



Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

Competitividad portuaria en la Cuenca del Pacífico

Área del conocimiento y temática:

Competitividad Global

Competitividad global en China y la Cuenca del Pacífico

Nombre de autor (es):

Zoe Infante Jiménez

Ariel Gutiérrez Ortiz

Profesor-Investigador SNI II del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales
Estudiante de la Maestría en Ciencias en Comercio Exterior del Instituto de Investigaciones
Económicas y Empresariales

Institución a la que pertenece o representa:

Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales

Domicilio:

Agustín Melgar 359 Colonia Chapultepec Sur
Morelia, Michoacán

Número de teléfono y fax:

01 (443) 3165131

Correo electrónico

zoeinfante@hotmail.com

Dirección para correspondencia.

Agustín Melgar 359 Colonia Chapultepec Sur
Morelia, Michoacán

Resumen

Este trabajo de investigación consiste en un estudio relativo a la competitividad portuaria, utilizando modelos de Análisis Envolvente de Datos (DEA), entre Lázaro Cárdenas y los puertos de la Cuenca del Pacífico en el periodo que va de 2003 al 2008. Ello con la finalidad de precisar las diferencias de competitividad histórica entre los puertos que integran la Cuenca del Pacífico. Las variables analizadas en estos modelos son *inputs* como: la longitud del muelle, la superficie y el número total de grúas pórtico (grúas pórtico en muelle + grúas pórtico en patio) de las terminales portuarias de contenedores. Por otro lado, un *output* referido a la cantidad de contenedores operados.

Palabras clave: Eficiencia, Infraestructura Portuaria, Lázaro Cárdenas, Foro de Cooperación Económica Asia Pacífico (APEC), Análisis Envolvente de Datos (DEA). Clasificación-JEL: C67, L9.

Abstract

This work of investigation consists of a study regarding port competitiveness, using models of Data Envelopment Analysis (DEA), between Lázaro Cárdenas and the ports of the member countries of Pacific Rim in the period that goes from 2003 to the 2008. In order to clarify the differences of historical competitiveness between the ports that belongs to the Pacific. The variables analyzed in these models are inputs like: the berth length, the area and the total number of gantry cranes (berth gantry cranes + rubber-tired gantry cranes) of the port container terminals. On the other hand, one output related to the container throughput.

Keywords: Efficiency, Port's Infrastructure, Lázaro Cárdenas, Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC), Data Envelopment Analysis (DEA). Classification-JEL: C67, L9.

Introducción

En la actualidad el puerto de Lázaro Cárdenas ha tomado una importancia relevante, primeramente para nuestro estado (Michoacán) ya que es prioridad del gobierno en turno (periodo 2008-2012) dar la promoción, crecimiento y desarrollo a dicho puerto y colocarlo en primer lugar en el país y, en segundo lugar, es relevante para nuestro país porque participa activamente en los corredores multimodales para el transporte de mercancías hacia el este y oeste de los Estados Unidos de América y Canadá.

El puerto de Lázaro Cárdenas ubicado en la zona costera del estado de Michoacán, México, y que sus aguas marinas forman parte del Océano Pacífico, es considerado uno de los puertos más importantes de este país. Por sus condiciones naturales se perfila para ser un soporte para que los productos

procedentes de Asia lleguen más pronto a su destino final, los Estados Unidos de América y Canadá, mercados de alto consumo de mercancías orientales.

La medición de indicadores de la operación portuaria no es solo una herramienta de la autoridad o el operador portuario, sino también es información útil para formular política y planes de desarrollo del transporte en un país. Estas tareas y mediciones ya están en la agenda de prioridades de muchas autoridades. Doerr y Sánchez (2006: 9) comentan que la UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) (1987) acentuó la necesidad de mejorar y medir la eficiencia portuaria concluyendo que muchos de los estudios disponibles sobre indicadores de productividad portuaria eran poco satisfactorios. El informe de la UNCTAD indica que cualquier esfuerzo por analizar la eficiencia portuaria es formidable debido al gran número de parámetros implicados, así como la carencia de datos actualizados y confiables.

La industria portuaria se asocia normalmente a instalaciones de larga vida útil y con inversiones proyectadas con un horizonte de planificación de largo plazo. Normalmente, para un año venidero, un puerto de contenedores puede predecir con bastante aproximación su volumen de transferencia anual de carga. Esto es porque, en el corto plazo, un puerto de contenedores tiene una base de clientes (las líneas navieras) bastante estable. En ese caso, cómo utilizar eficientemente los recursos necesarios es la clave para un buen ahorro de costos en la producción portuaria.

Con la rápida globalización de la economía y comercio internacional, muchos puertos de contenedores deben reevaluar frecuentemente sus capacidades para asegurar que podrán proporcionar servicios satisfactorios a sus usuarios y mantener su competitividad. A veces, la necesidad de construir una nueva terminal o un aumento de capacidad resulta algo que es inevitable. Sin embargo, antes que un puerto ponga un plan en ejecución, es de gran importancia que sepa si ha utilizado completamente sus instalaciones existentes y maximizado su producción, es decir, si obtiene el máximo que es posible con los recursos disponibles.

El funcionamiento portuario poco eficiente afecta el costo de importar y exportar productos, impactando negativamente en la competitividad de un país. En un puerto ineficiente, y por lo tanto en una cadena logística portuaria ineficiente debe desarrollarse prontamente una completa redefinición de sus procesos y operaciones (Doerr y Sánchez, 2006: 7-14).

Los puertos marítimos destinados al embarque y desembarque de grandes volúmenes de carga son parte importante de la infraestructura de México. El aumento del transporte de mercancías por vía marítima, y la ventajosa posición geográfica de México al tener más de 11,000 kilómetros de costa en los litorales del Pacífico y Atlántico, brindan a los puertos mexicanos la oportunidad de explotar el tráfico marítimo en la zona.

La importancia estratégica de los puertos para México se observa no sólo por realizar 80% de su comercio por vía marítima, sino por el potencial que representa la movilización y almacenaje de mercancías en una economía globalizada, actividad que ha permitido a naciones como Singapur convertirse en potencias económicas en el sureste asiático.

Los puertos son fundamentales en la política económica de los países, ya que permiten hacer más eficiente el sistema de transporte de los mismos, fomentan el crecimiento del comercio con otros países, alivian la congestión de los principales corredores terrestres, mejoran los enlaces marítimos con las regiones insulares y periféricas de un país y refuerzan el transporte multimodal y la logística del transporte.

En los últimos tres sexenios, México ha contado con una infraestructura portuaria en aumento. Sin embargo, el ritmo de crecimiento económico de México, al igual que el crecimiento de las inversiones públicas y privadas en materia de puertos ha sido insuficiente para satisfacer las necesidades de transporte y comunicaciones de la población, así como para alcanzar estándares competitivos a nivel internacional (Díaz-Bautista, 2008: 6).

