

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE EL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DEL
MODELO SIX SIGMA EN PYMES COLOMBIANAS

ANDRES DAVID VARGAS GUZMAN

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA CALIDAD
BOGOTÁ D.C.
2018

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE EL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DEL
MODELO SIX SIGMA EN PYMES COLOMBIANAS

ANDRES DAVID VARGAS GUZMAN

Monografía para optar el título de Especialista en
Gerencia de la Calidad

Orientador(a):

ANGÉLICA MARÍA ALZATE IBÁÑEZ
Magíster, Ingeniera Química

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE LA CALIDAD
BOGOTÁ D.C.
2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del calificador

Bogotá D.C., agosto de 2018

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrectora Académica y de Posgrado

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Especialización en Gerencia de la Calidad

Dr. Emerson Mahecha Roa

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido desarrollar este trabajo de grado para obtener el título de especialista.

A mis padres por haberme brindado el apoyo incondicional que requerí durante este tiempo de estudios.

A mi tía María Mercedes que me apoyó económicamente durante el transcurso de la especialización.

A la profesora Angélica Alzate por haberme dado las pautas y el acompañamiento necesario para lograr culminar este trabajo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente documento.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	15
1. ANALISIS BIBLIOMETRICO DE LA LITERATURA PUBLICADA SOBRE SEIS SIGMA EN PYMES	16
1.1 ANALISIS BIBLIOMETRICO PUBLICACIONES INDEXADAS EN SCOPUS	17
1.1.1 Análisis por año de publicación	17
1.1.2 Análisis por recurso de publicación	18
1.1.3 Análisis por país y filiación institucional	20
1.1.4 Análisis por área temática	22
1.2 ANALISIS BIBLIOMETRICO PUBLICACIONES INDEXADAS EN REDALYC	21
1.2.1 Análisis por año de publicación	23
1.2.2 Análisis por fuente y área temática	22
2. EVOLUCION DEL CONCEPTO DE SEIS SIGMA	24
2.1 EVOLUCION HISTORICA DEL CONCEPTO	24
2.2 DMAIC	27
2.2.1 Roles de Six sigma.	29
2.3 IMPLEMENTACIÓN Y FACTORES CRÍTICOS (CFS)	30
2.4 DFSS	34
3. ANALISIS COMPARATIVO DE BENEFICIOS OBTENIDOS AL IMPLEMENTAR EL MODELO SIX SIGMA	34
3.1 BENEFICIOS PERCIBIDOS A NIVEL MUNDIAL DESPUES DE LA IMPLEMENTACION DE SIX SIGMA	35
3.2 BENEFICIOS PERCIBIDOS EN EMPRESAS COLOMBIANAS	36
3.3 LECCIONES APRENDIDAS	42
3.4 DIFICULTADES Y LIMITACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA	44
4. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PYMES Y GRANDES EMPRESAS	48
5. CONCLUSIONES	52
6. RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	63

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Documentos en Scopus por año	18
Gráfica 2. Documentos en Scopus por fuente	19
Gráfica 3. Documentos en Scopus por afiliación institucional	20
Gráfica 4. Documentos en Scopus por país	20
Gráfica 5. Documentos en Scopus por área temática	21
Gráfica 6. Documentos en Redalyc por año	22
Gráfica 7. Documentos en Redalyc por fuente	23
Gráfica 8. Documentos en Redalyc por área temática	23

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Roles de Six Sigma	30
Cuadro 2. Factores críticos de éxito (CFS) en distintos tipos de industria	44
Cuadro 3. Comparación de elementos clave entre PYMES y grandes empresas	51

GLOSARIO

EVENTOS U OPORTUNIDADES: corresponden a los resultados de cualquier proceso que se lleva a cabo en una empresa. Estos resultados pueden ser productos generados, servicios entregados, o actividades internas de las organizaciones.

METODOLOGÍA: hace referencia al desarrollo de todas las tareas, procedimientos y métodos utilizados para alcanzar un objetivo predeterminado.

PYMES: sigla para definir las pequeñas y medianas empresas, las cuales en Colombia, de acuerdo con la ley 905 de 2004, corresponden a empresas que tienen una planta de personal entre once (11) y doscientos (200) trabajadores, o que tienen activos totales por valor entre quinientos uno (501) y cinco mil (5000) para empresas pequeñas o 100.000 a 610.000 UVT para empresas medianas.

SIX SIGMA: metodología de mejora creada en la década de 1980 para reducir el número de fallas en uno o más procesos determinados, llegando finalmente a 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades.

RESUMEN

En el presente documento se realiza una recopilación de literatura acerca de la implementación de la metodología Six Sigma a nivel internacional y en Colombia, analizando el impacto generado en las empresas y resaltando los beneficios percibidos por las mismas. La información recopilada se encuentra en bases de datos como lo son Scopus, Redalyc, Emerald, Google Scholar y EBSCOhost, entre otras. A partir de los datos obtenidos se desarrolla un análisis bibliométrico teniendo en cuenta los aspectos: año de publicación, área temática, fuente de publicación, afiliación institucional y país de publicación del documento, con el fin de conocer el estado actual de la producción científica sobre el tema objeto de estudio, haciendo un énfasis en las PYMES.

Posteriormente, y a partir de la revisión de la literatura se presenta una serie de beneficios que han sido percibidos por las empresas colombianas y se comparan con los beneficios que varios autores han encontrado en múltiples empresas alrededor del mundo, con el propósito de encontrar similitudes y diferencias tanto en la implementación del Six Sigma, como la obtención de beneficios, entre el contexto colombiano y el de otros países productores. Se identifican además las limitaciones y dificultades que impiden la gestación de proyectos de Six Sigma en las empresas y que se presentan nacional e internacionalmente.

Finalmente se sintetizan los hallazgos de diversos autores acerca de las diferencias y similitudes encontradas entre PYMES y grandes empresas a la hora de implementar la metodología Six Sigma y obtener beneficios de ella.

Palabras clave: Beneficios, Dificultades, Análisis comparativo, PYMES, Grandes empresas.

ABSTRACT

In this document a literature review about the implementation of the Six Sigma methodology on national and international level is made, analyzing the impact generated on the enterprises and highlighting the benefits perceived by the same companies. The information gathered can be found in various data bases such as Scopus, Redalyc, Emerald, Google Scholar and EBSCOhost, among others. Starting from this data a bibliometric analysis is made taking into account aspects such as publishing year, subject area, source, affiliation and country of publication, with the purpose of knowing the actual status of the scientific production on Six Sigma implementation, especially on SMEs.

Then a list of perceived benefits on Colombian enterprises is redacted, and is compared to the benefits that diverse authors have found on multiple enterprises around the world, in order to define differences and similarities on Six Sigma implementation, and benefit achieving between national and foreign enterprises. Six Sigma's project development limitations and difficulties appear in all countries and enterprise sizes, so it is important that this are identified too.

The findings of various authors on differences and similarities between the implementation of Six Sigma on SMEs and big companies and the obtainment of benefits are listed at the end of the document.

Key words: Benefits, Difficulties, Comparative analysis, SMEs, Big Companies.

INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de las empresas por mantenerse rentables frente al fenómeno de la globalización y el progresivo aumento de la exigencia en los requerimientos de los clientes, ha conllevado a condiciones en las cuales se hace casi imposible trabajar sin un sistema de gestión de la calidad, por esta razón es necesario para las empresas implementar metodologías que les permitan cumplir con dichas exigencias. Sin embargo, como lo describe Gutierrez¹, los sistemas de gestión no se han mantenido estáticos, se ha evidenciado con el paso del tiempo una evolución tanto en el concepto de calidad como en los métodos para su obtención, lo cual implica para las empresas, el deber de implementar las metodologías que mejor se adecúen al medio cambiante en el que se encuentran.

Estudios como el de Kumar² exponen el hecho de que la gran mayoría de empresas comienzan su relación con la calidad certificándose en la norma ISO 9001, y a partir de allí proponen el desarrollo de proyectos más avanzados como lo son el Lean Manufacturing, el Six Sigma, o una combinación de ambos. No obstante, existen limitaciones y barreras que impiden la implementación de cualquier iniciativa de calidad, en este sentido tanto la falta de capital como el desconocimiento de los beneficios, hace que las empresas tengan grandes dificultades al momento de decidir elaborar nuevos proyectos de Six Sigma, especialmente las PYMES, las cuales debido a que poseen menos recursos y tiempo que las grandes organizaciones, consideran que el Six Sigma no es aplicable a los tipos de empresa más pequeños; afirmación que es refutada por los investigadores a nivel mundial.

En este orden de ideas se sintetiza en el presente documento una revisión documental que pretende facilitar a las empresas e interesados en el tema conocer el estado actual de la literatura publicada acerca del Six Sigma en relación con las empresas colombianas, enfocándose en las PYMES debido a que, como lo describe la revista Dinero³, estas generan más del 80% del empleo en Colombia de acuerdo

¹ GUTIÉRREZ, Humberto. *Calidad Total Y Productividad*. [Google Académico]. 3 ed. Ciudad de México D.F: McGraw Hill, 2010. ISBN 978-607-15-0315-2. [consultado 17, marzo, 2018] Archivo en PDF. Disponible en: https://xlibros.com/wp-content/uploads/2014/04/Calidad-total-y-productividad-3edi-Gutierrez_redacted.pdf

² KUMAR, M. y ANTONY, J. Multiple case-study analysis of quality management practices within UK Six Sigma and non-Six Sigma manufacturing small- and medium-sized enterprises. [SAGEpub] En: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. Jul 1, vol. 223, no. 7, p. 925-934. [consultado 15, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1243/09544054JEM1288>

³ REVISTA DINERO. *Pymes contribuyen con más del 80% del empleo en Colombia* [www.revistadinero.com]. Bogotá D.C. CO. Sec. Nacional. 15 de septiembre de 2016 [consultado 23, julio, 2018] Disponible en: <https://www.dinero.com/edicion-impres/caratula/articulo/porcentaje-y-contribucion-de-las-pymes-en-colombia/231854>

con los datos registrados hasta el 2016, y además son las que más dificultades presentan al momento de implementar metodologías como el Six Sigma. El conocimiento tanto de los beneficios de diversas empresas colombianas como las dificultades contra las que se han enfrentado y la manera en que fueron superadas, amplía el espectro de razones por las cuales las empresas nacionales deberían implementar una metodología de mejora continua como lo es el Six Sigma. Se espera que por medio de este escrito nuevos investigadores, profundicen y desarrollen estudios que permitan a la industria nacional implementar sistemas y metodologías que ayuden a la mejora de la calidad y por ende aumenten su competitividad a nivel internacional, incrementando el nivel de desarrollo del país.

La revisión documental presentada a continuación se divide en seis capítulos, primero se desarrolla un análisis bibliométrico teniendo en cuenta los resultados recopilados de las bases de datos Scopus y Redalyc, luego se hace una descripción del concepto de Six Sigma y su evolución en el tiempo, continuando con un análisis comparativo tanto de los beneficios, como de otros elementos clave que se detallan más adelante entre las PYMES y las grandes empresas, a nivel nacional e internacional. Finalmente se encuentra una síntesis de las principales conclusiones y recomendaciones halladas durante la realización de este documento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Describir el estado actual de la literatura sobre el impacto generado por la implementación de Six Sigma en empresas a nivel mundial y en Colombia

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir el contexto actual de la producción científica acerca del modelo Six Sigma en la industria pequeña y mediana a nivel mundial y en Colombia
- Comparar los resultados que se obtienen al implementar el modelo Six Sigma entre empresas colombianas y extranjeras abarcando las principales dificultades que se han encontrado en su implementación
- Detallar las diferencias encontradas en la implementación del modelo Six Sigma entre las PYMES y las grandes empresas a nivel internacional teniendo en cuenta los resultados logrados en cada categoría

1. ANALISIS BIBLIOMETRICO DE LA LITERATURA PUBLICADA SOBRE SIX SIGMA EN PYMES

El análisis bibliométrico es, como lo describe Escorcía⁴ una subdisciplina de la ciencia de la información que permite evidenciar el desarrollo de la actividad científica acerca de un tema específico, además describe características como su volumen, relevancia en la comunidad científica y su evolución. Su finalidad es evaluar esta actividad y su impacto en la actualidad.

