




## Análisis DEA Seis Sigma para evaluar la eficiencia financiera y de ventas de las empresas del Sector Químico de Barranquilla

Six Sigma DEA analysis to evaluate the financial and sales efficiency of companies in the Chemical Sector of Barranquilla

Tomás Fontalvo Herrera , Efraín De La Hoz Granadillo   
Universidad de Cartagena, Colombia  
Orianna Fontalvo Echavez   
Universidad del Norte, Colombia

### Open Access

#### Recibido:

22 enero de 2019

#### Aceptado:

2 mayo de 2019

#### Publicado:

1 julio de 2019

#### Correspondencia:

[tfontalvoh@unicartagena.edu.co](mailto:tfontalvoh@unicartagena.edu.co)

#### DOI:

<https://doi.org/10.17081/invinno.7.2.3478>



© Copyright: Investigación e Innovación en Ingenierías

### Resumen

**Objetivo:** Realizar un análisis integrado a la evaluación de eficiencia financiera y de ventas, así como de Seis Sigma a 52 empresas de productos químicos del departamento del Atlántico que se encuentran registradas en la Cámara de comercio de Barranquilla (Colombia). **Metodología:** El método implementado fue el Análisis Envolvente de Datos (DEA), que se apoyó en el cálculo de métricas estadísticas Seis Sigma. **Resultados:** Se encontró que 7 empresas alcanzaron el 100% de eficiencia. Además, en términos generales, la eficiencia técnica promedio del grupo empresarial alcanzó un nivel de 74,25 %. Los indicadores hallados mediante Seis Sigma de Defectos por partes por millón (DPMO) fueron de 865384, lo cual se traduce a un nivel Z de 0,4, estando por debajo de lo esperado, con un rendimiento de 13,47%. **Conclusiones:** Se aportó al sector químico y a la comunidad científica una estructura de evaluación de la eficiencia financiera y de ventas apoyada en Seis Sigma.

**Palabras claves:** Eficiencia, Análisis Envolvente de Datos (DEA), Seis Sigmas.

### Abstract

**Objective:** This paper aims to conduct an integrated analysis related to the financial and sales assessment, using Six Sigma method of 52 chemical companies from Department del Atlantico (Col), which are registered in Camara de Comercio of Barranquilla-Colombia. **Methodology:** To analyze Data Envelopment Analysis (DEA) was conducted, as implemented method; in support of this research, Six Sigma Statistics was applied. **Results:** Seven (7) companies achieved 100% overall efficiency; on the other hand, the technical efficiency average related to the group of companies achieved 74,25% in parallel, indicators showed 865384 defects per million opportunities (DPMO), which are interpreted to Sigma Level Z = 0,4 being lower than expected, with an output range of 13,47 based on this research findings. **Conclusions:** In addition, an evaluation structure in order to assess the financial and sales efficiency using Six Sigma method was contributed to the chemical and scientific community.

**Keywords:** Efficiency, Data Envelopment Analysis, Six Sigma.

---

**Como citar (IEEE):** T. Fontalvo - Herrera, E. De La Hoz Granadillo., y O. Fontalvo Echavez, "Análisis DEA Seis Sigma para evaluar la eficiencia financiera y de ventas de las empresas del Sector Químico de Barranquilla", *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 7, n° 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.7.2.3478>

## Introducción

Por la complejidad en sus procesos productivos, el sector químico es uno de los que más dinamiza la economía de la región. Desde esta perspectiva, es importante evaluar qué tan eficiente son sus resultados financieros y ventas cuando se utilizan ciertos insumos estratégicos. Para esto es importante apoyarse en técnicas y herramientas de eficiencia y calidad, que permitan evaluar de forma holística sus niveles en ambos aspectos.

Considerando los elementos anteriores, para esta investigación es importante responder las siguientes preguntas: ¿Cómo valorar la eficiencia de resultados financieros y ventas? ¿Qué empresas del sector son referentes para las empresas ineficientes? ¿Cuál es la eficiencia promedio del sector? ¿Cómo contextualizar la técnica de Seis Sigma para evaluar las empresas del sector químico del departamento del Atlántico? ¿Cuáles son los niveles de desempeño en relación con los defectos en partes por millón, nivel sigma y rendimiento cuando se evalúa el sector con la metodología de Seis Sigma? ¿Cómo se puede analizar el sector de forma holística cuando se utilizan DEA y Seis Sigma? Estos interrogantes generan y permiten definir el objetivo de esta investigación, el cual debe asociarse a su vez a un método de evaluación DEA-Seis Sigma que permita evaluar de forma holística la eficiencia financiera y de resultados del sector.

