

Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo

Measurement of efficiency in the construction industry and its relationship with working capital

J. Córdova^{1*}, C. Alberto **

* Universidad del Azuay, Cuenca. ECUADOR

** Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. ARGENTINA

Fecha de Recepción: 24/10/2017

Fecha de Aceptación: 19/01/2018

PAG 69-82

Abstract

This investigation seeks to determine the relationship between working capital as a financial measure and the efficiency level of construction companies. The study sample is intentional, with 58 participating companies, from which the financial information was obtained in a time horizon of four years (2011-2014). In the first stage efficiency was assessed using Data Envelopment Analysis (DEA), and in the second stage Tobit regression model was applied in order to identify the relationship between the variables. Efficiency levels evaluated show a reduction in the average efficiency in the construction sector for the years 2012 and 2013, and the regression results do highlight a positive link between efficiency and working capital for all years, which indicates that a common financial strategy based on reducing working capital does not lead to an increase in the efficiency level of construction firms. This research can benefit not only Ecuadorian construction companies, but others who wish to improve their competitive advantage based on their financial information.

Keywords: Data Envelopment Analysis, working capital, construction, efficiency, financial indices.

Resumen

La presente investigación busca determinar la relación existente entre el capital de trabajo como medida financiera, y el nivel de eficiencia de las empresas de construcción. La muestra de estudio es intencional, con 58 empresas participantes, de las cuales se obtuvo información financiera en un horizonte temporal de cuatro años (2011-2014). En una primera etapa se evaluó la eficiencia mediante el Análisis Envoltante de Datos (DEA), y en una segunda etapa se aplicó un modelo de regresión Tobit con el fin de identificar la relación entre variables. Los niveles de eficiencia evaluados muestran una reducción en la eficiencia promedio en el sector de la construcción para los años 2012 y 2013, y los resultados de la regresión hacen resaltar un vínculo positivo entre la eficiencia y el capital de trabajo para todos los años, lo que determina que una estrategia financiera común basada en la reducción del capital de trabajo, no conduce a un incremento en el nivel de eficiencia de las firmas constructoras. La investigación puede beneficiar no sólo a las empresas de la construcción ecuatoriana, sino a otras que deseen mejorar su ventaja competitiva en base a su información financiera.

Palabras clave: Análisis Envoltante de Datos, capital de trabajo, construcción, eficiencia, índices financieros.

1. Introducción

La construcción es un actor principal en la economía de los países en vías de desarrollo. En dichos países se evidencia un déficit habitacional considerable, y es común que sus gobiernos generen políticas que incluyen asignaciones presupuestarias directas o a través de instituciones financieras, que tienden a dinamizar el sector de la construcción, generando fuentes de empleo y un movimiento importante de materia prima nacional.

En Ecuador, la construcción mostró un estancamiento desde el año 1995 hasta la dolarización en el año 2000, luego de lo cual, el país inició un ciclo de crecimiento con una significativa recuperación económica y una disminución de sus problemas sociales, que llevaron a la reducción tanto del déficit habitacional como del desempleo.

En la actualidad, en el Ecuador la industria de la construcción es un importante generador de crecimiento económico y contribuye considerablemente al producto interno bruto del país (PIB). Desde el año 2003 al 2013 se determinó una participación promedio del 8.6%, y luego del año 2013 la participación del sector constructivo llega en

promedio al 10.7% dentro del total del PIB. (Banco Central del Ecuador 2014). Por su perspectiva de crecimiento, la construcción ha tomado notoriedad desde un punto de vista empresarial, pero se ha evidenciado la falta de herramientas técnicas y económicas que posibiliten una adecuada gestión organizacional, por lo que se vuelve necesario la generación de estudios sectoriales y empresariales que tiendan a un manejo eficiente de los recursos.

Para la maximización de utilidades en las empresas constructoras, existen diversas estrategias empleadas por sus administradores, como por ejemplo, la explotación de economías de escala, en donde la gestión se orienta a la consecución de proyectos de gran tamaño. También existen enfoques estratégicos orientados a la reducción de costos, y otros como el manejo financiero óptimo de flujos de caja y efectivo.

Toda empresa constructora procura que los flujos de dinero sean adecuados para cubrir obligaciones de corto plazo, lo que garantiza el oportuno desarrollo técnico de las obras, es decir, su ejecución de acuerdo al cronograma. Por tanto, la disponibilidad de recursos de corto plazo debe ser suficiente para cubrir las demandas de fondos también a corto plazo, lo que financieramente se conoce como "Capital de Trabajo" o "Fondo de maniobra", sin embargo

¹ Autor de Correspondencia:

Universidad del Azuay, Ecuador
E-mail: jfcordova@uazuay.edu.ec



financieramente todo excedente resultante luego de cubrir obligaciones de corto plazo debería ser reducido al mínimo, puesto que existe un costo de capital o costo de deuda tras de dichos fondos, y por tanto, el gerente constructor optaría por una estrategia de reducción del fondo de maniobra, “... no carece de inconvenientes mantener mucho capital de trabajo. El capital de trabajo debe financiarse con deuda a largo plazo y capital contable que son caros. Por consiguiente, los administradores prefieren reducir al mínimo el capital de trabajo.” (Garrison y Brewer, 2007). Como lo advierte el autor, gestionar el manejo eficiente de recursos mediante la reducción del fondo de maniobra a sus niveles mínimos es una práctica común, sin embargo, el problema radica en la ausencia de estudios que determinen la efectividad de esta medida.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la relación existente entre el capital de trabajo y los niveles de eficiencia empresarial. Debido a la necesidad de aclarar la efectividad de ciertas prácticas o estrategias empresariales, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿la gestión basada en la reducción del capital de trabajo, genera un incremento de los niveles de eficiencia empresarial? Para responder a esta pregunta se requiere determinar un indicador de eficiencia que incluya variables internas relacionadas a recursos consumidos y productos obtenidos. En la presente investigación inicialmente se analizan trabajos previos que elaboran una escala de medición de eficiencia, así como ciertos estudios que determinan factores explicativos de los puntajes de eficiencia; luego se describe la metodología empleada y los datos utilizados en la investigación; se continúa con un análisis y discusión de los resultados, y finalmente se determinan conclusiones, limitaciones del estudio y se sugiere también futuras líneas de investigación.

2. Revisión de la literatura

2.1 Concepto de eficiencia

Una firma es técnicamente eficiente si no encuentra otra forma de producir más con el mismo número o cantidad de factores productivos. Es común definir la eficiencia como una relación entre los resultados obtenidos llamados (outputs) y los recursos utilizados llamados (inputs).

Se puede atribuir los inicios de la teoría sobre eficiencia al trabajo de (Debreu, 1951) o (Shepard, 1953), pero quien da impulso y fundamento al desarrollo de los conceptos de eficiencia en un sector industrial fue (Farell, 1957), al plantear una frontera de producción determinada por las mejores prácticas del sector. El trabajo de Farell influyó a (Charnes et al., 1978), quienes desarrollaron la metodología DEA (Data Envelopment Analysis), como una extensión a los trabajos de Farell. En sus estudios se determinan unidades productivas denominadas DMU (decision making unit), así como variables de entrada y salida (inputs y outputs) que determinan una frontera eficiente.

