

PRODUCTIVIDAD, EFICIENCIA Y SUS FACTORES EXPLICATIVOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA 2005-2010

Justo de Jorge Moreno
Ovidio López Robayo
Javier Díaz Castro

De Jorge-Moreno, J., López, O., & Díaz Castro, J. (2014). Productividad, eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2010. *Cuadernos de Economía*, 33(63), 569-588.

Este artículo analiza la productividad, la eficiencia y sus factores determinantes en cuatro sectores de la construcción en Colombia: construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, actividades inmobiliarias y adecuación de obras de la construcción en el período 2005-2010. Los resultados con la aplicación de la

J. de Jorge Moreno

Profesor titular Universidad de Alcalá, Madrid, España. Correo electrónico: justo.dejorge@uah.es.

O. López Robayo

Profesor Corporación Universitaria de Colombia IDEAS, Bogotá, Colombia.

Correo electrónico: ovllopezz@hotmail.com.

J. Díaz Castro

Profesor tiempo completo Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Colombia.

Correo electrónico: javier.diazc@campusucc.edu.co.

Este artículo fue recibido el 16 de agosto de 2013, ajustado el 8 de febrero de 2014 y su publicación aprobada el 16 de febrero de 2014.

metodología DEA, revelan que tan solo este último sector experimenta crecimientos acumulados de la productividad en un 0,1%. El análisis de la eficiencia muestra bajos niveles de esta que oscilan entre 78% y 54%. Por último, los factores explicativos de la eficiencia han resultado ser la cuota de mercado y el tamaño empresarial.

Palabras clave: eficiencia, productividad, concentración de mercado, tamaño empresarial, crecimiento económico.

JEL: C61, O54, O14, O42.

De Jorge-Moreno, J., López, O., & Díaz Castro, J. (2014). Productivity, efficiency and the explanatory factors in the construction sector in Colombia 2005-2010. *Cuadernos de Economía*, 33(63), 569-588.

This paper analyzes the total factor productivity, efficiency and its determinants in four construction sectors in Colombia: residential, civil works, Real estate, and Adequacy during the period 2005-2010. The results with the application of the DEA methodology reveal that only the latter sector undergoes cumulative productivity increases by 0.1%. Efficiency analysis shows low levels thereof ranging between 78% and 54%. Finally it was discovered that the explanatory factors of efficiency are market share and firm size.

Keywords: Efficiency, productivity, market share, size, economic growth.

JEL: C61, O54, O14, O42.

De Jorge-Moreno, J., López, O., & Díaz Castro, J. (2014). Productivité, efficacité et leurs facteurs explicatifs dans le secteur de la construction en Colombie, de 2005 à 2010. *Cuadernos de Economía*, 33(63), 569-588.

Ce travail analyse la productivité, l'efficacité et leurs facteurs déterminants dans les quatre secteurs de la construction en Colombie : construction de logements, travaux publics, activités immobilières et adéquation des travaux de construction pendant la période 2005-2010. Les résultats obtenus avec la méthodologie DEA montrent que, à lui seul, ce dernier secteur a connu une croissance cumulée de la productivité de 0,1%. L'analyse de l'efficacité montre de bas niveaux qui varient entre 78% et 54% : Finalement, les raisons de l'efficacité sont la cote du marché et la taille de l'entreprise.

Mots-clés : Efficacité, productivité, concentration du marché, dimension de l'entreprise, croissance économique.

JEL : C61, O54, O14, O42.

De Jorge-Moreno, J., López, O., & Díaz Castro, J. (2014). Produtividade, eficiência e seus fatores explicativos no setor da construção na Colômbia 2005-2010. *Cuadernos de Economía*, 33(63), 569-588.

Este trabalho analisa a produtividade, a eficiência e seus fatores determinantes em quatro setores da construção na Colômbia: Construção de prédios residen-

ciais, obras civis, atividades imobiliárias e adequação de obras no período 2005-2010. Os resultados com a aplicação da metodologia DEA revelam que só este último setor tem crescimento acumulado da produtividade de 0,1%. A análise da eficiência mostra baixos níveis da mesma que variam entre 78% e 54%. Finalmente, os fatores explicativos da eficiência resultaram ser a quota de mercado e o tamanho empresarial.

Palavras-chave: Eficiência, produtividade, concentração de mercado, tamanho empresarial, crescimento econômico.

JEL: C61, O54, O14, O42.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción en Colombia ha tenido grandes avances en los últimos años y ha generado un impacto significativo en todo el contexto de la economía colombiana. No solo es evidente de que el sector de la construcción se encuentra en una fase expansiva, sino que también su participación dentro del PIB (producto interno bruto) ha ganado mayor importancia después de la crisis de 1999 (Cama-col, 2008).

El análisis del sector de la construcción, desde una perspectiva macroeconómica, ha sido analizado por diversos autores: Herrera (1988), Junguito, López, Misas y Sarmiento (1995), Cárdenas, Cadena y Quintero (2004), Cárdenas y Hernández (2006), entre otros. Estos autores utilizan modelos econométricos con ecuaciones de oferta y demanda. Sus objetivos se establecen en algunos casos con relación al análisis del rendimiento del sector. Por ejemplo: Herrera (1988), por medio de las licencias de construcción y los determinantes de aquel como el crédito para la financiación de viviendas, crecimiento económico del PIB per cápita, el precio relativo de la vivienda y la tasa de interés real. Otros autores como Cárdenas *et al.* (2004), utilizan los desembolsos de crédito, la tasa hipotecaria y de desempleo, las remesas y los flujos de capital exterior.