Este trabajo se justifica teóricamente a partir de los conceptos de Análisis Envoltante de Datos-DEA y Seis Sigma para evaluar de forma holística el sector objeto de estudio. De igual manera, esta investigación aporta al sector un método holístico para evaluar la eficiencia de resultados financieros y ventas por medio del Análisis Envoltante de Datos y la técnica de calidad Seis Sigma.

Con todo ello, se aportan criterios de eficiencia y elementos estadísticos de Seis Sigma para la toma de decisiones, que contribuyan a la mejora del sector productivo. El anterior método aporta a este o cualquier otro sector criterios de análisis de eficiencia y de Seis Sigma para evaluar un conjunto de empresas o unidades productivas y así contribuir al mejoramiento de estas, pues se puede aplicar en contextos similares del orden nacional e internacional

Las variables definidas se escogieron según un análisis racional, lo cual es una limitación. Y de antemano se aclara que es importante evaluar el sector teniendo en cuenta otros criterios cuantitativos en la selección de las variables.

Considerando las preguntas problemas se definieron los siguientes objetivos específicos:

i) Establecer una estructura DEA-Seis Sigmas, para valorar la eficiencia financiera y de ventas en el sector, ii) Valorar las eficiencias de las empresas del sector químico del departamento del Atlántico, iii) Valorar las métricas de la técnica Seis Sigma en las empresas del sector, iv) Analizar comparativamente los desempeños del modelo de análisis envolvente de datos con la técnica Seis Sigma

Con el fin de alcanzar los objetivos anteriores, inicialmente se identificaron las variables de entrada y salida del modelo de evaluación. Enseguida, se estableció el método de evaluación holístico de la eficiencia y resultados financieros y de ventas. Posteriormente, se calcularon los diferentes niveles de eficiencia de las empresas, así como la eficiencia promedio del sector. En cuarto lugar, se calcularon las diferentes métricas de la técnica Seis Sigma, que permitió evaluar el nivel sigma del sector y el rendimiento global de este. Finalmente, se realizó un análisis comparativo holístico entre los criterios de desempeño del método de análisis envolvente de datos y la técnica Seis Sigma, lo que permitió establecer los hallazgos asociados con la eficiencia promedio y las métricas relacionadas con el desempeño de la eficacia analizada.

## Marco teórico

### Evaluación de la eficiencia a través del Análisis Envolvente de Datos

Las investigaciones puramente metodológicas dominaron los primeros 20 años del desarrollo del Análisis Envolvente de Datos (DEA); las aplicaciones multifacéticas de este modelo comprenden las cinco industrias, a saber: banca, salud, agricultura, transporte y educación [1]. Por otra parte, entre las técnicas existentes de evaluación de la eficiencia, el DEA desempeña un papel importante, desempeñando una amplia gama de aplicaciones para medir la eficiencia relativa de los diferentes sectores [2]. Actualmente, la aplicación de esta herramienta en las organizaciones, con el objetivo de mejorar competitividad y productividad, ha aumentado y esto se puede evidenciar en distintos estudios.

En un trabajo realizado en la India, por ejemplo, se muestra que la industria de servicios de procesamiento de correo rápido presenta desafíos debido a la caída de la demanda y al surgimiento de nuevos competidores, por lo que mediante el DEA, las empresas del sector se centran en examinar los desafíos de la selección del diseño orientado al rendimiento operativo sostenible. Asimismo, la herramienta DEA se aplicó para evaluar el desempeño de la industria aeroportuaria [3], buscando comprender su esencia y, de este modo, brindar perspectivas a los tomadores de decisión. De manera que en este campo, se investigó la eficiencia de cada etapa

utilizando el análisis envolvente de datos de la red y se comparó con los resultados obtenidos para rastrear la causa de las ineficiencias.

