MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DE AEROPUERTO. EL CASO DE COLOMBIA

MEASUREMENT OF AIRPORT EFFICIENCY. THE CASE OF COLOMBIA

Luis Pulido Moreno
Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomás. Bogotá (Colombia).
E-mail: luis.pulido@usantotomas.edu.co

Oscar Díaz Olariaga
Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás. Bogotá (Colombia).
E-mail: OscarDiazOlariaga@usantotomas.edu.co

RESUMEN

Desde mediados de la década de 1990, y en varias fases temporales, se han privatizado los principales aeropuertos de Colombia (18 a la fecha). En base a ello, resulta de gran interés conocer, analizar e incluso medir la eficiencia de los aeropuertos en un contexto de reforma estructural, es decir, evaluar la influencia de la privatización de los mismos en la eficiencia y en una relación "antes-después". La metodología utilizada para realizar el estudio es el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Se utiliza esta metodología para estimar la eficiencia relativa de 18 aeropuertos (ahora ya privatizados) de Colombia y a nivel comparativo, es decir, en tres escenarios específicos consecutivos: gestión pública, transición, gestión privada. La metodología utiliza "variables técnicas" típicas (utilizadas en investigaciones similares). Los principales resultados de la investigación revelan índices de eficiencia global muy superiores cuando la gestión de los aeropuertos es completamente privada (es decir, realizada 100% por un operador privado) con respecto a cuando eran gestionados por el sector público.

Palabras clave: gestión de aeropuertos, Análisis Envolvente de Datos, eficiencia aeroportuaria, transporte aéreo, Colombia

ABSTRACT

Since the mid-1990s, and in several temporary phases, the main Colombian airports have been privatized (18 to date). Based on this, it is of great interest to know, analyze and even measure the efficiency of airports in a context of structural reform, that is, to evaluate the influence of the privatization of airports on efficiency and a relationship "before-after". The methodology used to carry out the study is the Data Envelopment Analysis (DEA). This methodology is used to estimate the relative efficiency of 18 airports (now privatized) in Colombia and at a comparative level, that is, in three specific consecutive scenarios: public management, transition, private management. The methodology uses typical "technical variables" (used in similar investigations). The main results of the research reveal much higher global efficiency rates when the management of airports is completely private (that is, carried out 100% by a private operator) with respect to when they were managed by the public sector.

Keywords: airport management, Data Envelopment Analysis, airport efficiency, air transport, Colombia

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace unas dos décadas los aeropuertos están bajo una creciente presión para ser más financieramente autosuficientes y menos dependientes del soporte y/o ayudas públicas. Muchos aeropuertos de todo el mundo se han comercializado y / o privatizado, en una amplia variedad de fórmulas / modelos, lo que ha motivado, sino obligado, a que los mismos funcionen más como un verdadero negocio, enfocados en la eficiencia y la rentabilidad (Díaz Olariaga, 2017, 2015). Por otra parte, la desregulación y la liberalización del sector de las líneas aéreas a nivel mundial (más el aumento de la presencia en los mercados de las denominadas "líneas aéreas de bajo costo" (LCC)) generó un fuerte aumento de la competencia en el mercado aerocomercial y esa intensa competencia generó aun mayor presión sobre los aeropuertos, ya que los operadores aéreos buscan reducir a toda costa sus costes operativos (Graham, 2014).

Esta situación de la industria ha llevado a los académicos a estudiar el rendimiento operativo, en términos de eficiencia, de los aeropuertos. A pesar de este interés, la medición de la eficiencia del aeropuerto no es una tarea fácil dada la complejidad involucrada tanto a nivel de empresa como de industria (Curi et al., 2011). Varios enfoques se han utilizado para indagar y determinar la eficiencia de los aeropuertos. Uno de los más conocidos y aceptados es el Análisis Envolvente de Datos (*Data Envelopment Analysis* - DEA).

Entonces, la presente investigación tomará como caso de estudio, para la medición de la eficiencia aeroportuaria, un conjunto de aeropuertos de Colombia, los cuales presentan ciertas características que los hacen susceptibles a dicho análisis. El transporte aéreo en Colombia viene experimentado un crecimiento relevante y sostenido desde hace dos décadas, resultado de la liberalización de la industria (a principios de la década de 1990) y que condujo a la entrada de capital privado al sector aeroportuario. Desde mediados de la década de 1990, y en varias fases temporales, se han privatizado los principales aeropuertos del país (18 a la fecha, los más grandes e importantes de la red), entiendo por tal la entrega en concesión (a operadores privados) sólo de la operación / gestión del aeropuerto (nunca la propiedad) (Díaz Olariaga, 2017). En base a ello, resulta de gran interés conocer y medir la eficiencia operacional de los aeropuertos en un contexto de reforma estructural, es decir, evaluar la influencia de la privatización de los mismos en la eficiencia. Y la metodología utilizada para realizar el estudio es el Análisis Envolvente de Datos (DEA), que es una metodología utilizada para estimar la eficiencia relativa de una variable sin la necesidad de conocer a profundidad la relación que se puede presentar entre los inputs y los outputs de un sistema complejo.

2. REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA

En las últimas dos décadas varios académicos han investigado el impacto de diferentes formas (o fórmulas) de propiedad sobre el rendimiento de los aeropuertos, y en diferentes países / regiones del mundo, y muchos artículos se han publicado desde entonces (Chen et al., 2017; Lai et al., 2012). Y desde un punto de vista metodológico uno de los enfoques dominantes adoptados para las investigaciones ha sido la aplicación de herramientas econométricas. En términos de las técnicas específicas adoptadas, el Data Envelopment Analysis (DEA) es una de las primeras utilizadas en la temática (en un estudio publicado por Gillen y Lall, 1997) y se ha convertido en la herramienta más popular desde entonces.

En lo que se refiere a los resultados de las investigaciones, algunos estudios encuentran evidencia clara de la influencia de la propiedad en la eficiencia del aeropuerto, otros estudios no pueden determinar (categóricamente) ningún efecto relevante, y finalmente otras investigaciones muestran que el efecto de la propiedad en la eficiencia del aeropuerto depende de muchos factores relacionados con el mercado y el entorno competitivo, la estructura

de gobierno del operador aeroportuario (y su directa relación con las características del contrato de concesión), y las características de la infraestructura aeroportuaria que genera economías de escala. En todos los estudios, los investigadores han usado diferentes muestras, variables, períodos de tiempo y métodos de investigación (lo Storto, 2018). Ciertas discrepancias entre los resultados de los diferentes estudios se deben indudablemente a las diferencias en el enfoque de la investigación (lo Storto, 2018). Las heterogeneidades en las muestras y los conjuntos de datos hacen problemático los análisis comparativos (incluso para aeropuertos similares y en marcos temporales similares) y pueden sesgar fuertemente el análisis de eficiencia porque los entornos operativos de los aeropuertos son muy diferentes (Adler et al., 2013; Marques et al., 2015).

Algunos estudios respaldan la idea de que la eficiencia aeroportuaria está influenciada por el tipo de propiedad. En particular, algunas investigaciones encontraron que la privatización aumenta la eficiencia del aeropuerto (Adler y Liebert, 2014; Assaf, 2011; Gitto y Mancuso, 2012; Malighetti et al., 2007; Marques y Barros, 2011; Marques et al., 2015; Oum et al., 2006; Perelman y Serebrisky, 2012). Adler y Liebert (2014) realizaron un procedimiento de DEA en dos etapas para evaluar la influencia de los factores del entorno en la eficiencia de costos para una muestra de 48 aeropuertos europeos y tres (privatizados) de Australia; los autores encontraron que los operadores de aeropuertos de propiedad mixta y con una mayoría de participación pública no son rentables. Assaf (2011) midió la productividad, eficiencia y cambios tecnológicos en los principales aeropuertos australianos utilizando DEA con aproximaciones *bootstrap*; el autor encontró que después de la privatización la mayoría de los aeropuertos experimentaron un significativo crecimiento de la productividad. Malighetti et al. (2007) estudiaron la eficiencia de los aeropuertos italianos aplicando un modelo DEA a 34 aeropuertos durante el período 2005-2006. Ellos encontraron una influencia positiva de la gestión privada en la eficiencia del aeropuerto. Marques y Barros (2011) investigaron el efecto que la regulación, la propiedad y la capacidad de gestión tienen sobre la función de costo en un grupo de 32 aeropuertos europeos (entre 2001 y 2004); los autores encontraron que los aeropuertos gestionados por el sector público son menos eficientes que los aeropuertos privados. Oum et al. (2006) realizaron una investigación utilizando una amplia y muy variada muestra de aeropuertos, en lo que se refiere a su gestión (casi todas las fórmulas posibles), y de varias regiones del mundo (Asia-Pacífico, Europa y América del Norte); los resultados de su investigación muestran que los aeropuertos con gestión pública mayoritaria y aquellos con la gobernanza multinivel son menos eficientes que los aeropuertos con un sistema de gestión privada (ya sea 100% o mayoritaria).

Por otro lado, otros académicos encontraron que los aeropuertos gestionados por el sector público son más eficientes que los aeropuertos gestionados por el sector privado (Curi et al., 2010; Oum et al., 2008; Gutiérrez y Lozano, 2016; Martini et al., 2013).

Y finalmente, algunos académicos estudiaron el efecto combinado de propiedad y otros factores (por ejemplo: regulación, competencia en el mercado, acuerdo de concesión, etc.) sobre la eficiencia del aeropuerto (Adler y Liebert, 2014; Albalate et al., 2014; Assaf y Gillen, 2012; Bel y Fageda, 2010; Curi et al., 2011; Gillen y Mantin, 2014).

En resumen, las investigaciones existentes no dejan, aún, una prueba sólida e irrefutable de que los aeropuertos privados o gestionados por el sector privado sean más eficientes que los gestionados por el sector público, situación que invita y motiva a los académicos a seguir investigando en la temática.

