



Evaluación de la eficiencia con enfoque de frontera en PyMEs proveedoras de servicios para operadoras de telefonía móvil

Efficiency assessment with a border approach in SMEs service providers for mobile telephony operators

PUMISACHO, Víctor H. [1](#); ALVARADO, Karla M. [2](#)

Recibido: 23/10/2018 • Aprobado: 26/01/2019 • Publicado 04/03/2019

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

El objetivo de este estudio es evaluar la eficiencia y productividad en pymes del sector servicios para operadoras de telefonía móvil. La evaluación de la eficiencia se realizó utilizando la técnica de análisis envolvente de datos orientado a entradas para rendimientos de escala variable; y, la evolución de la productividad se determinó utilizando el índice de Malmquist. Los resultados muestran a las empresas con las mejores prácticas, aunque la productividad promedio anual del sector presenta un cambio negativo.

Palabras clave: Eficiencia, productividad, análisis envolvente de datos, índice de Malmquist.

ABSTRACT:

The objective of this study is to evaluate the efficiency and productivity of SMEs in the service sector for mobile telephony operators. The evaluation of the efficiency was carried out using the data envelopment analysis technique oriented to inputs for variable scale returns; and, the evolution of productivity was determined using the Malmquist index. The results show the companies with the best practices, although the average annual productivity of the sector exhibits a negative change.

Keywords: Efficiency, productivity, data envelopment analysis, Malmquist index.

1. Introducción

En el año 2013, el gobierno ecuatoriano implementó una política de negociación en la concesión del espectro radioeléctrico para la implementación de la tecnología 4G con todas las operadoras de telefonía móvil. La primera operadora en obtener la concesión fue la empresa estatal de telecomunicaciones, en tanto que para las operadoras privadas fue un proceso que duró dos años y culminó recién a inicios del 2015. Según la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (Senatel), en el año 2014, la participación en el mercado de telefonía

móvil de las operadoras privadas para estos períodos bajó del 99,5% en el 2012 al 88,36% en el 2013 y al 45,0%.

Esta situación provocó una disminución de los proyectos para las empresas que pertenecen al sector en estudio, ya que son las operadoras privadas las que subcontratan el servicio de instalación y mantenimiento; en tanto que, la operadora estatal cuenta con recursos propios. Las empresas al servicio de las operadoras, esperando que la renegociación de la concesión de frecuencia se realice en un tiempo corto, hicieron los esfuerzos necesarios para mantener la mano de obra especializada recurriendo al endeudamiento a través de préstamos que permitan compensar la merma en sus ingresos.

En situaciones empresariales difíciles, la evaluación del desempeño y la evaluación comparativa ayudan a que las compañías sean más productivas y eficientes (Zhu, 2014). En estas evaluaciones se incluye un conjunto de medidas de desempeño tales como la productividad y la eficiencia en el uso de recursos para obtener productos o servicios con valor (Cooper, Seiford & Zhu, 2011).

Conceptualmente, la eficiencia de un sistema en general o de una empresa en particular, es definida como la razón entre el valor ponderado de sus salidas y el valor ponderado de sus entradas (Senra, Nanci, Soares de Mello & Angulo-Meza, 2007). También es aceptado colectivamente que es más eficiente aquella empresa que con las mismas entradas obtiene más producto, o aquella que para la misma cantidad de producto obtenido emplea menos entradas. Sin embargo, las unidades productivas pueden emplear distintas combinaciones de entradas en el tiempo, al igual que otras unidades con las que se compara, esto hace que la medición de la eficiencia productiva no sea directa sino más bien relativa (Cook, Tone & Zhu, 2014).

En lugar de definir la eficiencia como la relación entre productos e insumos, esta puede ser descrita como la distancia entre la cantidad de entrada y salida, y la cantidad de entrada y salida que define una frontera, la mejor frontera posible para una empresa en su sector o industria (Daraio & Simar, 2007). Según Novaes, Silveira & Medeiros (2010) la ineficiencia de una DMU está representada por la distancia desde el punto que representa sus valores de entrada y salida observados al punto de referencia correspondiente en la frontera de producción, por tanto, se puede decir que está causado por el uso no adecuado de entradas y/o salidas.

Similar, pero no igual, es el concepto de productividad. La productividad de una entidad organizacional productiva se puede concebir como la relación entre su producción y el o los factores que hicieron esto posible (Coelli, Rao, O'Donnell & Battese, 2005). En consecuencia, el crecimiento de la productividad se resume como la diferencia entre el crecimiento del producto y el crecimiento de insumos utilizados (Fried, Lovell & Schmidt, 2008).