2.2 DEA (Data Envelopment Analysis)

“Básicamente, DEA es una técnica de programación matemática que permite la construcción de una superficie envolvente, frontera eficiente o función de producción empírica” (Coll y Brasco, 2006). La eficiencia es medida o calculada en relación a esta superficie. Charnes, Cooper y Rhodes propusieron un modelo que asume retornos constantes a escala (CRS) y luego algunas investigaciones como (Banker et al., 1984) consideraron retornos variables a escala (VRS). Estos modelos pueden ser distinguidos por la superficie envolvente y su orientación, lo que se puede ejemplificar en la Figura 1, caso de un input y un output.

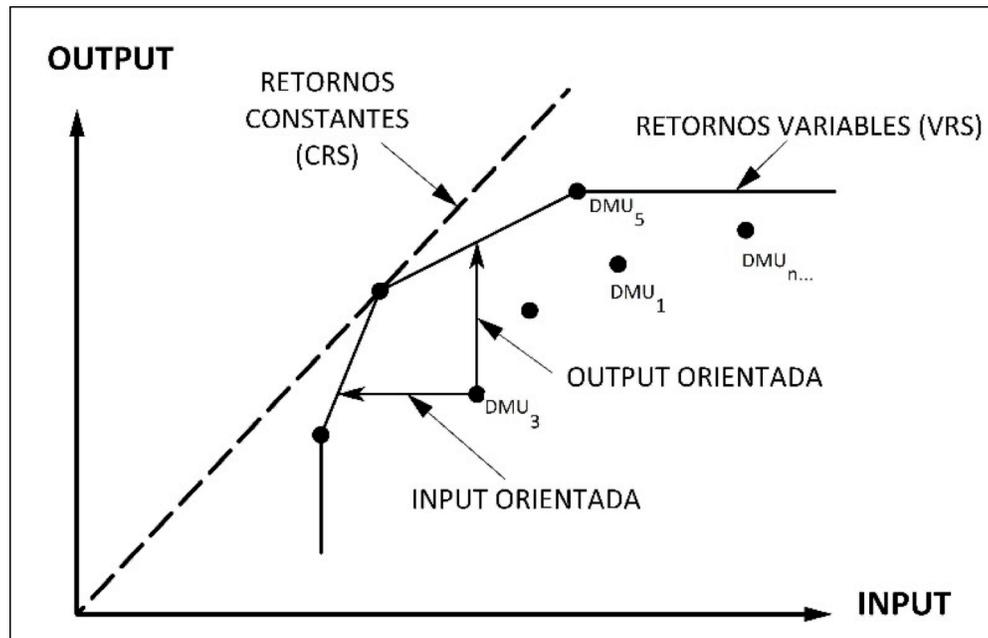


Figura1. Modelo CRS y VRS caso de un input y un output

El modelo de superficie envolvente CRS asume que un incremento de las entradas se traduce en un aumento proporcional de las salidas, mientras que un modelo VRS propone un incremento no proporcional de las salidas, lo que conlleva a rendimientos a escala crecientes o decrecientes.

El cálculo de eficiencia sobre la misma muestra de datos considerando tanto VRS como CRS, permite determinar

lo que se denomina eficiencia de escala (EE), que es el cociente entre estas dos medidas.

La Figura 2 muestra el caso de dos inputs (R, S) para producir un output (Q). Cada uno de los puntos forman un conjunto de posibilidades de producción, pero la curva C-D representa las mejores prácticas. El ratio de eficiencia de una unidad productiva se puede representar como $EF_{DMU3} = OB/OA$.

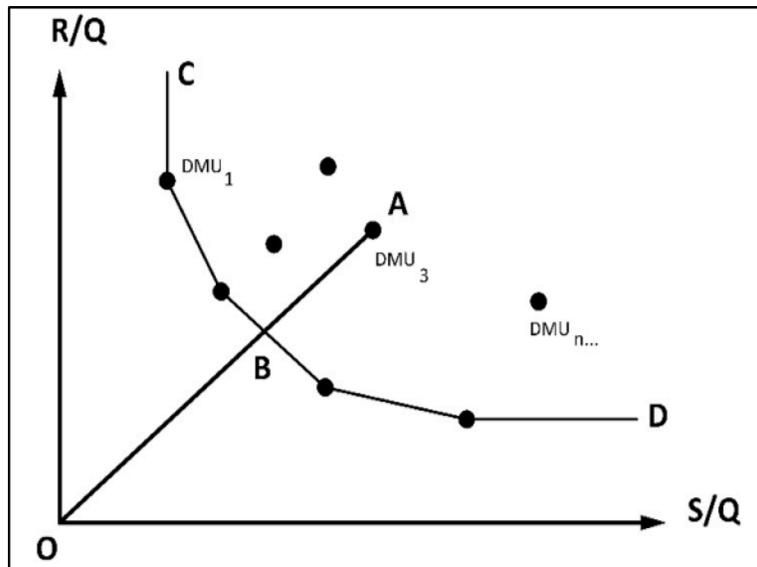


Figura 2. Frontera eficiente. Caso dos inputs y un output

Cuando se determinan las medidas de eficiencia técnica es necesario elegir una dirección, es decir, se debe escoger el camino que lleva a la frontera, "Dado que todas las empresas en la frontera son eficientes desde el punto de vista técnico, la medida de eficiencia dependerá de cuál es la empresa eficiente elegida como referencia." (Álvarez, 2013), p.26. El índice de eficiencia técnica se encuentra entre 0 y 1. En un modelo input orientado, el valor de 1 significa que ya no existe la posibilidad de reducir las cantidades de inputs empleados, y por lo tanto, la producción se considera eficiente, así también, los valores menores a 1 corresponden a producciones ineficientes. El modelo puede ser expresado también en términos de output, es decir, mantener el objetivo de maximización de la cantidad de output, conservando constante la cantidad de inputs. Investigaciones recientes como las de (Aparicio, Cordero y Pastor, 2016), indagan la medición de la ineficiencia en modelos que permiten cambiar los insumos y productos al mismo tiempo.

2.3 Modelo de rendimientos variables (Banker, Charnes y Cooper)

Realizar un análisis de eficiencia a rendimientos constantes, solamente es pertinente si las DMU operan a una misma escala. (Banker et al., 1984) plantearon retornos variables a escala (VRS) en dónde es posible que una

empresa sea eficiente, pero sin mostrar una escala de operación óptima.

Supongamos que la empresa está utilizando un conjunto de variables a escala (VRS). Entonces, la empresa involucrada puede ser demasiado pequeña en su escala de operación, y parte de la función de producción podría caer dentro de los rendimientos crecientes a escala (IRS). De manera similar, una empresa puede ser demasiado grande y puede operar dentro de los retornos decrecientes. En ambos casos, la eficiencia de las empresas podría mejorarse cambiando su escala de operaciones, es decir, mantener la misma combinación de insumos, pero cambiar el tamaño de las operaciones. Si la tecnología de producción subyacente es una tecnología globalmente constante de retorno a escala (CRS), entonces la empresa es automáticamente eficiente en escala. (Coelli et al., 2005).