También es importante resaltar que el desarrollo del Análisis Envolvente de Datos ha traído consigo distintas aplicaciones con metodologías similares, que permiten evaluar resultados provenientes de distintos modelos y así llegar a conclusiones más precisas, como ocurre en el presente artículo. Entre otros aspectos, los estudios buscan solucionar el creciente problema de reducir los impactos ambientales y mantener altos niveles de producción en la industria agrícola ambientalmente sostenible [4], para ello introducen un enfoque de Evaluación del Ciclo de Vida + Análisis de la Envolvente de Datos (LCA + DEA). Ambos enfoques proporcionan una herramienta para evaluar la ecoeficiencia de las unidades, considerando los impactos ambientales, determinando las mejores prácticas y obteniendo un único objetivo para cada unidad ineficiente.

Paralelamente, esta herramienta metodológica se emplea en investigaciones del sector construcción con el objetivo de mejorar la eficiencia energética y reducir su consumo, buscando mejorar en últimas el desempeño de la industria [5]. Otras investigaciones sugieren modificaciones al modelos [6], lo que ha dado lugar a un nuevo enfoque basado en el DEA, llamado Análisis Envolvente de Datos de Supereficiencias (SE-DEA), el cual se usa para evaluar y clasificar la eficiencia educativa y el rendimiento de las escuelas vocacionales en 30 provincias de China continental.

### Seis Sigma en la producción

Los enfoques especializados en la mejora de negocios han evolucionado y crecido desde principios de 1900. Hoy en día, el proceso, la metodología Seis Sigma basada en estadísticas, es ampliamente utilizada por compañías como GE, Motorola, Honeywell, Bombardier, ABB, Sony, DuPont, American Express, Ford y Muchas otras, que de este modo mejoran el rendimiento del negocio y optimizan los beneficios finales [7].

Las métricas de Seis Sigma también se utilizan en la industria de laboratorios para determinar si su nivel de fallas se encuentra dentro de los límites de error permitidos [8], debido a que las medidas de calidad, como la precisión y la reproducibilidad, afectan el proceso y la toma de decisiones, que a su vez pueden afectar los resultados del paciente. Similarmente, las métricas de Seis Sigma fueron aplicadas para determinar la calidad de la medición de la hemoglobina A1c (HbA1c) en laboratorios, buscando mejorar sus desempeños y evaluar la necesidad de estandarización de sus procesos [9].

El número de errores que se producen durante los procesos de laboratorio se calcula fácilmente mediante el método de estimación de defectos por millón, mientras que el rendimiento analítico se puede calcular mediante la ecuación métrica de Seis Sigma. Los autores reconocen que no se han

emitido estándares de la industria para métricas de muestras perdidas y unidades de medición [10], por lo que se discuten los resultados en términos de niveles de rendimiento Seis Sigma [11].

En recientes estudios se han integrado distintos métodos a Seis Sigma en contextos específicos. Lean Seis Sigma (LSS), por ejemplo, es una metodología de mejora de procesos que combina las prácticas de Lean (reducción de desperdicios y eficiencia) con Seis Sigma (defectos reducidos y calidad mejorada), que en la investigación [12] se implementa para mejorar la seguridad de pacientes, calidad del servicio y la eficiencia en centros médicos, lo cual se corrobora en estudios basados en sectores parecidos [13], donde, en contraste con un simple Meta-Análisis, la implementación del concepto Seis Sigma no solo permite una reevaluación estadística y cuantitativa, sino también la definición de límites para resultados de terapia exitosos.