3. CASO DE ESTUDIO

Sobre la gestión de la infraestructura aeroportuaria Colombia ha seguido la tendencia

regional de concesionar la administración de dichas infraestructuras (Díaz Olariaga y Ávila, 2015; Serebrisky, 2012; Bosch y García Montalvo, 2003), como son los casos de Brasil (Espirito Santo, 2013), Perú (Mendiola *et al*., 2011), Chile (Carvallo, 2008), Argentina (Lipovich, 2008), México (Rico Galeana, 2008), entre otros. Este modelo busca liberar al Estado del alto gasto requerido por la infraestructura aeronáutica. Este proceso está regulado por una ley nacional (Ley 80 de 1993, artículo 30). Por otra parte, el Gobierno, a través de otra norma (DNP, 1994), consagró el proceso de concesiones de aeropuertos a través de un plan de ordenamiento de la infraestructura aeroportuaria. El documento además de plantear una renovación tecnológica, autorizó el proceso de concesión de los aeropuertos a empresas privadas, y consideró la contraprestación económica para el estado como único elemento para entregar la concesión. A esta contraprestación se le definió como destino: a) alimentar el fondo de compensación aeronáutica para subsidiar a los aeropuertos no rentables, b) financiar nuevas inversiones en aeropuertos y c) financiar los servicios de tráfico aéreo y seguridad (Díaz Olariaga, 2017).

Entonces, desde mediados de la década de 1990, y en varias fases temporales, denominadas generaciones, el gobierno colombiano entregó en concesión varios aeropuertos del país, un total de 18 a la fecha, incluidos los más grandes e importantes (y que gestionan el grueso del tráfico aéreo de toda la red) de los 75 que administra la autoridad pública aeronáutica (Díaz Olariaga, 2017, 2016), con el fin de obtener una mejor administración, modernización y expansión, operación, explotación comercial y mantenimiento de las terminales aéreas de mayor uso.

Entonces, en la Tabla 1 se presenta la información de los aeropuertos privatizados y que forman parte de la presente investigación. Mencionar que luego de la entrega del aeropuerto al operador privado, los mismos verificaron una importante modernización tecnológica y de infraestructura, realizados en tiempos muy diferentes según el tamaño del aeropuerto y el volumen de inversión inicial (obligado por contrato de concesión).

Tabla 1: Datos básicos de aeropuertos privatizados. *Fuente*: Aerocivil, 2018.

Ciudad del aeropuerto	Código IATA	Año de privati-zación	PAX (2017)
Carepa	APO	2008	205362
Medellín	EOH	2008	1070158
Rionegro	MDE	2008	7325740
Barranquilla*	BAQ	2015	2576253
Cartagena	CTG	2010	4590151
Valledupar	VUP	2010	387634
Quibdó	UIB	2008	372618
Montería	MTR	2008	938460
Bogotá	BOG	2007	24694288
Riohacha	RCH	2010	149980
Santa marta	SMR	2010	1686025
Cúcuta	CUC	2010	875519
Providencia	PVA	2007	71091
San Andrés	ADZ	2007	2328104
Barrancabermeja	EJA	2010	128895
Bucaramanga	BGA	2010	1565482
Corozal	CZU	2008	82675
Cali	CLO	2000	4858057

* El aeropuerto de la ciudad de Barranquilla (BAQ) no participa del estudio ya que fue privatizado recientemente (y no se cuenta con datos recientes suficientes para el análisis).

4. METODOLOGÍA

4.1. Descripción de la metodología Análisis Envolvente de Datos (DEA)

La metodología es considerada como una solución no paramétrica para estimar la productividad de los factores de entrada en un sistema y los resultados de su transformación dentro del proceso con el uso de la programación lineal (Charnes et al., 1978) y validada posteriormente en los trabajos de Ray (2004) y Cooper et al. (2007).

En su trabajo, Charnes et al. (1978) afirman que frente a un conjunto de unidades consideradas como productivas, y que se pueden comparar entre sí dado que su proceso de transformación de recursos es similar (y para definir un marco de comparación), nombran

estas unidades productivas como DMU (Unidades de Toma de Decisión) y definen tres tipos de eficiencia para lograr esta comparación:

(a) Eficiencia técnica: se elige como unidad de referencia la de mayor productividad entre unidades del mismo tamaño.

(b) Eficiencia de escala: refleja la habilidad de la DMU de usar los recursos o factores en proporciones óptimas.

(c) Eficiencia global: se escoge como unidad de referencia la de mayor productividad de las que estén en el estudio.

Las relaciones de eficiencia se miden con el coeficiente obtenido entre los resultados de salida del sistema (*outputs*) y los recursos que lo abastecieron en el inicio (*inputs*), con el siguiente criterio:

(a) *Inputs* orientados: buscan, dado el nivel de *outputs*, la máxima reducción proporcional en el vector de *inputs* mientras permanece en la frontera de posibilidades de producción. Una unidad no es eficiente si es posible disminuir cualquier *input* sin alterar sus *outputs*.

(b) *Outputs* orientados: buscan, dado el nivel de *inputs*, el máximo incremento proporcional de los *outputs*, permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. Una unidad no es eficiente si es posible incrementar cualquier *outputs* sin incrementar ningún *input* y sin disminuir ningún otro *output*.

En general, se sugieren dos tipos de modelos para los estudios de cálculo de la eficiencia:

Modelo CCR: maximizar un cociente equivale a hacer máximo su numerador si su denominador permanece constante, y cuando un cociente es menor que la unidad es porque el numerador es menor que el denominador.

Modelo BCC: consiste en la resolución de "n" problemas de maximización correspondientes a cada una de las unidades cuya eficiencia se quiere evaluar. La función objetivo elige los pesos que hacen máxima la eficiencia de la DMU que se estudia.