Desde la década de los ochenta, con la apertura comercial en México y la globalización creciente de los procesos productivos, el comercio exterior se convirtió en piedra angular del crecimiento económico del país y, por ende, los puertos revalorizaron su función de infraestructura para el manejo, la transferencia y la distribución de mercancías.

Bajo el nuevo escenario, se estableció la necesidad de contar con un sistema de transporte y de puertos que apoyasen el intercambio comercial con diversos países y continentes. Para responder a tales demandas, durante la segunda mitad de la década de los ochenta, se inició un proceso de mejora en los puertos mexicanos que contempló aspectos de operación, infraestructura, equipo, desarrollo de la logística y de las redes intermodales.

En la década de los noventa, la reestructuración portuaria se manifestó en una profunda transformación de este sector. El ingreso de actores privados trajo consigo inversiones y modernización en infraestructura y equipo para los principales puertos del país. También hubo mejoras en los indicadores de rendimiento operativo (Martner y Moreno, 2004: 1-16).

En el actual contexto económico mundial de globalización, los puertos mexicanos constituyen un elemento fundamental de la política comercial internacional, jugando un papel preponderante en la dinamización de la economía, no solamente local o regional e incluso nacional, sino a nivel de Norteamérica y a nivel de toda la Cuenca de Asia y el Pacífico. La inversión pública y privada en puertos mexicanos durante 2007 alcanzó un total de 7.000 millones de pesos (unos 642 millones de dólares) (Díaz-Bautista, 2008: 6).

El sistema portuario nacional desempeña un papel fundamental para el crecimiento de la economía mexicana, ya que además de vincularla con los mercados mundiales, constituye una importante fuente de valor y de ventajas competitivas en los ámbitos nacional, regional y local.

Esta problemática cobra relevancia en la medida en que los puertos de la apertura comercial y globalización económica requieren no sólo altos niveles de eficiencia operativa para subsistir, sino transformarse en verdaderas plataformas logísticas para impulsar el comercio exterior del país (Martner y Moreno, 2004: 2).

La Cuenca del Pacífico es un espacio geográfico que cubre más de la mitad del globo y representa el concepto de un borde terrestre litoral encerrando al Océano de mayor extensión y profundidad que existe. Este borde litoral, a su vez es la puerta de entrada y salida a la más grande superficie terrestre continental del mundo. Son estas características las que le otorgan un peso decisivo en la economía mundial, ya que en esta enorme superficie, se concentra el 50 por ciento de la población total del mundo, constituyendo un gigantesco mercado consumidor y productor.

En más de los 40 países ribereños que se ubican en su Cuenca, se reúnen aproximadamente el 47 por ciento del producto mundial bruto y se concentran alrededor del 37 por ciento de las exportaciones totales que se intercambian en el planeta. Dicha zona, es una de las más desarrolladas del mundo y abarca hoy en día más del 50% del comercio mundial (SlideShare, 2009).

Frente a esta realidad, podemos formularnos la pregunta de ¿qué factores son determinantes para incrementar el grado de eficiencia de la terminal de contenedores en el puerto de Lázaro Cárdenas con

respecto a las terminales de los puertos de Manzanillo y Ensenada (México); Gwangyang y Busan (Corea); Balboa (Panamá); Long Beach, Los Ángeles, Oakland, Seattle, Tacoma y Portland (USA); Shanghai, Xiamen, Qingdao, Tianjin y Yantian (China); Singapur (Singapur); Hong Kong KCTY y Hong Kong RTT (Hong Kong); Quetzal (Guatemala); Acajutla (El Salvador); Valparaíso, Antofagasta, Iquique y San Antonio (Chile), Brisbane (Australia), Vancouver (Canadá), Guayaquil (Ecuador), Yokohama (Japón), Callao (Perú), y Kaohsiung y Keelung (Taiwan) en el periodo 2003-2008 para contestarla toda vez que podamos demostrar cuáles son dichos factores?

DEA y desempeño de los puertos/terminales de contenedores

El Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis, DEA) es uno de los enfoques más importantes para medir la eficiencia. Desde su llegada en 1978, este método ha sido extensamente utilizado para analizar la eficiencia relativa, y ha cubierto una extensa área de aplicaciones y extensiones teóricas. También se ha producido varias aplicaciones de DEA a la industria portuaria (Wang et al, 2002: 1-2).

Comparado con las mediciones de desempeño portuario tradicional, las funciones DEA inherentes lo hacen posible para capturar el desempeño total de una terminal de contenedores y comparar la eficiencia de diferentes terminales de contenedores. Los resultados del DEA pueden proveer un *benchmark* para operadores y propietarios de terminales, así los operadores ineficientes pueden aprender exactamente donde caen sus deficiencias y cómo, por lo tanto, podrían mejorar su producción. Además, los resultados derivados de un DEA pueden tener demasiadas implicaciones políticas y gerenciales.

Cuando el DEA es aplicado, es necesario tener precaución en la elección de la DMU¹. Es sólo razonable comparar diferentes unidades con las funciones de producción similar. En otras palabras, sería una pérdida de tiempo comparar un puerto de contenedores con una terminal petrolera.

Sólo la eficiencia o ineficiencia técnica de terminales puede ser normalmente medida por DEA, más que cualquier eficiencia o ineficiencia asignativa. Esto es por los diferentes sistemas de precios y políticas portuarias. Este argumento es altamente apoyado por el hecho de que la mayoría de los estudios previos se enfocan en la eficiencia técnica más que en la asignativa (Wang et al., 2002: 3-10).

¹ Decision Making Unit (Unidad de Toma de Decisiones o Unidad de Producción), para este caso una DMU = terminal portuaria de contenedores.

Las variables *input* y *output* las cuales son diferentes han sido seleccionadas por diversos autores para construir sus modelos DEA. La elección de las variables *input* y *output* son de gran significancia para la aplicación del DEA porque “la identificación de los *inputs* y los *outputs* en la valoración de las DMUs son tan complicadas como cruciales” (Thanassoulis, 2001: 22). Combinar la teoría de la producción tradicional bajo el marco teórico de la microeconomía y las características de la producción portuaria, se argumenta que dada la condición de que los datos están siempre disponibles (lo que en realidad no es cierto), las variables que contienen información sobre recursos humanos (como cuántos estibadores y personal administrativo, etc), recursos naturales y recursos hechos por el hombre (como área de la terminal, número de grúas, número de muelles para contenedores, número de remolcadores, etc) deberían ser construidos en los modelos DEA como variables *input*. Las variables *output* deberían incluir variables de flujo de carga (como cantidad de carga utilizada por los contenedores), la calidad del servicio al cliente (como el tiempo de retraso de un buque al puerto, etc). Sin embargo, como se puede esperar, la elección de las variables de *input* y *output* también son influenciadas, en un sentido práctico, por la disponibilidad de datos (Wang et al., 2002: 15-16).