## Metodología

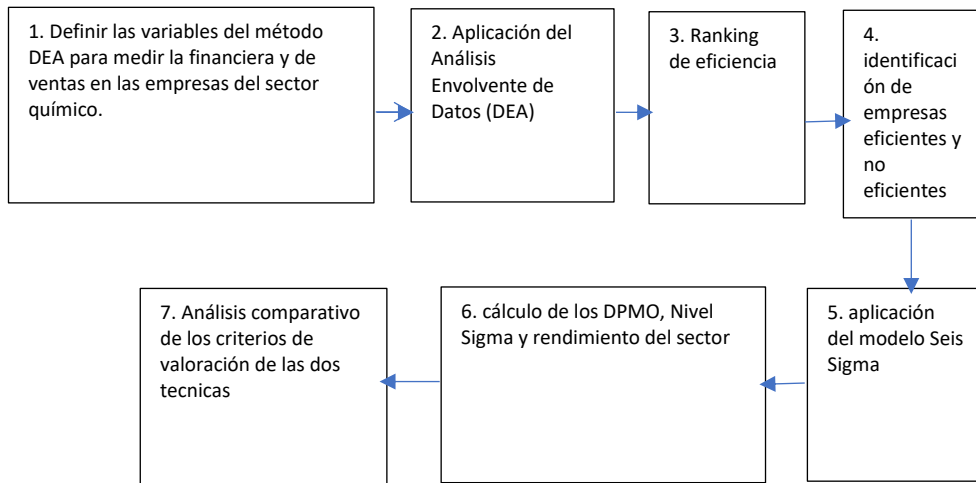
Esta investigación fue de carácter evaluativa. Para el desarrollo del objeto de estudio se abordó el conocimiento desde una perspectiva racional al definir las variables y criterios de evaluación del método. Sin embargo, también se abordó desde una perspectiva cuantitativa, toda vez que se articularon dos métodos de evaluación: DEA y Seis Sigma, para tener una perspectiva integral de la situación del sector químico, considerando diferentes criterios cuantitativos y niveles de desempeño en las empresas de este ámbito.

Se partió de la información del estudio [14], seleccionándose una serie de variables de forma racional, con lo cual se estructura el método de evaluación holístico de las empresas del sector.

Posteriormente, se evaluó la eficiencia de los resultados financieros y de ventas de las empresas de productos químicos. Y con base en esta información, se calcularon las métricas de Seis Sigma, valorando criterios de desempeño como los defectos en parte por millón, el nivel sigma y el rendimiento de las empresas que alcanzaron la eficiencia. Todo esto permito realizar un análisis comparativo de evaluación global, considerando el DEA y el Seis Sigma de la eficiencia financiera y de resultados en ventas, como se observa en la Figura 1.

En esta investigación se partió de la racionalidad del investigador, desde el momento en que se definieron las variables relacionales con las estructuras de valoración DEA. Pero, adicionalmente, se tomó en cuenta la perspectiva empírica al considerar la información generada por las empresas para calcular las eficiencias de las empresas, la eficiencia promedio y las métricas Seis Sigma defectos en parte por millón DPMO, Nivel sigma y rendimiento. Lo anterior se ilustra en la Figura 1.

**Figura 1.** Método comparativo DEA y Seis Sigma para evaluar la eficiencia financiera y de ventas de las empresas del sector químico de Barranquilla



Para los cálculos de eficiencia, se utilizó el software DEA SOLVER PRO, en tanto que las métricas de desempeño utilizadas específicamente fueron DPMO, nivel Z y rendimiento.

## Resultados

### Valoración de la eficiencia financiera y de venta

Acorde con la metodología desarrollada, se procedió a calcular los diferentes tipos de eficiencia de las empresas del sector químico del departamento del Atlántico, por medio del software DEA SOLVER PRO. Esto permitió generar los resultados que se presentan a continuación, como son: la correlación entre variables, las eficiencias promedio, el ranking de las empresas del sector químico eficientes, las empresas que se constituyeron en referentes para evaluar a las empresas ineficientes del sector, así como el número de veces que las empresas eficientes evaluaron a las ineficientes.

### Correlación de las variables de la estructura DEA

En la Tabla 1 se observa la correlación existente entre las variables asociadas a la estructura DEA de valoración de eficiencia de las empresas del sector químico en el departamento del Atlántico-Colombia.