De acuerdo a la investigación realizada por Pineda⁵, el análisis bibliométrico ayuda a identificar tendencias en el conocimiento al hacer uso de distintas técnicas cuantitativas, sobre lo cual Ardanuy⁶ argumenta, explicando cómo muchas veces los estudios bibliométricos son motivo de duda respecto a la validez de la información que proporcionan, debido a que las técnicas utilizadas llegan a tratarse por la comunidad científica de demasiado simples o básicas, sin embargo, explica por qué esto no es motivo para dejar de tener en cuenta los resultados arrojados por dichas técnicas, diciendo que al ser interpretados de la forma adecuada, reconociendo la limitación de este tipo de análisis pueden llegar a ser muy útiles para lograr, como se dijo anteriormente, evaluar la actividad científica desarrollada alrededor de un tema, finalmente describe como diversos autores han demostrado en sus estudios la utilidad del análisis bibliométrico.

Ardanuy⁷ expone también la relación que existe entre la actividad social y la científica, indicando que en esta época es muy difícil desarrollar cualquier tipo de avance científico sin que se publique en algún medio, debido a lo cual es necesario realizar un análisis bibliométrico para estudiar la naturaleza y realidad social de la producción científica, lo que en conclusión permite determinar si una investigación realizada sobre un área tendrá o no impacto en la realidad y puede llegar a ser utilizada tanto por la industria, como por otros investigadores de la comunidad científica.

⁴ ESCORCIA OTÁLORA, Tatiana Alexandra. Análisis Bibliométrico Como Herramienta Para El Seguimiento De Publicaciones Científicas, Tesis Y Trabajos De Grado. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Microbióloga Industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. 2008 p 1-61. [consultado 3, junio, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis209.pdf>

⁵ PINEDA OSPINA, Diana Lorena. Análisis bibliométrico para la identificación de factores de innovación en la industria alimenticia. En: Ad-Minister. [Google académico]. Medellín. Julio-Diciembre. No. 27. 2015. p. 95-126. ISSN 1692-0279 [consultado 5, junio, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/download/2867/2797/>

⁶ ARDANUY, Jordi. Breve Introducción a La Bibliometría. [<http://diposit.ub.edu>]. Departament de Biblioteconomia i Documentació. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2012. p. 1-25. [consultado 5, junio, 2018]

⁷ *Ibíd.*, p. 3

En este sentido y con el propósito de evaluar la actividad científica respecto a la relación entre Six Sigma y las PYMES se realizaron análisis bibliométricos sobre los resultados obtenidos en las bases de datos Scopus y Redalyc.

Para el caso de Scopus se inició una búsqueda avanzada con las palabras clave “Six sigma” y “SMEs” y haciendo uso del operador booleano AND; se encontraron 111 documentos que datan desde el año 2003 hasta el 2018, mientras que para la base de datos Redalyc se desarrolló una búsqueda que permitiera filtrar los documentos desarrollados únicamente en Colombia.

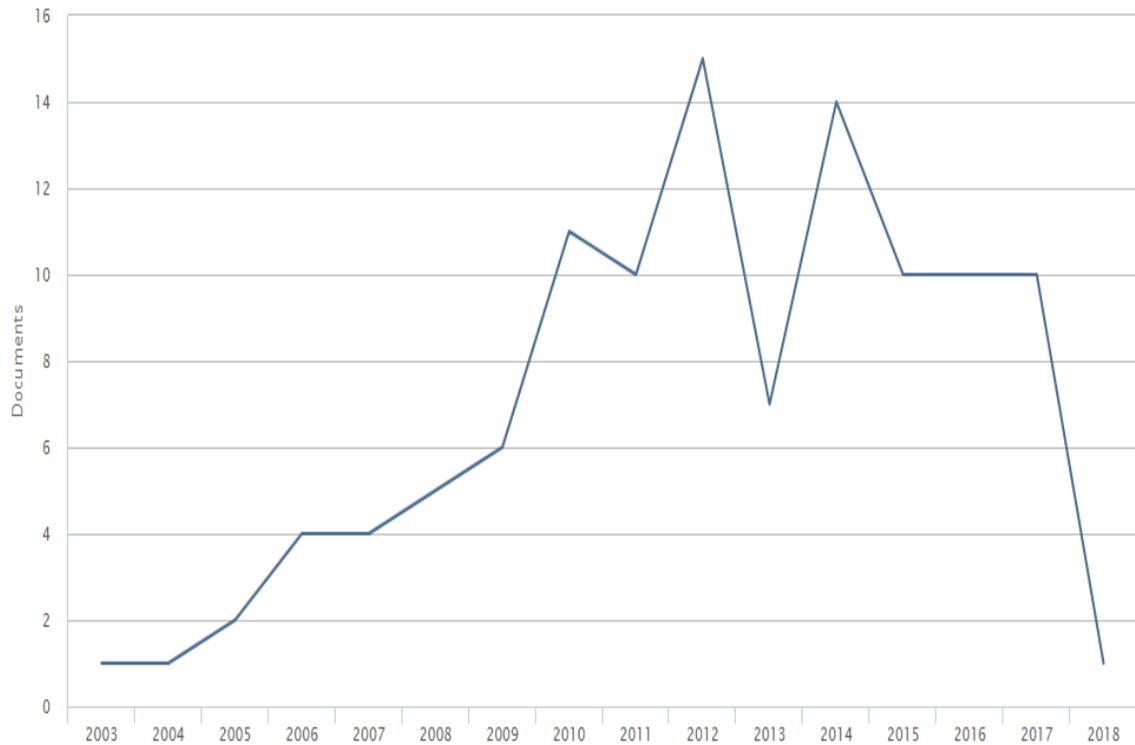
A continuación se presentan los análisis bibliométricos teniendo en cuenta los distintos aspectos que tanto Scopus como Redalyc ofrecen.

1.1 ANALISIS BIBLIOMETRICO PUBLICACIONES INDEXADAS EN SCOPUS

1.1.1 Análisis por año de publicación. De acuerdo con la información obtenida el día 17 de abril de 2018, existe un aumento en el número de documentos que relacionan Six Sigma y PYMES a partir del año 2005; como se observa en la gráfica 1, este se mantiene hasta llegar al año 2011, donde disminuye en un documento esta cifra, luego aumenta el año siguiente al número máximo de documentos registrados y recae en el 2013 a casi la mitad de artículos, finalmente aumenta al doble de documentos el año posterior y en adelante se mantiene constante en 10 documentos por año, un aspecto notable de la gráfica es la caída que se presenta en el año 2018, la cual se debe principalmente al momento de la recopilación de información, al haber transcurrido sólo una parte del año no se puede saber cuántas publicaciones más serán indexadas en el periodo restante, por lo que se excluye el año 2018 del estudio bibliométrico.

Un análisis detallado revela que aunque hasta el 2012 existió un auge en la publicación de artículos relacionados con el tema este se estabilizó en los últimos 3 años, mostrando una relevancia moderada de la relación entre Six Sigma y PYMES para la comunidad científica actual.

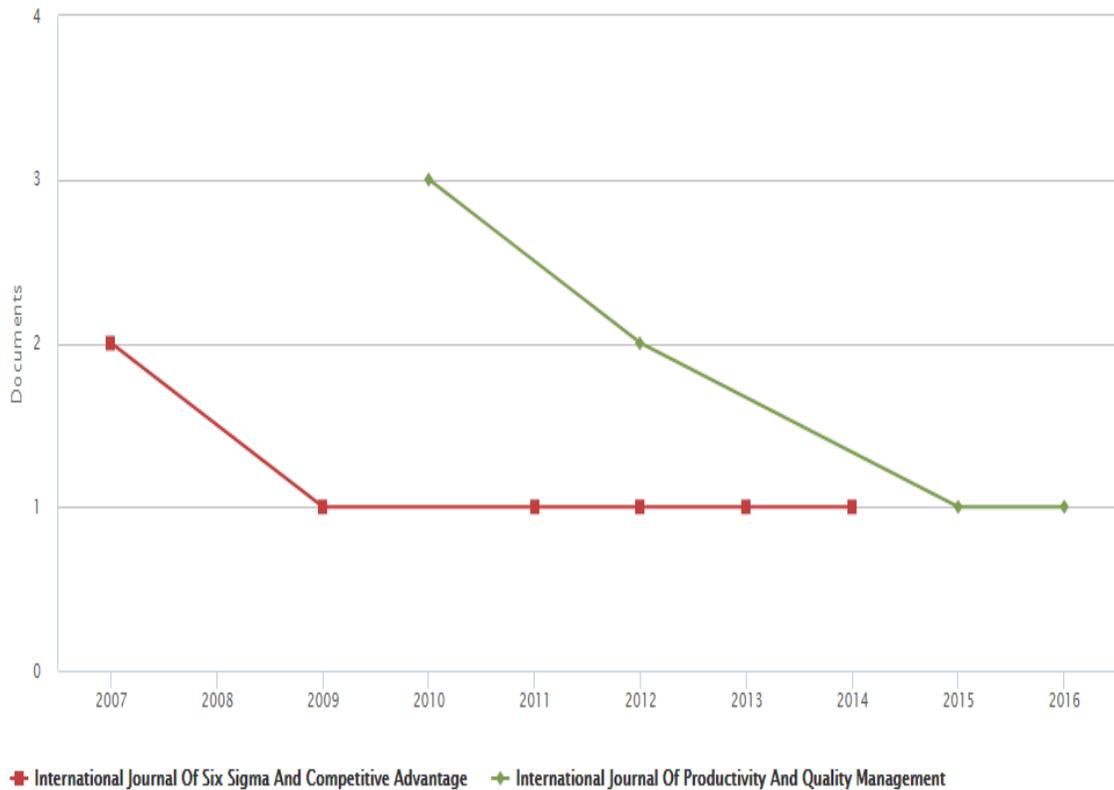
Gráfica 1. Documentos en Scopus por año



Fuente: SCOPUS. [www.scopus.com]. [consultado 17, abril, 2018].

1.1.2 Análisis por recurso de publicación. La base de datos presenta más de 20 revistas y ediciones afines que publican los documentos mencionados anteriormente, entre las que se pueden encontrar dos principales, el International Journal Of Six Sigma And Competitive Advantage y el International Journal Of Productivity And Quality Management, se logra apreciar en la gráfica 2, cómo disminuye su producción de documentos a lo largo del tiempo, lo que podría significar una caída en el interés acerca de esta materia, sin embargo la información obtenida de Scopus y la que se presenta aquí, no corresponde con la totalidad de las publicaciones realizadas sobre el tema de interés, es posible encontrar mucha más información haciendo uso de diferentes palabras clave la cual puede estar siendo publicada en estas u otras revistas que no se han presentado en este análisis.

Gráfica 2. Documentos en Scopus por fuente

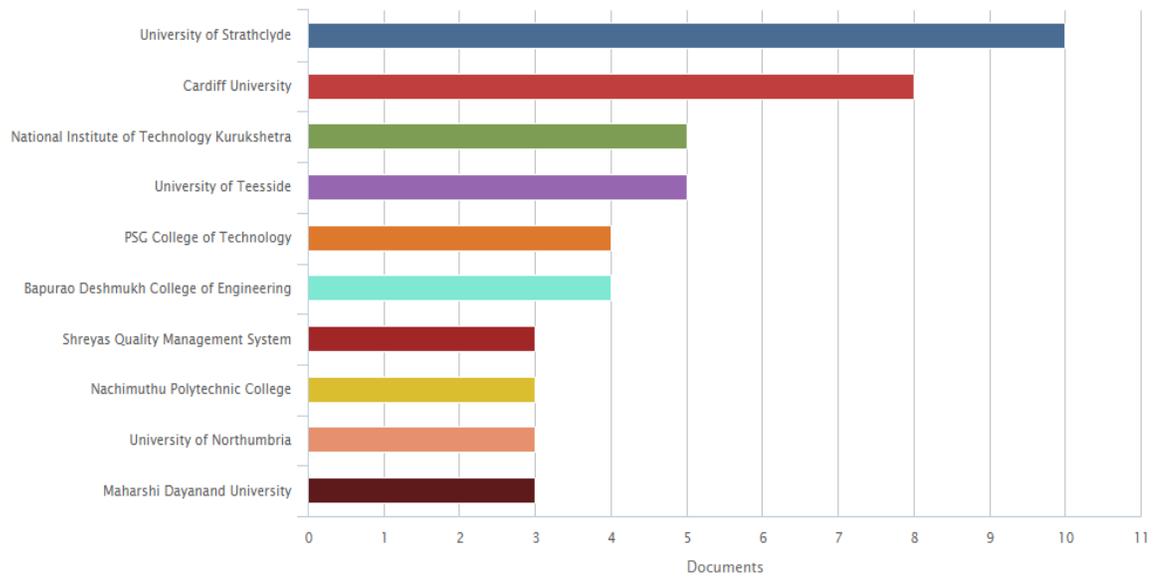


Fuente: SCOPUS. [www.scopus.com]. [consultado 17, abril, 2018].