Los indicadores de desempeño portuario sugeridos por la UNCTAD (1976: 7-8) se muestran a continuación y pueden ser utilizados como un punto de referencia:

Tabla 1. Indicadores propuestos por la UNCTAD

Indicadores financieros	Indicadores operacionales
Tonelaje trabajado	Retraso en la llegada
Ingresos por ocupación de muelle por tonelada de carga	Tiempo de espera
Ingresos de manejo de carga por tonelada de carga	Tiempo de servicio
Gasto laboral	Tiempo de recorrido
Gasto en equipo por tonelada de carga	Tonelaje por buque
Contribución por tonelada de carga	Fracción de tiempo trabajado en buques en muelle
Contribución total	Número de cuadrillas empleadas por buque
	Toneladas por buque-hora en puerto
	Toneladas por buque-hora en muelle
	Toneladas por cuadrilla-hora
	Fracción de tiempo de las cuadrillas ocupadas

Fuente: Wang, T-F., Cullinane, K., Song, D. W., (2003) "Container Port Production Efficiency: A Comparative Study of DEA and FDH Approach", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies.

Talley (1994), citado por Wang et al (2003: 700), va más allá intentando construir un indicador de desempeño único para evaluar la eficiencia de un puerto. Esto reduce la desventaja de los indicadores múltiples.

Comparado con las operaciones portuarias tradicionales, la contenerización ha mejorado de manera importante el desempeño de la producción portuaria por dos razones. Para obtener economías de escala y de alcance, compañías de líneas navieras y puertos de contenedores están, respectivamente, dispuestos a desplegar los sistemas de manejo eficiente de contenedores y buques de contenedores. Al hacerlo, la productividad portuaria ha sido altamente mejorada. Por el otro lado, muchos puertos de contenedores ya no disfrutan la libertad producida por un monopolio sobre el manejo de carga desde su Hinterland; no sólo están preocupados si ellos pueden simplemente manejar físicamente carga, sino también si pueden competir por esa carga. (Cullinane et al., 2004: 185).

Definición de variables y orientaciones de los modelos DEA

Las variables *input* y *output* deberían reflejar los objetivos y procesos actuales de la producción portuaria de contenedores tan precisamente como sea posible. Los objetivos de un puerto son una consideración crucial para definir las variables para medir la eficiencia. Por ejemplo, si el objetivo de un puerto es maximizar sus beneficios, entonces el empleo o cualquier información sobre la mano de obra deberían ser contados como una variable *input*. Sin embargo, si el objetivo de un puerto es incrementar el empleo, entonces la información sobre la mano de obra debería ser contada como una variable *output* (Cullinane et al. 2004: 189).

Como las líneas navieras son los clientes más importantes de un puerto de contenedores, la transferencia de carga a través de un muelle entre el buque y la orilla, fundamentalmente decide la eficiencia de un puerto, y es vital para su posición competitiva. En este proceso de producción (la operación de transferencia en el muelle), la pieza más importante del equipo es la grúa de pórtico. Como un área de almacenaje, el patio de contenedores actúa como un amortiguador entre el mar y el transporte terrestre o transbordo. La medida de un buque es frecuentemente miles de veces la medida de los vehículos terrestres que llevan la carga hacia y desde un puerto. Como tal, el uso de un espacio para almacenaje es inevitable. Las piezas principales del equipo utilizadas dentro de un patio de contenedores son las grúas pórtico en patio y las carretillas pórtico. Dowd y Leschine (1990: 109)

argumentan que la producción de una terminal de contenedores depende del uso eficiente de la mano de obra, tierra y equipo. Dadas las características de la producción portuaria de contenedores, la longitud total de muelles y el área de la terminal son las proxies más adecuadas para el factor *input* “tierra” y el número de grúas pórtico en muelle, el número de grúas pórtico en patio y el número de carretillas pórtico son las proxies más adecuadas para el factor *input* “equipo”. Las mediciones de esas variables deberían ser incorporadas en los modelos como variables *input*.

Por otro lado, la cantidad movida de contenedores es incuestionablemente el indicador más importante y aceptado como *output* de un puerto o terminal. Casi todos los estudios previos la tratan como una variable *output*, porque relaciona estrechamente las instalaciones necesarias relacionadas a la carga y servicios y es la base principal sobre la cual los puertos de contenedores son comparados, especialmente en la valoración de su medida relativa, magnitud de inversión o niveles de actividad (Cullinane, et al., 2004: 190).

Las definiciones científicas de las variables *input* y *output* son cruciales para la aplicación del DEA. Esto es porque especificar variables erróneas o mal definidas para recolección y análisis inevitablemente guiará al surgimiento de conclusiones erróneas. Las variables *input* y *output* deberían reflejar los actuales objetivos y procesos de producción de un puerto de contenedores lo más preciso posible. El desempeño observado de un puerto puede estar estrechamente relacionado a su objetivo. Por ejemplo, un puerto es más probable que utilice lo más novedoso, equipo caro para mejorar su productividad si su objetivo es simplemente maximizar la cantidad de carga utilizada. Del otro lado, un puerto puede estar dispuesto a utilizar el equipo más barato si su objetivo es simplemente maximizar sus beneficios.

Los objetivos de un puerto, por lo tanto, son cruciales para la definición de las variables para medir la eficiencia. Por ejemplo, si el objetivo de un puerto es maximizar sus beneficios, entonces el empleo o cualquier otra información acerca de la mano de obra deberían ser contados como una variable *input*. Sin embargo, si el objetivo de un puerto es incrementar el empleo, éste debería ser contado como una variable *output*.

Por esto, el principal objetivo de un puerto se supone que sea la minimización del uso de *input(s)* y la maximización de *output(s)*. Por la extrema dificultad de obtener datos confidenciales que con frecuencia son inconsistentes entre las entidades corporativas, naciones, etc.

Ya que la variable *output* de una terminal de contenedores es preocupante, la cantidad de contenedores movidos es incuestionablemente la más importante y el indicador más aceptado de un puerto o terminal de contenedores. Casi todos los estudios previos la tratan como una variable *output*, porque se relaciona estrechamente con la necesidad de las instalaciones y servicios relacionados con la carga y es la base principal para que los puertos de contenedores sean comparados, especialmente en la valoración de su tamaño relativo, magnitud en la inversión o los niveles de actividad. Con mayor importancia, también forma las bases para la generación de ingresos de un puerto o terminal de contenedores. Otra consideración final, extremadamente pragmática, es que la cantidad de contenedores movidos es el indicador más apropiado y manejable para la producción portuaria.