**Tabla 1.** Correlación de las variables de la investigación

	Gestión del riesgo	Gestión de tec. y op.	Gestión de req.	Resultados financieros	Resultados ventas
Gestión del riesgo	1				
Gestión de tec. y op.	0,337096	1			
Gestión de req.	0,318042	0,430907	1		
Resultados financieros	0,954998	0,390653	0,303068	1	
Resultados ventas	0,348595	0,275247	0,321965	0,411188	1

Es de resaltar que la gestión del riesgo tiene una alta correlación (0,95) con los resultados financieros de las empresas objeto de esta investigación. Lo que no es evidente cuando se contrasta la correlación entre la gestión del riesgo y los resultados en las ventas de las empresas. De igual forma, los resultados financieros se relacionan con la administración y toma de riesgo en el contexto empresarial

En la Tabla 1 también se puede observar la correlación de 0,43 entre la gestión de requerimiento de materiales y la gestión tecnológica y de operaciones.

Por su parte, la Tabla 2 permite observar que existe un alto promedio de eficiencia de las empresas del sector químico del departamento del Atlántico-Colombia (74,25 %), lo cual es bueno si se compara con otros sectores de la región.

**Tabla 2.** Resultados globales de eficiencia del sector

No.	DMU
No. of DMUs	52
Average	0,742527
SD	0,189682
Maximum	1
Minimum	0,246575

### Ranking de eficiencia técnica de las empresas del sector químico en el departamento del Atlántico-Colombia

En la Tabla 3 se presenta el ranking de eficiencia de las empresas del sector químico del departamento del Atlántico

**Tabla 3.** Ranking de eficiencia técnica de las empresas del sector químico del departamento del Atlántico-Colombia

Rank	DMU	Score	Rank	DMU	Score
1	51	1	27	31	0,747913
1	39	1	28	1	0,725926
1	38	1	29	12	0,716796
1	36	1	30	37	0,712979
1	35	1	31	33	0,703498
1	5	1	32	43	0,69613
1	22	1	33	19	0,694642
8	27	0,968858	34	9	0,688525
9	21	0,905644	35	49	0,680952
10	26	0,902985	36	15	0,677419
11	6	0,902394	37	16	0,660377
12	24	0,9	38	13	0,657307
13	28	0,891336	39	47	0,650602
14	50	0,891089	40	20	0,583333
15	11	0,887324	41	44	0,576132
16	7	0,886513	42	17	0,569767
17	48	0,881204	43	18	0,561404
18	8	0,871111	44	29	0,541838
19	2	0,865169	45	40	0,530303
20	45	0,864198	46	23	0,518519
21	41	0,837209	47	32	0,451346
22	10	0,835821	48	34	0,433894
23	52	0,811594	49	30	0,427369
24	3	0,776579	50	25	0,387131
25	14	0,760279	51	42	0,377358
26	4	0,754038	52	46	0,246575

En la ya mencionada Tabla 3 se observa que solo 7 empresas, de un total de 52, alcanzaron la eficiencia plena del 100%. Sin embargo, cuando se revisa el promedio general de eficiencia técnica del sector se encuentra que es alta y está en 74,25 %. En este sentido, es importante resaltar que 32 empresas del sector químico del departamento del Atlántico-Colombia obtuvieron una eficiencia técnica sobre 60%, lo que es bueno, y entre todas soportan un promedio de eficiencia para el sector del 74,25%.



## Empresas del sector químico del departamento del Atlántico referentes de evaluación de las empresas ineficientes

De igual forma, en la Tabla 4, aparecen las empresas que por su excelente desempeño se constituyeron en referentes de evaluación para las empresas ineficientes.

**Tabla 4.** Empresas que se constituyeron en referentes de evaluación de las empresas ineficientes

DMU de Referencia	Veces de referencia
5	3
22	24
35	16
36	29
38	29
39	2
51	30

Del análisis de las eficiencias técnicas y la revisión de las empresas que se constituyeron en referentes para evaluar otras, se puede concluir que las empresas 22, 36 y 38 son las mejores del sector, teniendo en cuenta que en la valoración de las eficiencias con el modelo CCR-O, mostraron ser eficientes y se constituyeron en referentes en el modelo de análisis envolvente de datos de evaluación de las empresas ineficientes del sector químico. Y como se señaló previamente esta tabla debe constituirse en un modelo y referente para todas las empresas del sector químico, para revisar sus prácticas asociadas al direccionamiento estratégico, específicamente en la gestión del riesgo, la gestión de la productividad y operaciones y la gestión de los requerimientos. Elementos propios de la estructura de valoración de la eficiencia de las empresas en esta investigación.