La perspectiva que adopta este trabajo es microeconómica en el campo de las empresas. En particular, los objetivos que se plantean se relacionan con el análisis de la productividad, la eficiencia y sus factores determinantes con métodos frontera no paramétricos DEA (*Data Envelopment Analysis*) para el período 2005-2010 y para cuatro sectores de actividad: construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias. A pesar de la proliferación de trabajos que emplean esta misma metodología para los sectores colombianos, como por ejemplo: Polanía (1999), Peñaloza (2003) y Pinzón (2003): sector de hospitales; López y Palacios (2002), Janna (2003) y Almanza-Ramírez (2012): sector bancario; Visbal (2004): sector educativo; Ruiz (2004): instituciones jurídicas; Rojas (2005): sector seguros; Castro y Salazar (2011): sector agroquímico, salvo error ningún trabajo ha analizado el sector de la construcción desde la perspectiva que aborda este trabajo. De ámbito internacional pueden considerarse los trabajos de Chiang, Li, Tracy y Choi (2013), que analizan los sectores de la construcción en Hong Kong; de Wang, Ye y Yuan (2010) en Shanghai, o de Chiang, Cheng y Tang (2006) en Japón, entre otros.

Con estas consideraciones y con objeto de rellenar el hueco existente en el campo de la literatura empírica en el contexto colombiano, el presente trabajo aborda los siguientes objetivos atendiendo a los diferentes sectores de actividad: a) el análisis comparativo del crecimiento de la productividad y sus componentes y b) los factores explicativos de la eficiencia. En concreto, se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Existen diferencias de crecimiento de la productividad y la eficiencia intrasectorial en los sectores de la construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades

inmobiliarias en Colombia? ¿Cuáles son los factores explicativos de la eficiencia y qué relación guarda la evolución de esta con la dinámica de los mercados y el desarrollo económico?

Una vez definidos los objetivos, el trabajo se organiza de la siguiente manera: en la primera sección, se analiza el entorno del sector de la construcción en comparación con la totalidad de los sectores de la economía colombiana; en la siguiente sección, se describen las principales características descriptivas de las variables utilizadas; a continuación se aborda la metodología utilizada; luego se presentan los resultados: medición de la productividad, eficiencia y sus factores explicativos. Finalmente, se recogen las principales conclusiones de este trabajo.

ANÁLISIS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL CAMPO MACROECONÓMICO

El subsector de edificaciones agrupa las actividades de edificaciones residenciales, reparación de edificios, mantenimiento y alquiler de equipos para la construcción. Además, el subsector de obras civiles e infraestructura agrupa las actividades de construcción de carreteras, puentes, túneles, puertos, etc.

La evolución histórica del PIB del sector de la construcción a precios constantes evidencia una tendencia decreciente desde el 2006 al 2010, con una caída significativa en este mismo año, del 0,1% (véase Gráfica 1). Además, la economía colombiana experimenta un crecimiento en el período 2005-2007 y decrecimiento entre 2007-2009.

La evolución de la industria de la construcción en Colombia, en términos de la participación media del sector en el PIB total en el período 2005-2010, es de un 6,03%; siendo un sector que genera empleo de manera significativa. Según datos de Camacol (2010), existen 1.250.000 personas vinculadas a este sector.

En la Gráfica 2 se observa la participación del sector de la construcción en el total de la producción del país, logrando una participación creciente (con la excepción de la caída 2009-2010).

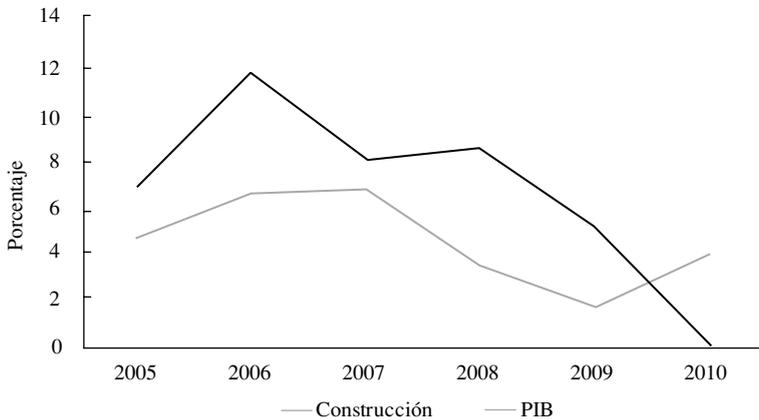
Análisis de la demografía de empresas colombianas con especial énfasis en el sector de la construcción

Los datos de demografía empresarial se pueden utilizar para analizar la dinámica de los diferentes mercados, por ejemplo: el espíritu empresarial en cuanto a la propensión a iniciar un nuevo negocio o la contribución de las empresas a la creación de puestos de trabajo (Brandt, 2004). En esta sección se analiza la información relativa a las tasas de supervivencia de las empresas (esta variable se expresa como proporción de empresas o negocios creados con relación a los que sobreviven —empresas creadas-empresas muertas—) en el período de referencia.