4.2. Conceptualización metodológica

Para este trabajo se entiende como "eficiencia global" la capacidad de cada aeropuerto analizado de aprovechar productivamente sus recursos de entrada, independiente de su tamaño en comparación con otras unidades dentro del estudio.

Para iniciar el cálculo de la eficiencia global de los aeropuertos colombianos, y de acuerdo con la bibliografía consultada, se decidió que cada aeropuerto sería medido como una DMU (Unidad Productiva) y para cada uno de los mismos se definieron las variables que se tendrían en cuenta en el análisis como variables de entrada y salida, información que se presenta en la Tabla 2. Las variables indicadas en la Tabla 2 se conocen o identifican como "técnicas" ya que relacionan características de infraestructura de los aeropuertos (las variables de entrada) y de transporte aéreo (las variables de salida) (Ennen y Batool, 2018; Chen et al., 2017; Wanke y Barros, 2017; Gutierrez y Lozano, 2016; Ahn y Min, 2014).

Para la presente investigación no se pudo disponer de variables financieras, económicas, de rendimiento (o de productividad) debido al fuerte recelo de los operadores aeroportuarios de entregar / facilitar este tipo de información (para ellos de alta confidencialidad).

Tabla 2: Variables de entrada y salida.

DMU	VARIABLES DE ENTRADA	VARIABLES DE SALIDA
APO EOH MDE CTG VUP UIB MTR BOG RCH SMR CUC PVA ADZ EJA BGA CZU CLO	1. Número de pistas. 2. Longitud de las pistas. 3. Número de posiciones de estacionamiento de aeronaves en plataforma. 4. Área edificada del edificio terminal de pasajeros. 5. Área de la plataforma.	1. Operaciones (o Movimientos: despegues/aterrizajes) 2. Pasajeros transportados. 3. Carga aérea transportada.
DMU: 17	**VARIABLES DE ENTRADA: 5**	**VARIABLES DE SALIDA: 3**

Partiendo de esta conceptualización se procedió a obtener y depurar los datos de todos los aeropuertos, utilizados para las variables de entrada, que permanecen constantes durante todo el análisis (Aerocivil, 2018; ANI, 2018).

Para la definición de los escenarios de comparación de la eficiencia global se tomaron tres decisiones para unificar el tiempo de comparación de la siguiente manera:

1. El escenario inicial de comparación de las eficiencias de las terminales aéreas bajo la administración o gestión pública, en este caso se consideró un periodo de tres años, específicamente los últimos tres años en que cada aeropuerto estuvo subordinado a la gestión pública antes de ser privatizado.
2. El segundo escenario denominado de transición: se consideran los dos siguientes años a la entrada en vigencia de la concesión en cada aeropuerto; considerando éste un periodo idóneo para conseguir nivelar la operación a los estándares de cada empresa contratante.
3. El tercer escenario o final: se consideran los últimos cuatro años calendario (a la fecha), es decir 2014, 2015, 2016 y 2017, para cada aeropuerto, lapso en que cada una de ellos ha pasado un periodo considerable bajo la gestión de los operadores privados.

La calificación de los aeropuertos, en nivel de importancia, se realizó a través de un análisis de Pareto utilizando el total de pasajeros transportados en un lapso de once años, considerada ésta como la variable de salida más representativa, considerando para el presente estudio que en Colombia hay cuatro aeropuertos de primer nivel, cinco de nivel intermedio y nueve de nivel bajo; estos niveles son sólo estándares propios en el presente estudio y están relacionados con tráfico de pasajeros anuales gestionados (ver Tabla 1) (no hacen referencia comparativa con aeropuertos de otros países, ni tampoco es un estándar internacional).

Finalmente, y siguiendo la tendencia de la literatura científica existente se decide utilizar el modelo DEA-CCR, el más usado para este tipo de estudios (Charnes et al., 1978), que ofrece la posibilidad de obtener rendimientos a escala comparativa.

4.3. Planteamiento del modelo DEA – CCR

Dada la similitud de los variables escogidas para el cálculo de la eficiencia de terminales aéreas, que se persigue en este estudio, se seleccionó el modelo utilizado por Tsui et al. (2014) y que se basa en modelo planteado por Charnes et al. (1978).

El modelo se plantea de la siguiente manera:

$$Bo = \frac{\sum_{r=1}^{m} u_r \, y_{ro}}{\sum_{i=1}^{n} v_i \, x_{io}}$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^{m} u_r \, y_{rk}}{\sum_{i=1}^{n} v_i \, x_{io}} \leq 1 \qquad \text{K= 1, 2, 3…, m}$$

$$u_r, \, v_{i \geq 0} \qquad \text{r = 1, 2, 3,…, m} \qquad \text{i= 1,2,3,…,n}$$

donde:

- Bo: eficiencia de un aeropuerto.
- Xio (i=1, 2,3,…, n), inputs que producen Yro (r=1, 2,3,…m) outputs.
- Ur y Vi: multiplicadores virtuales que impiden que el valor de la eficiencia sea menor que cero.
- El valor máximo de eficiencia global es 1.0. Un aeropuerto es eficiente totalmente si el cálculo realizado produce exactamente este valor.

El modelo se ejecutó con la ayuda del software Open Source DEA.

5. RESULTADOS

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos de la eficiencia global en los últimos tres años de gestión pública de los aeropuertos

analizados. En dicho periodo ninguno de ellos se puede considerar como eficiente y el promedio global de este escenario de comparación es de un 52%.