## Método Seis Sigma para evaluar la eficiencia financiera y de ventas

Cuando revisamos las empresas que obtuvieron un nivel de eficiencia nos encontramos con los resultados presentado en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Análisis de organizaciones que cumplen y no cumplen la eficiencia técnica

Análisis de incumplimiento	Numero	Numero
Empresas con eficiencia financiera y de ventas	7	
Empresas que no alcanzaron la eficacia financiera y de ventas		45

En concordancia con lo anterior, para la aplicación de la metodología Seis Sigma, se tomaron en cuenta las empresas del sector químico de Barranquilla que alcanzaron la eficiencia (las cuales se definen como conformes) y las ineficientes, definidas como inconformes. Por lo anterior se definen las siguientes variables:

U: Cantidad de empresas del sector objeto de estudio

O: Oportunidad de error

n: Número de empresas no conformes detectadas

Y: Rendimiento del sector

DPMO: Defectos de partes por millón del sector (medida estandarizada de Seis Sigma)

A continuación relacionamos las variables asociadas a las métricas de Seis Sigma utilizadas, como son defectos en partes por millón de oportunidades (DPMO), el rendimiento (Y) y el nivel Sigma (Z).

Formulas a utilizar:

$$DPMO = \frac{n}{t} \times 1.000.000 = \frac{n}{U \times O} \times 1.000.000 \quad (1)$$

De la Tabla de valores estandarizado para el modelo de Seis Sigma se deduce que el nivel sigma para el sector empresarial estudiado es de 0,4.

Por su parte, el rendimiento (Y) fue calculado con la siguiente ecuación:

$$Y = \left(1 - \frac{n}{U \times O}\right) \quad (2)$$

El cálculo para las métricas del sector se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Cálculo de los criterios de valoración de la técnica Seis Sigma

Actividad Evaluada	DPMO	Z(sigma)	Y
Empresas eficientes n=7 O=1 U=52	$= \frac{45}{52 \times 1} \times 1.000.000$ $DPMO = 865384$	$= \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln 865384} + 0.8406$ Z= 0,4	$= \left(1 - \frac{45}{52 \times 1}\right)$ Y=13,47 %

Al analizar los resultados de desempeño de los dos criterios de valoración, nos encontramos con la Tabla 7.

**Tabla 7.** Criterios de evaluación DEA y Seis Sigma

Criterio de valoración	Eficiencia global	Número de empresas eficientes	(Defectos en partes por millón) DPMO	Nivel Sigma Z	Rendimiento Y
Valor	74,5%	7	865384	0,4	13,47 %

La Tabla 7 establece criterios y métricas de medición que, como señalan diferentes autores, se constituyen en criterios y estándares de medición asociados con la eficiencia y la calidad [12].

De lo anterior, podemos deducir que también en términos de eficiencia el sector muestra una eficiencia promedio del 74,5 %, es decir, a pesar de que pocas empresas alcanzan la eficiencia en términos globales, la eficiencia del sector es aceptable.

Con la técnica seis sigma se obtuvo el nivel  $Z=0,4$ , el cual muestra que el sector no tiene un buen desempeño a nivel global, considerando que un nivel de  $Z= 3$  es apenas aceptable e incluso se encuentra por debajo. Esto último es coherente con el rendimiento global del sector, que arrojó un valor de  $Y= 13,47\%$ , lo que muestra un pobre desempeño en términos de la calidad global valorada por Seis Sigma.

## Conclusión

Es significativo mencionar que las siete empresas que alcanzaron la eficiencia se constituyeron en referentes evaluativos para las empresas ineficientes del sector objeto de estudio.

Como resultado de la estructuración del método, se se aporta un método comparativo para evaluar un sector, teniendo en cuenta criterios y estándares propios de eficiencia y un análisis estadístico de Seis Sigma, el cual permite analizar qué tan bien está el sector en partes por millón según la evaluación del rendimiento de Seis Sigma. Esto se constituye en un referente para evaluar en un periodo posterior y para examinar el nivel de evolución del sector.

Se observa, además, un nivel de eficiencia técnica promedio aceptable del sector; sin embargo, cuando se revisa el nivel de calidad frente al deber ser, se evidencia que está por debajo de lo esperado, pues solo alcanza 0,4 frente a un nivel óptimo de seis o aceptable de 3.