Las tasas de supervivencia que se recogen en el Cuadro 1, referidas a la globalidad de sectores de la economía colombiana y al sector de la construcción, han

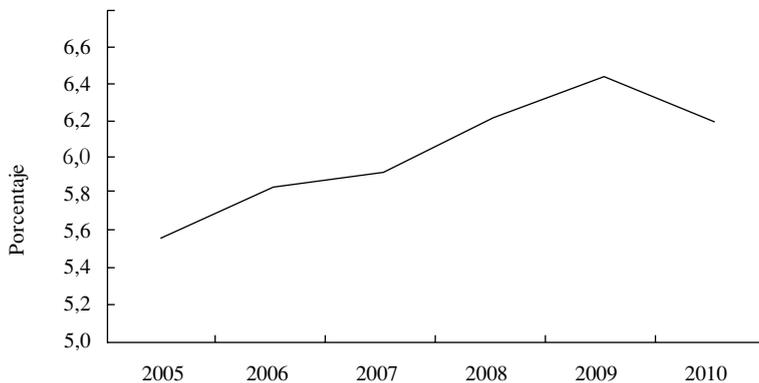
sidó calculadas en el año t , debido al tipo de informaci3n disponible en el DANE de car3cter agregado. La evoluci3n de las empresas que muestra el Cuadro 1, indica una mayor tasa de supervivencia en el sector de la construcci3n que el resto de la economía. En particular, la tasa media para el períođo completo es del 76,75% para la economía frente al 83,59% para la construcci3n. El año con mayor tasa de crecimiento para la economía y el sector de la construcci3n ha sido: 2010 (80,36%) para la economía y 2008 para el sector de la construcci3n (92,09%). Mientras que la menor tasa se encuentra en el 2005 para ambos bloques.

GRÁFICA 1.
EVOLUCIÓN DEL PIB, PIB CONSTRUCCIÓN



Fuente: elaboraci3n propia con datos del DANE.

GRÁFICA 2.
EVOLUCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DEL SECTOR DE LA
CONSTRUCCIÓN EN EL PIB



Fuente: elaboraci3n propia con datos del DANE.

CUADRO 1.

TASA DE SUPERVIVENCIA DE LAS EMPRESAS COLOMBIANAS PARA TODA ECONOMÍA Y PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Tasa de supervivencia	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Todas	73,55	73,27	76,50	79,37	77,47	80,36	76,75
Construcción	75,96	80,29	82,68	92,09	83,21	87,33	83,59

Fuente: elaboración propia con datos del DANE.

Desde el punto de vista regional, el Cuadro 2 muestra la tasa de supervivencia por departamento/año y para el período completo. La mayor tasa de supervivencia se encuentra en las empresas situadas en los nuevos departamentos, Caquetá con 100%, Sucre 96,5%; La Guajira 92,3% y Arauca 91,7%.

La menor tasa de supervivencia se encuentra en Quindío con 12,2%, Caldas 54,4% y Cauca 61,9%. En algunos departamentos no se ha producido ningún dinamismo por entrada o salida de empresas en alguno de los años analizados.

DATOS Y VARIABLES UTILIZADAS

La base de datos utilizada en este trabajo se elaboró a partir de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), suministrada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de la agencia nacional de estadística de Colombia, descrita en detalle por Roberts y Tybout (1996) para el período 2005-2010. Las empresas analizadas pertenecen a cuatro sectores de la construcción (construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias) que suponen un panel completo de empresas y para las que se tiene información sobre las variables relevantes utilizadas, que son: las ventas, como medida de la producción; el activo, como medida del capital; los consumos intermedios, y los gastos de personal.

A los efectos del análisis de eficiencia que más adelante se expondrá, hubiese sido deseable que tanto el consumo de materiales como el flujo de servicios se expresasen en unidades físicas; sin embargo, las limitaciones de la información disponible obligan a tomar directamente las variables contables, expresadas en unidades monetarias constantes. La elección de los gastos de personal en lugar del número de empleados se debe a la ausencia de esta. No obstante, las variables utilizadas en *input* y *output* siguen las recomendaciones de la literatura de Donthu y Yoo (1998) y utilizadas por De Jorge-Moreno y Sanz-Triguero (2010) y De Jorge-Moreno y Suárez (2010), entre otros. En el Cuadro 3 se muestra la estadística descriptiva de estas variables para los años del análisis. Dado el ámbito temporal del estudio, todas las variables se deflactan y se expresan en miles de pesos colombianos. La conversión a pesos constantes se ha realizado utilizando el deflactor implícito del PIB del sector de la construcción.

CUADRO 2.
TASAS DE SUPERVIVENCIA DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE LA
CONSTRUCCIÓN POR DEPARTAMENTO Y AÑO

Departamento	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Amazonas	-	-	-	50,0	-	100,0	75,0
Atlántico	70,9	79,2	83,9	93,3	86,3	91,2	84,1
Boyacá	90,6	68,2	73,9	91,8	82,5	89,1	82,7
Casanare	75,0	85,5	80,8	94,0	76,2	95,8	84,5
Chocó	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	-	80,0
Huila	59,1	76,7	78,6	99,7	89,8	86,4	81,7
Nariño	71,4	60,0	66,7	78,9	83,3	75,0	72,6
Quindío	0,0	-166,7	72,7	63,2	18,8	85,2	12,2
Santander	72,9	76,5	90,8	92,5	83,9	85,1	83,6
Valle del Cauca	-	-	-	-	70,5	84,3	77,4
Antioquia	72,5	83,5	78,5	81,7	81,5	86,1	80,6
Bogotá (Cundinamarca)	80,2	82,8	84,7	86,6	85,9	88,5	84,8
Caldas	61,9	11,1	50,0	61,3	66,7	75,6	54,4
Cauca	50,0	14,3	62,5	83,3	80,0	81,3	61,9
Córdoba	-	-	-	-	47,4	91,3	69,3
Magdalena	80,8	75,0	78,9	90,6	43,8	79,4	74,8
Norte de Santander	55,6	73,3	75,0	86,8	86,4	78,8	76,0
Risaralda	62,1	63,3	71,1	80,6	80,0	81,1	73,0
Sucre	95,2	100,0	90,9	100,0	-	-	96,5
Arauca	100,0	83,3	90,0	96,6	88,9	91,7	91,7
Bolívar	-	-	-	-	84,7	85,3	85,0
Caquetá	100,0	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0
Cesar	75,0	0,0	100,0	100,0	94,1	90,9	76,7
La Guajira	75,0	93,3	93,3	100,0	96,9	95,2	92,3
Meta	58,1	71,7	78,5	93,9	80,0	82,9	77,5
Nuevos departamentos	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0
San Andrés	100,0	-	-	-	-	80,0	90,0
Tolima	42,3	85,0	75,8	80,5	57,1	78,0	69,8
Total	76,0	80,3	82,7	92,1	83,2	87,3	83,6

Fuente: elaboración propia con datos del DANE.