Ante la situación de crisis de las pymes en estudio, evaluar la eficiencia de estas empresas y del sector resulta ineludible, para identificar a aquellas pymes más eficientes y considerarlas como referentes para emitir recomendaciones a las demás unidades, de tal manera que se pueda optimizar los recursos y mantener o inclusive mejorar la productividad en el tiempo. Por este motivo, el objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia de pymes del sector de servicios para operadoras de telefonía móvil, localizadas en Quito, durante los años 2013 y 2014; y, determinar la evolución su productividad anual.

En este trabajo para medir la eficiencia se utilizó la técnica conocida como Análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis-DEA), que consiste en un modelo no paramétrico que genera una frontera eficiente a partir de las mejores prácticas observadas en una muestra y está sustentada en métodos de programación matemática; y, para medir el cambio de productividad se usó el índice Malmquist (*Malmquist Productivity Index-MPI*).

1.1. Contextualización del sector

Las empresas que conforman el sector en estudio, se dedican a la prestación de servicios para realizar las tareas de instalación, operación y mantenimiento de las redes de telefonía móvil en Quito, capital del Ecuador. El sector objeto de análisis, aún se encuentra en desarrollo, ya que la mayor parte de las empresas que lo conforman, inician su

funcionamiento con la llegada de la tecnología 3G al país, recién en el año 2009.

Las características principales de las empresas que conforman el sector son:

- Proveer servicios de operación y mantenimiento de equipos de telecomunicaciones.
- Tener registrado a Quito como su domicilio.
- Declarar más del 50% de sus ingresos provenientes de la prestación de servicios.

De acuerdo con los volúmenes de ventas registradas en la Superintendencia de Compañías, el sector en estudio está conformado por 9 microempresas, 17 pequeñas y, 5 medianas (22 pymes). Así, el sector se encuentra dividido en tres grupos, el 29% correspondiente a microempresas, el 55% corresponde a pequeñas empresas y, el 16% a medianas (es decir, el 71% corresponde a pymes).

2. Metodología

2.1. Estimación de la eficiencia

En estudios de eficiencia, resulta común considerar a una empresa como una unidad tomadora de decisiones (*Decision Make Unit - DMU*). El análisis envolvente de datos (*DEA*) es un abordaje basado en la propuesta de Farrell (1957) de medir la eficiencia de una *DMU* considerando múltiples entradas y salidas. Fue propuesto inicialmente como el modelo *CCR* (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978), y estuvo fundamentado en rendimientos a escala constantes (*Constant Return Scale-CRS*). Más adelante se propone el modelo *BCC* (Banker, Charnes & Cooper, 1984), que se basa en rendimientos a escala variables (*Variable Return Scale-VRS*) que es más flexible que el modelo *CCR*.

Estos dos modelos *DEA* tienen a su vez dos enfoques de análisis, el modelo orientado a entradas y el modelo orientado a salidas. El modelo orientado a las entradas pretende minimizar el nivel de entradas manteniendo el nivel actual de salidas, en cambio el modelo orientado a las salidas apunta a maximizar el nivel de salidas dado el nivel actual de entradas (Örkcü, Balikçi, Dogan & Genç, 2016).

En el presente estudio se aplicó el análisis *DEA* en modelo *BCC* orientado a entradas para rendimientos de escala variables (*VRS*); es decir, se enfocó a la minimización de las entradas manteniendo las salidas constantes. Según Banker, Cooper, Seiford, Thrall & Zhu (2004), este modelo tiene la forma que muestra la ecuación [1], donde θ y λ_j representan los valores de entradas y salidas de cada j ; es decir, hay n *DMUs* evaluadas en términos de m entradas y s salidas:

$$\begin{aligned} \text{Minimizar} \quad & \theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{i=1}^m s_i^+) \\ \text{Sujeto a} \quad & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{i0} \quad i=1,2,\dots,m; \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{r0} \quad r=1,2,\dots,s; \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall j,i,r \end{aligned} \quad [1]$$

donde, θ es el índice de eficiencia, ε es un número positivo pequeño, s_i^- y s_r^+ son holguras de entradas y salidas, respectivamente y λ_j es la variable dual o el vector escalar asociado con cada *DMU*. La principal meta de este modelo propuesto es mostrar si una *DMU* es ineficiente o no; según Cooper *et al.* (2011), el desempeño de una *DMU* es completamente eficiente si y solo si θ es equivalente a 1 y todas las holguras son cero, de otra forma la *DMU* se considera ineficiente, concordando con las condiciones de eficiencia de Farrell (1957) y con las condiciones de holgura de Pareto-Koopmans (Charnes, Cooper, Golany, Seiford & Stutz, 1985).

