

# MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA GESTIÓN DE ADMINISTRACIÓN DE UNA EMPRESA CONSTRUCTORA

## Measuring efficiency in the management of a construction company

GUSTAVO DEVICENZI<sup>1</sup>, CARMEN RESCALA<sup>1</sup>, GRICELA ALICIA ROHDE<sup>1</sup>, MARTA BEATRIZ VIVIANA GIRAUDO<sup>1</sup>, MARÍA LILIANA BONAFFINI<sup>1</sup>, GUSTAVO ALBERTO BERNAOLA<sup>2</sup>  
(GRUPO IMAGEN, INVESTIGACIÓN MATEMÁTICA APLICADA A LA GESTIÓN DE NEGOCIOS)

### Resumen

Las empresas constructoras se enfrentan más que nunca al reto de asimilar fuertes y continuos cambios, no sólo del entorno, sino también sociales, medios tecnológicos, nuevas regularizaciones y legislaciones, recursos de capital, entre otros. En este contexto, existe una elevada competitividad que deriva, precisamente, de la evolución de los mercados hacia la globalización y a la adopción, por parte de las empresas, del nuevo modelo de comportamiento basado en la gestión del conocimiento. Por ello es necesario tomar decisiones dentro del ámbito empresarial para poder adaptarse a este cambiante y complejo mundo. Quienes conducen las organizaciones deben buscar la satisfacción del cliente siguiendo un planeamiento estratégico que tenga como meta minimizar los costos, diferenciar los productos y segmentar la clientela.

El objetivo de este trabajo fue medir la eficiencia en la gestión de administración de una empresa constructora de la ciudad de Resistencia, Chaco. Los datos para llevar a cabo el análisis fueron extraídos de los balances de diez ejercicios económicos de la empresa estudiada, obtenidos bajo condiciones de confidencialidad. La metodología empleada fue el estudio de caso, utilizando el Modelo Matemático DEA (Análisis Envolvente de Datos) y el Modelo Estadístico ACP (Análisis de Componentes Principales). Se han considerado los resultados surgidos de la aplicación del Modelo DEA, en primer lugar, sobre los datos originales extraídos de los Estados Contables de la empresa y en segundo lugar, sobre las componentes principales obtenidas de la aplicación del Modelo ACP. En ambos análisis se utilizaron los mismos inputs y se varió el *output*, tomando para un pri-

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. [gdevin@ing.unne.edu.ar](mailto:gdevin@ing.unne.edu.ar)

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. [gustavo@edesycc.com.ar](mailto:gustavo@edesycc.com.ar)

mer caso el rubro Resultado Total y para el segundo caso, el de Ventas. Los softwares empleados fueron: *Frontier Analyst* para el DEA y *Statgraphics* para el ACP.

Como resultado de la aplicación de los Modelos mencionados, se concluyó que la empresa en cuestión sufrió pérdida de rentabilidad (eficiencia) en forma sostenida a partir del año 2007, resultados confirmados por el feedback realizado con los directivos de la empresa, quienes manifestaron, asimismo, que analizando directamente los indicadores de los estados contables esta real pérdida de eficiencia no era apreciada.

**Palabras clave:** Empresas de Ingeniería, Eficiencia, Administración, Modelos.

### Abstract

Nowadays, Construction firms face the challenge of strong and continuous changes. These changes are related to environment, social, technological media, new regularization and legislation, capital resources, among others. A high competitiveness comes from the market trends toward globalization and the use of new models of behaviour based on management knowledge. Therefore, it is important to make decisions in order to adapt to this changing and complex world. Organizations' leaders must seek customer satisfaction following strategic planning to minimize costs, differentiate products and segment customers.

The objective of this work is to evaluate the efficiency in managing of a construction company in Resistencia, Chaco. The data used for the analysis were extracted from the balance sheets of ten periods of the studied company, obtained under confidential conditions. The methodology used was the case study, applying the Mathematical Model DEA (Data Envelopment Analysis) and the ACP Statistics (Principal Component Analysis) model. First, we have considered the results arising from the application of DEA model on the original data extracted from the financial statements of the company. Second, the data structure was modified by the principal components method obtained from the GPA model. Both analyses used the same inputs while the output was varied. The first case was the item "Total Result" and the second case, the item "Sales". The software used were: *Frontier Analyst* for the DEA and *Statgraphics* for the ACP.

As a result of the application of these models, it was concluded that the company suffered loss of profitability (efficiency) steadily since 2007. The results were confirmed by

the feedback from the directors of the company, who also stated that directly analysing the indicators of financial statements that actual loss of efficiency was not appreciated.