Tabla 3: Eficiencia global de los aeropuertos en periodo de gestión pública.

DMU	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	PROMEDIO
CLO	90,90%	96,72%	89,18%	**92,27%**
EOH	86,72%	87,14%	92,15%	**88,67%**
MDE	79,67%	87,04%	73,59%	**80,10%**
BOG	74,56%	78,75%	80,54%	**77,95%**
UIB	70,93%	66,47%	65,10%	**67,50%**
BGA	56,54%	60,19%	71,74%	**62,82%**
PVA	53,39%	48,18%	62,05%	**54,54%**
EJA	35,15%	48,61%	67,05%	**50,27%**
CTG	48,22%	47,47%	51,00%	**48,90%**
SMR	46,58%	44,72%	47,40%	**46,23%**
ADZ	41,08%	38,80%	44,47%	**41,45%**
CZU	35,90%	38,07%	36,80%	**36,92%**
APO	40,03%	35,20%	35,38%	**36,87%**
CUC	34,69%	33,49%	38,95%	**35,71%**
MTR	27,29%	31,95%	37,87%	**32,37%**
VUP	24,90%	23,09%	25,96%	**24,65%**
RCH	12,15%	10,02%	10,27%	**10,82%**

La Figura 1 muestra el comportamiento de los resultados obtenidos. Por debajo de la media global hay diez aeropuertos, y el mejor nivel de eficiencia corresponde al Aeropuerto de Cali (CLO) con un 92%.

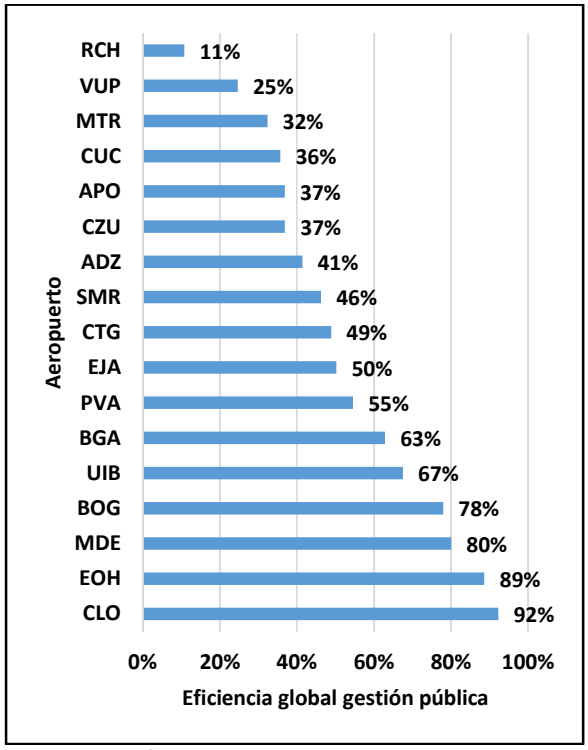


Figura 1: Eficiencia global de los aeropuertos bajo gestión pública.

La Tabla 4 muestra los resultados de la eficiencia global obtenida para el escenario de transición de los aeropuertos en estudio. En este escenario ningún aeropuerto alcanza el máximo nivel de eficiencia global pero se evidencia una mejora porcentual del nivel de eficiencia global.

Tabla 4: Eficiencia global de los aeropuertos en el periodo de transición.

DMU	AÑO 1	AÑO 2	PROMEDIO
EOH	92,28%	87,34%	**89,81%**
BGA	88,24%	84,87%	**86,55%**
UIB	77,30%	82,73%	**80,01%**
BOG	78,42%	76,61%	**77,51%**
PVA	77,39%	75,70%	**76,55%**
EJA	75,79%	68,04%	**71,92%**
CTG	57,39%	73,01%	**65,20%**
CLO	59,65%	62,23%	**60,94%**
SMR	58,04%	59,32%	**58,68%**
MDE	53,64%	62,19%	**57,92%**
ADZ	51,27%	53,66%	**52,47%**
CUC	44,64%	53,91%	**49,28%**
APO	48,43%	44,74%	**46,59%**
MTR	40,08%	42,34%	**41,21%**
VUP	37,26%	35,75%	**36,51%**
CZU	33,33%	34,27%	**33,80%**
RCH	11,88%	15,05%	**13,46%**

La Figura 2 muestra el comportamiento comparativo de los resultados obtenidos.

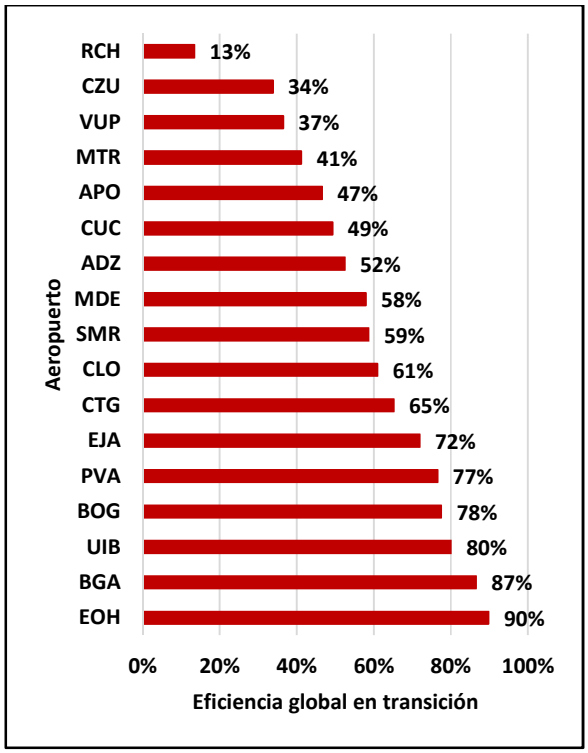


Figura 2: Eficiencia en el periodo de transición.