Los modelos *DEA* pueden identificar entidades comparables y sugerir el grado de mejora para llegar a ser unidades eficientes (Bulak & Turkyilmaz, 2014). Mediante esta técnica, dada una cierta *DMU*, se puede identificar otras *DMUs* que sirven para construir la *DMU*

“virtual” con la que se comparará la *DMU* en análisis.

2.2. Evolución de la productividad total de los factores

El índice de productividad Malmquist (*MPI*) fue desarrollado por Caves, Christensen & Diewert (1982), basado en los números índices propuestos por Malmquist (1953), para medir el cambio de productividad total de los factores (*TFP*) de un sector de servicios entre dos períodos adyacentes. En forma práctica la *TFP* mide las mejoras de eficiencia en los procesos productivos y el progreso tecnológico (Diewert & Nakamura, 2005).

Färe, Grosskopf, Lindgren & Roos (1994), proponen el cálculo del índice *MPI* basado en el *DEA* y en la programación lineal. El índice *MPI* a través del análisis envolvente de datos define funciones de distancia orientadas a entradas que caracterizan una tecnología por la máxima contracción proporcional posible en el uso de entradas, mientras los niveles de producción se mantienen constantes; o bien, orientadas a la producción, que consideran la expansión proporcional máxima del vector de producción, dadas las entradas invariables.

El índice de Malmquist mide la variación de la productividad total a través del cambio de la eficiencia técnica y el cambio tecnológico, y se obtiene a partir de la ecuación [2] propuesta por Färe *et al.* (1994):

$$MPI_i(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \frac{D_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_i^t(x_t, y_t)} \left[\frac{D_i^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_i^t(x_t, y_t)}{D_i^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad [2]$$

En esta expresión, el cambio en el nivel de eficiencia técnica relativa (*Efficiency Change-EC*) está representado por la ecuación [3].

$$EC = \frac{D_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_i^t(x_t, y_t)} \quad [3]$$

Es decir, *EC* captura los cambios de la eficiencia técnica entre los períodos t y $t+1$ e indica si la *DMU* se está acercando o se está alejando de la frontera eficiente, por tanto, *EC* puede tomar valores menores, iguales o mayores que 1, de acuerdo a si existió mejora, mantenimiento o disminución de la eficiencia técnica (Marques & Silva, 2006).

En la misma ecuación [2], la variación de la tecnología de la producción (*Technical Change-TC*), está representado por la ecuación [4].

$$TC = \left[\frac{D_i^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_i^t(x_t, y_t)}{D_i^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} \quad [4]$$

Por tanto, *TC* captura el cambio en tecnología entre los períodos t y $t+1$. Un valor mayor que 1 significa que la industria usa menos entradas en el período $t+1$ comparado con el período t (para el modelo orientado a las entradas). Un valor menor que 1 representaría el uso de una mayor cantidad de entradas para obtener las mismas salidas; y, un valor igual a 1 indicaría que no existió ningún cambio en el uso de las entradas.

En otras palabras, el índice de productividad Malmquist (*MPI*) puede ser expresado como el producto del cambio de eficiencia (*EC*) por el cambio tecnológico (*TC*). En consecuencia, si la *DMU* tiene entre los períodos t y $t+1$ una mejora de productividad entonces el índice *MPI* será mayor que 1; si ocurre lo contrario será menor que 1; y si no existe ningún cambio, el resultado será igual a 1.

El índice de productividad Malmquist y sus componentes están basados en la medición de la eficiencia cuyo cálculo puede ser realizado a través del método no paramétrico *DEA*. Para hallar el valor del índice *MPI* se debe calcular las cuatro funciones de distancia incluidas en la ecuación [2], lo que implica resolver al menos cuatro problemas de programación lineal o más, si el componente de cambio tecnológico es descompuesto, esto se ve facilitado con el uso de un software apropiado (Lovell, 1996).

2.3. Determinación de datos y variables

En esta investigación se realizó el análisis de eficiencia y evolución de la productividad de 22 pymes del sector de servicios de operación y mantenimiento para operadoras de telefonía móvil en Quito, durante los años 2013 y 2014. El número de pymes del sector de servicios con los datos completos para los dos años, cumplen con el criterio sugerido por Cooper, Seifor & Tone (2007) representado por la ecuación [5]:

$$\# \text{ DMUs} \geq \max \{m \times s, 3(m + s)\} \quad [5]$$

donde m es el número de inputs y s es el número de outputs en el análisis.