Del otro lado, una terminal de contenedores depende crucialmente del eficiente uso de la mano de obra, tierra y equipo. La longitud total de muelle, el número de grúas pórtico, el número de grúas en patio y el número de carretillas pórtico han sido consideradas para ser los factores más adecuados a ser incorporados en los modelos como variables *input*. Otras variables *input* que se pueden influir en la eficiencia son: ocupación del muelle, accesibilidad al muelle, proximidad a las rutas de comercio, horas de operación de las grúas, diferentes velocidades de manejo de las grúas en patio y de barco a tierra, antigüedad del equipo y su mantenimiento, el capital invertido en una terminal y asociado al equipo, intercambio promedio de contenedores por buque y la profundidad en el muelle. Sin embargo, el problema práctico de obtener datos de cada una de esas variables es probablemente insuperable (Wang, 2005: 10-13).

Los modelos DEA pueden ser distinguidos de acuerdo a si son orientados a *input* u orientados a *output*. La primera está estrechamente relacionada a los problemas gerenciales y operacionales, mientras que el segundo está más relacionado a la planeación y estrategias. Ambas orientaciones tienen su utilidad en el contexto de la industria portuaria. En la medida en que se trate de modelos orientados a *input*, la industria portuaria está asociada normalmente con instalaciones de larga vida y un horizonte de planeación a largo plazo y una vez que el puerto es construido, su *output* es aproximadamente fijo dentro de algún rango. Un puerto normalmente es capaz de predecir aproximadamente su cantidad de carga utilizada de contenedores para el siguiente año al menos. Esto es porque un puerto de contenedores tiene una base de clientes estable de líneas navieras. En el corto plazo, las terminales de contenedores deberían incluso ser capaces de predecir los inminentes cambios dramáticos. Una terminal de contenedores también puede intentar predecir su cantidad de carga utilizada de contenedores futura estudiando los datos históricos o los desarrollos económicos regionales. En este caso, cómo utilizar eficientemente los *inputs* es la clave para ahorrar costos en la producción portuaria.

Por otro lado, con la rápida expansión de los negocios globales y el comercio internacional, muchos puertos de contenedores deben revisar con frecuencia su capacidad para asegurar que pueden proveer con satisfacción servicios a los usuarios del puerto y mantener su límite competitivo. Algunas veces, la necesidad para construir una nueva terminal o incrementar la capacidad es inevitable. Sin embargo, antes de que un puerto implemente tal plan, es de gran importancia para ellos saber si ha utilizado totalmente sus instalaciones existentes y que el *output* ha sido maximizado dado el *input*. Desde este punto de vista, el modelo orientado *output* provee un *benchmark* para la industria de contenedores. (Cullinane et al., 2004: 191).

La literatura anteriormente revisada sobre medidas de eficiencia aplicadas al sector portuario está dando la oportunidad de profundizar en el conocimiento de esta industria.

Los puertos son organizaciones complejas, donde se dan cita operadores que se desarrollan actividades de diversa naturaleza, tienen objetivos diferentes y están sujetos a competencia y regulación dispares. Por ello, no es conveniente analizar el puerto globalmente, sino que es preferible centrar el estudio en una actividad concreta, que debe estar claramente especificada (González y Trujillo, 2006: 28).

Después de toda esta ardua revisión se realiza un resumen en donde se exponen los autores y el tipo de indicadores tanto *inputs* como *outputs* que manejan cada uno de ellos. Esto nos permite observar más claramente cuáles indicadores se utilizan con mayor frecuencia para medir la eficiencia portuaria de contenedores y que son elegidos de acuerdo al criterio anterior para llevar a cabo esta investigación.

Ver tabla 2.

Tabla 2. Resumen de indicadores input y output para la medición de la eficiencia portuaria

Autor	Indicadores																	
	Input																	
	Longitud del Muelle	Superficie de la Terminal	Número Total de Grúas	Número Total de Trabajadores	Capital	Uniformidad de Carga	Número de Muelles por Contenedor	Tiempo de Retraso**	Escalas de Buque	Número de TEU** en Grúa-Muelle / Hora	Mezcla de Contenedores de 20' y 40'	TEU/Muelle.Hr	Cargos****	Manejo de Carga	Longitud Total de Grúas	Medida del área de patio	Levantamientos por Escala	Productividad de la Red de Muelles
Sala y Medal (2004)	X	X	X	X														
Roll y Hayuth (1993)				X	X	X												
Tongzon (2001)		X	X	X			X	X										
Valentine y Gray (2001)	X																	
Poitras et al. (1996)								X	X	X	X	X	X					
Park y De (2004)	X									X				X				
Park (2005)			X	X											X	X	X	X
Song y Sin (2005)	X	X	X															
So, Kim, Cho & Kim (2007)	X	X	X															
Cullinane, Song, Ji y Wang (2004)	X	X	X															
Wang (2007)	X	X	X															
Wang, Cullinane y Song (2003)	X	X	X															
Liu, Liu y Cheng (2007)	X		X															

* Un tipo de grúa utilizada en el manejo de contenedores, la cual es motorizada, montada sobre neumáticos.

** Diferencia entre el tiempo en que el barco está en el muelle y el tiempo en que las cuadrillas realizan el trabajo de estibar.

*** Twenty-foot Equivalent Unit, que se refiere a la medida estándar más común para un contenedor de 20 pies de largo.

**** Promedio de los Cargos (\$) Portuarios por contenedor que el gobierno establece.

Fuente: Elaboración propia realizada en base a los datos obtenidos de los artículos de los autores arriba señalados.

Tabla 2. (Continuación) Resumen de indicadores input y output para la medición de la eficiencia portuaria.

Autor	Indicadores												
	Output											Ingresos (\$)	Capacidad por Terminal
	Contenedores de 20' llenos, cargados y descargados	Contenedores de 20' vacíos, cargados y descargados	Contenedores de 40' llenos, cargados y descargados	Contenedores de 20' vacíos, cargados y descargados	Cantidad de Contenedores Utilizados	Nivel de Servicio	Satisfacción del Usuario	Escalas de Buque	Tasa de Trabajo en Barco	Cantidad Total de Toneladas			
Sala y Medal (2004)	X	X	X	X									
Roll y Hayuth (1993)					X	X	X	X					
Tongzon (2001)					X				X				
Valentine y Gray (2001)					X					X			
Poitras et al. (1996)	X	X	X	X	X								
Park y De (2004)					X		X	X			X		
Park (2005)					X								X
Song y Sin (2005)					X								
So, Kim, Cho & Kim (2007)					X								
Cullinane, Song, Ji y Wang (2004)					X								
Wang (2007)					X								
Wang, Cullinane y Song (2003)					X								
Liu, Liu y Cheng (2007)					X								

Fuente: Elaboración propia realizada en base a los datos obtenidos de los artículos de los autores arriba señalados.