En la Figura 3 representada mediante un input y un output, se puede analizar la unidad 2, para la cual, la frontera VRS (marcada por las mejores prácticas 1,3 y 5) se encuentra más cerca que la frontera CRS. Por tanto, la eficiencia técnica Input/Output pura para la unidad 2, estimada mediante el modelo DEA VRS de retornos variables, es mayor que la eficiencia técnica Input/Output estimada mediante el modelo DEA CRS que considera retornos constantes.



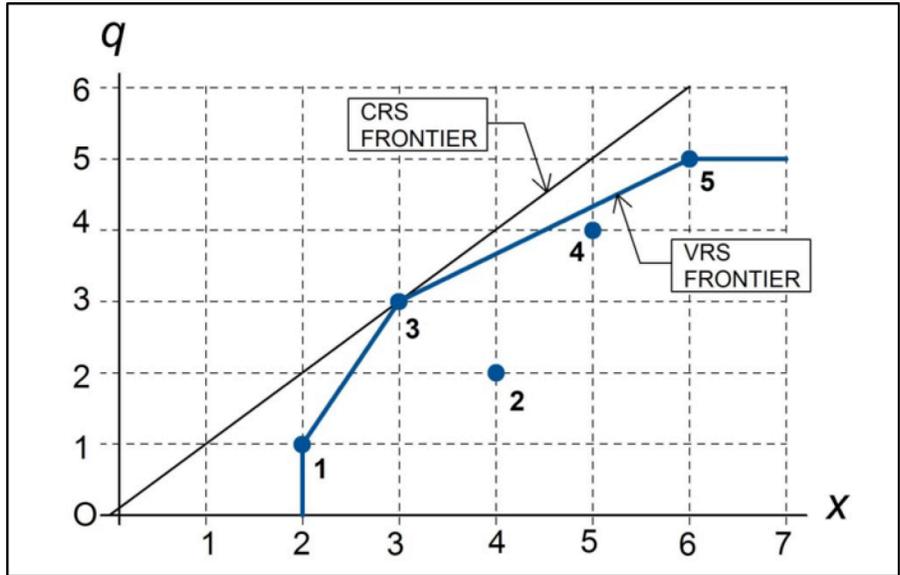


Figura 3. VRS Input orientado. Fuente: (Coelli et al., 2005)

En el modelo de rendimientos variables, las unidades ineficientes se comparan sólo con las de tamaño similar, mientras que, en rendimientos constantes, la comparación se produce independientemente del tamaño.

El planteamiento matemático del modelo DEA en forma fraccional, y en versión input orientada se puede expresar:

$$\text{Max}_{(u,v,k)} \quad h_0 = \frac{u^T y_0 + k_0}{v^T x_0} \quad (1)$$

$$\text{Sujeto a:} \quad \frac{u^T Y_j + k_0}{v^T X_j} \leq 1 \quad (2)$$

$$j = 1, 2, \dots, \dots, \quad n$$

$$u^T, v^T > I\epsilon$$

k_0 no restringida

x_j ($x_j \geq 0$) representa las cantidades del input consumido por la j-ésima unidad.

x_0 representa las cantidades del input consumido por la unidad evaluada.

y_j ($y_j \geq 0$) representa las cantidades del output producido por la j-ésima unidad.

y_0 representa las cantidades del output producido por la unidad evaluada.

u^T y v^T representa los pesos de los outputs e inputs respectivamente.

En el modelo de rendimientos variables, la escala puede analizarse según el signo de la constante k. Ver figura 4.

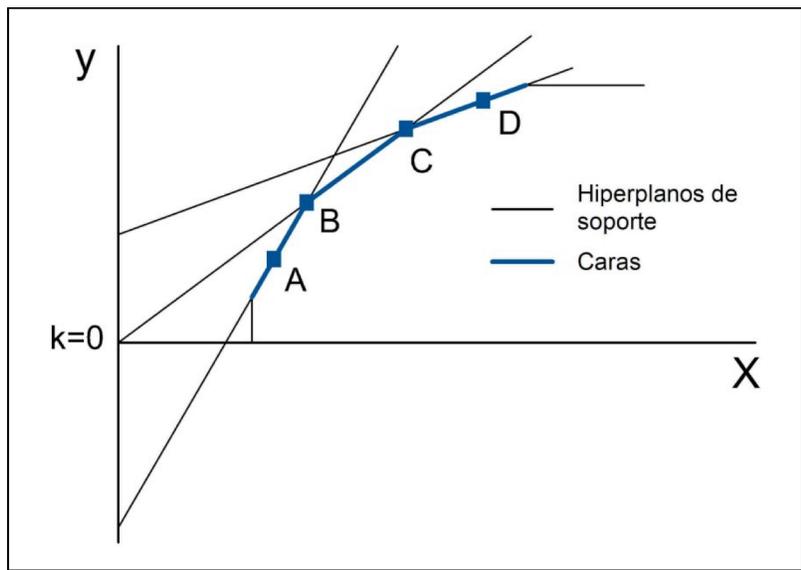


Figura 4. Rendimientos a Escala. Fuente: (Coll & Blasco, 2006)

Si $k_0 < 0$, la DMU presenta una situación de retornos crecientes a escala.

Si $k_0 > 0$, la DMU presenta una situación de retornos decrecientes a escala.

Si $k_0 = 0$, la DMU presenta una situación de retornos constantes a escala.

En modelos de varios inputs y outputs, es importante reformular el modelo fraccional para su resolución. "El profesor Charnes hizo una importante contribución en transformar el modelo fraccional, a un modelo de programación lineal equivalente" (Sueyoshi y Goto, 2017). En la actualidad y mediante el uso de software, esta transformación ha permitido la resolución de modelos más complejos.

2.4 Aplicaciones de la metodología DEA

"DEA ha sido reconocida como una herramienta moderna para medir el rendimiento" (Emrouznejad y Liang Yan, 2017), se ha publicado una gran cantidad de artículos que incluyen importantes avances en teoría, así como aplicaciones de la DEA, tanto en el sector público como privado.

Algunos estudios muestran una serie de aplicaciones y usos de la medición de la eficiencia a diversos sectores productivos y empresariales como el caso de (Schuschny, 2007) quien realiza una medición de la eficiencia aplicada al sector energético; (Coll y Blasco, 2007) realizan una aplicación en el sector textil; (Quintanilha y Correia, 2012) aplican una metodología de medición de eficiencia a la industria de aviación; (Castro, 2015) quien efectúa una aplicación en el sector minero, entre otros.

2.5 DEA en industria de la construcción

El análisis DEA ha tenido muchas aplicaciones en diversos sectores industriales, y específicamente en el sector de la construcción, existen contribuciones importantes que han considerado diversas variables para la evaluación de la eficiencia y la construcción de un ranking empresarial. Muchos estudios han trabajado con datos de la región Asiática donde existe una estrecha relación entre el crecimiento del producto interno con el crecimiento del sector de la construcción (Chau et al. 2005); (Chen 2012); (Devicenzi et al. 2015). Otros estudios importantes se han desarrollado en Italia, Grecia, Portugal y Jordania (Guerrini et al. 2013); (Tsolas 2011); (Horta et al. 2010); (El-Mashaleh et al. 2006).