CUADRO 3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Sector	Nº Obs.	Ventas	Consumos	Salarios	Activo
Construcción de obras residenciales	1356	1692	1359	147	3361
		(4980,9)	(4266,0)	(324,9)	(12051,6)
Construcción de obras civiles	1380	22	1886	169	2531
		(637,3)	(4362,4)	(374,0)	(7883,1)
Adecuación de obras de la construcción	978	1254	1027	122	1555
		(3108,4)	(2781,2)	(206,4)	(3871,8)
Actividades inmobiliarias	654	356	179	117	896
		(982,9)	(585,0)	(380,9)	(3871,8)

Fuente: elaboración propia con datos del DANE.

METODOLOGÍA

La metodología seguida en este trabajo se realiza en tres etapas: medida de la eficiencia; análisis del crecimiento de la productividad y sus componentes, y análisis de los determinantes de la eficiencia.

Medición de la eficiencia

En la primera se lleva a cabo el análisis de la eficiencia utilizando fronteras no paramétricas (DEA). En esta primera fase, la eficiencia es analizada para cada uno de los sectores propuestos y para cada año en el período 2005-2010. Igualmente, se determinan las estimaciones correspondientes al cambio productivo por medio del índice de Malmquist y sus componentes. En la segunda etapa, se utilizan los índices de eficiencia estimados en la primera como variable explicativa y los factores determinantes de la eficiencia (cuota de mercado, tamaño empresarial, crecimiento regional y tiempo) como variables independientes.

Algunas de las justificaciones del DEA (*Data Envelopment Analysis*) radican en poder explotar al máximo los datos de los que se disponen y la técnica de programación lineal puede realizar adecuadamente ese cometido. Si comparamos esta metodología con los análisis paramétricos SFA (*Stochastic Frontier Analysis*), el DEA muestra algunas ventajas. Así, permite introducir en los análisis múltiples *inputs* y *outputs* medidos en distintas unidades, explora los orígenes de la ineficiencia cuantificando el sobreuso de *inputs* o las cantidades de *output* necesarias y, además, no requiere realizar ninguna hipótesis inicial sobre la forma específica de la frontera de producción. Estas circunstancias han motivado la elección del DEA en este trabajo. Sin embargo, es preciso advertir que los resultados pueden estar limitados por distintas debilidades de esta metodología, tales como la influencia

de los datos atípicos y la imposibilidad de realizar inferencias estadísticas y contrastes de hipótesis¹.

La formulación DEA del modelo CCR de Charnes, Cooper y Rhodes (1978) bajo rendimientos de escala constantes (en adelante RCE) es la siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Max. } \Theta \\ & \text{s.a} \\ & Y\lambda - y_r \Theta \geq 0 \\ & X\lambda - x_i \Theta \leq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

donde Θ indica la distancia en *outputs* a la envolvente de datos, es decir, la medida de eficiencia. Y_r el número de *outputs* ($1, 2, \dots, r$) $\in R_+^n$ producidos por la unidad evaluada (DMÚ), x_i el número de *inputs* ($1, \dots, i$) $\in R_+^n$. X es la matriz de *inputs* de orden $(m \times n)$. Y es la matriz de *outputs* de orden $(s \times n)$. λ es el vector $(n \times 1)$ de pesos o intensidades. x_i e y_r representan los vectores de *inputs* y *outputs*, respectivamente. La técnica DEA puede operar bajo rendimientos de escala variables (en adelante RVE), modelo BCC (Banker, Charnes y Cooper, 1984), indicando el valor de la eficiencia técnica pura (ETP). En este caso, debe considerarse la restricción $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1; j = 1, \dots, n$.

El cálculo de la eficiencia sobre las mismas unidades de decisión considerando VRS y CRS facilita la determinación de la eficiencia de escala (EE), a través del cociente entre la eficiencia técnica global (ETG) y la ETP, tal como se indica a continuación: $EE = \left(\frac{W_r}{P_i} \right)$. En este sentido, se considera que la ineficiencia técnica pura procede del consumo excesivo de los recursos del que dispone la empresa para el nivel de producción de *outputs* que realiza. Sin embargo, la ineficiencia de escala se origina cuando la empresa produce por debajo o por encima de su capacidad productiva y tiene lugar cuando el valor de la ETG es menor que el valor de la ETP. Como ya se mencionó, suponemos orientación *outputs* dado el interés de la maximización del mismo que los gestores pueden tener y rendimientos variables de escala como consecuencia de la imperfección del mercado o las posibles restricciones financieras (véanse Coelli, Prasada y Battese, 2002).