Aplicación de los modelos DEA-CCR y DEA-BCC con orientación a *output* para medir la eficiencia de las terminales portuarias de contenedores.

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

DMU_j = Terminal portuaria de contenedores j .

y = TEU = Cantidad de Contenedores Movidos.

x_1 = LM = Longitud de Muelle.

x_2 = ST = Superficie de la Terminal/Puerto.

x_3 = GP = Número Total de Grúas Pórtico.

u_r = El peso dado al output r (valor buscado para el output TEU).

v_i = El peso dado al input i (valor buscado para cada uno de los inputs, LM, ST y GP)².

Para ejemplificar y no hacer cada una de las terminales participantes en este análisis, dado que sería tedioso y repetitivo, se toma entonces como patrón la terminal de contenedores del puerto 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 los TEUs movidos por la LCT.

v_1 = Valor buscado para la Longitud de Muelle de la LAT.

Es importante resaltar que está misma terminología y nomenclatura será utilizada para cada una de las terminales portuarias en comparación, obviamente cambiando el nombre o abreviación de los puertos.

Se ha optado por emplear un modelo de frontera no paramétrico determinístico (DEA) dado que éste no requiere una especificación de la forma funcional. El modelo utilizado es orientado a *output*, ya que se busca preferentemente la maximización de los *outputs* a partir de los *inputs* disponibles.

² Los valores encontrados de u y v serán el conjunto de soluciones óptimas para los cuales la DMU es eficiente.

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). Para este caso deben considerarse al menos 8 terminales portuarias de contenedores.

Análisis y Resultados

Para llevar a cabo el análisis de eficiencia se hace una división con la finalidad de observar de una mejor manera los resultados obtenidos; en una primera oportunidad se analiza el puerto de Lázaro Cárdenas (LC) contra algunos puertos de Asia y Australia (14 puertos) y, por otro lado se hace el comparativo de LC contra puertos de América (Norteamérica, Centroamérica y Sudamérica, 18 puertos), sumando un total de 33 puertos para el análisis. Obviamente todos ellos miembros de APEC.

El DEA hace una combinación de *inputs* para conseguir maximizar el *output* y es de suma importancia el número de unidades (puertos) a analizar. Es decir, el grado de eficiencia de las terminales portuarias de contenedores está en función de la cantidad de puertos que se analicen.

Tabla 3. Niveles de eficiencia con el modelo DEA-CCR de LC vs Asia y Australia, 2003 a 2008.

ANÁLISIS DE LÁZARO CÁRDENAS VS AUSTRALIA Y ASIA							
DEA-CCR Eficiencia							
Puerto	País	Años					
		2003	2004	2005	2006	2007	2008
BRISBANE	AUSTRALIA	23.30%	35.70%	29.60%	25.60%	27.20%	25.40%
QINGDAO	CHINA	11.20%	49.90%	58.30%	52.00%	76.80%	83.10%
SHANGHAI	CHINA	100.00%	67.80%	59.60%	45.80%	39.60%	99.40%
XIAMEN	CHINA	45.40%	68.70%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
TIANJIN	CHINA	49.40%	55.10%	60.40%	96.40%	54.10%	66.40%
YANTIAN	CHINA	61.30%	89.80%	100.00%	100.00%	84.30%	83.80%
BUSAN	COREA	33.70%	100.00%	37.70%	34.20%	42.50%	30.00%
KWANGYANG	COREA	39.70%	12.30%	12.90%	14.70%	14.50%	19.90%
HONG KONG KCTY	HONG KONG	100.00%	100.00%	100.00%	99.40%	100.00%	94.90%
HONG KONG RTT	HONG KONG	84.20%	83.80%	94.70%	100.00%	100.00%	41.30%
YOKOHAMA	JAPÓN	12.90%	19.60%	16.60%	19.10%	17.20%	23.00%
LAZ CARDENAS	MÉXICO	0.10%	4.10%	11.40%	12.30%	20.60%	19.20%
SINGAPUR	SINGAPUR	59.40%	95.90%	91.50%	100.00%	89.80%	80.30%
KAOHSIUNG	TAIWAN	78.30%	95.90%	87.60%	87.00%	95.30%	100.00%
KEELUNG	TAIWAN	43.20%	76.40%	75.10%	54.20%	60.00%	41.30%
	Promedio	32.78%	44.15%	42.40%	42.30%	45.74%	49.11%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Containerisation International Yearbook 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009.

La tabla anterior muestra los niveles de eficiencia obtenidos con el modelo DEA-CCR para los años de 2003 a 2008 y comparando al puerto de Lázaro Cárdenas con algunos puertos de Asia y Australia. Un puerto será eficiente si tiene un valor de 100% e ineficiente en caso contrario.

LC se encuentra con niveles de eficiencia muy bajos en relación a la media, al igual que los puertos de Brisbane, Busan, Kwangyang y Yokohama, pero siendo LC el puerto más ineficiente. Aunque con el paso del tiempo se observa que su eficiencia ha ido en constante incremento. Por otro lado, se observan dos puertos que han aparecido como más eficientes en varios años, Xiamen de 2005 a 2008 y Hong Kong (KCTY) de 2003, 2004, 2005 y 2007. En términos generales, la mayoría de los puertos asiáticos tienen valores de eficiencia por encima de la media. Los datos de *input* y *output* utilizados para realizar los cálculos de los niveles de eficiencia nos indican que los puertos de la zona de Asia invierten altas cantidades de dinero (capital) en infraestructura para crecer continuamente, es decir aumentan la longitud del muelle y/o aumentan la superficie de la terminal y/o aumentan el número de grúas pórtico en muelle o en patio, con la finalidad de recibir buques portacontenedores de amplias dimensiones (como los sexta generación³), manejar más contenedores anualmente y por ende, tener más movimiento en su comercio.

Tabla 4. Niveles de eficiencia con el modelo DEA-CCR de LC vs América, 2003 a 2008.