En su mayoría, los estudios antes mencionados, consideran como una variable de producción a las ventas en su respectiva unidad monetaria, y como factores o recursos consumidos se encuentra principalmente el trabajo valorado en dinero o número de empleados según la disponibilidad de información, equipo o tecnología, consumo de materiales, y

ciertos recursos intermedios. Algunos estudios indagan en una siguiente etapa, los factores explicativos de los índices de eficiencia calculados, lo que es evaluado mediante correlaciones entre la eficiencia y datos técnicos y financieros; tal es el caso de (Moreno et al. 2014), quienes aplican un modelo en tres etapas y mediante una regresión tipo Tobit, establecieron ciertos determinantes de la eficiencia; o el estudio de (de Araujo et al. 2012), quienes relacionan la eficiencia calculada con el volumen de ingresos.

3. Metodología

El presente trabajo se realiza en dos etapas: primeramente se efectúa una medición de la eficiencia de las diferentes unidades empresariales; y segundo se analiza su relación con el capital de trabajo.

3.1 Hipótesis de investigación

En el estudio de la eficiencia, es común el contraste de hipótesis mediante la medición del efecto de variables organizacionales internas sobre el nivel de eficiencia de las organizaciones. En las empresas de la construcción, las economías de escala han sido frecuentemente estudiadas, y se ha demostrado que empresas grandes manejan costos bajos de operación y producción, lo que les lleva a generar un mayor nivel de eficiencia. (McCabe 2003); (Dzeng y Wu 2012). El presente trabajo da por sentado el efecto de economías de escala, y busca, independientemente del tamaño, analizar el concepto de los niveles del capital de trabajo empresarial en relación con los niveles de eficiencia previamente determinados. Para dar respuesta a la pregunta de investigación, la hipótesis a contrastar es:

H1. La práctica de reducción del capital de trabajo está relacionada a una disminución de los niveles de eficiencia en las firmas constructoras.

3.2 Unidad de Análisis

La unidad de análisis está conformada por una muestra del sector empresarial de la construcción en el Ecuador. Se estableció como universo a aquellas empresas dedicadas a la construcción de todo tipo de edificios, agrupados según codificación de la Superintendencia de Compañías como actividad económica de nivel F41, que incluye la construcción de casas familiares individuales, edificios multifamiliares, edificios de alturas elevadas, viviendas para beneficencia, orfanatos, cárceles, cuarteles, conventos, casas religiosas, incluyendo remodelación, renovación o rehabilitación de estructuras existentes.

En la Tabla 1, se puede apreciar la cantidad de empresas constructoras según el tipo de compañía.

Tabla 1. Número de compañías según actividad. Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros

Número de Compañías	2008	2009	2010	2011	2012
F41 - Construcción de edificios.	2.122	2.251	2.477	2.491	2.111
F42 - Obras de ingeniería civil.	1.331	1.506	1.730	1.769	1.419
F43 - Actividades especializadas de la construcción.	575	611	651	626	540
Total número de compañías	4.028	4.368	4.858	4.886	4.070



El universo o población comprende 2111 sociedades con fines de lucro de categoría F41, corte al año 2012. En Ecuador las empresas dedicadas a la construcción de obras

civiles, son catalogadas como las más importantes dentro de un ranking general por su nivel de ingresos. En la Tabla 2 se muestra a manera de ejemplo algunas de ellas.

Tabla 2. Mayores Empresas Constructoras por nivel de Ingresos. Fuente: Revista Ekos, Ranking Empresarial Top 1.000. Tomado de Estudios Industriales:

NOMBRE		2013	2014
1	Constructora Norberto Odebrecht S. A.	294.4	651.3
2	Sinohydro Corporation	478.3	430.7
3	Hidalgo e Hidalgo S.A.	328.3	322.0
4	Herdoiza Crespo Construcciones S.A.	270.1	261.2
5	China International Water & Electric Corp-Cwe	130.4	163.4
6	Fopeca S.A	161.0	128.8
7	China Gezhouba Group Company Limited	109.9	109.4
8	Ripconci Construcciones Civiles Cía. Ltda.	91.6	94.0
9	Harbin Electric International Co. Ltd.	71.7	93.1
10	Sevilla y Martínez Ingenieros CA Semaica	30.9	92.0

Nota: Valores en millones de dólares

3.3 Recolección de Datos

La determinación de una muestra probabilística en este tipo de estudio, conlleva mucha complejidad por la necesidad de disponer de variables contables de entrada, datos que a menudo no están a libre disposición. La literatura sobre el tema ha demostrado la utilidad de muestreos no probabilísticos como el caso de (Dzeng y Wu, 2012), que incluye 26 empresas constructoras; (de Araujo et al., 2012) que incluye 57 empresas; (Tsolas, 2011) con 16 firmas; u (Horta et al., 2010), que incluyen en su análisis las principales 20 firmas constructoras de Portugal. En los estudios mencionados se ha podido establecer un ranking empresarial con modelos DEA, similar al requerido en la presente investigación, y de la misma forma, estos datos han servido de base para etapas posteriores de relación de variables DEA con información financiera sectorial.

Por tanto, la presente investigación utilizó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, en donde se recopiló información de 58 empresas constructoras pertenecientes a la categoría de construcción de edificios, de acuerdo a los siguientes criterios:

Mayor participación en el mercado inmobiliario interno por nivel de ingresos o magnitud de activos.

Mayor publicidad y posicionamiento,

Cantidad y calidad de información, con reportes contables completos de al menos 4 años (2011 – 2014).

Para la conformación de la muestra, se utilizaron registros en donde se visualizan las principales empresas constructoras del Ecuador según los criterios ya mencionados. Así se usaron listados institucionales de las cámaras de la construcción, colegios profesionales de arquitectura e ingeniería, así como estudios industriales que presentan rankings anuales de empresas en Ecuador.

Los datos financieros se obtuvieron de fuentes secundarias como los estados financieros publicados en la página oficial de la Superintendencia de Valores y Seguros del Ecuador, institución encargada de consolidar y publicar la información financiera de las instituciones y sociedades, así

como en bases de datos gubernamentales como el Servicio de Rentas Internas, y el Instituto de Estadísticas y Censos del Ecuador.

A pesar de que las empresas seleccionadas para el estudio registran todos sus estados financieros durante los años (2011-2014), en el análisis por años se requirió excluir algunos datos debido a la presencia de errores por la inadecuada ubicación de la información en los casilleros del formulario virtual, así como también porque la información de algunos casilleros no se visualizaba de forma completa.

3.4 Variables y Técnicas

Para determinar los niveles de eficiencia se utilizó el análisis envolvente de datos (DEA), el cual es una técnica no paramétrica empleada ampliamente en estudios empíricos para evaluar la eficiencia en la industria de la construcción. La orientación del análisis es de tipo input orientado, en retornos variables. Se establecieron variables de entrada (inputs) y variables de salida (outputs). Las variables intervinientes fueron seleccionadas a partir de los estados financieros, y se establecieron como inputs o entradas: 1) Trabajo, 2) Materiales y recursos intermedios y 3) Propiedad planta y tecnología, y como outputs o salidas: 4) Producción. Las estadísticas de las variables intervinientes se pueden apreciar en la Tabla 3.

1) Trabajo (T), dato obtenido del valor gastado en sueldos y salarios reportado en el Estado de Resultados.

2) Materiales y recursos intermedios (M), se obtiene del valor registrado como costo de ventas e incluye adicionalmente los gastos administrativos y de ventas reportados en el Estado de Resultados.

