbel, J. (2002). Determinación de Índices de Eficiencia Mediante DEA en Explotaciones Lecheras de Buenos Aires. *Investigaciones Agrarias*, 103-123.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 1078-1093.
- Bosch, E. A., Navarro, A. I., & Giovagnoli, P. I. (1999). Eficiencia Técnica y Asignativa en la Distribución de Energía Eléctrica: El Caso de EPE SF. *Asociación Argentina de Economía Política*, 1-24.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 429-444.
- Coll, V., & Blasco, O. M. (2006). *Evaluación de la Eficiencia Mediante el Análisis Envoltante de Datos: Introducción a los Modelos Básicos*. Valencia: Universidad de Valencia-Eumed.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2000). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2004). *Data Envelopment Analysis: History, Models and Interpretations*. Boston: Kluwer Academic Publishers
- Debreu, G. (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 14-22.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 252-290.
- González-Páramo, J. (1995). Privatización y Eficiencia: ¿Es Irrelevante la Titularidad? *Economistas*, 32-43.

- Hernández-Laos, E. (1985). *La Productividad y el Desarrollo Industrial en México*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Koopmans, T. C. (1951). *Activity Analysis of Production and Allocation*. New York: Wiley.
- Lo, F., Chien, C., & Lin, J. T. (2001). A DEA Study to Evaluate the Relative Efficiency and investigate the District Reorganization of the Taiwan Power Company. *IEEE Transactions on Power Systems* , 170-178.
- Navarro, J. C. (2005). *La Eficiencia del Sector Eléctrico en México*. Morelia: ININEE-UMICH.
- Pinzón, M. J. (2003). Medición de Eficiencia Técnica Relativa en Hospitales Públicos de Baja Complejidad mediante la Metodología Data Envelopment Analysis (DEA). *Tesis Magister-Pontificia Universidad Javeriana* , 1-100.
- Trillo, D. (2002). Análisis Económico y Eficiencia del Sector Público. *Eficiencia, Equidad y Control Democrático: Un Marco Triangular para el Análisis de Políticas* (págs. 2-18). Lisboa: Universidad Rey Juan Carlos.