**Keywords:** Engineering companies, Efficiency, Management, Models.

## Introducción

Con el incremento de las necesidades de infraestructura civil, la industria de la construcción ha tenido que aumentar la intensidad de sus operaciones. Al tener que trabajar a niveles cada vez mayores, las empresas constructoras deben aumentar el nivel de calidad y eficiencia en el área administrativa. Aunque la construcción tiene patrones muy singulares de operación que no siguen exactamente las pautas convencionales de la industria de proceso, es necesario reconocer que el conocimiento desarrollado en ella, es susceptible de ser utilizado en las empresas constructoras, las que también deben lograr el liderazgo en costos, en la diferenciación del producto y en la segmentación de la clientela.

En toda organización existe un macro y un micro entorno en los que se integran diversos factores de producción, tales como: recursos humanos (en los niveles ejecutivos, tácticos y operativos), recursos materiales, financieros y una estructura organizacional adecuada, donde todos ellos deben materializar los proyectos, optimizándolos en beneficio de la sociedad, el cliente y la empresa.

En la actualidad las organizaciones no buscan solamente maximizar su rendimiento, sino que pretenden optimizar su potencial. En este contexto de gran complejidad, se puede decir que todas las variables interaccionan y la empresa necesita aprovechar las oportunidades que se le presentan, no solo en el mercado donde coloca sus productos o servicios, sino para obtener las condiciones más favorables en la captación de sus recursos. Esta realidad ha hecho que los empresarios de la construcción dejen de lado un único enfoque operacional para involucrar herramientas de la gestión estratégica, tales como, planeación, seguimiento, procesos y control, bajo las perspectivas del aprendizaje organizacional, de los procesos internos, clientes y las finanzas, y finalmente, utilizar estas herramientas como soporte para la toma de decisiones y preparar a la empresa para enfrentar los retos del mercado.

Una empresa con enfoque estratégico, se caracteriza por desarrollar habilidades gerenciales para que todos los procesos sean eficientes, lo que indica que el capital hu-

mano juega un papel importante en todos los niveles donde se desarrollan las actividades, significando que la estrategia no es cuestión que le concierne únicamente a la alta gerencia sino que es un proceso donde participa todo el personal de la organización. Esto pone de manifiesto la necesidad de una gestión eficiente de las empresas constructoras, con lineamientos estratégicos, con liderazgo en los procesos, que proporcione la administración eficaz y eficiente de los recursos tanto económicos como humanos, y de sus capacidades, para el logro de los objetivos trazados, en la búsqueda del bienestar común de las partes interesadas e involucradas (clientes, empleados, comunidad, bancos, proveedores).

La transformación del mercado y los cánones laborales actuales han motivado la necesidad de adaptar las compañías a los cambios tecnológicos que se producen a nivel mundial, esto implica actualización de programas específicos de ingeniería y de procesos informáticos que mejoren la eficiencia en las estrategias administrativas y así alcanzar la optimización de resultados productivos.

A fin de mejorar la productividad y lograr la máxima rentabilidad en la gestión, las empresas recurren a una ciencia exacta, la Matemática, la que les brinda Modelos en los que, utilizando adecuadamente las variables (entradas y salidas), les posibilitan determinar la eficiencia con la que trabajan. Aquí se muestra una aplicación de los Modelos: 1) Matemático DEA (Análisis Envolvente de Datos) y 2) Estadístico ACP (Análisis de las Componentes Principales) para la determinación de la eficiencia en la gestión de administración de una empresa local, donde las variables trabajadas provienen de los datos aportados por el nivel ejecutivo de la empresa y que fueron extraídos de los balances de los últimos diez Ejercicios Contables.

### **Metodología utilizada**

El modelo DEA, que considera este trabajo es el de CCR (rendimientos constantes a escala) en el conjunto de producción con orientación hacia los Outputs (salidas), porque se pretendió evaluar la eficiencia de una Unidad desde el punto de vista de maximizar las variables de salida, dado un determinado nivel de inputs. La medida de la eficiencia de una empresa se define, en el Análisis Envolvente de Datos, como su posición relativa respecto a la frontera eficiente, la que se determina matemáticamente por el ratio de la suma ponderada de los outputs en relación a la suma ponderada de los inputs. La particularidad de este modelo radica en que las ponderaciones que se utilizan son determinadas endó-

genamente por la propia técnica de la medición, las mismas se obtienen, al igual que la tasa de eficiencia, mediante la resolución de un modelo de programación lineal. Dicha tasa, suministrada por el DEA, es el resultado de comparar la actividad productiva de cada organización y evaluarla con las de otras técnicamente homogéneas o el resultado de comparar distintos períodos de una misma organización<sup>3</sup>. En este trabajo se ha utilizado esta última alternativa, complementando el estudio con el método estadístico de Análisis de Componentes Principales (ACP). Este último es una técnica estadística de síntesis de la información, que permite la reducción del número de variables o dimensiones de los datos originales, buscando: a) expresarlo en dimensiones ortogonales entre sí, lo que significa que dichas componentes no estarán correlacionadas; b) lograr la mayor representatividad del conjunto de datos.