Análisis del crecimiento de la productividad y sus componentes

La medida de cambio productivo y técnico entre dos períodos de tiempo se obtiene a través del índice de Malmquist. En este trabajo se utiliza este índice basado en el

¹ Para remediar en parte estas deficiencias, se ha utilizado la metodología propuesta por Wilson (1993) en la detección de outsiders. También es importante considerar que esta técnica ha sido empleada en más de 1.800 artículos publicados en más de 400 revistas científicas (Gattoufi, Oral y Reisman, 2004).

output. La ilustración del índice de Malmquist (en adelante MALM), siguiendo a Grosskopf (1993), quedaría recogida en la siguiente ecuación:

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

que representa la productividad del punto de producción (x_{t+1}, y_{t+1}) relativo al punto de producción (x_t, y_t) . Un valor mayor que $MALM > 1$ indicaría un crecimiento positivo de la productividad total de los factores desde el período t a $t + 1$. Este índice es la media geométrica de dos índices *inputs*-base (MALM). Un índice tecnológico utilizado en el período t y otro en $t + 1$. Las estimaciones correspondientes al cambio productivo, representado por el índice de Malmquist (MALM), y a su descomposición en cambio en la eficiencia técnica (CEFT) y cambio técnico (CT), se han realizado comparando períodos adyacentes, permitiendo que cambie la tecnología.

Análisis de los determinantes de la eficiencia

Una vez determinada la eficiencia (θ_i) de las empresas por sector, en una segunda etapa se analizarán los factores que la explican (acercan o alejan de la frontera) a través de un vector de variables, $z = (z_1, z_2, \dots, z_L)$. Dadas las características de la variable al estar truncada en su valor máximo de 1, se utilizará un modelo Tobit como suele ser habitual en la literatura, dada la naturaleza de truncamiento del índice de eficiencia.

$$\theta_i = f(Z_i, \beta_i) + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$\Theta_i = \beta_0 + \beta_1 Tam + \beta_2 CMdo + \beta_3 PIBreg + \sum_{i=1}^4 \beta^4 Sec + \sum_{j=1}^6 \beta^5 T + \varepsilon_i \quad (4)$$

Donde *Tam* es el tamaño de la empresa en términos de activo, *CMdo* es la cuota de mercado, *PIBreg* es el crecimiento económico regional, *Sec* es una variable *dummy* que recoge el sector y *T* el tiempo.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos una vez resueltos los programas que se especifican en la ecuación (1) por medio del software DEAP (Coelli, 1996). Estos programas se han aplicado para cada empresa y período de tiempo, calculando de esta forma las funciones de distancia interanuales como las inversas de las medidas de Farrell (1957) que maximizan los *outputs* y bajo rendimientos variables de escala.

Las estimaciones correspondientes al cambio productivo, representado por el índice de Malmquist, y a su descomposición en cambio en la eficiencia técnica y cambio técnico, se han realizado comparando períodos adyacentes, permitiendo que cambie la tecnología. Los resultados se resumen en el Cuadro 4.

El primer rasgo destacable es que los resultados obtenidos no han sido los mismos con relación al sector de actividad. Por ejemplo, el sector adecuación de obras de construcción experimenta crecimiento acumulado en la productividad total de los factores, MALM, con un 0,1% $[(1,001 - 1) \times 100]$; mientras que los otros tres sectores experimentan decrecimientos de la productividad, -0,5% sector de construcción de obras residenciales; -1,8% sector obras civiles y -2,2% actividades inmobiliarias. Las ganancias de productividad del sector adecuación de obras, son consecuencia de dos fuerzas antagonistas, la mejora en la eficiencia, CEFT (5,5%) y el regreso tecnológico, CT (-5,1%). Los decrecimientos de la productividad mencionados del resto de sectores son consecuencia de empeoramiento de la eficiencia en los sectores de la construcción de obras residenciales (-3,6%) y construcción obras civiles (-6,9%); mientras que en el sector actividades inmobiliarias son debidas al regreso tecnológico (-9,6%).

Los resultados obtenidos para la eficiencia media anual se resumen en el Cuadro 5. La eficiencia media de los sectores adecuación de obras residenciales y construcción de obras residenciales son las más elevadas con valores del 78% y 75,8%, respectivamente. Indicando que dados sus niveles de *inputs* podrían elevar sus *outputs* en un 22% y 24,2%, en su orden. Los sectores de obras civiles y especialmente actividades inmobiliarias, presentan niveles de eficiencia muy bajos con un valor del 67,9% y 54,1%, respectivamente. Por otro lado, la senda del crecimiento (decrecimiento) no ha sido la misma para todos los sectores. Así, los sectores adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias presentan una tasa de crecimiento anual del 2,90% y 3,26%, en su orden; mientras que los sectores construcción de obras residenciales y de obras civiles tienen tasas decrecientes anuales del -2,18% y -3,64%, respectivamente.

Considerando la evolución de la desviación estándar (DE) se aprecian diferentes patrones. Por un lado, los sectores construcción de obras residenciales y de obras civiles tienen una trayectoria divergente, aumentando la DE en el período 2007-2010. Por otro, el sector actividades inmobiliarias presenta un claro proceso de convergencia, con elevados valores de DE. Finalmente, el sector adecuación de obras de construcción muestra una trayectoria plana.

Los resultados en el Cuadro 5 muestran el número de empresas eficientes por año (columna tercera), pero no es posible determinar el grado de movilidad que las empresas han tenido a lo largo del tiempo en la formación de la frontera o entre los diferentes niveles de eficiencia.