En este escenario ocho aeropuertos (de los diecisiete en estudio) se ubican por encima de la media general, pero ninguno alcanza el 100%.

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos para la eficiencia global de los aeropuertos bajo la gestión privada de los aeropuertos en el periodo 2014-2017.

Tabla 5: Eficiencia global de los aeropuertos en el periodo de su gestión / operación privada.

DMU	2014	2015	2016	2017	PROM.
BOG	92,22%	100,00%	100,00%	100,00%	98,06%
MDE	85,22%	100,00%	99,32%	100,00%	96,14%
UIB	85,40%	100,00%	98,53%	95,50%	94,86%
EOH	95,49%	100,00%	92,46%	88,61%	94,14%
CLO	66,03%	100,00%	100,00%	97,55%	90,89%
CTG	80,02%	89,32%	94,06%	100,00%	90,85%
BGA	96,41%	97,15%	87,92%	81,12%	90,65%
APO	70,93%	100,00%	88,54%	86,54%	86,50%
ADZ	57,82%	89,45%	93,74%	100,00%	85,25%
PVA	66,39%	87,54%	60,92%	96,40%	77,81%
SMR	66,09%	75,47%	78,53%	87,33%	76,85%
EJA	77,70%	81,13%	68,38%	68,15%	73,84%
MTR	46,01%	56,00%	58,54%	58,82%	54,84%
CUC	52,37%	58,41%	49,22%	43,39%	50,85%
VUP	38,31%	46,34%	49,10%	47,23%	45,24%
CZU	35,63%	30,30%	33,94%	38,30%	34,54%
RCH	20,26%	23,58%	26,00%	26,70%	24,13%

En este escenario final (gestión 100% privada) puede descatarse que:

- En el año 2015 los aeropuertos BOG, MDE, UIB, EOH, CLO y APO alcanzan el nivel máximo de eficiencia global (100%).
- En el año 2016 solamente los aeropuertos BOG y CLO se mantienen en ese nivel máximo de eficiencia global.
- En el año 2017 los aeropuertos CTG y ADZ consiguen el máximo nivel de eficiencia global, y los aeropuertos de BOG y CLO se mantienen en ese nivel.
- Los aeropuertos BOG y CLO han mantenido el nivel máximo de eficiencia global durante tres años consecutivos, en el periodo 2015-2017.

La Figura 3 muestra los resultados obtenidos para el periodo de gestión 100% privada de los aeropuertos.

El promedio general de la eficiencia global se estima en un 74%. De los diecisiete aeropuertos en estudio once se ubican por encima de la media global del conjunto.

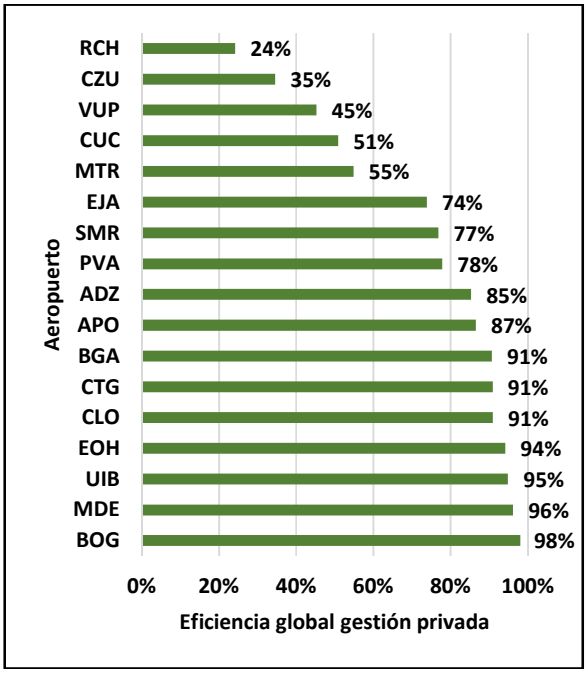


Figura 3: Eficiencia global de los aeropuertos bajo gestión / operación privada.

La Figura 4 muestra el cambio de la eficiencia global promedio de los aeropuertos en los tres escenarios planteados.