ANÁLISIS DE LÁZARO CÁRDENAS VS AMÉRICA							
DEA-CCR Eficiencia							
		Años					
		2003	2004	2005	2006	2007	2008
VANCOUVER	CANADÁ	11.30%	15.30%	14.60%	16.60%	16.30%	26.00%
ANTOFAGASTA	CHILE	23.00%	34.50%	40.60%	28.80%	44.30%	48.70%
IQUIQUE	CHILE	25.20%	36.80%	47.10%	8.00%	44.90%	59.20%
SAN ANTONIO	CHILE	17.20%	25.90%	24.20%	24.00%	22.80%	36.00%
VALPARAISO	CHILE	11.30%	20.60%	10.60%	11.30%	17.60%	56.40%
GUAYAQUIL	ECUADOR	30.70%	41.80%	36.10%	42.80%	45.50%	100.00%
ACAJUTLA	EL SALVADOR	11.00%	23.70%	12.90%	15.00%	18.40%	22.00%
PTO QUETZAL	GUATEMALA	19.00%	26.30%	22.90%	23.80%	26.50%	36.20%
ENSENADA	MÉXICO	4.00%	5.80%	7.20%	9.70%	8.90%	13.10%
LAZ CARDENAS	MÉXICO	0.10%	4.10%	11.40%	12.30%	20.60%	19.20%
MANZANILLO	MÉXICO	16.80%	32.60%	33.40%	33.90%	40.70%	42.30%
BALBOA	PANAMÁ	18.50%	32.10%	44.40%	46.90%	92.40%	38.70%
CALLAO	PERÚ	36.20%	49.90%	50.70%	66.40%	77.90%	93.70%
LONG BEACH	USA	16.30%	32.00%	31.60%	29.20%	31.40%	40.00%

³ Los buques de sexta generación son conocidos también como New Panamax y son utilizados del 2006 a la fecha, y tiene las siguientes dimensiones: Largo 397 metros, Calado 15.5 metros y una capacidad de 11500 hasta 14000 TEUS (Rodrigo, 2009: 2).

LOS ANGELES	USA	37.90%	28.80%	25.00%	24.10%	26.20%	48.20%
OAKLAND	USA	11.30%	14.80%	12.60%	16.90%	16.90%	18.90%
SEATTLE	USA	18.70%	28.80%	23.80%	27.10%	24.30%	26.80%
TACOMA	USA	24.40%	45.50%	22.70%	26.10%	26.60%	0.00%
PORTLAND	USA	6.80%	6.90%	3.50%	4.50%	6.00%	6.40%
	Promedio	32.78%	44.15%	42.40%	42.30%	45.74%	49.11%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Containerisation International Yearbook 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009.

En esta tabla observamos un comparativo de LC contra algunos puertos de América del norte, Centroamérica y Sudamérica. Se logra ver que el número de puertos ineficientes en relación a la media es muy alto para el periodo en análisis. LC nuevamente se encuentra como un puerto ineficiente en todos los años analizados al igual que Vancouver, Antofagasta, San Antonio, Acajutla, Quetzal, Ensenada, Manzanillo, Long Beach, Oakland, Seattle y Portland. Los demás puertos, al menos en algún año han sido eficientes en relación a la media. En el año 2008 el puerto de Guayaquil es el único que pudo ser el más eficiente y para todos los años en análisis el puerto del Callao es el único que tiene valores de eficiencia mayores al promedio. Balboa es otro puerto que en tres años consecutivos 2005, 2006 y 2007 tuvo niveles de eficiencia por arriba de la media. La gran diferencia que podemos observar es que los puertos de América invierten menos capital para su infraestructura que los puertos de Asia.

Cuando se permite que la frontera eficiente se construya bajo el supuesto de rendimientos variables de escala, el modelo DEA-BCC, como era de esperarse, se encuentra que la mayoría de los puertos mejoran sus niveles de eficiencia y que nuevos puertos pasan a ser eficientes (Londoño y Giraldo, 2009).

Tabla 5. Niveles de eficiencia con el modelo DEA-BCC de LC vs Asia y Australia, 2003 a 2008.

ANÁLISIS DE LÁZARO CÁRDENAS VS AUSTRALIA Y ASIA							
DEA-BCC Eficiencia							
Puerto	País	Años					
		2003	2004	2005	2006	2007	2008
BRISBANE	AUSTRALIA	30.00%	43.50%	37.10%	28.90%	29.90%	28.10%
QINGDAO	CHINA	11.30%	50.20%	58.60%	57.70%	86.60%	83.80%
SHANGHAI	CHINA	100.00%	80.20%	93.10%	89.10%	93.60%	100.00%
XIAMEN	CHINA	50.60%	76.10%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
TIANJIN	CHINA	53.60%	58.90%	61.20%	97.00%	61.00%	78.80%
YANTIAN	CHINA	65.20%	96.20%	100.00%	100.00%	84.50%	90.90%
BUSAN	COREA	50.90%	100.00%	52.30%	50.80%	48.20%	43.10%
KWANGYANG	COREA	52.40%	12.60%	13.30%	14.80%	14.60%	20.80%
HONG KONG KCTY	HONG KONG	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

HONG KONG RTT	<i>HONG KONG</i>	87.20%	84.80%	98.20%	100.00%	100.00%	41.70%
YOKOHAMA	<i>JAPÓN</i>	14.30%	19.70%	16.70%	20.00%	18.80%	28.50%
LAZ CARDENAS	<i>MÉXICO</i>	1.10%	14.00%	100.00%	100.00%	100.00%	23.00%
SINGAPUR	<i>SINGAPUR</i>	88.50%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
KAOHSIUNG	<i>TAIWAN</i>	79.80%	99.00%	89.20%	87.70%	98.00%	100.00%
KEELUNG	<i>TAIWAN</i>	44.40%	78.40%	77.20%	55.10%	60.70%	41.40%
	Promedio	45.49%	56.40%	58.81%	59.40%	58.75%	54.44%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Containerisation International Yearbook 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009.

En esta ocasión LC aparece como uno de los puertos más eficientes en los años 2005, 2006 y 2007, desafortunadamente para el año 2008 cae drásticamente. De forma similar, Singapur también se muestra como uno de los más eficientes en el periodo de 2004 a 2008. Nuevamente observamos que la mayoría de los puertos de Asia siguen teniendo valores de eficiencia por encima del promedio en cada uno de los años en análisis. Qingdao y Keelung son puertos que con este modelo bajan sus niveles de eficiencia en comparación con el modelo anterior. De nuevo, los puertos de Brisbane y Yokohama son los más ineficientes en todos los años examinados. Busan y Kwangyang se comportan de manera similar que ambos modelos.

Tabla 6. Niveles de eficiencia con el modelo DEA-BCC de LC vs América, 2003 a 2008.