Los datos utilizados en el presente estudio fueron obtenidos de balances de situación y de resultados integrales correspondientes a los años en estudio, entregados por cada una de las empresas a la Superintendencia de Compañías del Ecuador.

La revisión de la literatura muestra que existen muchos casos de medición de eficiencia y análisis de cambios de productividad, en diversos sectores productivos y de servicios, con variables de entrada y salida reconocidas. En el presente estudio, dadas las limitaciones en la información disponible y completa, los factores que se consideraron claves para analizar éste sector de servicio fueron tres.

En la Tabla 1 se describe los *inputs* y *outputs* escogidos para el análisis. Las variables de entrada establecidas son: nivel de endeudamiento y, gasto operativo (en dólares); y, la variable de salida fue ventas anuales (en dólares). Los *inputs* seleccionados son considerados como factores clave para la actividad productiva en una *DMU* (Bulak & Turkyilmaz, 2014).

Tabla 1
Inputs y Outputs seleccionados para el análisis de eficiencia

Variables		Descripción
Inputs	Nivel de endeudamiento ()	El índice de nivel de endeudamiento (NE) permite determinar el nivel de participación de los acreedores externos dentro de la <i>DMU</i> y corresponde a la relación de pagos a las deudas con respecto a los ingresos, es decir, el NE es igual al Pasivo total dividido por el Activo total correspondiente a un año específico.
	Gasto operativo ()	Es el valor de bienes y servicios recibidos y utilizados por la empresa para el desarrollo normal de sus actividades dentro de un período económico.
Outputs	Ventas anuales ()	Ingresos por venta de bienes producidos por la <i>DMU</i> .

Fuente: Elaboración propia

Los gastos operativos y la facturación anual fueron medidos al finalizar cada período anual. El resumen estadístico de estos datos se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2
Resumen estadístico de las variables de entrada y salida

Año	Estadísticas	Entradas		Salida
		x_1	x_2	y_1
	Promedio	0,85	393.719,00	561.338,73

2013	Desviación estándar	0,83	682.454,34	761.570,41
	Máximo	3,17	3.064.967,00	3.162.577,00
	Mínimo	0,02	31.191,00	20.032,00
2014	Promedio	0,72	500.129,77	564.457,77
	Desviación estándar	0,76	691.276,12	723.189,20
	Máximo	3,76	2.840.114,00	2.879.331,00
	Mínimo	0,03	51.351,00	58.910,00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se presenta el grado de asociación lineal entre cada par de variables, mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson. De acuerdo a los valores hallados del coeficiente de correlación entre las variables de entrada (*inputs*) se puede indicar que no presentan una correlación significativa entre ellos, lo que favorece la robustez del modelo. Analizando la correlación entre el *input* x_1 (Nivel de endeudamiento) y el *output* y_1 (Ventas anuales) se puede señalar que no presentan en ningún año una correlación significativa entre ellos; en cambio el *input* x_2 (Gasto operativo) y el *output* y_1 (Ventas anuales) presentan un coeficiente de correlación bastante alto en ambos años (0,918 y 0,977). Esto indica la existencia de diferentes fortalezas en las relaciones causa-efecto entre *inputs* y *outputs*.

Tabla 3
Asociación lineal según el coeficiente de correlación de Pearson.

Año	Variables	x_1	x_2	y_1
2013	x_1	1	-0,227	-0,262
	x_2		1	0,918**
	y_1			1
2014	x_1	1	-0,218	-0,237
	x_2		1	0,977**
	y_1			1

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)
Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos se realizó el análisis de eficiencia utilizando el programa computacional *Data Envelopment Analysis Program (DEAP)*, en la versión 2.1, distribuido por el Centro para el análisis de eficiencia y productividad de la Universidad de Nueva Inglaterra (Barr, 2004).

3. Resultados

3.1. Resultados de eficiencia

Con los datos de las 22 pymes en estudio, se evaluó la eficiencia a través de la técnica *DEA* con enfoque de modelo *BCC input-orientado*, obteniéndose los resultados que se exhiben en la Tabla 4.

Una revisión de esta tabla, revela que alrededor de un tercio de las empresas en estudio tienen un puntaje de eficiencia alto (100%), 8 en el 2013 y 6 en el 2014. Las unidades *DMU7*, *DMU9*, *DMU19*, *DMU20* y *DMU21* fueron las empresas más eficientes durante estos dos años. Por otro lado las unidades *DMU10*, *DMU11* y, *DMU15* fueron las empresas con más baja eficiencia, menores al 50%, en los dos años.