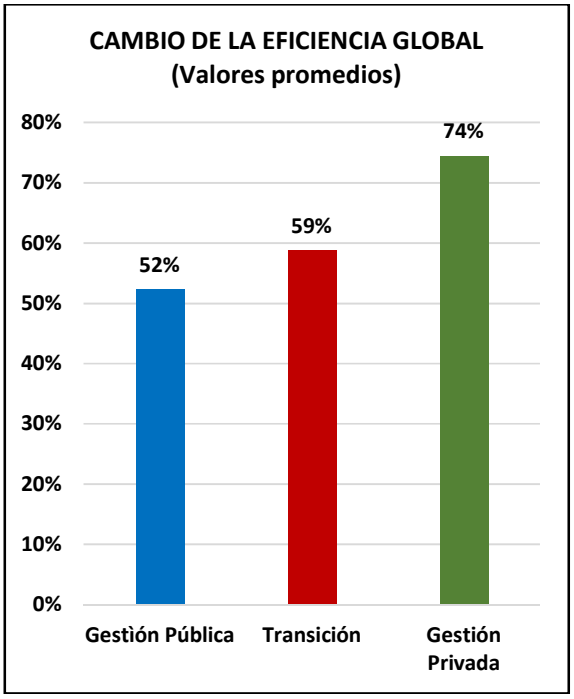


Figura 4: Comparativa de la eficiencia global del conjunto de aeropuertos analizados en los tres escenarios planteados.

A nivel general se puede apreciar una mejora de un 6% entre el periodo de transición de gestìon pùblica y por otro lado de un 22% total en la eficiencia global entre la gestión privada y la publica de los aeropuertos analizados.

La Tabla 6 presenta el cambio porcentual para cada aeropuerto entre la gestión privada y la pública en su eficiencia global.

Tabla 6: Cambio porcentual de la eficiencia global de la gestión privada con respecto a la pública.

DMU	CAMBIO PORCENTUAL
APO	134,6%
RCH	123,1%
ADZ	105,7%
CTG	85,8%
VUP	83,6%
MTR	69,4%
SMR	66,2%
EJA	46,9%
BGA	44,3%
PVA	42,7%
CUC	42,4%
UIB	40,5%
BOG	25,8%
MDE	20,0%
EOH	6,2%
CLO	-1,5%
CZU	-6,5%

6. CONCLUSIONES

Utilizando en el cálculo sólo variables de tipo "técnico" los resultados muestran, en la relación "antes-después", que los aeropuertos gestionados por el sector privado (por operadores 100% privados) presentan mejores índices de eficiencia que cuando los mismos eran administrados y gestionados (completamente) por el sector público. Estos resultados van en la misma de línea de muchas investigaciones similares en otros países y regiones del mundo (lo Storto, 2018).

El aeropuerto más importante del país, Bogotá-El Dorado (BOG), primer y principal aeropuerto distribuidor (*hub*), presenta un índice la eficiencia global máximo (100%),

desempeño que ha mantenido en los últimos tres años.

Este es el primer trabajo científico formal (que se publica) relacionado para el caso de Colombia. Por ello, fases sucesivas de la presente investigación (ya en curso) contemplen, en primer lugar, realizar comparaciones (en el mismo periodo de tiempo) de eficiencia entre los aeropuertos ya privatizados (los aquí analizados) y un reducido grupo de aeropuertos gestionados por el sector público y candidatos a ser concesionados por el Estado en el corto plazo. Y en segundo lugar, con el objetivo de ampliar el análisis de eficiencia, incluir otras variables, además de las técnicas (y éstas a su vez ampliadas), como pueden ser de productividad, ingresos, del entorno (variables socio-económicas de la ciudad en la que encentra el aeropuerto), factor turístico, área de captación geográfica del aeropuerto, grado de competencia aeroportuaria, carácter de la regulación vigente, operadores aéreos presentes en cada aeropuerto y su oferta, etc.

7. REFERENCIAS

ADLER, N.; LIEBERT, V. (2014). Joint impact of competition, ownership form and economic regulation on airport performance and pricing. *Transportation Research Part A*, 64, 92–109.

ADLER, N.; LIEBERT, V.; YAZHEMSKY, E. (2013). Benchmarking airports from a managerial perspective. *Omega*, 41(2), 442–458.

AEROCIVIL (2018). www.aerocivil.gov.co

AHN, Y.; MIN, H. (2014). Evaluating the multi-period operating efficiency of international airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index. *Journal of Air Transport Management*, 39, 12-22.

ALBALATE, D.; BEL, G.; FAGEDA, X. (2014). Beyond pure public and pure private management models: partial privatization in the European airport industry. *International Public Management Journal*, 17(3), 308–327.

ANI (2018). Agencia Nacional de Infraestructura, Aeropuertos. www.ani.gov.co

ASSAF, A.; GILLEN, D. (2012). Measuring the joint impact of governance form and economic regulation on airport efficiency. *European Journal of Operational Research*, 220(1), 187–198.

ASSAF, A. (2011). Bootstrapped malmquist indices of Australian airports. *The Service Industries Journal*, 31(5), 829–846.

BEL, G.; FAGEDA, X. (2010). Privatization, regulation and airport pricing: an empirical analysis for Europe. *Journal of Regulatory Economics*, 37(2), 142–161.

BOSCH, A.; GARCÍA MONTALVO, J. (2003). Free and Nondiscriminatory Access to Airports: A Proposal for Latin America. *Working Paper*, Inter-American Development Bank, Washington, D.C.

CARVALLO, C (2008). *Experiencia chilena en concesiones aeroportuarias.* Santiago de Chile: Ministerio de Obras Públicas.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

CHEN, Y.; LAI, P.; PIBOONRUNGROJ, P. (2017). The relationship between airport performance and privatisation policy: A nonparametric metafrontier approach. *Journal of Transport Geography*, 62, 229–235.