En línea con la propuesta de Sexton, Silkman y Hogan (1986), para ordenar las unidades eficientes se han calculado las eficiencias cruzadas; esto es, el grado de eficiencia que cada unidad alcanzaría con las ponderaciones de las restantes unidades eficientes. Los resultados alcanzados (véase Cuadro 6, el resto de sectores presentan similares resultados) evidencian la inexistencia de correlación de las medidas

CUADRO 4.
CAMBIO PRODUCTIVO (MALM), CAMBIO TÉCNICO (CT) Y CAMBIO EN EFICIENCIA (CEFT)

Sector obras residenciales	CEFT	CT	MALM
2005-2006	0,920	1,095	1,008
2006-2007	1,009	0,982	0,991
2007-2008	1,044	0,968	1,010
2008-2009	1,011	1,016	1,028
2009-2010	0,847	1,112	0,942
Media	0,964	1,033	0,995
Sector obras civiles	CEFT	CT	MALM
2005-2006	1,104	0,917	1,012
2006-2007	0,925	1,122	1,037
2007-2008	0,698	1,387	0,968
2008-2009	0,923	1,017	0,939
2009-2010	1,062	0,902	0,958
Media	0,931	1,055	0,982
Sector adecuación obras de construcción	CEFT	CT	MALM
2005-2006	1,115	0,892	0,994
2006-2007	1,092	0,935	1,021
2007-2008	1,039	1	0,982
2008-2009	0,928	1,088	1,010
2009-2010	1,114	0,896	0,998
Media	1,055	0,949	1,001
Sector actividades inmobiliarias	CEFT	CT	MALM
2005-2006	1,217	0,772	0,940
2006-2007	0,965	1,054	1,017
2007-2008	1,107	0,931	1,031
2008-2009	1,102	0,835	0,920
2009-2010	1,031	0,957	0,986
Media	1,081	0,904	0,978

MALM = productividad total de los factores; CT = cambio técnico;

CEFT = cambio en eficiencia.

Fuente: elaboración propia con datos del DANE.

CUADRO 5.
EFICIENCIA MEDIA (DESVIACIÓN ESTÁNDAR), TASA DE
CRECIMIENTO Y NÚMERO DE EFICIENTES POR SECTOR

Sector obras residenciales	Eficiencia media (desv. est.)	Nº de eficientes/año
2005	0,795 (0,159)	33/226
2006	0,744 (0,187)	35/226
2007	0,761 (0,162)	31/226
2008	0,763 (0,151)	34/226
2009	0,777 (0,169)	34/226
2010	0,708 (0,205)	29/226
Media	0,758(0,172)	
Tasa crecimiento	-2,18	
Sector obras civiles	Eficiencia media (desv. est.)	Nº de eficientes/año
2005	0,742 (0,182)	24/230
2006	0,778 (0,172)	29/230
2007	0,754 (0,174)	29/230
2008	0,601 (0,240)	24/230
2009	0,595 (0,246)	17/230
2010	0,603 (0,256)	24/230
Media	0,679(0,211)	
Tasa crecimiento	-3,64	
Sector adecuación obras de construcción	Eficiencia media (desv. est.)	Nº de eficientes/año
2005	0,689 (0,213)	24/163
2006	0,784 (0,173)	28/163
2007	0,799 (0,163)	27/163
2008	0,820 (0,173)	32/163
2009	0,796 (0,172)	28/163
2010	0,789 (0,166)	32/163
Media	0,780(0,176)	
Tasa crecimiento	2,90	
Sector actividades inmobiliarias	Eficiencia media (desv. est.)	Nº de eficientes/año
2005	0,504 (0,314)	19/109
2006	0,531 (0,303)	17/109
2007	0,507 (0,287)	19/109
2008	0,535 (0,281)	20/109
2009	0,580 (0,274)	18/109
2010	0,589 (0,268)	17/109
Media	0,541(0,287)	
Tasa crecimiento	3,26	

Fuente: elaboración propia con datos del DANE.

de eficiencia estimadas entre los diferentes años, ya que todas las correlaciones son no significativas y en algunos casos negativas. Esto implica que, durante el período de tiempo considerado, se han producido grandes cambios en la jerarquización de las empresas analizadas según su grado de eficiencia, de forma que las empresas (in)eficientes no lo son durante los seis años del análisis.

CUADRO 6.
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE RANGOS DE SPEARMAN ENTRE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA

Sector de construcción de obras residenciales						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2005	1					
2006	0,060	1				
2007	-0,028	0,086	1			
2008	-0,004	-0,108	0,1426*	1		
2009	-0,076	0,006	0,038	-0,105	1	
2010	-0,071	0,028	0,019	0,027	0,039	1

* Significativo al 95%.

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en el Cuadro 7 se muestran los resultados obtenidos del análisis de regresión Tobit realizado. Los coeficientes β_1 y β_2 de las variables tamaño y cuota de mercado son positivos y estadísticamente significativos para todas las regresiones, según sectores y global, lo que indica que las empresas de mayor dimensión empresarial y con mayor poder de mercado, están relacionadas con mayores niveles de eficiencia. El efecto del crecimiento económico medido a través del PIB regional (β_3) no ha resultado ser significativo. En los modelos pertenecientes a los sectores de la construcción de obras civiles y adecuación a la construcción, el efecto temporal de mejora de la eficiencia está presente, comparado con la eficiencia inicial del 2005. En los modelos de los sectores construcción de obras residenciales y actividades inmobiliarios, el efecto temporal tan solo es significativo en los años 2010 y 2009, respectivamente.