Una empresa que en el 2013 tenía una alta eficiencia aunque sin llegar al 100%, y que en el 2014 alcanza ser parte de la frontera, es el caso de la unidad *DMU2*. Así mismo, se puede apreciar que la *DMU5*, *DMU6* y, *DMU8* tuvieron un alto puntaje de eficiencia en el 2013 pero disminuyeron en el 2014.

El resto de empresas en estudio presentan puntuaciones de ineficiencia, aunque algunas de ellas evidencian una mejora de un año a otro.

Tabla 4
Puntuaciones de Eficiencia durante los períodos 2013 y 2014.

Empresa	2013	2014
<i>DMU1</i>	0,320	0,637
<i>DMU2</i>	0,901	1,000
<i>DMU3</i>	0,983	0,482
<i>DMU4</i>	0,251	0,569
<i>DMU5</i>	1,000	0,991
<i>DMU6</i>	1,000	0,587
<i>DMU7</i>	1,000	1,000
<i>DMU8</i>	1,000	0,819
<i>DMU9</i>	1,000	1,000
<i>DMU10</i>	0,188	0,439
<i>DMU11</i>	0,275	0,460
<i>DMU12</i>	0,538	0,475
<i>DMU13</i>	0,622	0,716
<i>DMU14</i>	0,531	0,574
<i>DMU15</i>	0,499	0,448
<i>DMU16</i>	0,614	0,575

<i>DMU17</i>	0,449	0,546
<i>DMU18</i>	0,517	0,790
<i>DMU19</i>	1,000	1,000
<i>DMU20</i>	1,000	1,000
<i>DMU21</i>	1,000	1,000
<i>DMU22</i>	0,261	0,535
Promedio	0,680	0,711
Unidades eficientes	8	6

Fuente: Elaboración propia

3.2. Resultados del cambio de productividad

Para investigar el cambio de productividad total en cada empresa en estudio, fue usado el índice de productividad de Malmquist, para determinar si existió un aumento o disminución de la productividad total y sus componentes, del 2013 al 2014.

El *MPI*, según Jacobs, Smith & Street (2006), puede ser descompuesto en dos componentes básicos: cambio en eficiencia técnica (*EC*) y cambio en tecnología (*TC*). A su vez *EC* también puede ser descompuesto en cambio de eficiencia pura (*pech*) y el cambio de eficiencia de escala (*sech*). Las puntuaciones de éstos índices de las empresas en estudio durante los años 2013 y 2014 son presentadas en la Tabla 5.

Tabla 5
Cambio en la productividad y sus componentes del 2013 al 2014.

Empresa	<i>EC</i>	<i>TC</i>	<i>pech</i>	<i>sech</i>	<i>MPI</i>
<i>DMU1</i>	6,652	0,375	1,989	3,344	2,494
<i>DMU2</i>	2,530	0,425	1,110	2,279	1,075
<i>DMU3</i>	1,193	0,332	0,490	2,436	0,396
<i>DMU4</i>	2,350	0,782	2,270	1,035	1,839
<i>DMU5</i>	1,274	0,824	0,991	1,286	1,050
<i>DMU6</i>	4,822	0,353	0,587	8,216	1,702
<i>DMU7</i>	1,000	0,586	1,000	1,000	0,586
<i>DMU8</i>	0,348	0,359	0,819	0,425	0,125
<i>DMU9</i>	1,068	0,916	1,000	1,068	0,978

<i>DMU10</i>	1,884	0,538	2,335	0,807	1,014
<i>DMU11</i>	1,421	0,687	1,674	0,849	0,976
<i>DMU12</i>	0,917	0,444	0,883	1,038	0,407
<i>DMU13</i>	0,615	0,798	1,152	0,534	0,491
<i>DMU14</i>	1,405	0,423	1,081	1,300	0,595
<i>DMU15</i>	0,890	0,588	0,898	0,991	0,523
<i>DMU16</i>	1,236	0,457	0,936	1,320	0,564
<i>DMU17</i>	1,360	0,557	1,217	1,117	0,757
<i>DMU18</i>	1,669	0,775	1,528	1,093	1,293
<i>DMU19</i>	0,934	0,918	1,000	0,934	0,857
<i>DMU20</i>	1,082	0,883	1,000	1,082	0,955
<i>DMU21</i>	0,900	0,884	1,000	0,900	0,795
<i>DMU22</i>	1,656	0,752	2,054	0,806	1,245
Media geométrica	1,359	0,587	1,135	1,198	0,797
Unidades que incrementaron su índice	15	0	10	13	8

Fuente: Elaboración propia

Las puntuaciones *EC*, *TC* y *MPI* mayores que 1 indican un crecimiento de la eficiencia técnica, un progreso tecnológico y un aumento en la productividad total, respectivamente.