3) Equipo, propiedad, planta y tecnología (P), obtenido del activo fijo neto, información contenida en el Estado de Situación Financiera.

4) Producción (Q), obtenido de las ventas e ingresos netos de actividades ordinarias registrados en el Estado de Resultados.

Tabla 3. Descripción estadística de variables

Variable	Observaciones	Media	Desviación	Min.	Máx.
Año	2011				
Trabajo (T)	47	469	1346	1,28	7780
Materiales (M)	47	3357	6039	0,72	32549
Equipo (P)	47	1212	2294	0,27	13006
Producción (Q)	47	3989	7041	6,41	33747
Año	2012				
Trabajo (T)	55	506	1560	2,97	10491
Materiales (M)	55	3176	6454	19,30	39763
Equipo (P)	55	1357	2264	0,19	11481
Producción (Q)	55	3815	7474	67,91	41180
Año	2013				
Trabajo (T)	56	591	1421	7,63	8818
Materiales (M)	56	3521	8189	26,24	59343
Equipo (P)	56	1612	3075	0,17	15834
Producción (Q)	56	4301	8662	36,92	60258
Año	2014				
Trabajo (T)	55	420	871	8,25	5809
Materiales (M)	55	3569	7960	38,05	55757
Equipo (P)	55	1596	3198	0,14	20195
Producción (Q)	55	4182	8589	12,44	59429

Nota: Valores en miles de dólares

Una vez que se hayan definido las puntuaciones de eficiencia de las empresas por cada año de estudio, se realizará una correlación con el capital de trabajo. El capital de trabajo (CT), corresponde a la diferencia entre los activos corrientes y los pasivos corrientes, los cuales se reflejan en los estados de situación financiera. El capital de trabajo de

cada unidad representa la capacidad de cubrir las obligaciones empresariales de la organización en el corto plazo, lo que a su vez garantiza el flujo adecuado de producción. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Descripción estadística del Capital de Trabajo

Variable	Observaciones	Media	Desviación	Min.	Máx.
CT2011	47	1669	4563	-4335	25510
CT2012	55	1468	3650	-4819	16201
CT2013	56	1586	3545	-2775	18937
CT2014	55	1509	3264	-3207	13184

Nota: Valores en miles de dólares



Al ser la eficiencia una variable truncada con su valor máximo de 1, se utiliza para el estudio de correlación un modelo Tobit. El modelo Tobit soluciona el problema del truncamiento mediante estimaciones Beta que representan directamente el efecto marginal que cada una de las variables x tiene en el valor medio de y . Cabe indicar que en este modelo la no normalidad afecta en mayor medida y produce que los estimadores Beta sean inconsistentes. Actualmente el contraste de las hipótesis de normalidad es caso de estudio en estos modelos.

4. Resultados y discusión

Inicialmente se elaboró una frontera eficiente tomando las observaciones del año 2011. En el afán de mostrar un esquema gráfico de la información, se emplearon para el cálculo solamente dos inputs (Trabajo y Materiales), y un output (Producción).

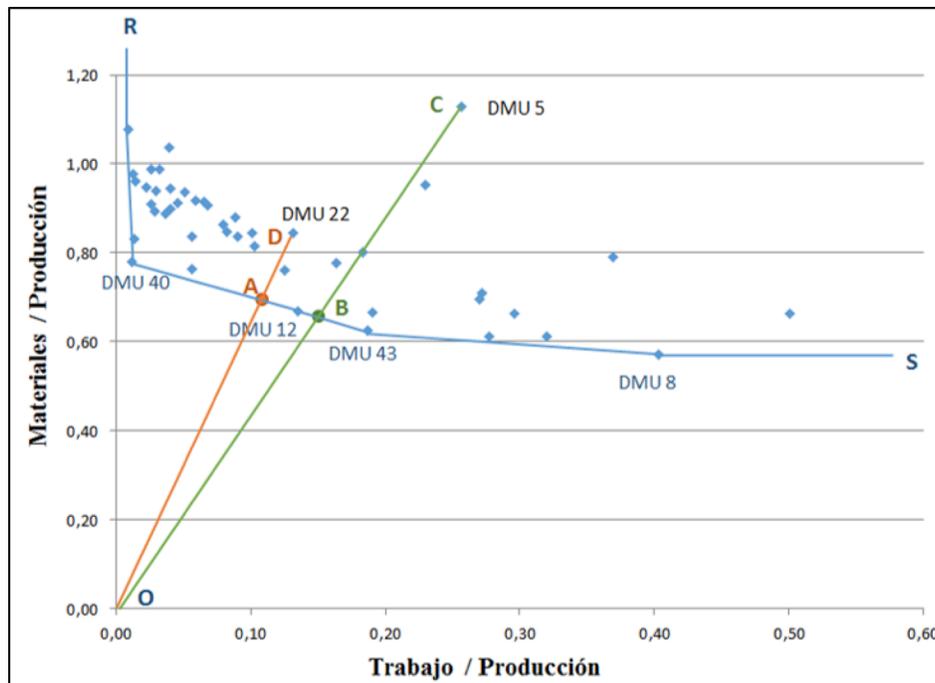


Figura 5. Frontera eficiente caso de dos inputs y un output. Año 2011

En la figura 5, se muestra la frontera R-S para el año 2011. Los ejes indican el consumo de recursos por cada unidad de producción, y cada punto en el espacio representa una empresa (DMU). Las firmas consideradas eficientes por mostrar un menor consumo de recursos por nivel de producción (DMU 40, 12, 43, 8), delimitan la frontera eficiente. Estas firmas muestran un score de 1,00 (ver Tabla 5), por ser consideradas las mejores prácticas.

Es posible también medir el nivel de eficiencia de las unidades no fronterizas, e identificar los puntos de referencia con los que se pueden comparar las unidades ineficientes (Taeb et al. 2017), (p.194).

Para el caso de dos firmas ineficientes graficadas en la Figura 5, (DMU 22 y DMU 5), su cálculo se presenta de la siguiente forma:

$$\text{Eficiencia DMU 22} = \frac{\text{Distancia OA}}{\text{Distancia OD}} = \frac{0,704}{0,857} = 0,82 \quad (4)$$

$$\text{Eficiencia DMU 5} = \frac{\text{Distancia OB}}{\text{Distancia OC}} = \frac{0,676}{1,159} = 0,58 \quad (5)$$

En la DMU 5, se observa un valor de eficiencia de 0.58 (58%), lo que significa que en este año los inputs de la DMU pueden ser reducidos en promedio un 42% para llegar a consolidarse como eficiente.

Las distancias geométricas hacia los puntos A y B, se obtienen mediante un sistema simple de ecuaciones de rectas. Es importante recalcar el puntaje de eficiencia superior de la DMU 22 sobre la DMU 5, debido a que la DMU 22 está más cerca de la frontera, y por tanto presenta un mejor manejo o consumo de recursos.