CUADRO 7.
RESULTADOS DE LOS FACTORES DETERMINANTES DE LA EFICIENCIA POR SECTORES Y GLOBAL

	Sector construcción obras residenciales			Sector construcción obras civiles			Sector adecuación obras de construcción			Sector actividades inmobiliarias			Global		
	Coef. est.	D. E.	sig.	Coef. est.	D. E.	sig.	Coef. est.	D. E.	sig.	Coef. est.	D. E.	sig.	Coef. est.	D. E.	sig.
Constante (β_0)	0,361	0,404	***	1,512	0,443	***	1,240	0,414	***	-1,108	1,110		0,902	0,265	***
Tamaño (β_1)	2,86E-10	5,69E-11	***	1,05E-09	9,58E-11	***	9,75E-10	2,47E-10	***	7,03E-09	1,37E-09	***	6,10E-10	5,70E-11	***
Cuota Mdo (β_2)	6,743	1,947	***	14,794	3,158	***	16,990	2,795	***	12,703	2,905	***	11,370	1,300	***
Pib_regional (β_3)	0,004	0,004		-0,008	0,004		-0,006	0,004		0,015	0,011		-0,002	0,003	
2006 (β_4)	-0,026	0,041		0,142	0,049	***	0,237	0,062	***	-0,009	0,101		0,089	0,029	***
2007 (β_5)	-0,041	0,034		0,123	0,039	***	0,238	0,039	***	-0,015	0,089		0,083	0,023	***
2008 (β_6)	-0,028	0,024		-0,078	0,028	***	0,236	0,029	***	0,041	0,060		0,031	0,016	
2009 (β_7)	-0,006	0,02		-0,119	0,024	***	0,187	0,026	***	0,109	0,048	**	0,023	0,014	
2010 (β_8)	-0,094	0,024	***	-0,101	0,208	***	0,190	0,030	***	0,074	0,059		0,001	0,016	
Log likelihood		56,434			-55,957			-9,899			-21,617			-482,890	
LRchi2		81,79(0,00)			277,5(0,00)			127,2(0,00)			99,9(0,00)			689,2(0,00)	
Pseudo R2		-2,631			0,712			0,865			0,187			0,416	
No. obser.		1161			1175			825			563			3724	

***, **, *: estadísticamente significativo al 99%, 95% y 90%, respectivamente. Variable omitida: año 2005. D. E. = desviación estándar; sig. = significación estadística.

CONCLUSIONES

Este trabajo analiza la productividad total de los factores, la eficiencia y sus factores determinantes, en cuatro sectores de la construcción en Colombia (construcción de obras residenciales, construcción de obras civiles, adecuación de obras de construcción y actividades inmobiliarias) en el período 2005-2010. Los análisis se han basado en técnicas DEA. Por ello, ha sido posible la aplicación de un análisis comparativo a nivel de empresa, con objeto de determinar las mejores prácticas posibles en la gestión de recursos por parte de los gerentes.

Con relación a los resultados derivados del crecimiento de la productividad, solo el sector adecuación de obras de construcción experimenta un crecimiento acumulado del 0,1%, como consecuencia del mejoramiento de la eficiencia en presencia del regreso tecnológico; mientras que los otros tres sectores experimentan decrecimientos de la productividad, -0,5% sector de construcción de obras residenciales; -1,8% sector obras civiles y -2,2% actividades inmobiliarias. Estos decrecimientos de productividad para los sectores mencionados tienen su origen tanto en el regreso tecnológico, las empresas no incorporan las innovaciones (de producto, proceso u organizativas) en el momento necesario, como en el efecto regresivo del cambio en la eficiencia. Es decir, en términos medios, las empresas del sector no son capaces de seguir el avance tecnológico de las más productivas. Por tanto, se produce este dato de productividad como resultado de dos fuerzas de efecto contrario.

Los resultados del análisis de eficiencia técnica revelan que los niveles alcanzados por las empresas son bajos para los cuatro sectores, por lo que dados los recursos disponibles las empresas deberían alcanzar mayores niveles *outputs*, con especial incidencia en los sectores de obras civiles y actividades inmobiliarias, donde los niveles de ineficiencia son del 32,1% y 45,9%, respectivamente. El análisis jerárquico del posicionamiento de las empresas en sus diferentes niveles de eficiencia a lo largo del tiempo, muestra que la formación de las empresas en la frontera y la movilidad por niveles es considerable. Por ello, es complejo determinar las mejores prácticas disponibles en el sector.

Los factores determinantes de la eficiencia han sido el tamaño empresarial y la cuota de mercado para los cuatro sectores analizados. La presencia de economías de escala y alcance podrían ser las razones que sustentan que exista esta relación directa y positiva con la mejor gestión de los recursos.

Con relación a las limitaciones del trabajo, las variables utilizadas son de tipo contable dada la imposibilidad de encontrar información sobre variables físicas directamente relacionadas con el proceso productivo. A pesar del criterio temporal utilizado en este trabajo de seis años sería aconsejable ampliar el horizonte temporal.

Futuras extensiones a este trabajo podrían enfocarse en dos direcciones: la primera sería en la utilización de metodologías para el análisis de datos que superen los inconvenientes de las técnicas tradicionales, tales como la técnica de la DEA.

En particular, el enfoque orden- m propuesto por Cazals, Florens y Simar (2002), que se basa en el concepto de la función de *input* mínimo esperado (o la función de *output* máximo), proporciona fronteras con diversos grados de robustez. Esta metodología es más robusta a los valores atípicos o ruido en los datos y permite la inferencia estadística, manteniendo la naturaleza no paramétrica. La segunda podría relacionarse con el análisis de carácter más regional explorando la posibilidad de trabajar con fronteras individualizadas por departamento.