Las nuevas componentes serán una combinación lineal de las variables originales.

Dependiendo de la homogeneidad de las variables, se puede usar el método con la matriz de correlación o la de covarianza. En este caso, por ser todas las unidades de medición de los inputs en pesos, y por ende homogéneas, se eligió el procedimiento con la matriz de covarianza.

### Análisis de los resultados

En el presente trabajo se utilizaron los softwares: *Frontier Analyst* para el modelado DEA y *Statgraphics* para ACP y la metodología empleada es la conocida como estudio de caso con los siguientes datos:

DMU	Compras de Materiales	Gastos Administrativos	Gastos Financieros	Gastos Operativos	Mano de Obra	Resultado Total	Ventas
2004	210,93	110,42	30,21	1.064,56	147,80	91,95	1.156,51
2005	458,91	22,83	22,83	1.579,43	313,72	100,93	1.680,62
2006	501,88	241,85	36,31	1.912,57	485,19	238,08	2.243,66
2007	186,28	382,10	76,37	4.557,73	1.416,85	356,97	5.096,97
2008	1.842,38	160,01	118,05	4.889,57	1.363,46	301,55	5.331,98
2009	2.881,93	352,24	213,14	7.642,15	2.373,63	544,92	8.368,68
2010	1.631,75	342,31	241,69	6.875,06	2.710,59	333,57	7.143,03
2011	4.730,25	449,24	450,61	13.250,48	4.200,65	375,21	13.721,39
2012	5.792,98	599,52	403,90	14.600,54	4.983,21	186,58	14.822,74
2013	6.100,84	747,05	314,43	14.250,58	4.531,32	861,13	15.471,61

Tabla 1 – Datos de los Balances de la Empresa (expresado en miles de pesos)

<sup>3</sup> RESCALA, C.; DEVINCENZI, G.; ROHDE, G.; BONAFFINI, M.L.; CESANA BERNASCONI, M.; PAVÓN, R.; BERNAOLA, G.; GIRAUDDO, M.; MARTÍNEZ, H. (2013, agosto). "Aplicación del Modelo Matemático DEA a la perspectiva financiera del Cuadro de Mando Integral". Trabajo presentado en *XI Congreso Internacional de Administración: La Administración y las personas en la sociedad global*. Realizado en el Consejo Profesional de Ciencias Económicas de CABA. Buenos Aires. Argentina.

Se ha procedido a la aplicación del modelo DEA seleccionado, utilizando los mismos inputs, pero variando el output; en un primer proceso se ha utilizado el rubro Resultado Total y en un segundo, Ventas, para identificar cuál es el que mejor representa la realidad de la empresa en estudio. Asimismo se ha trabajado con este modelo matemático sobre los valores originales de la Tabla 1 y sobre las componentes resultantes de la aplicación de la técnica estadística ACP, buscando eliminar la correlación de las variables.

Estos estudios se detallan a continuación:

### **Obtención de las Componentes principales (ACP):**

Como se indicó anteriormente, se aplicó la técnica de ACP sobre el conjunto de Inputs utilizados (10 filas, 5 columnas), obteniéndose la siguiente tabla:

<i>Componente</i>	<i>Autovalor</i>	<i>Porcentaje de Varianza</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
<i>Número</i>			
1	4,67332	93,466	93,466
2	0,228689	4,574	98,040
3	0,084583	1,692	99,732
4	0,00998747	0,200	99,932
5	0,00341792	0,068	100,000

**Tabla 2 – Resultado del ACP sobre los Inputs**

Se consideraron las 2 primeras componentes, que representan el 98.040% de la muestra. Se obtuvo la siguiente tabla, que se utilizó como Inputs alternativos en la modelización con el DEA.

<i>Fila</i>	<i>Componente 1</i>	<i>Componente 2</i>
1	1060,34	-159,022
2	1651,23	-126,845
3	2017,85	-246,251
4	4498,23	-1573,33
5	5392,14	-142,899
6	8504,92	-304,593
7	7461,80	-1329,44
8	14667,80	-791,667
9	16488,40	-462,432
10	16166,10	54,007

**Tabla 3 - Componentes Principales**

**Modelización utilizando el DEA**

**1) Primer proceso:**

Inputs 1.1: Gastos Administrativos, Gastos Financieros, Consumo de Materiales, Mano de Obra, Gastos Operativos.