En los resultados obtenidos, se puede observar que 8 empresas entre el 2013 y el 2014 tuvieron un crecimiento de la productividad total de los factores representado por el *MPI*, pero a pesar de esto el sector de servicios al cual pertenecen las empresas en estudio no tuvo un crecimiento en su productividad, esto lo sustenta la media geométrica de 0,797.

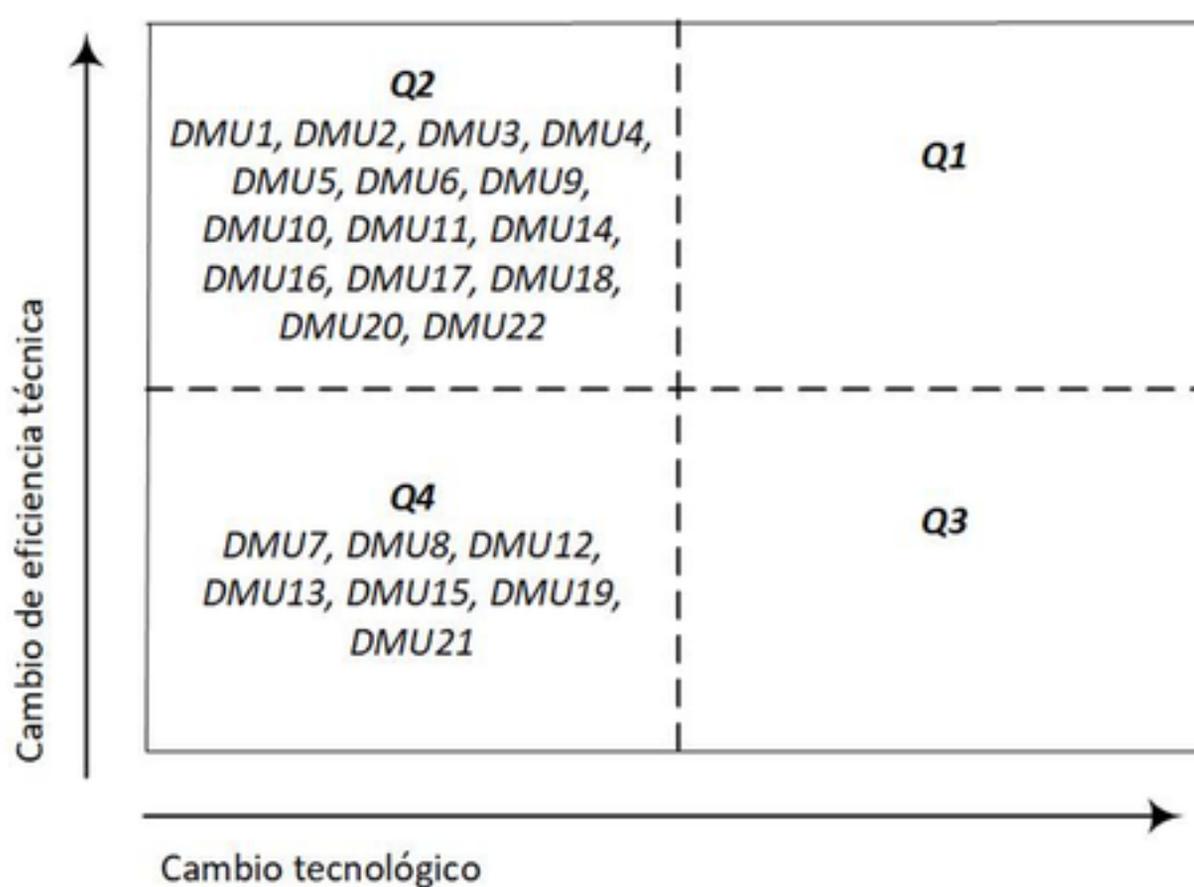
Este resultado del sector se puede explicar por las bajas puntuaciones en el índice de cambio tecnológico, indicando que ninguna empresa del sector logró progresar técnicamente durante estos años, lo cual se corrobora con los valores de media geométrica (0,587).