De esta misma forma se calculan todos los score de eficiencia para la muestra de estudio. Los puntajes de eficiencia de las firmas 22 y 5, así como del resto de firmas para el año 2011, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Puntajes de eficiencia para el año 2011

DMU	Puntaje	DMU	Puntaje	DMU	Puntaje	DMU	Puntaje
1	0,78	15	0,81	27	0,82	38	0,74
2	0,83	16	0,91	28	0,86	40	1,00
3	1,00	17	0,82	29	0,81	41	0,97
4	0,76	18	0,81	30	0,86	42	0,89
5	0,58	19	0,83	31	0,91	43	1,00
6	0,86	20	0,68	32	0,81	44	0,81
8	1,00	21	0,85	33	0,86	46	0,78
11	0,97	22	0,82	34	0,87	47	0,99
12	1,00	23	0,85	35	0,86	48	0,87
13	0,82	24	0,85	36	0,94	50	0,86
14	0,88	26	0,86	37	0,82	53	0,95

Para la posterior correlación con el Capital de Trabajo, se utilizó en el cálculo de la eficiencia, más de los inputs Trabajo y Materiales, el input denominado Equipo, con el objeto de incluir el consumo tecnológico de cada una de las firmas. Al conformarse un esquema de tres inputs y un output, la representación gráfica se vuelve difícil por la naturaleza multidimensional de la frontera eficiente resultante, y la determinación del score para cada DMU requiere de cálculos más complejos.

El modelo DEA de retornos variables, en su versión input orientada para el año 2011 sería:

$$\text{Matriz de inputs } X = \begin{pmatrix} \text{Inputs} & \text{DMU 1} & \text{DMU 2} & \dots & \text{DMU } n \\ \text{Trabajo} & 105 & 17 & \dots & x_{2n} \\ \text{Materiales} & 4171 & 356 & \dots & \dots \\ \text{Equipo} & 29 & 1682 & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

$$\text{Matriz de outputs } Y = \begin{pmatrix} \text{Output} & \text{DMU1} & \text{DMU 2} & \dots & \text{DMU } n \\ \text{Producción} & 4213 & 389 & \dots & y_{2n} \end{pmatrix}$$

Modelo Fraccionario para la empresa DMU 1:

$$\text{Max}_{u,v,k} = \frac{4213 u_1 + k}{105v_1 + 4171v_2 + 29v_3} \quad (6)$$

Sujeto A:

$$\frac{4213 u_1 + k}{105v_1 + 4171v_2 + 29v_3} \leq 1 \quad \frac{389 u_1 + k}{17v_1 + 356v_2 + 1682v_3} \leq 1 \quad \frac{\dots u_1 + k}{\dots v_1 + \dots v_2 + \dots v_3} \leq 1 \quad (7)$$

$$u_1, v_1, v_2, v_3 \geq 0$$

k_0 no restringida

La escala puede analizarse según el signo de la constante k

El modelo puede ser reformulado y resuelto por computador al pasar de su forma fraccional a la programación lineal. Se usó el software Stata para resolver el modelo y determinar los puntajes de eficiencia a rendimientos variables planteado por (Banker et al.1984). En la Tabla 6 se puede encontrar para los cuatro años de estudio, a más del score de cada firma, el ranking de las unidades (DMU) que forman parte de la muestra.

Tabla 6. Puntajes de eficiencia en rendimientos variables a escala

DMU	2011		2012		2013		2014	
	Puntaje	Rank	Puntaje	Rank	Puntaje	Rank	Puntaje	Rank
1	1,00	1	0,70	30	1,00	1	0,69	46
2	0,74	34	0,70	31	0,87	13	1,00	1
3	1,00	1			1,00	1	0,42	52
4	0,67	41	0,73	25	0,76	21	0,97	13
5	0,47	47	0,50	55	0,74	23	0,90	16
6	0,80	25	0,78	22	0,84	15	0,26	55
7	-	-	-	-	0,58	55	0,70	42
8	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1
9	-	-	1,00	1	1,00	1	1,00	1
10	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1
11	1,00	1	0,84	18	-	-	-	-
12	0,80	26	0,64	45	0,66	40	0,83	24
13	0,95	13	0,86	16	0,72	25	0,62	51
14	1,00	1	1,00	1	-	-	0,99	12
15	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1



Tabla 6. Puntajes de eficiencia en rendimientos variables a escala

16	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1
17	1,00	1	0,64	47	0,67	37	0,92	14
18	0,85	20	0,71	29	0,71	28	1,00	1
19	0,65	44	0,50	54	0,71	27	0,66	49
20	0,66	43	0,89	14	0,72	26	1,00	1
21	0,76	30	0,66	39	0,68	33	0,86	20
22	0,74	33	0,69	32	0,85	14	0,73	37
23	0,63	46	0,66	41	0,67	39	0,70	44
24	0,93	15	0,93	12	1,00	1	0,84	23
25	-	-	1,00	1	1,00	1	0,76	32
26	0,79	27	0,65	43	0,63	43	0,89	17
27	0,66	42	0,72	26	0,60	48	0,71	40
28	0,75	31	0,72	27	0,67	36	0,79	28
29	0,88	18	0,64	46	0,60	52	0,88	18
30	0,69	38	1,00	1	0,68	34	0,84	21
31	0,82	23	1,00	1	0,68	35	0,31	54
32	0,71	36	0,69	33	1,00	1	0,66	48
33	0,77	28	0,83	19	0,63	44	0,74	36
34	0,96	12	0,61	51	0,60	51	0,71	41
35	0,67	40	0,64	44	0,57	56	0,72	38
36	0,94	14	0,80	20	0,61	47	0,84	22
37	0,68	39	0,67	38	0,60	50	-	-
38	0,69	37	0,71	28	1,00	1	0,70	43
39	-	-	1,00	1	0,70	29	0,42	53
40	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1
41	0,87	19	0,63	48	0,73	24	0,91	15
42	0,75	32	0,57	53	0,59	54	0,75	34
43	0,83	22	0,69	35	0,77	20	1,00	1
44	0,71	35	0,74	24	0,76	22	0,75	35
45	-	-	0,65	42	0,67	38	1,00	1
46	0,83	21	0,66	40	0,59	53	0,71	39
47	0,90	16	0,61	50	0,60	49	0,83	25
48	0,64	45	0,69	34	0,83	16	-	-
49	-	-	0,77	23	0,64	42	0,76	31
50	0,90	17	0,68	37	0,68	32	0,81	26
51	1,00	1	0,84	17	0,80	18	0,87	19
52	-	-	0,57	52	0,61	46	0,67	47
53	0,77	29	0,88	15	0,78	19	0,81	27
54	-	-	0,90	13	0,70	30	0,79	29
55	0,81	24	0,68	36	0,69	31	0,77	30
56	-	-	0,78	21	0,82	17	0,75	33
57	-	-	0,62	49	0,62	45	0,66	50
58	-	-	-	-	0,66	41	0,69	45

En la Tabla 7, se puede visualizar la estadística descriptiva del modelo, en donde se muestran 11 empresas eficientes (2011, 2012, 2014), y 12 en el caso del año 2013. Asimismo puede analizarse como dato relevante el año 2011 con una eficiencia promedio superior (0.82), valor que tiene correspondencia con el destacado crecimiento económico

del país a este año. El valor máximo de eficiencia es 1.0, mientras que en los mínimos existen valores cercanos a 0.5, a excepción del 2014 en donde se puede observar un valor mínimo de 0.26, lo que significa que para este año los inputs de la DMU pueden ser reducidos en promedio un 74%.