1.1.3 Análisis por país y filiación institucional. Existe una gran variedad de universidades y países que han publicado artículos y documentos relacionados con la temática que se estudia en este escrito como se observa en las gráficas 3 y 4, se destacan la Universidad de Strathclyde, ubicada en Escocia y la Universidad de Cardiff, localizada en Gales, lo cual contrasta con la información encontrada en la gráfica 4 donde se indica que el Reino Unido es el segundo país con más contribuciones a la investigación acerca de la relación entre Six Sigma y PYMES, de la misma manera se observa un vínculo similar entre el Instituto Nacional de Tecnología de Kurukshetra e India.

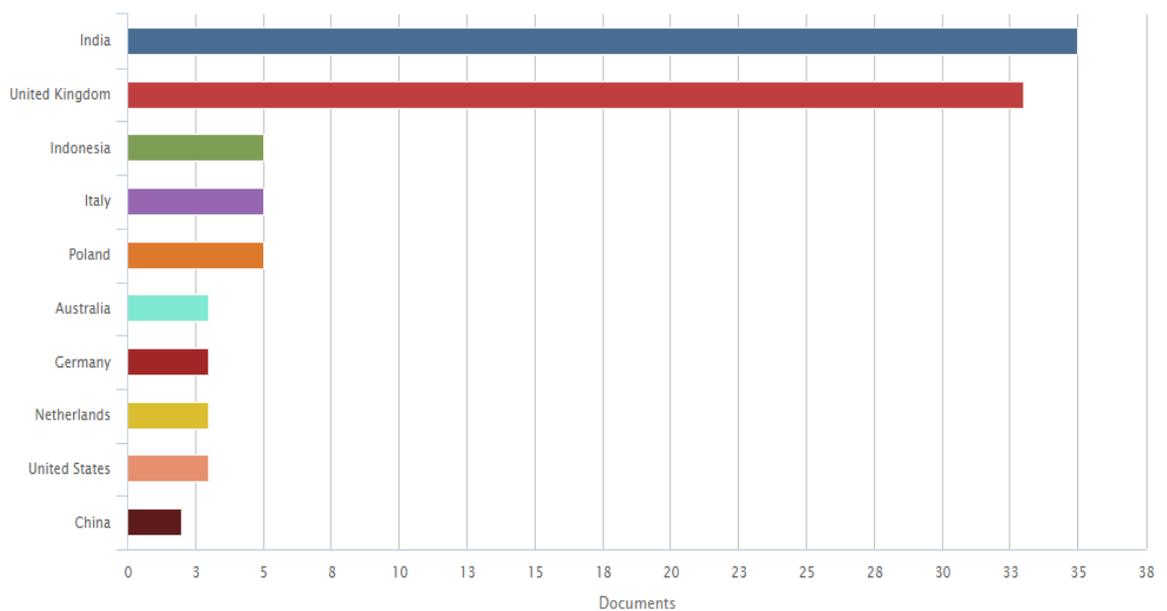
Reino Unido e India son países que producen y exportan mercancías alrededor del mundo por lo que es imperativo para ellos tener estándares de calidad muy elevados maximizando de esta forma su competitividad, debido a esto una parte de la investigación se desarrolla con un enfoque en sistemas de calidad y su conexión con las empresas medianas y pequeñas.

Gráfica 3. Documentos en Scopus por afiliación institucional



Fuente: SCOPUS. [www.scopus.com]. [consultado 17, abril, 2018].

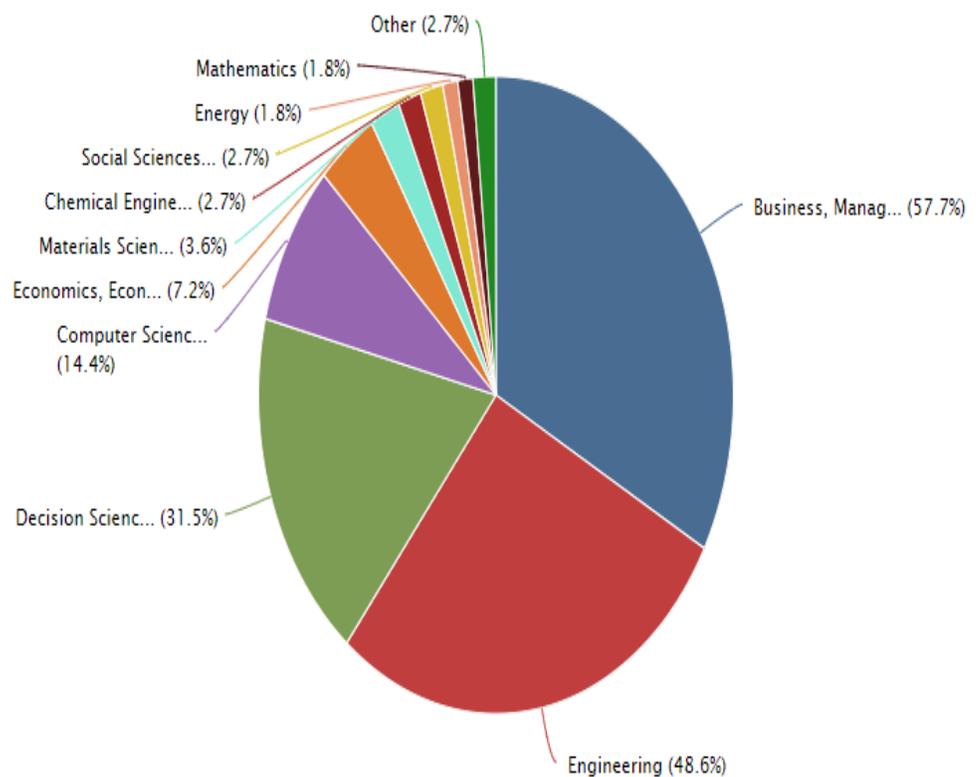
Gráfica 4. Documentos en Scopus por país



Fuente: SCOPUS. [www.scopus.com]. [consultado 17, abril, 2018].

1.1.4 Análisis por área temática. Los datos analizados se ubican en distintas áreas del conocimiento; la gráfica 5 presenta los datos analizados detallando su ubicación, algunos pueden pertenecer a dos o más áreas según el autor lo haya considerado pertinente. Los documentos analizados muestran una afinidad hacia las áreas de gerencia y negocios, seguida de ingeniería, lo que es pertinente si se logra ver desde el punto de vista industrial, los proyectos del tipo Six Sigma deben tener en cuenta dos elementos fundamentales, el respaldo absoluto por parte de la gerencia, su integración con el proyecto y un excelente análisis de tipo ingenieril, por lo que resulta lógico que más de la mitad de los documentos se relacionen con los aspectos mencionados anteriormente.

Gráfica 5. Documentos en Scopus por área temática



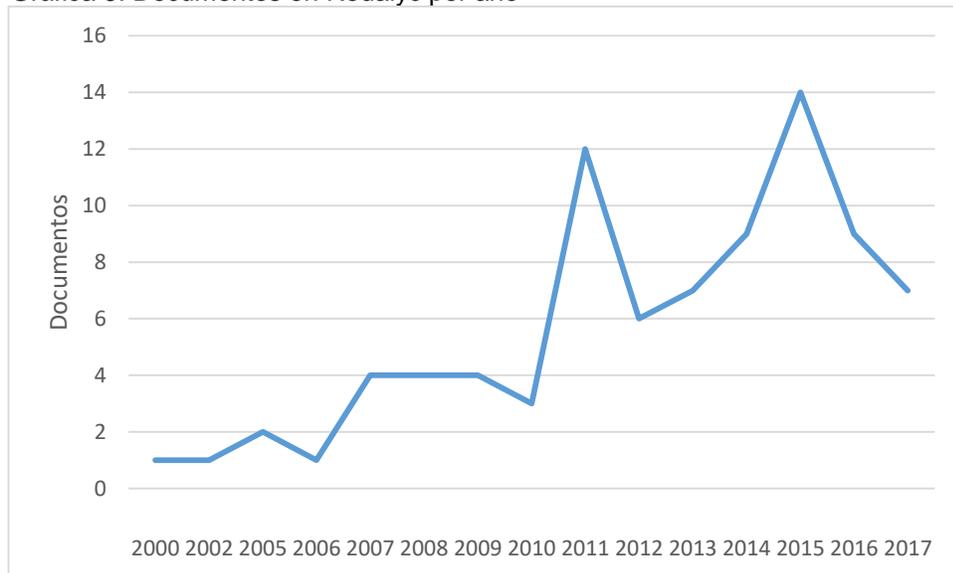
Fuente: SCOPUS. [www.scopus.com]. [consultado 17, abril, 2018].

1.2 ANALISIS BIBLIOMETRICO PUBLICACIONES INDEXADAS EN REDALYC

Debido a que no se encontró ningún resultado relacionado con Colombia en la base de datos Scopus, se realizó una nueva búsqueda de información en la red de revistas Redalyc el día 10 de mayo del 2018, enfocando la recuperación de datos únicamente en el contexto colombiano, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

1.2.1 Análisis por año de publicación. El número de documentos publicados por año que se muestra en la gráfica 6 presenta un comportamiento creciente a medida que se acerca al presente, lo que puede indicar un aumento en el interés por parte de la comunidad científica colombiana por adelantar investigaciones en el campo de Six Sigma; aunque se identifica una caída en el año 2017, no se sabe si es el número definitivo de documentos que se indexarán para este año, debido a que muchas de las revistas no agregan las últimas publicaciones inmediatamente y pueden tardar un tiempo en indexar las publicaciones completas de un año.

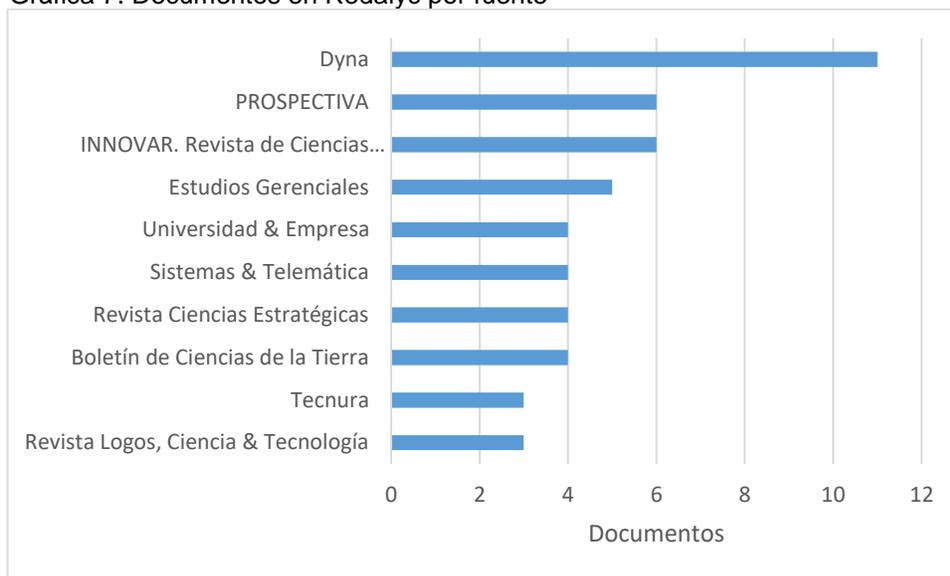
Gráfica 6. Documentos en Redalyc por año



Fuente: Autor, basado en los datos suministrados por: REDALYC. [www.redalyc.org]. [consultado 10, mayo, 2018].