Por otra parte, 15 empresas evidencian que aumentaron su eficiencia técnica (*EC*), lo cual se ve favorecido tanto por el cambio positivo en la eficiencia pura (*pech*) y en la eficiencia de escala (*sech*); pero debido al impacto negativo del cambio tecnológico (*TC*) no se refleja esta mejora en la productividad total de los factores para el sector.

Basado en los resultados de la Tabla 5, y de acuerdo a Barros (2005) y González-Rodríguez, Martín-Samper & Giuliani (2015), las 22 *DMUs* en estudio han sido ubicadas en el cuadrante de eficiencia correspondiente, según la combinación de cambio en eficiencia técnica y cambio tecnológico (Figura 1).

Figura 1

Distribución de las *DMUs* en los cuadrantes de eficiencia combinada



Fuente: Elaboración propia

En el cuadrante *Q1* se deberían ubicar empresas que incrementaron su eficiencia técnica al mismo tiempo que alcanzaron también un cambio positivo en la tecnología. En el presente estudio, ninguna empresa del sector se ubica en este cuadrante.

El cuadrante *Q2* abarca 15 empresas, las cuales evidenciaron un incremento en la eficiencia técnica pero al mismo tiempo tuvieron una declinación en el cambio tecnológico. Una vez que se alcance estabilidad en la mejora, se recomienda que estas empresas adquieran nuevas tecnologías o introduzcan nuevas prácticas para agregar valor a sus servicios y de esta forma pasen a ubicarse en el cuadrante 1 correspondiente al más alto desempeño empresarial.

Al cuadrante *Q3*, corresponden empresas caracterizadas por una declinación en la eficiencia técnica en paralelo con un incremento en el cambio tecnológico. En este estudio ninguna empresa se localiza en este cuadrante.

El cuadrante *Q4* incluye a 7 empresas, en las cuales ocurrió una declinación en la eficiencia técnica en combinación con el decrecimiento en cambio tecnológico. Representan las empresas más ineficientes del sector y, requieren tomar acciones que actualicen los factores organizacionales al mismo tiempo que incluyan inversiones en tecnología.

Finalmente, se puede apreciar que las empresas agrupadas en *Q2* y *Q4*, las cuales están caracterizadas por una declinación en el cambio tecnológico, representan el 100% de las *DMUs* evaluadas. Esta situación manifiesta el efecto negativo en estas empresas de la crisis económica del país sobre las inversiones en tecnología o nuevos métodos para mejorar las habilidades organizativas.

4. Conclusiones

La evaluación de la eficiencia y productividad de cualquier organización es importante para la toma de decisiones oportunas y así asegurar un buen desempeño en sus operaciones. En el presente estudio se investigó la eficiencia, usando la técnica de análisis envolvente de datos (*DEA*), de 22 pymes del sector de servicios de operación y mantenimiento para operadoras de telefonía móvil en Quito durante los años 2013 y 2014.

El presente estudio determinó que solo cinco empresas muestran una eficiencia alta en los dos años de evaluación. Además tres empresas que en el 2013 eran eficientes en el 2014 dejaron de serlo. Solamente una empresa que no estaba en la frontera eficiente en el 2013 llegó al 100% en el 2014. En consecuencia, identificar a las unidades eficientes, permite hacer un análisis de las técnicas operativas utilizadas en estas pymes lo que puede ser útil

para el resto de empresas que han mostrado ser ineficientes.

Un objetivo de este trabajo también fue analizar la evolución de la productividad de estas empresas del 2013 al 2014, aplicando el índice de productividad Malmquist (*MPI*) y sus dos componentes: cambio de eficiencia técnica (*EC*) y cambio tecnológico (*TC*). A pesar de evidenciar que 15 empresas tuvieron un incremento en la eficiencia técnica, ninguna tuvo un progreso tecnológico lo cual influyó para que solamente 8 empresas muestren un crecimiento de productividad total y, en consecuencia el sector de servicios al cual pertenecen estas empresas no demuestre un crecimiento de productividad general.

Entre las principales limitaciones de este estudio estuvo la dificultad de definir en forma exacta el número de empresas que conforman el sector; y, la disponibilidad de datos que puedan ampliar el número de variables de entrada y salida en el estudio.

Una extensión del presente trabajo puede incluir más datos como la mano de obra, costo y tiempo de traslado para la entrega del servicio; lo cual puede confirmar o no los hallazgos encontrados en este estudio.