Los criterios de evaluación valorados, como son el ranking de las mejores instituciones y los niveles de desempeño del sector, se constituyen en un referente para los grupos de interés, de tal manera que el producto del desempeño individual y grupal se concrete en la capacidad de establecer relaciones y acuerdos en el mediano y largo plazo.

## Referencias bibliográficas

1. J.S. Liu, L.Y.Y. Lu, W.M Lu y B.J.Y. Lin, "A Survey of DEA Applications", *Omega*, vol. 41, no. 5, pp.893–902, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.11.004>
2. X. Li, "Employing post-dea method in budget management of health care sectors," *presentado en 12th International Symposium on Operations Research and its Applications in Engineering, Technology and Management, ISORA, Luoyang*, pp. 1-6, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1049/cp.2015.0621>
3. M. J. Lee y C. Kim, "A network DEA aeronautical and non-aeronautical production model: An application to south korea airports", *Journal of Economic Structures*, vol. 7, no. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40008-018-0130-2>
4. L. Angulo-Meza, M. González-Araya, A. Iriarte, R. Rebolledo-Leivac y C. Soares, "A multiobjective DEA model to assess the eco-efficiency of agricultural practices within the CF + DEA method", *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 161, pp.151-161, 2019.
5. Y. Chen, B. Liu, Y. Shen y X. Wang, "The energy efficiency of China's regional construction industry based on the three-stage DEA model and the DEA-DA model", *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 20. no. 1, pp. 34–47, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0553-3>.
6. L. Xie y X. Wang, "A research on educational efficiency evaluation of vocational school based on SE-DEA", *presentado en IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Changchun*, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIEEM.2011.6035563>
7. J. Antony, M. Kumar & A. Labib, "Gearing Six Sigma into UK Manufacturing SMEs: Results from a Pilot Study", *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 59, no. 4, pp. 482-493, 2008. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/30133026>
8. J. Litten, "Applying Sigma Metrics to Reduce Outliers", *Clinics in Laboratory Medicine*, vol. 37, no. 1, pp. 177-186, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cll.2016.09.014>.
9. Y. Huang, T. Zhang, H. Zhao, W. Wang, C. Zhang, F. He, K. Zhong, S. Yuan, Y. Du y Z. Wang, "Performance evaluation of HbA1c measurement systems with sigma metric for 1066 laboratories in China", *Clinica Chimica Acta*. vol. 487, pp.281-286, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cca.2018.10.015>
10. N. Charuruks, "Sigma Metrics Across the Total Testing Process", *Clinics in Laboratory Medicine*, vol. 37, no. 1, pp. 97-117, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cll.2016.09.009>.
11. B. L. Messinger, D. N. Rogers, C. D Hawker, "Automation and Process Re-engineering Work Together to Achieve Six Sigma Quality: A 27-

- Year History of Continuous Improvement”, *Laboratory Medicine*, vol. 50, no. 2, pp.e23–e35, 2019. Disponible en: <https://academic.oup.com/labmed/article-abstract/50/2/e23/5307617>
12. M.M. Valdez, M. Liwanag, C. Mount, R. Rodriguez, E. Avalos-Reyes, A. Smith, D. Collette, M. Starsiak y R. Green, Utilizing Lean Six Sigma Methodology to Improve the Authored Works Command Approval Process at Naval Medical Center San Diego. *Military Medicine*, vol. 183, no. 9-10, pp. e405–e410, 2018. Disponible en: <https://academic.oup.com/milmed/article/183/9-10/e405/4934980>
  13. W.H. Polanski, K. D.Martin, S. Günther, G. Schackert, L. Klingelhofer, M. Fauser, A. Storch, S. B. Sobottka, “Application of the Six Sigma concept for quality assessment of different strategies in DBS surgery”, *International Journal for Quality in Health Care*, vol. 30, no. 10, pp. 760–768, 2018. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29917085>
  14. De la Hoz, González y Santana, “Metodología de Medición del Potencial Exportador de las Organizaciones Empresariales”, *Información tecnológica*, vol. 27, no. 6, pp. 11-18, 2016.