Tabla 7. Estadística descriptiva DEA (VRS)

Año	2011	2012	2013	2014
Numero de Eficientes	11	11	12	11
Eficiencia promedio	0,82	0,76	0,75	0,79
Mediana	0,81	0,71	0,70	0,79
Desviación	0,14	0,15	0,15	0,17
Máx.	1	1	1	1
Mín.	0,47	0,50	0,57	0,26

En la Figura 6, se puede apreciar la reducción de los puntajes de eficiencia en los años 2012 y 2013, por lo que

las empresas fueron parcialmente ineficientes en términos de consumo de recursos en estos años.

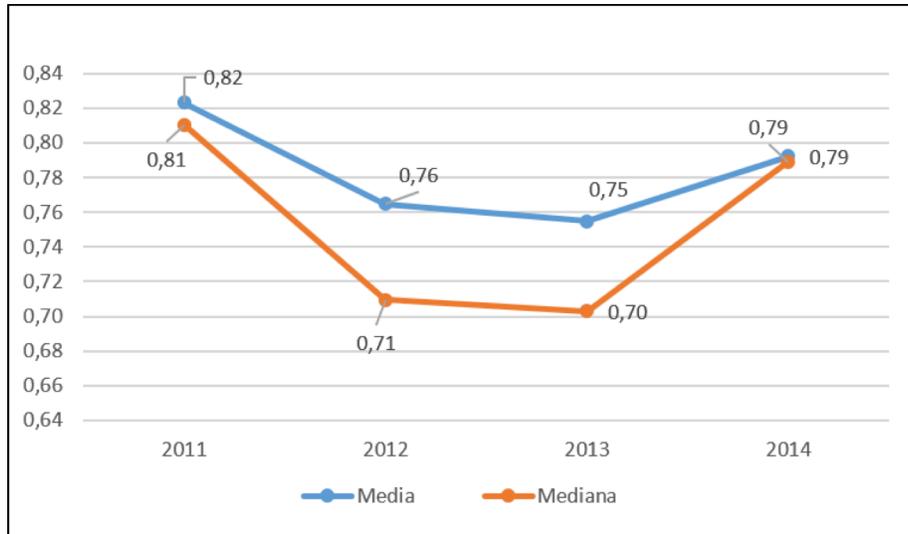


Figura 6. Evolución de la eficiencia por años (VRS)

La Tabla 8 muestra una estadística descriptiva de la eficiencia de escala EE, que relaciona la eficiencia técnica global ETG (modelo de retornos constantes) y la eficiencia técnica pura ETP (modelo de retornos variables). La eficiencia de escala puede ser interpretada como la parte de la ineficiencia presente en la eficiencia técnica global (ETG), que obedece a la escala de producción de las diferentes DMU. Por tanto $ETG = ETP * EE$. Si $EE=1$, la unidad analizada no presentaría

ineficiencias de escala, por el contrario, si la $EE < 1$ existiría ineficiencias de escala. En la Tabla 8, se muestran valores altos de eficiencia de escala promedio, lo que indica que las unidades no están lejos de la escala óptima de operación. De todas formas, al existir ineficiencias de escala para todos los años, es conveniente analizar si las unidades operan a rendimientos crecientes o decrecientes.

Tabla 8. Estadística descriptiva Eficiencia de Escala

Año	2011	2012	2013	2014
Número de Eficientes	6	6	5	6
Eficiencia promedio	0,93	0,94	0,93	0,92
Mediana	0,98	0,98	0,98	0,96
Desviación	0,09	0,09	0,09	0,12
Máx.	1	1	1	1
Mín.	0,72	0,68	0,69	0,17
Retornos constantes	6	6	5	6
Retornos crecientes	15	33	42	7
Retornos decrecientes	26	16	9	42

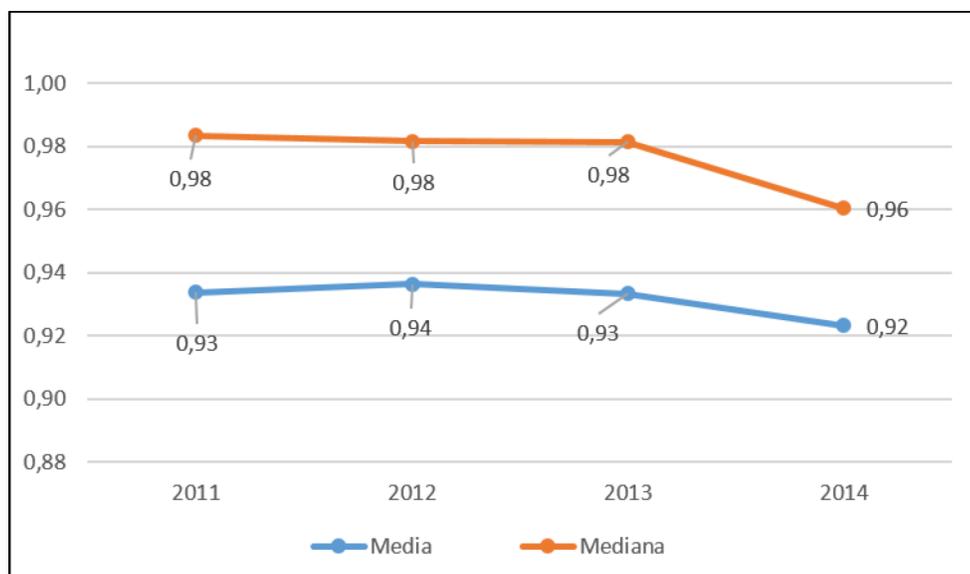


Figura 7. Evolución de la eficiencia de escala por años

Los rendimientos a escala (crecientes o decrecientes) indican la proporción en que varían los outputs versus los inputs, es así que para el año 2011 y 2014 existen mayoritariamente empresas que presentan retornos decrecientes, esto significa que en estas DMU el incremento porcentual de las ventas (output) es menor que el incremento porcentual de los recursos consumidos (inputs). En los años 2012 y 2013 se encuentran mayoritariamente retornos crecientes, lo que significa que el incremento porcentual de las ventas es mayor que el incremento porcentual de los factores consumidos en estos años.

En la Tabla 9, se muestra los resultados del análisis de regresión Tobit realizado entre la escala de eficiencia y el capital de trabajo para cada uno de los años. Puede apreciarse coeficientes betas positivos para todos los años, lo que indica que un incremento del capital de trabajo está relacionado con mayores niveles de eficiencia. El mayor coeficiente se presenta en el año 2012, lo que nos lleva a interpretar que para este año, el incremento del capital de trabajo tiene un efecto mayor en el nivel de eficiencia. El análisis muestra los diferentes t-ratio y su respectivo p-value, con valores de significancia del 99% para todos los años.

Tabla 9. Efecto del capital de trabajo (CT) sobre la eficiencia (VRS) según años

Regresión Tobit						
VRS	Coefficiente Beta	Error Estándar	t-ratio	p > t	Obs.	Prob>chi2
CT2011	0,336	0,090	3,75	0,001*	43	0,0001
CT2012	0,415	0,156	2,66	0,011*	48	0,006
CT2013	0,339	0,127	2,67	0,01*	54	0,0061
CT2014	0,231	0,074	3,12	0,003*	50	0,0018

5. Conclusiones

Esta investigación pretende ser un soporte y ayuda para el empresario de la construcción; su orientación financiera se enfoca en el análisis del capital de trabajo como un indicador financiero importante para la adecuada toma de decisiones. Se muestra además la pertinencia del uso de la técnica DEA para valorar el nivel de eficiencia de las firmas, su posicionamiento actual y la posibilidad de manejar adecuadamente los insumos internos en busca de un posicionamiento competitivo.