Referencias bibliográficas

- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and scale in-efficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>.
- Banker, R., Cooper, W., Seiford, L., Thrall, R., & Zhu, J. (2004). Returns to scale in different DEA models. *European Journal of Operational Research*, 154, 345-362. doi:10.1016/S0377-2217(03)00174-7.
- Barr, R. (2004). DEA Software Tools and Technology. In: *Handbook on Data Envelopment Analysis*, 71. Boston: Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-7798-X_18.
- Barros, C. (2005). Evaluating the Efficiency of a Small Hotel Chain with a Malmquist Productivity Index. *International Journal of Tourism Research*, 7(3), 173-184. DOI: 10.1002/jtr.529.
- Bulak, M., & Turkyilmaz, A. (2014). Performance assessment of manufacturing SMEs, a frontier approach. *Industrial Management & Data Systems*, 114(5), 797-816. <https://doi.org/10.1108/IMDS-11-2013-0475>.
- Caves, D., Christensen, L., & Diewert, W. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393-1414. doi: 10.2307/1913388.
- Charnes, A., Cooper, W., Golany, B., Seiford, L., & Stutz, J. (1985). Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. *Journal of Econometrics*, 30(1-2), 91-107. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(85\)90133-2](https://doi.org/10.1016/0304-4076(85)90133-2).
- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8).
- Coelli, T., Rao, D., O'Donnell, C., & Battese, G. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. New York: Springer.
- Cook, W. D., Tone, K., & Zhu, J. (2014). Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. *OMEGA*, 44(C), 1-4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.004>.
- Cooper, W., Seifor, L., & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. New York: Springer-Verlag.
- Cooper, W., Seiford, L., & Zhu, J. (2011). Data envelopment analysis: History, models, and interpretations. In *Handbook on Data Envelopment Analysis* (pp, 1-39). Boston: Springer. DOI 10.1007/978-1-4419-6151-8_1.
- Daraio, C., & Simar, L. (2007). *Advanced Robust and Nonparametric Methods in Efficiency Analysis Methodology and Applications*. New York: Springer. <http://hdl.handle.net/2078.1/172989>.

Diewert, W., & Nakamura, A. (2005). Concepts and Measures of Productivity: An Introduction. In *Services Industries and the Knowledge Based Economy*. Calgary: University of Calgary Press.

Färe, R., Grosskopf, Sh., Lindgren, B., & Roos, P. (1994). Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach. In *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications* (253-272). New York: Springer. DOI: 10.1007/978-94-011-0637-5.

Farrell, M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)*, 120(3), 253-290. <http://dx.doi.org/10.2307/2343100>.

Fried, H., Lovell, C., & Schmidt, Sh. (2008). *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*. New York: Oxford University Press.

González-Rodríguez, M., Martín-Samper, R., & Giuliani, A. (2015). Evaluating the efficiency progress with technology in a Spanish hotel chain. *Revista de Administração de Empresas*, 55(5), 551-562. <https://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020150507>.

Jacobs, R., Smith, P., & Street, A. (2006). *Measuring Efficiency in Health Care: Analytic Techniques and Health Policy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lovell, C. (1996). Applying Efficiency Measurement Techniques to The Measurement of Productivity Change. *Journal of Productivity Analysis*, 7(2/3), 329-340.

Malmquist, S. (1953). Index Number and Indifference Surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4(2), 209-242. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03006863>

Marques, R., & Silva, D. (2006). Análise da variação da produtividade dos serviços de água Portugueses entre 1994 e 2001 usando a abordagem de Malmquist. *Pesquisa Operacional*, 26(1), 145-168. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382006000100008>.

Novaes, A., Silveira, S., & Medeiros, H. (2010). Efficiency and productivity analysis of the interstate bus transportation industry in Brazil. *Pesquisa Operacional*, 30(2), 465-485. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382010000200012>.

Örkcü, H., Balikçi, C., Dogan, M., & Genç, A. (2016). An evaluation of the operational efficiency of turkish airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index, 2009-2014 case. *Transport Policy*, 48(C), 92-104. DOI:10.1016/j.tranpol.2016.02.008.

Senra, L., Nanci, L., Soares de Mello, J., & Angulo-Meza, L. (2007). Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. *Pesquisa Operacional*, 27(2), 191-207. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382007000200001>.

Zhu, J. (2014). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets*. New York: Springer.

1. Profesor principal. Departamento de Ciencias Administrativas. Escuela Politécnica Nacional. Magister en Ingeniería Industrial. victor.pumisacho@epn.edu.ec

2. Profesora principal. Departamento de Ciencias Administrativas. Escuela Politécnica Nacional. Maestra en Administración. karla.alvarado@epn.edu.ec