ANÁLISIS DE LÁZARO CÁRDENAS VS AMÉRICA							
DEA-BCC Eficiencia							
Puerto	País	Años					
		2003	2004	2005	2006	2007	2008
VANCOUVER	<i>CANADÁ</i>	11.50%	15.80%	14.80%	16.70%	16.60%	27.20%
ANTOFAGASTA	<i>CHILE</i>	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
IQUIQUE	<i>CHILE</i>	100.00%	49.20%	100.00%	9.40%	100.00%	100.00%
SAN ANTONIO	<i>CHILE</i>	22.30%	33.20%	31.40%	30.10%	28.40%	39.00%
VALPARAISO	<i>CHILE</i>	12.90%	22.30%	12.10%	11.90%	18.60%	82.40%
GUAYAQUIL	<i>ECUADOR</i>	54.10%	81.80%	62.20%	78.20%	78.70%	100.00%
ACAJUTLA	<i>EL SALVADOR</i>	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
PTO QUETZAL	<i>GUATEMALA</i>	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
ENSENADA	<i>MÉXICO</i>	19.30%	37.50%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
LAZ CARDENAS	<i>MÉXICO</i>	1.10%	14.00%	100.00%	100.00%	100.00%	23.00%
MANZANILLO	<i>MÉXICO</i>	18.40%	33.50%	36.90%	36.60%	41.20%	42.80%
BALBOA	<i>PANAMÁ</i>	21.80%	38.20%	47.70%	52.90%	98.60%	38.70%
CALLAO	<i>PERÚ</i>	51.60%	90.70%	89.70%	100.00%	100.00%	99.40%
LONG BEACH	<i>USA</i>	22.80%	32.20%	36.20%	34.10%	31.70%	46.40%
LOS ANGELES	<i>USA</i>	38.00%	33.30%	33.10%	35.80%	30.80%	57.90%
OAKLAND	<i>USA</i>	11.30%	15.00%	15.10%	17.70%	17.50%	21.80%
SEATTLE	<i>USA</i>	19.50%	30.80%	25.30%	27.40%	24.50%	30.60%

TACOMA	USA	26.60%	51.60%	24.40%	26.30%	26.70%	0.00%
PORTLAND	USA	7.80%	8.00%	4.10%	5.00%	6.60%	6.50%
	Promedio	45.49%	56.40%	58.81%	59.40%	58.75%	54.44%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Containerisation International Yearbook 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009.

Analizando los puertos de América, efectivamente con el modelo BCC se incrementan los puertos eficientes, tal es el caso de Antofagasta, Acajutla y que son los más eficientes para todos los años examinados. Iquique se muestra como uno de los más eficientes para los años 2003, 2005, 2007 y 2008. Guayaquil repite como uno de los más eficientes para el año de 2008 y para los años anteriores se coloca con un puerto con niveles de eficiencia por encima del promedio. Ensenada aparece como un puerto muy eficiente para los años de 2005 a 2008. LC es uno de los más eficientes de 2005 a 2007, cayendo el siguiente año, probablemente debido a que existe, según los datos de input y output para ese año, ocio en su superficie de la terminal y bajo movimiento de contenedores. Callao es un puerto que para los años 2006 y 2007 se convierte en uno de los más eficientes.

Análisis para el puerto de Lázaro Cárdenas

Para el año de 2003, los resultados arrojados por el modelo DEA-BCC indican que el puerto de mayor referencia es Hong Kong (KCTY) con un total de 23 repeticiones seguido del puerto de Acajutla con 17 y este último es el puerto de referencia (*benchmarking*) para LC teniendo el valor más alto de lambda λ de 0.992. Ahora bien, el modelo revela que el puerto de LC tiene casi 13 hectáreas de ocio o sin utilizar en la superficie de su terminal, de igual manera tiene 3 grúas ociosas y además, también debió de haber incrementado el manejo de contenedores en más de 90 veces con respecto al valor de ese año.

Con el modelo DEA-CCR para el mismo año, Hong Kong (KCTY) nuevamente se ubica con el puerto de mayor referencia con 27 repeticiones y ahora aparece el puerto de Shanghai con 23. Este último es el puerto de referencia para LC con un valor de lambda de 0.071. Las sugerencias de este modelo es que LC de nuevo tiene problemas de ocio con la superficie de su terminal (casi 8 ha) y en relación al movimiento de contenedores es de manera similar que el modelo anterior.

En 2004, el modelo BCC sostiene que de nueva cuenta los puertos de Hong Kong (KCTY) y Acajutla son los de mayor referencia con 26 y 19 repeticiones, respectivamente. Siendo este último, nuevamente el puerto de referencia para LC con una lambda de 0.981. Los consejos de este modelo indican que el puerto de LC nuevamente tiene problemas de ocio en con la superficie de su terminal (8 ha), una grúa con tiempo muerto e incrementar el movimiento de contenedores en casi 8 veces con respecto a lo manejado en ese año.

Con el modelo CCR en el año de 2004, el puerto de Hong Kong (KCTY) es el único de referencia para todos los demás puertos analizados. Se nota un gran avance para LC en las sugerencias de

dicho modelo, ahora se reduce la cantidad de hectáreas en ocio de la superficie de su terminal, solamente 1.3 ha, pero el movimiento de contenedores debió ser aumentado en un 2347%.

Para el año de 2005, el modelo BCC revela que el puerto de LC es uno de los más eficientes, teniendo un valor de 1. Por lo tanto, no existen mejoras para ninguna de las variables. Cabe destacar que LC sirve como referencia para el puerto de San Antonio (Chile).

Desafortunadamente, para el mismo año pero con el modelo CCR, las cosas cambian y LC vuelve a ser ineficiente con un valor de 0.1140 que es más bajo con respecto al promedio (0.4240). En esta ocasión, el puerto de referencia para LC es Xiamen. Dicho modelo muestra que LC tiene un ocio de una hectárea en la superficie de su terminal y debió elevar su movimiento de contenedores en poco menos de 9 veces en relación al valor movido en ese año.

El modelo BCC para el año de 2006 indica que nuevamente el puerto de LC aparece como 100% eficiente, es decir, uno de los más eficientes para ese año en comparación con los demás puertos que el estudio contempla; por ende, tampoco se contemplan mejoras en las variables al igual que el año pasado de 2005. La diferencia es que en esta ocasión LC no es puerto de referencia.

Al igual que el año pasado, el modelo CCR de 2006 muestra que LC es uno de los puertos más ineficientes con respecto a la media (0.4230), con un valor de 0.1230. Yantian es el puerto de mayor referencia con 23 repeticiones, seguido de Xiamen con 11. Éste es el puerto de referencia para LC y el modelo indica que la dificultad de dicho puerto de nueva cuenta cae en las mismas variables. La superficie de su terminal continúa teniendo tiempos muertos, ahora son 1.2 ha de ocio. 810% debió de haber incrementado su movimiento de contenedores.

El puerto de LC se muestra como un valor de 1 en su eficiencia para el año de 2007, por lo tanto, lleva 3 años consecutivos ubicándose como uno de los puertos más eficientes. No es puerto de referencia.

En el mismo año de 2007 el modelo CCR muestra resultados diferentes al BCC, indicando que LC es ineficiente con un valor de 0.2060 con respecto al promedio, 0.4574. Xiamen es por tercera vez consecutiva el puerto de referencia de LC con un valor de lambda de 0.16. CCR hace hincapié en la superficie de su terminal que sigue siendo ociosa ahora con 4.2 ha, cayendo drásticamente en comparación con los años anteriores de 2005 y 2006; y el movimiento de contenedores continúa siendo muy bajo (486%) en relación a lo que se debería de haber movido, según el modelo.