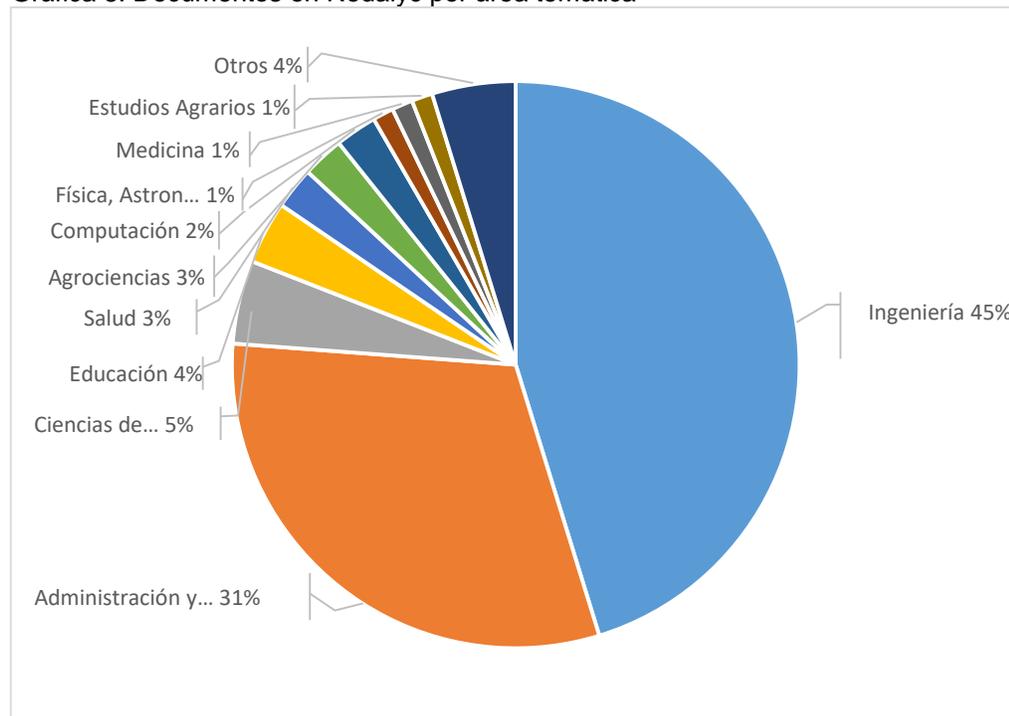
1.2.2 Análisis por fuente y área temática. Existen diversas revistas de investigación que han publicado en los últimos años los trabajos relacionados con Six Sigma, como se observa en la gráfica 7, la revista Dyna ocupa el primer lugar en la publicación de artículos relacionados con el Six Sigma en Colombia, esta revista divulga información sobre de todos los campos de la ingeniería, al igual que PROSPECTIVA, la revista que le sigue en importancia, y que se encuentra al mismo nivel que INNOVAR, revista que se enfoca en la investigación en ciencias administrativas, lo cual concuerda con los datos presentados en la gráfica 8, donde claramente se identifican las áreas más representativas las cuales son ingeniería y administración, cabe destacar que estas revistas fueron consultadas en Scimago Journal & Country Rank y se encontró que durante los últimos dos años la revista Dyna se ha posicionado en el cuartil 2, mientras que la revista INNOVAR se encuentra en el cuartil 4, finalmente, la revista PROSPECTIVA no aparece en esta base de datos.

Gráfica 7. Documentos en Redalyc por fuente



Fuente: Autor, basado en los datos suministrados por: REDALYC. [www.redalyc.org]. [consultado 10, mayo, 2018].

Gráfica 8. Documentos en Redalyc por área temática



Fuente: Autor, basado en los datos suministrados por: REDALYC. [www.redalyc.org]. [consultado 10, mayo, 2018].

2. EVOLUCION DEL CONCEPTO DE SEIS SIGMA

2.1 EVOLUCION HISTORICA DEL CONCEPTO

Desai⁸ explica que en el campo de la probabilidad y estadística la letra griega sigma (σ) es utilizada para denotar la desviación estándar de un conjunto de datos, la cual indica de una forma eficaz la uniformidad en los datos de una población; en cualquier organización, cuando un conjunto de datos presenta baja uniformidad es decir una alta desviación estándar, se puede concluir que es un proceso difícil de controlar, o que no se está controlando correctamente. Al disminuir la desviación estándar en los procesos de las empresas, se obtienen de forma prácticamente continua los resultados esperados y sin errores, mejorando así la productividad y por lo tanto la competitividad de las mismas, describen la desviación estándar como una medida de la consistencia en la calidad de un proceso o producto en particular.

De la anterior definición el lector puede inferir el objetivo principal de Six Sigma sólo por su nombre, el cual es aumentar el control que se tiene sobre los procesos y así disminuir el número de errores que una organización genera al trabajarlos; debido a que es prácticamente imposible llegar a tener cero errores los procesos que aplican Six Sigma deben mejorar hasta tener un máximo de 3,4 defectos por cada millón de oportunidades, las que pueden entenderse como productos, servicios y resultados de procesos entregados a un cliente, ya sea interno o externo.

Al tratarse de un porcentaje tan bajo de errores se podría decir que Six Sigma busca la perfección, por lo que el esfuerzo requerido por parte de una empresa para implementarlo es bastante alto y es por este motivo que se suele encontrar en empresas grandes que más allá de un reconocimiento, buscan mejorar sus procesos y cultura organizacional, optimizando así sus ganancias y asegurando su sostenibilidad.

Amitrano⁹ explican que un proceso se considera Six Sigma cuando se tienen 4,5 desviaciones estándar entre el resultado promedio y su límite inferior de especificación, y de la misma manera 4,5 desviaciones estándar entre el promedio y el límite de especificación superior.

⁸ DESAI, Darshak A.; ANTONY, Jiju y M.B. Patel. An assessment of the critical success factors for Six Sigma implementation in Indian industries. En: Int J Productivity & Perf Mgmt. [Emerald Insight] Vol. 61. No. 4, 2012 p. 426-444 [consultado 15, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/17410401211212670>

⁹AMITRANO, Fernanda Gonçalves, et al. Six Sigma application in small enterprise. En: Concurrent Engineering. [ResearchGate] Mar. vol. 24, no. 1, p. 69-82 [consultado 15, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281031197_Aplicacao_de_Seis_Sigma_em_uma_empresa_de_pequeno_porte

De acuerdo con Gutiérrez¹⁰, Six Sigma fue creado por la empresa Motorola en la década de 1980 como respuesta a la gran cantidad de defectos presentes en los productos generados por la compañía, este concepto ha sido implementado por compañías en todo el mundo. Kirkham¹¹ expone que en este momento la metodología Six Sigma es tan importante que continua siendo implementada en todas las empresas que hacen parte de American Fortune 500 al interior de su estructura gerencial. Según Camisón¹² el modelo Six Sigma se basa en la teoría de los gráficos de control de Shewart y los postulados de Demming, Juran y Crosby, haciendo énfasis en el concepto de cero defectos.

Diversos autores han argumentado que Six Sigma no es un modelo de calidad, Camisón¹³ dice que es más bien una metodología y una herramienta de gestión integral, Desai¹⁴ recomienda ver Six Sigma como una estrategia de negocios más que como un programa de calidad, por otra parte Gutiérrez¹⁵ comprende el concepto como una estrategia de mejora continua, mientras que Brue, citado por Boon¹⁶ va más allá dando a conocer tres posibles significados que varían según el punto de vista desde el que se analice el concepto, puede ser tanto un rango de calidad, como una metodología de resolución de problemas o una filosofía gerencial, no obstante debido a que para efectos prácticos esta discusión no afecta la implementación ni resultados finales, se referirá a Six Sigma como cualquiera de los anteriores en el documento presentado a continuación.

¹⁰ GUTIERREZ Op. Cit. p.279-280

¹¹ KIRKHAM, Louis, et al. Prioritisation of operations improvement projects in the European manufacturing industry. En: International Journal of Production Research. [EBSCOhost] vol. 52, no. 18, p. 5323-5345 [consultado 18, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://resolver.ebscohost.com/openurl?sid=google&auinit=L&aualast=Kirkham&atitle=Prioritisation+of+operations+improvement+projects+in+the+European+manufacturing+industry&id=doi%3a10.1080%2f00207543.2014.903345&title=International+journal+of+production+research&volume=52&issue=18&date=2014&spage=5323&issn=0020-7543&site=fff-live>

¹² CAMISÓN, Cesar; CRUZ, Sonia y GONZÁLEZ, Tomás. Gestión De La Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos Y Sistemas. [Google académico] Madrid: Pearson, 2006. p.1-1464. ISBN: 84-205-4262-8 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://porquenotecallas19.files.wordpress.com/2015/08/gestion-de-la-calidad.pdf>

¹³ *Ibíd.*, p.1312

¹⁴ DESAI, ANTONY y M.B. Op. Cit. p. 427

¹⁵ GUTIÉRREZ. Op. Cit. p. 280

¹⁶ BOON SIN, Ang, et al. Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance. En: International Journal of Production Economics. [sciencedirect] vol. 168, 2015. p. 106 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527315002157>

2.2 DMAIC

El ciclo DMAIC es el corazón de Six Sigma, esta sigla que en español significa Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar es muy parecida al ciclo de Demming, una de las herramientas de calidad más conocidas en el mundo, cada una de estas etapas ha sido diseñada para facilitar el proceso de implementación del modelo, presentando un “camino” a seguir para cualquier empresa que desee obtener los beneficios de Six Sigma, según Assarlind¹⁷ el DMAIC no es una herramienta rígida, las empresas varían su profundidad dependiendo de dónde se vaya a aplicar, el ciclo puede simplificarse o extenderse para abarcar todo tipo de proyectos, los más sencillos pueden usarse para mejorar actividades cotidianas, mientras que los más complejos son usados para proyectos grandes. A continuación se describen las etapas que componen en ciclo de acuerdo con los trabajos realizados por Felizzola, Amitrano, Gutiérrez, Camisón y Gijo.

1) Definir: Durante esta etapa se determina y se delimita el proyecto, Felizzola¹⁸ proponen tres fases para facilitar este proceso:

- a) Realización del Project Charter
- b) Mapeo del proceso y definición de variables
- c) Identificación de las métricas del proceso

En la primera fase se determinan los objetivos del proyecto (el tiempo para cumplirlos debe ser de tres a seis meses), el estado actual de las métricas, el presupuesto proyectado y los equipos de trabajo teniendo en cuenta los roles específicos de Six Sigma que sobre los que se profundizará más adelante.

La segunda fase debe emplearse para analizar el proceso y las variables que lo afectan, finalmente la identificación de métricas se determina dependiendo de los objetivos iniciales que se propusieron durante la primera fase; debe realizarse un procedimiento para el seguimiento de dichas métricas durante y después de finalizar el proyecto.

Se deben determinar además los procesos clave y las necesidades del(los) cliente(s); gracias a esta etapa se dan a conocer a todos los involucrados en el

¹⁷ ASSARLIND, Marcus; GREMYR, Ida y KRISTOFFER, Bäckman. Multi-faceted views on a Lean Six Sigma application. En: Int J Qual & Reliability Mgmt. [Emerald] vol. 30, no. 4, 2012. p. 387-402 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/02656711211190855>

¹⁸ FELIZZOLA JIMÉNEZ, Heriberto y LUNA AMAYA, Carmenza. Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. En: Ingeniare.Revista Chilena De Ingeniería. [ResearchGate] vol. 22, no. 2, 2014 p. 263-277 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/261569007_Lean_Six_Sigma_en_pequeñas_y_medianas_empresas_un_enfoque_metodologico

proyecto cuales son los objetivos y el alcance del proyecto facilitando la asignación de responsabilidades y previniendo la entrega de información y mensajes ambiguos entre la gerencia y el equipo de trabajo, al final de esta etapa se debe contar con la aprobación de la alta dirección para poder continuar el proyecto, finalmente Gijo¹⁹ profundizan sobre el concepto de características CTQ (críticas para la calidad) que tienen los procesos a trabajar y sugieren especificarlas en esta etapa.