REFERENCIAS

1. Almanza-Ramírez, C. (2012). Eficiencia en costos de la banca en Colombia, 1999-2007: una aproximación no paramétrica. *Innovar*, 22(44), 67-78.
2. Álvarez, A. (ed.) (2001). *La medición de la eficiencia y la productividad*. Madrid: Pirámide.
3. Banker, R. D., Charnes, W., & Cooper, W. (1984). Estimating most productive scale size using Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operations Research*, 17, 33-44.
4. Brandt, N. (2004). Business dynamics in Europe (OECD Science, Technology and Industry Working Papers 01). OECD Publishing. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1787/250652270238>.
5. Camacol (2008). El sector de la construcción en Colombia: hechos estilizados y principales determinantes del nivel de actividad. Agosto. <http://camacol.co/informacion-economica/estudios-economicos?page=5>.
6. Camacol (2010). Edificación de vivienda en Colombia. Balance primer semestre de 2010.
7. Cárdenas, M., Cadena, X., & Quintero, J. F. (2004). Determinantes de la actividad constructora en Colombia. Estudio realizado por Fedesarrollo para la Constructora Colpatria.
8. Cárdenas, M., & Hernández, M. (2006). El sector financiero y la vivienda. Estudio realizado por Fedesarrollo para Asobancaria, Bogotá.
9. Castro, G., & Salazar, R. (2011). Eficiencia financiera del sector industrial de agroquímicos, Colombia, 2005. *Economía, Gestión y Desarrollo*. Cali (Colombia), 11, 91-119.
10. Cazals, C., Florens, J. P., & Simar, L. (2002). Non parametric frontier estimation: A robust approach. *Journal of Econometrics*, 106, 1-25.
11. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
12. Chiang, Y. H., Li, J., Tracy, N. Y., & Choi, K. (2013). Evaluating construction contractors' efficiency in Hong Kong using Data Envelopment Analysis assurance region model. *Journal of Facilities Management*, 11(1), 52-68.

13. Chiang, Y. H., Cheng, E., & Tang (2006). Examining repercussions of consumptions and inputs placed on the construction sector by use of I-O tables and DEA. *Building and Environment*, 41, 1-11.
14. Coelli, T., Prasada, R., & Battese, G. (2002). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Londres: Kluwer Academic Publishers.
15. Coelli, T. J. (1996). A guide to DEAP version 2.1: A Data Envelopment Analysis (computer) program (CEPA Working Paper 96/08). Department of Econometrics, University of New England, Armidale, Australia.
16. De Jorge-Moreno, J., & Sanz-Triguero, M. (2010). El sector de la distribución en España. Productividad, eficiencia y convergencia. *Cuadernos Económicos del ICE*, 79, 239-269.
17. De Jorge-Moreno, J., & Suárez, C. (2010). Efficiency convergence processes and effects of regulation in the nonspecialized retail sector in Spain. *Annals of Regional Science*, 44, 573-597.
18. Donthu, N., & Yoo, B. (1998). Retail productivity assessment using Data Envelopment Analysis. *Journal of Retailing*, 74(1), 89-105.
19. Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Serie A (general)*, 120(III), 253-281.
20. Gattoufi, S., Oral, M., & Reisman, A. (2004). Data Envelopment Analysis literature: A bibliography update (1951-2001). *Socio-Economic Planning Sciences*, 38, 159-229.
21. Grosskopf, S. (1993). Efficiency and productivity. In H. O. Fried, C. K. A. Lovell, & S. S. Schmidt (eds.). *The measurement of productivity efficiency: Techniques and applications* (pp. 160-194). New York: Oxford University Press.
22. Herrera, S. (1988). Notas sobre algunos aspectos del mercado de las edificaciones en Colombia. *Revista Camacol*, 41.
23. Janna, M. (2003). Eficiencia en costos, cambios en las condiciones generales del mercado, y crisis en la banca colombiana: 1992-2002 (Borradores de Economía 260). Banco de la República de Colombia.
24. Junguito, R., López, E., Misas, M., & Sarmiento, E. (1995). La edificación y la política macroeconómica (Borradores de Economía 41). Banco de la República de Colombia.
25. López, M., & Palacios, F. (2002). Data Envelopment Analysis en la clasificación de clientes para la banca empresarial. Tesis de Maestría. Bogotá: Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes.
26. Peñalosa, M. C. (2003). Evolución de la eficiencia en instituciones hospitalarias públicas y privadas con Data Envelopment Analysis (DEA). (Archivos de Economía, Documento 244). Dirección de Estudios Económicos-DNP.
27. Pinzón, M. J. (2003). Medición de eficiencia técnica relativa en hospitales públicos de baja complejidad mediante la metodología Data Envelopment

- Analysis (DEA) (Archivos de Economía, Documento 245). Dirección de Estudios Económicos-DNP.
28. Polanía, B. E. (1999). Una aplicación de Data Envelopment Analysis: análisis comparativo de eficiencia entre hospitales en Colombia. Bogotá: Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes.
 29. Roberts, M., & Tybout, J. (1996). *Industrial evolution in developing countries*. Oxford University Press.
 30. Rojas, J. E. (2005). Aplicación de análisis envolvente de datos a la evaluación de eficiencia en gastos administrativos para la industria de seguros generales en Colombia. Bogotá: Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes.
 31. Ruiz, A. (2004). Aplicación del método de optimización DEA en la evaluación de la eficiencia técnica de las seccionales de la Fiscalía (Documentos CEDE 2012). Universidad de los Andes, Facultad de Economía.
 32. Sexton, T., Silkman, R., & Hogan, A. (1986). Data Envelopment Analysis: Critique and extensions. In R. Silkman (ed.), *Measuring efficiency: An assessment of Data Envelopment Analysis* (pp. 73-105). San Francisco, CA: Jossey Bass.
 33. Visbal, D. A. (2004). Evaluación de la eficiencia relativa en el uso de recursos de las universidades públicas colombianas mediante la metodología Data Envelopment Analysis. Bogotá: Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes.
 34. Wang, H., Ye, G., & Yuan, H. (2010). An AHP/DEA methodology for assessing the productive efficiency in construction industry. *Management and Service Science (MASS)*. International Conference.
 35. Wilson, P. W. (1993). Detecting outliers in deterministic nonparametric frontier models with multiple outputs. *Journal of Business and Economic Statistics*, 11, 319-323.