Inputs 1.2: Las 2 componentes obtenidas del ACP.

Output: Resultado Total (consecuencia de la confrontación de las cuentas de ingresos, gastos, ganancias y pérdidas).

1.1) DEA sobre los valores originales de los balances – Output: Resultado Total.

Units		Comparison 1		
Unit name	Score	Efficient	Conditio	
2004	100,0%	✓	●	
2005	100,0%	✓	●	
2006	100,0%	✓	●	
2007	100,0%	✓	●	
2008	83,6%		●	
2009	88,0%		●	
2010	61,7%		●	
2011	38,0%		●	
2012	16,3%		●	
2013	71,6%		●	

Tabla 4 – Resultados del DEA – Proceso 1.1

1.2) DEA sobre las componentes principales – Output: Resultado Total.

DMU	Componente 1	Componente 2	Res. Total
2004	1060,340	-159,022	91,95
2005	1651,230	-126,845	100,93
2006	2017,850	-246,251	238,08
2007	4498,230	-1573,330	356,97
2008	5392,140	-142,899	301,55
2009	8504,920	-304,593	544,92
2010	7461,800	-1329,440	333,57
2011	14667,800	-791,667	375,21
2012	16488,400	-462,432	186,58
2013	16166,100	54,007	861,13

Tabla 5 – Datos para el DEA con Componentes Principales – Proceso 1.2

Units		Comparison 1		
Unit nam	Score	Efficient	Condition	
2004	76,6%		●	
2005	51,8%		●	
2006	100,0%	✓	●	
2007	100,0%	✓	●	
2008	47,4%		●	
2009	54,3%		●	
2010	41,2%		●	
2011	21,7%		●	
2012	9,6%		●	
2013	45,1%		●	

Tabla 6 – Resultados del DEA – Proceso 1.2

**2) Segundo proceso:**

Inputs 2.1: Gastos Administrativos, Gastos Financieros, Consumo de Materiales, Mano de Obra, Gastos Operativos.

Inputs 2.2: Las 2 componentes obtenidas del ACP.

Output: Ventas.

2.1) DEA sobre los valores originales de los balances – Output: Ventas.

Units		Comparison 1	
Unit name	Score	Efficient	Condition
2004	100,0%	✓	●
2005	100,0%	✓	●
2006	100,0%	✓	●
2007	100,0%	✓	●
2008	100,0%	✓	●
2009	99,3%		●
2010	94,7%		●
2011	95,0%		●
2012	92,5%		●
2013	98,1%		●

Tabla 7 – Resultados del DEA – Proceso 2.1

2.2) DEA sobre los componentes principales – Output: Ventas.

DMU	Componente 1	Componente 2	Ventas
2004	1060,340	-159,022	1.156,51
2005	1651,230	-126,845	1.680,62
2006	2017,850	-246,251	2.243,66
2007	4498,230	-1573,330	5.096,97
2008	5392,140	-142,899	5.331,98
2009	8504,920	-304,593	8.368,68
2010	7461,800	-1329,440	7.143,03
2011	14667,800	-791,667	13.721,39
2012	16488,400	-462,432	14.822,74
2013	16166,100	54,007	15.471,61

Tabla 8 – Datos para el DEA con Componentes Principales – Proceso 2.2

Units		Comparison 1	
Unit name	Score	Efficient	Conditio
2004	96,3%		●
2005	89,8%		●
2006	98,1%		●
2007	100,0%	✓	●
2008	87,3%		●
2009	86,8%		●
2010	84,5%		●
2011	82,6%		●
2012	79,3%		●
2013	84,5%		●

Tabla 9 – Resultados del DEA – Proceso 2.2

A diferencia del análisis horizontal clásico donde las cifras se comparan entre sí y donde los valores considerados óptimos para esta actividad se grafican para obtener una tendencia, en el presente artículo se realizó el análisis de los balances de una empresa a lo largo de diez años, integrando los mismos por medio del modelo DEA, de manera de representar la eficiencia relativa de la actividad de una empresa a lo largo de una década.

Este estudio permitió que se tenga una imagen de cómo el cuadro de gastos de la empresa pondera su relación con respecto a las ventas y al resultado de cada uno de los ejercicios. Hacerlo de esta forma ha sido muy importante para la empresa y para el grupo de investigación, porque en ambos, la interpretación de los resultados fue coincidente. El análisis de los investigadores está en consonancia con la interpretación particular del empresario, ambos coinciden en que éste logra no solo ajustarse al comportamiento de la empresa sino también al de las variables propias de la actividad y del contexto micro y macroeconómico en el que desarrollan sus actividades.