2) Medir: El objetivo de esta etapa consiste en la determinación y el aseguramiento de las fuentes de información que impactan el proyecto y sus resultados, deben revisarse los equipos y sistemas de medición para comprobar su confiabilidad y así impedir que se cometan errores al tener en cuenta datos falsos, las fuentes potenciales de variabilidad de medición en el proceso se determinan haciendo uso de distintas técnicas, la más usada según Amitrano²⁰ es el mapa de procesos el cual debe ser realizado por todo el equipo de trabajo.

Para decidir las características críticas sobre las que se va a trabajar se debe hacer un análisis estadístico, Camisón²¹ propone trabajar con un análisis modal de fallos y efectos, Gijo²² hacen uso del software Minitab para realizar un estudio R&R, Felizzola²³ evalúan criterios como la exactitud, linealidad, estabilidad y otros factores haciendo uso de métodos estadísticos como el estudio de linealidad y sesgo, y el análisis de concordancia; mientras que Amitrano²⁴ detallan una matriz de priorización sobre la cual trabajan estableciendo criterios y correlaciones que permiten establecer el impacto de las fuentes de variabilidad encontradas sobre la medición durante el proyecto.

Las métricas determinadas durante la primera fase se refinan y se determina un punto de partida mediante análisis de capacidad de proceso y métricas como: el nivel sigma actual, defectos por millón de oportunidades (DPMO) etc. para poder comparar a futuro y sobre el cual se analizan los resultados finales del proyecto.

¹⁹ GIJO,E. y SCARIA,Johny. Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company. En: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. [Ebscohost] Mar. vol. 71, no. 1, 2014 p. 717-730 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/94398240/process-improvement-through-six-sigma-beta-correction-case-study-manufacturing-company>

²⁰ AMITRANO, et al. Op. Cit. p. 70-71

²¹ CAMISÓN, CRUZ, y GONZÁLEZ. Op. Cit. p. 1313-1314

²² GIJO y SCARIA. Op. Cit. p. 719-720

²³ FELIZZOLA y LUNA. Op. Cit. p. 269

²⁴ AMITRANO, Op. Cit. p. 70-71

3) Analizar: Una de las metas finales de un proyecto Six Sigma es eliminar las causas de problemas que afecten un proceso, por eso durante esta etapa se examina el proceso en detalle y junto con los datos recolectados en las etapas anteriores se identifican las causas potenciales de errores en los procesos sobre los que se va a trabajar.

Este proceso se puede realizar de varias maneras, entre las que se encuentran la lluvia de ideas y la estratificación, o herramientas más avanzadas como el diagrama de Ishikawa y el PFMEA (AMEF).

Luego de ser establecidas, las posibles causas deben validarse, por lo que Felizzola²⁵ plantean el uso de herramientas como el análisis de varianza ANOVA, las pruebas de hipótesis, y los diseños de experimentos, entre otras.

De la misma manera Gijo²⁶ indican el uso de la observación de procesos y el análisis GEMBA para realizar este proceso. Esta etapa es muy importante ya que dependiendo de lo que se encuentre aquí se desarrollan los procedimientos y los cambios que se van a realizar sobre los procesos, por lo que la organización y los equipos de trabajo deben asegurarse de que van a trabajar sobre las causas reales de los problemas que se estén presentando.

4) Mejorar: Si los anteriores ítem se desarrollaron correctamente, es en esta etapa durante la cual se determinan las acciones que se van a implementar para eliminar o mitigar las causas de los problemas que generan errores en los procesos, y por ende los errores mismos en el producto o servicio final, llevando el desempeño a los niveles acordados previamente, y aumentando el nivel sigma de un proceso o de la organización en general dependiendo del alcance del proyecto, las mejoras deben ser medibles, por lo que es indispensable crear nuevas métricas que permitan hacer un seguimiento a las acciones tomadas y probar que estas fueron correctamente asignadas comparando los resultados obtenidos con los esperados. Según Gutierrez²⁷ las herramientas más comunes en esta etapa son las 5S, el análisis de regresión, Poka Yoke y hojas de verificación, lista compartida por Felizzola²⁸, quienes hablan de las mismas herramientas.

5) Controlar: Es la etapa final, aunque las correcciones sobre el proceso ya se realizaron y los resultados finales ya se obtuvieron, la organización debe continuar

²⁵ FELIZZOLA y LUNA. Op. Cit. p. 270

²⁶ GIJO y SCARIA. Op. Cit. p. 720-723

²⁷ GUTIÉRREZ. Op. Cit. p. 292-293

²⁸ FELIZZOLA y LUNA. Op. Cit. p. 270

controlando el proceso debido a la posibilidad de que los cambios se pierdan y por ende los resultados obtenidos, por ello durante esta etapa se busca estandarizar estos cambios y documentar los nuevos procedimientos o simplemente actualizarlos si existían previamente.

El objetivo del control es mantener los cambios realizados a lo largo del tiempo, Felizzola²⁹ recomiendan usar la norma ISO 9001 por su enfoque de aseguramiento de la calidad y Gijo³⁰ la recomiendan por su proceso de auditorías internas; luego proponen crear disciplina mediante las 5S y al igual que Amitrano³¹ sugieren monitorear los indicadores con gráficos de control, mientras que Gutiérrez³² involucra tres nuevas acciones de control que denomina proceso, documentación y monitoreo, las cuales también están encargadas de mantener los cambios en el tiempo.

El control de proceso se refiere a que al estandarizarse un proceso ya no deben hacerse vigilancias continuas para que se cumpla con los nuevos procedimientos, el control de documentación intenta facilitar la creación de documentos que ayuden a seguir con estos procedimientos, finalmente el monitoreo trata de evidenciar los resultados para que el nivel de mejora alcanzado se mantenga.

Esta etapa de cierre puede ser la más complicada, ya que requiere adaptación a los cambios, lo cual puede ser difícil en algunos contextos organizacionales, especialmente si los procesos que sufrieron cambios fueron establecidos hace mucho tiempo y nunca han sido actualizados.

2.2.1 Roles de Six sigma. El modelo Six Sigma define ciertos roles que deben asumir los integrantes del grupo de trabajo para su correcta aplicación, estos roles involucran toda la cadena de mando, desde la alta dirección hasta el personal de piso. En el cuadro 1 se muestran todos los roles y sus respectivas características.

²⁹ FELIZZOLA y LUNA Op. Cit. p. 270-271

³⁰ GIJO y SCARIA. Op. Cit. p. 725-726

³¹ AMITRANO, et al. Op. Cit. p. 72

³² GUTIÉRREZ. Op. Cit. p. 293

Cuadro 1. Roles de Six Sigma

Nombre	Rol	Características	Capacitación a recibir	Acreditación
Líder de implementación	Dirección del comité directivo para 6σ. Suele tener una jerarquía sólo por abajo del máximo líder ejecutivo de la organización.	Profesional con experiencia en la mejora empresarial y en calidad; es respetado en la estructura directiva.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico (pensamiento estadístico), y comprensión del programa 6σ y su metodología de desarrollo de proyecto (DMAMC).	
Champion y/o Patrocinador	Gerentes de planta y gerentes de área, son los dueños de los problemas y establecen problemas y prioridades. Responsables de garantizar el éxito de la implementación de 6σ en sus áreas de influencia.	Dedicación, entusiasmo, fe en sus proyectos, capacidad para administrar.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico y un entendimiento del programa 6σ y de su metodología de desarrollo de proyecto (DMAMC).	Aprobar examen teórico-práctico sobre las generalidades de 6σ y el proceso DMAMC.
Master black belt (MBB)	Dedicado 100% a 6σ, realiza asesoría y tiene la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la empresa. Dirige o asesora proyectos claves. Es mentor de los BB.	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos.	Requiere amplia formación en estadística y en los métodos de 6σ (de preferencia Maestría en estadística o calidad) y recibir el entrenamiento BB.	Haber dirigido cuando menos un proyecto exitoso y asesorado 20 proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico sobre currículum BB y aspectos críticos de 6σ.
Black belt (BB)	Gente dedicada de tiempo completo a Seis Sigma, realiza y asesora proyectos.	Capacidad de comunicación, reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos, tiene futuro en la empresa.	Recibir el entrenamiento BB, con una base estadística sólida.	Haber dirigido dos proyectos exitosos y asesorado cuatro. Aprobar examen teórico-práctico sobre currículum BB y aspectos críticos de 6σ.
Green belt	Ingenieros, analistas financieros, expertos técnicos en el negocio; atacan problemas de sus áreas, dedicados de tiempo parcial a 6σ. Participan y liderean equipos 6σ.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos (DMAMC), capacidad para dar seguimiento.	Recibir el entrenamiento BB.	Haber sido el líder de dos proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico sobre currículum BB.
Yellow belt	Personal de piso que tiene problemas en su área.	Conocimiento de los problemas, motivación y voluntad de cambio.	Cultura básica de calidad y entrenamiento en herramientas estadísticas básicas, en DMAMC y en solución de problemas.	Haber participado en un proyecto. Aprobar examen teórico-práctico sobre el entrenamiento básico que recibe.

Fuente: GUTIÉRREZ, Humberto. Calidad Total Y Productividad. [Google Académico]. 3 ed. Ciudad de México D.F: McGraw Hill, 2010. ISBN 978-607-15-0315-2.

2.3 IMPLEMENTACIÓN Y FACTORES CRÍTICOS (CFS)

La mayoría de empresas que quieren implementar Six Sigma lo hacen con el DMAIC, no obstante este no es el único método vigente para realizar esta implementación, también existen métodos que distintos autores introducen, los cuales adaptan herramientas y metodologías a las necesidades de cada empresa; ejemplo de esto son los que presentan Desai³³, cuando hablan del DMADV (definir,

³³ DESAI, ANTONY y M.B. Op. Cit. p. 429

medir, analizar, diseñar, verificar) que está enfocado en la mejora del rediseño de productos y servicios, el IDOV (identificar, diseñar, optimizar, validar) enfocado al diseño de productos y servicios nuevos y el DIDES (definir, iniciar, diseñar, ejecutar, sostener), Zu³⁴ también describe el uso del DMADV y finalmente Bermúdez³⁵, detalla el CQDFSS (diseño de calidad comercial para Six Sigma) el cual brinda un respaldo garantizado en el lanzamiento y sostenimiento en el mercado.

Existen además una serie de elementos conocidos como Critical Success Factors (CSF), que traduciendo al español quiere decir factores críticos para el éxito, y se han realizado estudios completos sobre su aplicabilidad en las distintas empresas que existen hoy en día.

Los CSF se han clasificado y separado por áreas de la industria, por el tamaño de la empresa y demás características específicas a cada organización, Jeyaraman³⁶ definen estos factores como los elementos cruciales que deben salir bien para que una empresa asegure el éxito, y no deben confundirse con los objetivos, más bien son acciones y procesos controlados por la gerencia que llevan a cumplir con las metas que la empresa ha propuesto en relación con implementación de un proyecto de Six Sigma. Jeyaraman³⁷ exponen listas con varios factores entre los que se pueden encontrar algunos específicos que PYMES reales encuestadas han identificado, por ejemplo: “el compromiso notable por parte de la alta gerencia, la definición clara de los requerimientos del cliente, el reconocimiento y recompensa a los miembros del equipo”³⁸, entre otros.