En el último año de análisis, 2008, el modelo BCC indica que LC cae de manera radical con su nivel de eficiencia, con un valor de 0.2300 más bajo de la media, siendo esta última de 0.5444. Ahora aparece en el plano de los puertos de referencia Ensenada (México), un puerto que de cierta manera representa una competencia directa nacional para LC. Para este año, el puerto de LC incrementa su longitud de muelle, la superficie de su terminal y sus grúas pórtico al abrir su nueva

terminal de contenedores, por lo que, el modelo revela que LC de forma reiterada tiene problemas con la superficie de su terminal ahora son 27 ha de ocio. El movimiento de contenedores también sigue teniendo problemas, el cual tuvo que haber incrementado en un 434%, con respecto a lo que se movió ese año.

El modelo CCR, también indica un nivel de eficiencia muy bajo de 0.1920, con respecto al promedio, 0.4911. Xiamen es el puerto de mayor referencia con 29 repeticiones, siendo el puerto de referencia para LC. Nuevamente, dicho modelo notifica que la superficie de su terminal y el movimiento de contenedores tienen dificultades de igual manera como se ha venido señalando en los años anteriores. La sugerencia para la superficie de su terminal es que ahora tiene casi 30 ha mal aprovechadas y el movimiento de contenedores debió ser un poco más de 5 veces en relación a lo movido en ese año.

Conclusiones

El DEA es una herramienta poderosa para medir la eficiencia de un conjunto homogéneo de unidades de producción o DMUs, realizando comparaciones entre ellas y con la finalidad de realizar un *benchmarking* para las unidades ineficientes tomando en cuenta las más eficientes.

Para este estudio, el puerto de Lázaro Cárdenas es el centro del análisis y se realiza una comparación, en el periodo de 2003 a 2008, con puertos de diferentes dimensiones pero con la misma actividad: terminales de contenedores. Los puertos tomados en cuenta pertenecen a APEC y comercian entre sí, la mayoría de ellos.

Los resultados arrojados por el modelo CCR, a diferencia del modelo BCC, muestran niveles de eficiencia bajos casi para la mayoría de los puertos de América en comparación con los asiáticos.

En base a los datos de *input* y *output* utilizados para realizar los cálculos de los niveles de eficiencia para cada puerto, se puede observar y concluir que los puertos de Asia reciben un capital enorme para continuar mejorando e incrementando su infraestructura, es decir, casi cada año del periodo de análisis se vieron incrementos en la superficie de las terminales, en ambas grúas pórtico y por supuesto, esto ayudó a que el movimiento de contenedores incrementará sustancialmente. Del otro lado, los puertos americanos y de Australia, muestran menos inversión en su infraestructura y debido a esto, menos movimientos en la longitud del muelle, superficie de la terminal y ambas grúas pórtico, de igual manera el manejo de contenedores fue menor.

El puerto de Lázaro Cárdenas presenta problemas serios en relación a la utilización total y correcta de la superficie de su terminal, es decir dicha superficie es subutilizada, tiene tiempos muertos y está mal aprovechada. En relación a las grúas pórtico se ve que con el tiempo LC las va aprovechando al 100%. Del otro lado, el movimiento de contenedores ha sido muy bajo, aunque

después del año 2003 se ha ido incrementando notablemente. Es muy probable que esto se deba a que en dicho puerto existen un par de líneas navieras que manejan todo el puerto y no permiten de cierta manera que entren más navieras.

En términos generales, en primer lugar, se puede observar que la variable relacionada con la longitud del muelle no representa una variable que afecte seriamente el nivel de eficiencia. En segundo lugar, ambas grúas pórtico son un factor determinante para que se incremente el nivel de eficiencia de las terminales de contenedores. En tercer lugar, las variables más representativas y determinantes que afectan de manera positiva o negativa el nivel de eficiencia es la superficie de la terminal y el movimiento anual de contenedores.

Bibliografía

- Cullinane, K., Song, D. W., Ji, P., & Wang, T. (2004). An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency. *Review of Network Economics* , 3(2), 184-206.
- Díaz-Bautista, A. (2008). Los Puertos en México y la Política Económica Portuaria Internacional . *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 25, 1-33.
- Doerr, O., & Sánchez, R. J. (2006). Indicadores de Productividad para la Industria Portuaria. Aplicable en América Latina y el Caribe. *División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL* , 112, 1-76.
- Dowd, T. J., & Leschine, T. M. (1990). Container Terminal Productivity: A Perspective. *Maritime Policy and Management* , 17(2), 107-112.
- González, M., & Trujillo, L. (2006). La Medición de la Eficiencia en el Sector Portuario: Revisión de la Evidencia Empírica. *City University of London*, 1-40.
- 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.
- Londoño Sierra, L. J., & Giraldo Pérez, Y. E. (2009). Análisis Envolvente de Datos-DEA-: una Aplicación al Sector de Telecomunicaciones de Países de Medianos Ingresos. *Ecos de Economía* , 28, 53-73.
- Martner, C., & Moreno, A. (2004). Reestructuración Portuaria e Integración Logística en los Puertos Mexicanos. *Instituto Mexicano del Transporte* , 88, 1-16,.
- Navarro, J. C. (2005). *La Eficiencia del Sector Eléctrico en México*. Morelia: ININEE-UMICH.
- Rodrigo, D. L. (2009). Seguridad Marítima en Buques Porta Contenedores. *Nautica UPC* , 1-26.
- SlideShare. (2009). *SlideShare Inc*. Recuperado el 31 de julio de 2009, de <http://www.slideshare.net/shashix/expo-mexico-cuenca-del-pacifico-presentation>
- Talley, W. K. (1994). Performance Indicators and Port Performance Evaluation. *The Logistics and Transport Review* , 30(4), 339-352.
- Thannasoulis, E. (2001). *Introduction to Theory and Application of Data Envelopment Analysis*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- UNCTAD. (1987). *Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity*. New York: UNCTAD Monographs on Port Management.
- UNCTAD. (1976). *Port Performance Indicators*. New York: UNCTAD.
- Wang, T. F. (2005). The Efficiency of European Container Ports: A Cross-Sectional Data Envelopment Analysis. *International Journal of Logistics*, 9(1), 1-31.
- Wang, T. F., Cullinane, K., & Song, D. W. (2003). Container Port Production Efficiency: A Comparative Study of DEA and FDH Approach. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* , 5, 698-713.
- Wang, T. F., Song, D. W., & Cullinane, K. (2002). The Applicability of Data Envelopment Analysis to Efficiency Measurement of Container Ports . *Proceedings of the International Association of Maritime Economist Conference* , 1-22. Panamá: IAME.