Establecer una valoración de la eficiencia en firmas constructoras, es una tarea compleja por la diversidad de información disponible para la comparación de las unidades productivas. En el estudio, el análisis envolvente de datos que mide la eficiencia de una unidad productiva mediante múltiples inputs y outputs, ha demostrado ser una herramienta factible para resolver el problema de la calificación del nivel de eficiencia en las empresas intervinientes en la investigación. El análisis DEA aplicado a la industria de la construcción en el Ecuador indica una reducción en los niveles de eficiencia en los años 2012 y 2013, luego de lo cual el sector experimenta una mejora para el año 2014. Al ser un modelo orientado a los insumos, el estudio muestra como cada DMU puede reducir sus entradas, manteniendo la misma cantidad de salidas, hasta alcanzar su frontera eficiente.

La valoración DEA resultante, al ser correlacionada con el capital de trabajo, mostró un vínculo directo entre estas dos

medidas. El modelo de regresión empleado permite corroborar que un menor nivel de capital de trabajo está relacionado con menores valoraciones de eficiencia en todos los años considerados en el estudio. Estos resultados tienen una implicación importante tanto teórica como práctica. El estudio permite ilustrar cómo en las firmas constructoras, la implementación de una estrategia de reducción del capital de trabajo, no conduce a un incremento de su eficiencia, por el contrario, los mayores indicadores de eficiencia se visualizan en empresas con un capital de trabajo superior.

Gran parte de la literatura actual se enfoca en mejorar el rendimiento y la eficiencia mediante el análisis de la información financiera. La presente investigación muestra cómo esta información, presente en los estados financieros, puede ser la base para la evaluación comparativa entre firmas, lo que a su vez permite determinar las mejores prácticas del sector industrial.

Los resultados, a pesar de ser concluyentes en cuanto al manejo del capital de trabajo, representan sólo un intento de estudiar la información financiera relacionada a la eficiencia de las empresas de construcción. La muestra comprende únicamente 58 registros, lo que limita la inferencia estadística del análisis. Futuras investigaciones deberán validar los resultados del presente estudio con una muestra más amplia, así como también será necesario relacionar más variables financieras, lo que permitiría que futuros investigadores puedan proveer información adicional sobre indicadores financieros y su relación con el nivel de eficiencia de las organizaciones.

6. Referencias

- Álvarez A. (2013)**, La medición de la eficiencia y la productividad. Madrid, España: Ediciones Pirámide Grupo Anaya, S.A.
- Aparicio J., Cordero J.M & Pastor J.T. (2016)**, The determination of the least distance to the strongly efficient frontier in Data Envelopment Analysis oriented models: Modelling and computational aspects. *The International Journal of Management Science*, 71, 1-10
- Banco Central del Ecuador. (2014), Información Estadística Mensual. No.1950. Recuperado de: <http://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>
- Banker R., Charnes A., Cooper W. (1984)**, Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9).
- Castro Y. (2015)**, Propuesta metodológica para la medición de eficiencia en el sector minero en México: DEA. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, 10(1), 1287-1292.
- Charnes A., Cooper W., Rodes E. (1978)**, Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444
- Chau K. W., Wang Y. S., & Lu L. L. (2005)**, Technological Progress and the Productive Efficiency of Construction Firms in Hong Kong, 1981–2001. *Journal of Construction Research*, 6, 195–207.
- Chen X., and Tang J. Y. (2014)**, Application of Improved Data Envelopment Analysis in Construction Supply Chain Management. *Applied Mechanics and Materials*, 638-640, 2388–2392.
- Coelli T. J., Prasada D. S., O'Donnell C. J. & Battese, G. E. (2005)**, An introduction to efficiency and productivity analysis. EEUU: Springer.
- Coll V., y Blasco O. (2006)**, Evaluación de la Eficiencia Mediante el Análisis Envolvente de Datos (Ed.Elec.). España: Eumed.net. Recuperado de www.eumed.net/libros/2006c/197/
- Debreu, G. (1951)**, The coefficient of resource utilization. *Econometría*, 19(3), 273-292.
- Dzeng, R.-J., & Wu, J.-S. (2013)**, Efficiency measurement of the construction industry in Taiwan: a stochastic frontier cost function approach. *Construction Management and Economics*, 31(4), 335–344.
- El-Mashaleh, M. S., Rababeh, S. M., & Hyari, K. H. (2010)**, Utilizing data envelopment analysis to benchmark safety performance of construction contractors. *International Journal of Project Management*, 28(1), 61–67.
- Emrouznejad A., and Liang Yang G. (2017)**, A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978-2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.
- ESPOL (2016)**, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Estudios Industriales: Orientación Estratégica para la Toma de Decisiones. Recuperado de http://www.espae.espol.edu.ec/images/documentos/publicaciones/estudios_industriales/industriaconstruccion.pdf
- Farrell M. J. (1957)**, The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*.
- De Araujo F., Guimaraes A., D. & Shikida, C. (2012)**, Analysis of the efficiency of national civil construction firms. *Brazilian Business Review*, 9(3), 45–70.
- Garrison R., Eric N., and Brewer P. (2007)**, Contabilidad Administrativa. México: Mc Graw Hill.
- Guerrini A., Martini M., & Campedelli B. (2013)**, Measuring the efficiency of the Italian construction industry. *International Journal of Business*



- Performance Management, 14(3), 307–325.
- Horta I., Camanho A., and Da Costa J. (2010)**, Performance Assessment of Construction Companies Integrating Key Performance Indicators and Data Envelopment Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(5), 581–594.
- McCabe B., Tran V., and Ramani J. (2005)**, Construction prequalification using data envelopment analysis. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 32(1), 183–193.
- Moreno J. de J., López Robayo O. y Díaz Castro J. (2014)**, Productividad, Eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2010. *Cuadernos de Economía*, 33, 569–588.
- Quintanilha J., y Correia J. (2012)**, Evaluación de la eficiencia de las compañías aéreas brasileñas a través de un modelo híbrido de análisis envolvente de datos (DEA) y programación lineal multiobjetivo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 20(3), 31-342.
- Schuschny A. (2007)**. El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe. *Estudios estadísticos y proyectivos*, (46), 1-53.
- Shepard R. (1953)**, *Theory of cost and production functions*. Princeton: Princeton University Press.
- Sueyoshi T y Goto M. (2017)**, *Environmental assessment on energy and sustainability by data envelopment analysis*. Wiley, London: Offices.
- Taeb Z., Hosseinzadeh F., y Abbasbandy S. (2017)**, Determine the Efficiency of Time Depended Units by Using Data Envelopment Analysis. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 6(3), 193-201.
- Tsolas I. E. (2011)**, Modelling profitability and effectiveness of Greek-listed construction firms: an integrated DEA and ratio analysis. *Construction Management and Economics*, 29, 795–807.