³⁴ ZU, Xingxing; FREDENDALL, Lawrence D. y DOUGLAS, Thomas J. The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma. En: Journal of Operations Management. [Science Direct] vol. 26, no. 5, 2008, p. 630-650 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696308000132>

³⁵ BERMÚDEZ HERNÁNDEZ, Jonathan; BETANCURT LOPERA, Leidy Melissa y MUÑOZ CARREÑO, Juan Carlos. Six Sigma como Herramienta de Mejoramiento Continuo: Caso de Estudio. En: Revista Espacios. [Google Académico] Jan., vol. 37, no. 9, [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n09/16370909.html>

³⁶ JEYARAMAN, K. y LEAM, Kee Teo. A conceptual framework for critical success factors of lean Six Sigma: Implementation on the performance of electronic manufacturing service industry. En: Lean Six Sigma Journal. [Research Gate] vol. 1, no. 3, 2016. p. 191-215 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/235275602_A_Conceptual_Framework_for_Critical_Success_Factors_of_Lean_Six_Sigma_Implementation_on_the_Performance_of_Electronic_Manufacturing_Service_Industry

³⁷ *Ibíd.*, p. 204-205

³⁸ *Ibíd.*, p. 193-194

En comparación Abel Ribeiro³⁹ han encontrado que las empresas grandes deben tener en cuenta hasta 70 factores para poder implementar correctamente un proyecto de Six Sigma y obtener los resultados esperados. El artículo realizado por Desai⁴⁰ plantea por medio de encuestas realizadas en India que a pesar de lo que muchos investigadores como Abel⁴¹ exponen, existen factores críticos más importantes que otros, Marly⁴² afirma esta declaración con las encuestas que se desarrollaron en Brasil y se determina que para el caso de sus países las empresas grandes deben considerar la participación e intervención de la gerencia como el factor más importante, mientras que para las PYMES este factor debería el enlace de Six Sigma a la estrategia de negocios.

No obstante es importante tener en cuenta el estudio desarrollado por Lande⁴³ el cual indica una variación en la relevancia de ciertos factores críticos que las PYMES tienen en cuenta en distintos países del mundo, por lo que recomiendan a este tipo de empresas identificar y reconocer sus propios factores críticos y no tomarlos de estudios que se hayan realizado en otras empresas.

Además como se mencionó anteriormente y lo evidencia el estudio de Desai⁴⁴, los factores dependen también del área de la industria en el que la organización se desempeña, por lo que se hace hincapié en el aspecto de no tomar prestados factores de otras empresas aunque se consideren similares.

Finalmente Abel⁴⁵ concluyen que el número de factores que una empresa debe tener en cuenta puede estar entre tres y veinticinco, y que al optar por esta

³⁹ ABEL RIBEIRO, de Jesus, et al. Six Sigma critical success factors in Brazilian industry. En: Int J Qual & Reliability Mgmt. [Emerald] vol. 33, no. 6, 2016 p. 702-723 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/IJQRM-08-2014-0120>

⁴⁰ DESAI; ANTONY y M.B. Op. Cit. p. 440-441

⁴¹ ABEL RIBEIRO, et al., Op. Cit. p. 703

⁴² MARLY MONTEIRO, de Carvalho; LINDA, Lee Ho y SILVIA HELENA, Boarin Pinto. The Six Sigma program: an empirical study of Brazilian companies. En: Jnl of Manu Tech Mnagmnt. [Emerald] vol. 25, no. 5, 2014 p. 602-630 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/JMTM-04-2012-0045>

⁴³ LANDE, Manisha; SHRIVASTAVA, R. L. y SETH, Dinesh. Critical success factors for Lean Six Sigma in SMEs (small and medium enterprises). En: The TQM Journal. [Emerald] vol. 28, no. 4, 2016 p. 613-635 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/TQM-12-2014-0107>

⁴⁴ DESAI; ANTONY y M.B. Op. Cit. p. 439

⁴⁵ ABEL RIBEIRO, et al. Op. Cit. p. 703

metodología se obtiene un mayor retorno de capital invertido que si se implementa el modelo Six Sigma sin tener en cuenta estos factores CFS.

2.4 DFSS

Según la investigación realizada por Antony⁴⁶ cuando una empresa consigue llegar al nivel de calidad 5 Sigma, es necesario aplicar nuevas herramientas y metodologías que impulsen aún más el cambio que se ha venido dando hasta el momento para lograr alcanzar el nivel final “Six Sigma”, para dar respuesta a este requerimiento se sintetizó un término conocido como Design for Six Sigma (DFSS). Ricardo⁴⁷ explica que el DFSS es simplemente la aproximación para dar una solución eficaz al último “Sigma” faltante, allí se hace entender a la empresa que no basta con seguir minimizando costos, si no que se debe, en algunos casos, rediseñar partes del proceso, además de implicar el desarrollo de nuevos productos y servicios logrando una innovación constante en la empresa.

El DSFF puede considerarse como una herramienta que propone cumplir con todo lo requerido para que una empresa pueda llegar al nivel Six Sigma de una manera sencilla y rentable; para simplificar el proceso de implementación se cuenta con los pasos: Identify, Design, Optimise y Validate, los cuales han sido ampliamente estudiados por expertos en el tema.

El DFSS no es el único método aplicable para resolver este problema, como se observa en el artículo publicado por Natarajan⁴⁸, muchas empresas emplean sus propias ideas, gestadas al interior de la compañía o importadas de otras empresas que ya han tenido éxito en este paso, para la empresa caso de estudio se diseñó un nuevo modelo al que llamaron QUARNEWSS derivado de los términos en inglés para calidad, confiabilidad, nuevo (producto) y Six Sigma (QUALity, Reliability, NEW, Six Sigma), este modelo resultó ser muy práctico para el caso que ellos estudiaron y como se concluyó en el documento podría funcionar en distintas industrias y refinarse para poder ser finalmente aplicado en cualquier tipo de organización.

⁴⁶ ANTONY, Jiju. Design for six sigma: a breakthrough business improvement strategy for achieving competitive advantage. En: Work Study. [Emerald] vol. 51, no. 1, 2002 p. 6-8 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/00438020210415460>

⁴⁷ RICARDO PIRES, de Souza, et al. Implementation of a Six Sigma project in a 3M division of Brazil. En: Int J Qual & Reliability Mgmt. [Emerald] vol. 30, no. 2, 2013 p. 129-141 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/02656711311293553>

⁴⁸ NATARAJAN, M., et al. Quality and reliability in new product development: A case study in compressed air treatment products manufacturing company. En: Jnl of Manu Tech Mngmnt. [Emerald] vol. 24, no. 8, 2013 p. 1143-1162 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/pdf/10.1108/JMTM-03-2011-0022>

3. ANALISIS COMPARATIVO DE BENEFICIOS OBTENIDOS AL IMPLEMENTAR EL MODELO SIX SIGMA

Existen distintas métricas y maneras de medir la efectividad de un proyecto basado en la metodología Six Sigma, ya sea que se encuentre en proceso o haya sido finalizado; la primera de estas métricas es precisamente el nivel sigma alcanzado, el cual se explica brevemente en el capítulo anterior. Sin embargo se tienen otras métricas como el índice z, que según Gutierrez⁴⁹ logra medir el nivel de calidad de un proceso teniendo en cuenta especificaciones tanto superiores como inferiores lo que es una ventaja para procesos que tienen características de calidad de tipo continuo. No obstante en procesos que no cuentan con especificaciones dentro de esta categoría el nivel z no puede ser utilizado; otro ejemplo de métrica es el DPMO el cual está directamente relacionado con el nivel sigma de un proceso.

Aunque es lógico pensar que para el cálculo del DPMO se necesita una muestra de un millón de unidades producidas o servicios entregados, en realidad se hace uso de otra métrica conocida como el DPO, para la cual se toma un número considerable de oportunidades durante un periodo determinado y se mide el número de defectos encontrados, luego se multiplica por un millón y de esta manera se obtiene el DPMO.

Como último ejemplo se encuentra el COPQ, o costos por baja calidad, y de acuerdo con Ramakrishnan⁵⁰ puede llegar a representar hasta el 40% de las ventas de una compañía, esta métrica depende de variables como número de devoluciones, costos generados por mano de obra, calidad de materias primas, entre otros.

Existe además una gran cantidad de métricas que las empresas proponen para realizar el seguimiento de su proyecto, indicadores propios de una organización pueden ser usados para medir directa, o indirectamente, los resultados alcanzados al implementar Six Sigma en cada caso; autores como Kucerova⁵¹ explican esto como una de las ventajas de Six Sigma y es que puede ser adaptado a las necesidades de cualquier tipo de organización.

⁴⁹ GUTIÉRREZ, Op. Cit. p. 286

⁵⁰ RAMAKRISHNAN, V. y JAYAPRAKASH, J. Application of Lean Six Sigma tools for reduction of defects in Pump Manufacturing. En: Applied Mechanics & Materials. [Research Gate] vol. 813/814, 2015. p. 1140-1149 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282639607_Application_of_Lean_Six_Sigma_tools_for_reduction_of_defects_in_Pump_Manufacturing

⁵¹ KUCEROVA, Marta y FIDLEROVA, Helena. Improving the Quality of Manufacturing Process through Six Sigma Application in the Automotive Industry. En: Applied Mechanics & Materials. [Research Gate] no. 693, 2014 p. 147-152 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/41757993_Six_Sigma_process_improvements_in_automotive_parts_production

Es importante resaltar que estas métricas simplemente reflejan el estado en el que se encuentra la empresa y por lo tanto permiten tomar decisiones sobre la misma con una mayor facilidad, no obstante el tener más o menos métricas no debería afectar el resultado final del proyecto.

3.1 BENEFICIOS PERCIBIDOS A NIVEL MUNDIAL DESPUES DE LA IMPLEMENTACION DE SIX SIGMA

Según las investigaciones a nivel internacional como la presentada por Kumar⁵², existen ciertos beneficios comunes a toda la industria al implementar la metodología Six Sigma, afirmación que se ve confirmada por el estudio de Antony⁵³, quien a su vez expone una lista similar con beneficios compartidos entre PYMES y grandes empresas. En el trabajo realizado por Albliwi⁵⁴, se presenta un compendio de más de cincuenta beneficios extraídos de una selección de 19 papers redactados por diversos autores, a partir de esta información realizaron un top diez de beneficios, que se listan a continuación:

1. Incremento en las ganancias y ahorros financieros
2. Incremento en la satisfacción del cliente
3. Reducción de costos
4. Reducción del tiempo de ciclo
5. Mejora en las métricas de desempeño claves
6. Reducción de defectos
7. Reducción en el tiempo de falla de las máquinas
8. Reducción de inventarios
9. Mejora de la calidad
10. Incremento en la capacidad de producción

Por otro lado existen revisiones a la literatura como la que presentan Prasanna⁵⁵ en la cual se expone una recopilación de la bibliografía encontrada sobre los diferentes

⁵² KUMAR y ANTONY., Op. Cit. p. 931

⁵³ ANTONY,Jiju; KUMAR,Maneesh y MADU,Christian N. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises. En: International Journal of Quality & Reliability Management. [Emerald] Oct 1, vol. 22, no. 8, 2005 p. 860-874 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/02656710510617265>

⁵⁴ ALBLIWI,Saja Ahmed; ANTONY,Jiju y LIM,Sarina Abdul halim. A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. En: Business Process Management Journal. [Emerald] Jun 1, vol. 21, no. 3, 2015 p. 665-691 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/BPMJ-03-2014-0019>

⁵⁵ PRASANNA,M. y VINODH,Sekar. Lean Six Sigma in SMEs: an exploration through literature review. En: Journal of Engineering, Design and Technology. [Emerald] Oct 7, vol. 11, no. 3, 2013 p.

estudios realizados sobre los beneficios que el Six Sigma aporta a las empresas, en esta revisión se puede observar la extensiva investigación que se ha realizado acerca de este tema, dando a conocer más de 30 documentos que hablan respecto a los diversos “frutos” que se producen al implementar Six Sigma en las organizaciones.

Otros beneficios, que Kumar⁵⁶ denominan como “Intangibles” fueron estudiados al describir la nueva cultura organizacional alcanzada luego de la culminación de un proyecto Six Sigma, y se determinó que se había logrado la introducción al concepto de calidad total, el establecimiento de equipos interdisciplinarios, el entrenamiento y desarrollo de habilidades, el incremento de responsabilidades y el desarrollo del sentido de importancia para el mantenimiento básico de equipos y máquinas, mientras que Chugani⁵⁷ hablan de beneficios ambientales, haciendo énfasis en el potencial que la implementación de Six Sigma puede tener en las empresas si se tienen en cuenta las regulaciones ambientales.

3.2 BENEFICIOS PERCIBIDOS EN EMPRESAS COLOMBIANAS

Una revisión de la literatura mostró que existen diversas empresas en Colombia que permiten la implementación de la metodología Six Sigma y la publicación de sus experiencias, perteneciendo dichas empresas a sectores tanto de producción como de servicios.

A continuación se muestran los beneficios revelados por los autores de cada estudio.