En líneas generales, se observa que el análisis de las componentes principales aporta una mayor sensibilidad al eliminar la dependencia entre variables, efecto claramente percibido en los valores de salida del DEA, los cuales representan más ajustadamente la realidad.

En este trabajo se han considerado en primer término, los resultados que surgen de aplicar el Modelo DEA a los datos extraídos de los Estados Contables de la empresa considerada y posteriormente los resultados que surgieron por la aplicación del ACP. Respecto a considerar distintos output, es muy clara la diferencia entre Ventas y Resultado Total. En los análisis donde las Ventas son tomadas como output, se puede observar que los resultados de eficiencia son relativamente altos, siendo el 2007 la única DMU donde se observa el 100% de eficiencia en ambos casos.

En cambio, en los análisis donde se considera el Resultado Total como output, se observa una mayor cercanía con la realidad, compartiendo las DMU 2006 y 2007 como años eficientes, en ambos casos. Estos valores arrojados coinciden en la eficiencia del 100% para la DMU 2007, obtenida con el output Ventas.

## **Conclusiones**

Del estudio realizado surge que la actividad de la empresa ha sufrido los efectos de la inflación, situación observable desde dos aspectos: por un lado su estructura de costos ha aumentado en forma proporcional al incremento de la misma e incluso, en algunas

oportunidades en forma superior, los valores de algunos insumos significativos de este rubro tales como cemento, hierro, revestimientos, combustibles y lubricantes han registrado aumentos muy superiores a los índices oficiales en esos años, medidos en términos absolutos. Por otro lado, el período de pago del valor de la obra se suele pactar en plazos de seis a doce meses, sin la posibilidad, en la mayoría de los casos, de ajustar los precios por inflación. No obstante, cuando esto es posible, el ajuste se fija en función de los valores determinados por el INDEC, (Instituto Nacional de Estadística y Censo), los que se encuentran por debajo de los datos reales.

Esta situación es descripta por el análisis DEA, observándose la constante pérdida de eficiencia de la unidad en estudio, siendo de menor relevancia cuando tomamos las Ventas como salida y más evidente al considerar el rubro Resultado Total como output.

Se muestra claramente cómo los años 2006 – 2007 representan un hito para el desarrollo de la actividad para la empresa considerada, ya que es a partir de ellos que se observa el inicio de perturbaciones en consonancia con la situación del país a nivel macroeconómico. A pesar de que el valor de las Ventas se incrementa a lo largo del período considerado, el aumento de los costos va afectando la actividad, impactando severamente en los últimos años sobre el Resultado Total de esta unidad de negocio.

Los gráficos demuestran claramente el error que se introduciría en las decisiones si se tomaran los valores de ventas como indicadores de una actividad en un contexto inflacionario, donde se han perdido las referencias de los precios.

### **Referencias bibliográficas**

- BANKER R. D., CHARNES A. y COOPER W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management and Science*, 30 (9), pp. 1078-1092.
- COOPER W. W, SEIFORD L. y TONE K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses with DEA-Solver Software and References*. Ed. Springer. USA.
- DALLAS, E. J. (2000) *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. Ed. Thomson. México.
- DÍEZ DE CASTRO, Emilio Pablo, GARCÍA DEL JUNCO, Julio, MARTÍN JIMÉNEZ, Francisca y PERIÁÑEZ Cristóbal Rafael (2001). *Administración y Dirección*. Ed. McGraw-Hill Interamericana, México.

- JOHNSON, Robert y KUBY, Patricia (2006). *Elementary statistic*. 10<sup>a</sup> Ed. Duxbury Press. Belmont. USA.
- LAY, David. C. (2007). *Álgebra Lineal y sus Aplicaciones*, 3<sup>a</sup> edic. Pearson Educación. México.
- RESCALA, C.; DEVINCENZI, G.; ROHDE, G.; BONAFFINI, M.L.; CESANA BERNASCONI, M.; PAVÓN, R.; BERNAOLA, G.; GIRAUDO, M.; MARTÍNEZ, H. (2013, agosto). "Aplicación del Modelo Matemático DEA a la perspectiva financiera del Cuadro de Mando Integral". Trabajo presentado en *XI Congreso Internacional de Administración: La Administración y las personas en la sociedad global*. Realizado en el Consejo Profesional de Ciencias Económicas de CABA. Buenos Aires. Argentina.
- ZHU, Joe (2009). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking. Data Envelopment Analysis with Spreadsheets - Second Edition*. Ed. Springer. USA.