COLL, V.; BLASCO, O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Valencia: Universidad de Valencia.

COOPER, W.W; SELFORD, L.M. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Springer e-books.

CURI, C.; GITTO, S.; MANCUSO, P. (2011). New evidence on the efficiency of Italian airports: A bootstrapped DEA analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45, 84-93.

CURI, C.; GITTO, S.; MANCUSO, P. (2010). The Italian airport industry in transitino: a performance analysis. *Journal of Air Transport Management*, 16, 2018–2221.

DÍAZ OLARIAGA, O. (2017). Políticas de privatización de aeropuertos. El caso de Colombia. *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal*, 29, 7-35.

DÍAZ OLARIAGA, O. (2016). Análisis de la evolución de las políticas públicas y de regulación en la industria aeroportuaria en Colombia. *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estata*l, 26, 7-42.

DÍAZ OLARIAGA, O. (2015). Relevancia actual de los ingresos comerciales aeroportuarios. *Estudios Gerenciales*, 31(137), 393-402.

DÍAZ OLARIAGA, O.; ÁVILA, J. (2015). Evolution of the airport and air transport industry in Colombia and its impact on the economy. *Journal of Airline and Airport Management*, 5(1), 39-66.

DNP (1994). *Reordenamiento institucional y plan de expansión del sistema aeroportuario – Documento CONPES 2727*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.

ENNEN, D.; BATOOL, I. (2018). Airport efficiency in Pakistan - A Data Envelopment Analysis with weight restrictions. *Journal of Air Transport Management*, 69, 205-212.

ESPIRITO SANTO, R.A. (2013). Airport privatization and Business Models: What Brazil has and what Brazil Needs. *VI WALA Conference*, Montreal.

GILLEN, D.; MANTIN, B. (2014). The importance of concession revenues in the privatization of airports. *Transportation Research Part E*, 68, 164–177.

GILLEN, D.; LALL, A. (1997). Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. *Transportation Research Part E*, 33(4), 261–273.

GITTO, S.; MANCUSO, P. (2012). Two faces of airport business: a non parametric analysis of the Italian airport industry. *Journal of Air Transport Management*, 20, 39–42.

GRAHAM, A. (2014). *Managing airports. An international perspective*. New York: Routledge.

GUTIERREZ, E.; LOZANO, S. (2016). Efficiency assessment and output maximization possibilities of European small and

medium sized airports. *Research in Transportation Economics*, 56, 3–14.
LAI, P.; POTTER, A.; BEYNON, M. (2012).The development of benchmarking techniques in airport performance evaluation research. *Transportation Journal*, 51(3), 305–337.
LIPOVICH, G. (2008). The privatization of Argentine airports. *Journal of Air Transport Management*, 14(1), 8–15.
LO STORTO, C. (2018). Ownership structure and the technical, cost, and revenue efficiency of Italian airports. *Utilities Policy*, 50, 175–193.
MALIGHETTI, P.; MARTINI, G.; PALEARI, S.; REDONDI, R. (2007). An Empirical Investigation on the Efficiency, Capacity and Ownership of Italian Airports. *Rivista di Politica Economica*, 157–188.
MARQUES, R.C.; SIMOES, P.; CARVALHO, P. (2015). The influence of the operational environment on efficiency of international airports. *Journal of Advanced Transportation*, 49(4), 511–522.
MARQUES, R.C.; BARROs, C.P. (2011). Performance of European airports: regulation, ownership and managerial efficiency. *Applied Economics Letters*, 18(1), 29–37.
MARTINI, G.; MANELLO, A.; SCOTTI, D. (2013). The influence of fleet mix, ownership and LCCs on airports'technical/environmental efficiency. *Transportation Research Part E*, 50(1), 37–52.
MENDIOLA, A.; ARÉVALO, G.; MARATUECH, P.; PÉREZ, J.; VALENCIA, J.C. (2011). *Concesión del aeropuerto Jorge Chávez: evaluación del valor generado*. Lima: ESAN Ediciones.
OUM, T.H.; YAN, J.; YU, C. (2008). Ownership forms matter for airport efficiency: a stochastic frontier investigation of worldwide airports. *Journal of Urban Economics*, 64(2), 422–435.
OUM, T.H.; ADLER, N.; YU, C. (2006). Privatization, corporatization, ownership forms and their effects on the performance of the world's major airports. *Journal of Air Transport Management*, 12(3), 109–121.
PERELMAN, S.; SEREBRISKY, T. (2012). Measuring the technical efficiency of airports in Latin America. Utilities *Policy*, 22, 1–7.
RAY, S.C. (2004). *Data envelopment analysis: theory and techniques for economics and operations research*. Cambridge: Cambridge University press.
RICO GALEANA, O. (2008). The privatization of Mexican airports. *Journal of Air Transport Management*, 14(6), 320-323.
SEREBRISKY, T. (2012). *Airport Economics in Latin America and the Caribbean*. Washington D.C.: The World Bank.
TSUI, W.; BALLI, H.; GILBEY, A.; GOW, H. (2014). Operational efficiency of Asia-Pacific airports. *Journal of Air Transport Management*, 40, 16-24.
WANKE, P.; BARROS, C. (2017). Efficiency thresholds and cost structure in Senegal airports. *Journal of Air Transport Management*, 58, 100-112.