- Sector eléctrico: se encontraron dos empresas del sector eléctrico que han implementado Six Sigma, la primera descrita por Montañez⁵⁸ logró reducir los costos

224-250 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/JEDT-01-2011-0001>

⁵⁶ KUMAR SHARMA,Rajiv y GOPAL SHARMA,Rajan. Integrating Six Sigma Culture and TPM Framework to Improve Manufacturing Performance in SMEs. En: Quality & Reliability Engineering International. [Research Gate] vol. 30, no. 5, 2013 p. 745-765 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264243784_Integrating_Six_Sigma_Culture_and_TPM_Framework_to_Improve_Manufacturing_Performance_in_SMEs

⁵⁷ CHUGANI,Nashmi, et al. Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review. En: Lean Six Sigma Journal. [Emerald] vol. 8, no. 1, 2017. p. 7-32 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/IJLSS-11-2015-0043>

⁵⁸ MONTAÑEZ MUÑOZ, Juan Fredy y GÓMEZ PEÑUELA, Carlos Andres. Implementación De Metodología Six Sigma En La Mejora De Procesos Y Seguridad En Las Instalaciones De Schneider Electric De Colombia S.A. Universidad de la Salle, 2003. p. 1-126 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo

por garantías y el tiempo en reprocesos, mientras que la que presenta Felizzola⁵⁹, incrementó el cumplimiento promedio por mes, acercándose a la meta propuesta y reduciendo el sobrecosto de mano de obra, se aumentó el nivel sigma en 0.4 puntos, pasando de 1 a 1.4, y se logró mejorar la capacidad del proceso.

- Producción de muebles: de acuerdo con Rodríguez⁶⁰ se logró disminuir el nivel de reprocesos en 10.37% del total de devoluciones durante las pruebas piloto realizadas, y se estimó que esto representaba un ahorro de aproximadamente 39 millones de pesos anuales lo cual representa un valor alto para una pyme en desarrollo como lo es esta empresa.

Por otro lado Perez⁶¹ concluyen en su investigación, que el análisis estadístico realizado al interior de la empresa mostró el estado de la organización como estable pero incapaz, esto significa que el proceso produce productos defectuosos de manera regular, conocimiento que fomenta el desarrollo de propuestas de mejora que impacten las causas raíz del problema.

Se resalta además la importancia del personal involucrado en el proyecto y el nivel de responsabilidad que conlleva ser parte de la implementación de este tipo de metodologías; finalmente dan una serie de recomendaciones basadas en los hallazgos encontrados durante el desarrollo de su trabajo.

en PDF. Disponible en:
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17028/T42.06%20M762i.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁵⁹ FELIZZOLA JIMENEZ, Heriberto. Eficiencia En PYMES a Través De Lean Seis Sigma Insuelectri LITDA. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad de la Costa. 2012. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en:
<https://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/423/9.%20EFICIENCIA%20EN%20PYMES%20SEIS%20SIGMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁶⁰ RODRÍGUEZ CORTES, Mayra Yesenia y RODRÍGUEZ RATIVA, Johanna Alexandra. Desarrollo De La Metodología Lean Six Sigma En La Pyme JC Muebles De La Ciudad De Bogotá D.C. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado Universidad de la Salle, 2016. p. 1-153 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en:
http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18386/47111124_2016.pdf?sequence=1

⁶¹ PEREZ RIQUETT, Melissa Margarita y PLATA SILVA, Lady Johanna. Diseño de un modelo para el mejoramiento de la productividad y competitividad de la línea de comedor houston en la empresa arte & estilo basado en la metodología lean seis sigma. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado Universidad de la Costa CUC, 2013. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en:
<https://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/handle/11323/49>

- Medios publicitarios: en su trabajo, Sánchez⁶², muestra cómo se logró un ahorro de aproximadamente 46 millones de pesos anuales gracias a la reducción de las pautas no conformes que se presentaban en la empresa pasando de 4.46% a 0.3% del total de pautas y disminuyendo el tiempo de revisión de pautas de 2.88 minutos a 0.82 minutos.

- Confecciones: para este tipo de empresa se encontraron dos trabajos que fueron realizados sobre la misma compañía, Mancilla⁶³ determinaron que luego de implementar la propuesta Six Sigma se disminuyeron el número de órdenes de producción faltantes en los meses de abril y mayo del año 2015 en comparación con estos mismos meses en el año 2014, además se redujeron de manera significativa los tiempos muertos aumentando las ventas anuales en 32 millones de pesos aproximadamente, finalmente se incrementó la capacidad de producción en la empresa.

Vásquez⁶⁴ algunos años más tarde describen en su trabajo que la capacidad del proceso logró aumentar pasando de 0.43 a 0.8, luego de implementar algunas herramientas de la metodología Six Sigma, además de incrementar el nivel sigma en un 10.7% pasando de 2.24 a 2.48 al finalizar el proyecto.

- Tuberías plásticas: Roa⁶⁵ define una serie de variables a medir que determinan la efectividad de la aplicación de Six Sigma en la empresa, se observa una reducción

⁶² SÁNCHEZ QUIROGA, Jency Alexandra. Propuesta De Mejoramiento En El Proceso Control Pauta Para Una Empresa De Medios Bajo El Enfoque Lean Six Sigma. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/18392>

⁶³ MANCILLA MOLINA, Christiam Andres y MARULANDA CALLEJAS, Leonardo. Mejoramiento Del Proceso Productivo a Partir De Un Control De Insumos Empleando Herramientas De Lean Six Sigma En Una Empresa Del Sector Confección. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad de San Buenaventura, 2015. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/3304/1/Mejoramiento_proceso_productivo_mancilla_2015.pdf

⁶⁴ VÁSQUEZ GIL, Camilo Alberto y GONZÁLEZ, Iván Leonardo. Diseño De Plan De Mejoramiento Para La Reducción De Unidades Defectuosas En El Proceso De Fabricación De Prendas Para Vestir En La Empresa Confecciones YAKOLI SAS Utilizando Las Herramientas De La Metodología Lean Six Sigma. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad de San Buenaventura, 2017. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/4653/1/Reduccion_Unidades_Defectuosas_Vasquez_2017.pdf

⁶⁵ ROA CAICEDO, Mauricio. Diseño E Implementación De Un Plan De Mejoramiento Continuo Para La Reducción Del Porcentaje De Producto no Conforme En Corema S.A.S. Aplicando La Metodología Lean Six Sigma. Universidad de San Buenaventura, 2016. p. 1-91 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/3334/1/Dise%C3%B1o_implementacion_plan_mejoramiento_roa_2016.pdf

en los límites de especificación definidos por la compañía, y la disminución de puntos fuera de control en cada periodo, lo cual aumentó el nivel sigma del proceso en 0.69 puntos; además se logró incrementar el Yield o porcentaje de rendimiento en 5.18%, pasando de 1.44% a 6.62%, finalmente se redujeron los DPMO en 33504 llegando a un valor final de 893857, el cual es aún muy alto pero, como el autor concluye, es evidente que existe una mejora.

- Producción de zapatos: Beltran⁶⁶ presentan el caso de una zapatería la cual logra disminuir en un 68.7% el tiempo de ciclo de guarnición lo que incrementa la productividad de la empresa de forma dramática pasando de producir 1400 pares de zapatos a 2361 pares y por ende llegando a vender 23.6 millones de pesos mensuales en comparación con los 14 millones que venían ganando hasta el momento.

- Sector Metalúrgico: en la empresa Indalar SAS., Aristizabal⁶⁷ encontraron que es posible la implementación de diversas herramientas del Six Sigma mientras exista la colaboración de un experto en el tema, se evidenció además la necesidad del trabajo en equipo debido a que sin la colaboración de todo el personal involucrado en el proyecto es muy difícil lograr el cambio esperado. Finalmente se resalta el valor del tiempo como uno de los principales recursos a tener en cuenta en la implementación de la metodología Six Sigma en una empresa como lo es Indalar SAS.

- Transporte de carbón: Arango⁶⁸ concluyen en su trabajo que gracias a una correcta implementación del DMAIC se logró la caracterización del proceso y la medición de su desempeño y capacidad, lo que permitió identificar las causas raíz que llevan a la definición de oportunidades de mejora, además se logró realizar una mejora significativa en el seguimiento y monitoreo de las operaciones y recursos en el proceso.

⁶⁶ BELTRÁN UMAÑA, Johanna Andrea y ENCISO JAUREGUI, Miguel Ángel. Propuesta De Mejora Para El Proceso De Guarnición De La Empresa Adrenalina S.A.S. En La Ciudad De Bogotá D.C., Utilizando La Metodología Lean Six Sigma. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad de la Salle, 2016. p. 1-137 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18387/47121101_2016.pdf?sequence=1

⁶⁷ ARISTIZABAL SALAZAR, Vanessa y ZULUAGA, William. Alguno Elementos De La Metodología Six Sigma Aplicados a La Empresa Indalar SAS. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. 2013. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://alejandria.poligran.edu.co/handle/10823/544>

⁶⁸ ARANGO SERNA, Martin Darío; GÓMEZ MONTOYA, Rodrigo Andrés y ÁLVAREZ URIBE, Karla Cristina. Identificación De Oportunidades De Mejora En La Gestión Del Transporte Del Carbón En Colombia Con Six Sigma. En: Medellín: Boletín de Ciencias de la Tierra, [Redalyc] 2011. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169522483003>

- Sector Cemento: la aplicación del modelo Six Sigma en los procesos de seguridad industrial y salud ocupacional en la empresa productora, como lo describe Fontalvo⁶⁹, permitió a la organización identificar el proceso crítico que causaba la mayor cantidad de accidentes en un periodo de tiempo determinado, lo cual facilitó el planteamiento de programas de mejora que aumenten el nivel de seguridad tanto en el proceso crítico como todos los puntos donde se producen accidentes.

- Sector Marroquinería: de acuerdo con Aroca⁷⁰, se encontró que existe dentro de las empresas familiares estudiadas una necesidad por implementar sistemas de mejora como el Six Sigma, siendo los gerentes y supervisores muy receptivos y abiertos a la implementación de proyectos que puedan aumentar la productividad. Además se determinó la necesidad de empresas que pertenezcan a este sector de la industria, de contar con sistemas de calidad y aplicación de metodologías que ayuden a posicionar sus productos en el mercado global.

Se determinó que muchas de las actividades realizadas al interior de la empresa manufacturera no agregaban valor al producto final, y se concluyó que la causa principal de este comportamiento se debe a que los trabajadores no tienen conciencia de la cantidad de tiempos perdidos que se dan en cada una de las actividades.

Finalmente se encontraron varias oportunidades de mejora, a partir de las cuales se propuso un proyecto que ayuda al mejoramiento de la productividad en la empresa.

- Aseguramiento del Talento Humano: como lo expone Bermúdez⁷¹, la aplicación de Six Sigma permitió a la organización identificar con mayor facilidad las fallas en controles sobre los procesos, lo que a su vez propició el planteamiento de estrategias de mejoramiento enfocadas en la generación de lealtad por parte de los clientes; se concluye además que para poder aplicar el DMAIC debe existir una cultura organizacional que esté basada en el compromiso por parte de todo el

⁶⁹ FONTALVO HERRERA, Tomás José. Aplicación de Seis Sigma en una empresa productora de Cemento. En: Escenarios. [Dialnet] vol. 9, no. 1, p. 7-17 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3874538>

⁷⁰ AROCA ACOSTA, Steven y PACHECO DUARTE, Leslie. Diseño De Un Modelo De Mejoramiento De La Productividad Basado En Herramientas Lean Six Sigma Para 4 Empresas Pyme Del Sector Cuero, Calzado Y Marroquinería En La Ciudad De Cali. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad Autónoma de Occidente, 2017. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/10288/SilvaFrancoJorgeAlexander2013.pdf;sequence=1>

⁷¹ BERMÚDEZ, BETANCURT y MUÑOZ, Op. Cit. p. 14

personal que interviene en el proceso, esto facilita la identificación de nuevas oportunidades de mejora y el seguimiento constante al resultado final del proyecto.

- Panadería: En su trabajo de investigación, Duque⁷² plantea que para el caso de las PYMES, un proyecto de Six Sigma está definido de forma correcta cuando se realizan las etapas de identificación de problemas, identificación de proyectos clave, diseño de métodos de ejecución de acciones y evaluación de proyectos. En el caso de la panadería se redujeron los tiempos de fabricación del producto lo que impactó de manera positiva la utilidad financiera; Duque indica además que es requerido el compromiso por parte de la gerencia y los empleados, y que es necesario que se lleven a cabo procesos de capacitación e implementación de nuevas políticas y otros incentivos que permitan afirmar el cambio en la cultura organizacional que se produce durante y después de la finalización del proyecto.

- Textiles: En la investigación realizada por Pérez⁷³ se concluye que hay una gran diferencia entre el ambiente de PYMES y organizaciones de mayor tamaño, lo que impacta la implementación de la metodología Six Sigma considerablemente, sin embargo aún con todas las dificultades presentes en una PYME, sigue siendo viable el desarrollo de un proyecto Six Sigma, y también el objetivo final de llegar a las 3.4 DPMO. No obstante, como se expone en el trabajo, muchas veces no es necesario para una organización pequeña llegar a niveles de calidad tan elevados, lo cual consume tiempo y recursos que podrían ponerse a disposición en otras áreas que necesiten una mayor atención. En la empresa caso de estudio se logró un cambio en el enfoque que la compañía dirigía sus esfuerzos, llevándolo a la perspectiva de la satisfacción del cliente.

Con la información encontrada en el anexo A, es posible realizar un top de beneficios que muestre cuales se han encontrado al implementar Six Sigma en empresas colombianas y comparar este con estudios como el que realizaron

⁷² DUQUE SANTANA, Mauricio Alejandro. Enfoque Metodológico Para La Implementación De Lean Six Sigma En Las Pymes Colombianas, a Partir De Un Estudio De Casos: Panadería Buenavista. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad Militar Nueva Granada, 2016. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/16852/3/DuqueSantanaMauricioAlejandro2016.pdf>

⁷³ PÉREZ, Martha L. y CARRION, Andres. A Case of Improvement in a SME Using Six Sigma Approach. En: Communications in Dependability and Quality Management. [Google Académico] Jul., vol. 16, no. 3, 2013 p. 5-14 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/59859>

Albliwi⁷⁴ y Prasanna⁷⁵, en los cuales se usan métodos similares para resumir los beneficios dando a conocer los más representativos.

Para el caso de las empresas colombianas estudiadas y tomando un criterio similar al que se usa en el trabajo de Albliwi⁷⁶, los beneficios que más se repiten son, en orden descendente:

1. Mejoras en métricas de desempeño claves.
2. Reducción de tiempos.
3. Mejoras en calidad y Aumento en la capacidad de proceso.
4. Aumento de ventas.
5. Reducción de costos.

Este top de beneficios permite observar la similaridad que se halla al comparar las listas registradas por autores que se han encargado de recopilar beneficios de Six Sigma en diversos países e investigaciones (como las mencionadas al comienzo del subcapítulo 3.1) y los que se encontraron al analizar los estudios en empresas nacionales. A partir de esta información se podría comenzar a investigar la relación que existe entre los beneficios que la implementación de la metodología Six Sigma ofrece a nivel mundial, y los posibles resultados que se pueden obtener en Colombia.

3.3 LECCIONES APRENDIDAS

Además de los beneficios expuestos en la sección 3.1, se encontró una serie de resultados intangibles que algunas de las empresas estudiadas encontraron en relación con la implementación de Six Sigma tanto en la misma organización como en otras empresas similares que busquen iniciar o continuar con este proceso, estos resultados pueden ser vinculados con los CFS o factores críticos de éxito que se explican en el subcapítulo 2.3.

Se ha realizado a través del tiempo una investigación exhaustiva en el campo de los CFS por autores como Abel⁷⁷ quienes presentan listas representativas de CFS que se han encontrado tanto en PYMES como en grandes empresas y Jeyaraman⁷⁸

⁷⁴ ALBLIWI, ANTONY y LIM. Op. Cit. p. 673

⁷⁵ PRASANNA y VINODH. Op. Cit.. p. 230

⁷⁶ ALBLIWI, ANTONY y LIM. Op. Cit. p. 673

⁷⁷ ABEL RIBEIRO, et al. Op. Cit. p. 707

⁷⁸ JEYARAMAN y LEAM Op. Cit. p. 203-205

que por su parte expone una serie de CFS encontrados en la industria; mientras que otros autores como Wessel⁷⁹ han desarrollado su propio compendio con factores más detallados que proponen facilitar el desarrollo de un proyecto Six Sigma en empresas pequeñas y medianas, lo que muestra la diversidad de formatos en que pueden presentarse los hallazgos, para el caso de las empresas colombianas, se encontró que estos “factores” se hallaban en la sección de conclusiones, y no eran tratados como CFS si no como recomendaciones para la empresa donde se realizaba la investigación. Entre las recomendaciones más importantes se resaltan:

- Trabajo en equipo
- Tiempo como recurso clave
- Correcta identificación de causas raíz de los problemas y de los procesos críticos
- Determinación del estado de la empresa
- Toma de conciencia por parte del personal

Con el fin de comparar estos factores con los encontrados a nivel mundial se tomaron como referencia los CFS estudiados por Desai⁸⁰ en India, los cuales se encuentran resumidos en el cuadro 2, y se determinó una semejanza entre algunos de los resultados colombianos con los internacionales, principalmente en la columna de manufactura y servicio, debido a que a esta rama corresponden todas las empresas colombianas estudiadas en este documento.

El trabajo en equipo, aunque no aparece de manera explícita en la lista de Desai⁸¹, puede relacionarse tanto con la participación de la gerencia, como con el empalme entre Six Sigma y los empleados, el tiempo como recurso clave se encuentra dentro del entendimiento de las metodologías de Six Sigma, la correcta identificación de causas raíz de los problemas y procesos críticos están ligadas a la selección y priorización de los proyectos y al entendimiento de las metodologías Six Sigma, la determinación del estado de la empresa se relaciona con la infraestructura organizacional, y finalmente la toma de conciencia del personal hace parte tanto del empalme entre Six Sigma y los empleados como del liderazgo para Six Sigma, el enlace entre Six Sigma y la estrategia de negocio, la infraestructura organizacional y la participación de la gerencia.

⁷⁹ WESSEL, Godecke y BURCHER, Peter. Six sigma for small and medium-sized enterprises. En: The TQM Magazine. [Emerald] Aug 1, vol. 16, no. 4, 2004 p. 264-272 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/09544780410541918>

⁸⁰ DESAI, ANTONY y M.B. Op. Cit. p. 439

⁸¹Ibíd., p. 437

Cuadro 2. Factores críticos de éxito (CFS) en distintos tipos de industria

Manufacturing	Manufacturing and service	IT	Others
1. Management involvement and participation			
2. Organisational infrastructure	2. Organisational infrastructure	2. Organisational infrastructure	2. Linking Six Sigma to customer
3. Linking Six Sigma to customers	3. Linking Six Sigma to business strategy	3. Linking Six Sigma to customers	
4. Understanding of Six Sigma methodologies	4. Linking Six Sigma to employees		
5. Leadership for Six Sigma	5. Understanding of Six Sigma methodologies		
	6. Project prioritisation and selection		
	7. Leadership for Six Sigma		

Fuente DESAI, Darshak A.; ANTONY, Jiju y M.B. Patel. An assessment of the critical success factors for Six Sigma implementation in Indian industries. En: Int J Productivity & Perf Mgmt. [Emerald Insight] Vol. 61. No. 4 , 2012 p.439 [consultado 15, abril, 2018]. Archivo en PDF.

3.4 DIFICULTADES Y LIMITACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA

Al igual que en el caso de los CFS y el DMAIC, diversos autores han investigado acerca de las dificultades y limitaciones que impiden implementar la metodología Six Sigma en cualquier tipo de empresa por lo que se han desarrollado diversas formas de identificar estos factores métodos, como las encuestas y los resultados de casos de estudio y recopilaciones de datos de la literatura disponible, estos métodos se pueden encontrar en los trabajos realizados por los autores que se mencionan a continuación.

Las dificultades comienzan con el tamaño de la empresa en la cual se vaya a trabajar, la investigación de Raghunath⁸², junto con los resultados expuestos por Abel⁸³ permiten analizar algunas de las diferencias que existen entre las PYMES y

⁸² RAGHUNATH,A. y JAYATHIRTHA,R. V. Six Sigma Implementation by Indian Manufacturing Smes - an Empirical Study. En: Academy of Strategic Management Journal. [ResearchGate] vol. 13, no. 1, 2014 p. 35-55 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287025305_Six_sigma_implementation_by_Indian_manufacturing_smes_-_an_empirical_study

⁸³ ABEL RIBEIRO, et al. Op. Cit. p. 719

las grandes empresas al momento de intentar implementar Six Sigma, mostrando una inclinación fuerte de las pequeñas y medianas empresas por no instaurar metodologías tan costosas debido a que no se perciben los beneficios; muchas de las empresas encuestadas desconocían por completo el programa y otras tenían una gran variedad de razones que Raghunath⁸⁴ tachan de ser de “poco peso” para no desarrollar proyectos Six Sigma.

Investigaciones como la de Kumar⁸⁵ profundizan en el aspecto de la relación entre el tamaño de la empresa y la dificultad con la que se implementa el Six Sigma, este trabajo cuenta con datos de más de 500 empresas y se logran identificar varias razones por las que no se implementa Six Sigma en las PYMES, entre las que se encuentran las ya mencionadas por Raghunath⁸⁶, como lo son la falta de conocimiento del sistema, la disponibilidad de recursos y la poca percepción de beneficios para las empresas pequeñas y medianas. Esta investigación concluye indicando que los CFS usados en grandes organizaciones y PYMES son muy similares, además dicen que el Six Sigma es beneficioso para cualquier tipo de empresa, independientemente de su tamaño; finalmente advierten a las empresas que consideran el Six Sigma como una implementación de herramientas y técnicas de resolución de problemas, que están condenadas a fallar debido al pobre acoplamiento del proyecto con los objetivos estratégicos del negocio.

Por otro lado Albliwi⁸⁷, realizaron una revisión a la literatura, encontrando más de veinte documentos acerca de las causas que dificultan o impiden implementar la metodología Six Sigma en las empresas, estas causas son divididas por los autores en lo que ellos denominan “Factores limitantes” y “Limitaciones”, los cuales se resumen en dos top donde se resaltan los factores y las limitaciones más importantes en las empresas del sector manufacturero. A continuación se presentan las dos listas desarrolladas por Albliwi⁸⁸.

Top 5 limitaciones en el sector manufacturero:

⁸⁴ RAGHUNATH y JAYATHIRTHA. Op. Cit. p. 48-49

⁸⁵ KUMAR, Maneesh; ANTONY, Jiju y DOUGLAS, Alex. Does size matter for Six Sigma implementation? En: The TQM Journal. [Emerald] Oct 2, vol. 21, no. 6, 2009, p. 623-635 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/17542730910995882>

⁸⁶ RAGHUNATH y JAYATHIRTHA. Op. Cit. p. 45

⁸⁷ ALBLIWI, ANTONY y LIM. Op. Cit. p. 668

⁸⁸ *Ibíd.* p. 681-682

- Ausencia de líneas de guía claras para Lean Six Sigma (LSS) en las etapas tempranas de implementación
- Falta de currículos de LSS
- Falta de entendimiento en el uso de técnicas y herramientas de LSS
- Ausencia de un “mapa” para seguir, (¿Cuál estrategia primero?)
- Número limitado de aplicaciones prácticas del marco integrado de LSS

Top 6 factores limitantes:

- Alto consume de tiempo
- Falta de recursos
- Expectativas desproporcionadas
- Falta de conciencia acerca de los beneficios de LSS en los negocios
- Falta de entrenamiento o acompañamiento
- Reacción de los empleados frente a una nueva estrategia de negocios

Este último top en el que se encuentran los factores limitantes contiene resultados similares o que se encuentran relacionados con lo que Kumar⁸⁹ denominan Barreras para la implementación de una iniciativa de calidad, donde se pueden observar la falta de recursos, y la carencia conocimiento y entrenamiento como las causas más importantes, seguidos por la resistencia interna al cambio y la participación pobre de los empleados. Esta lista afirma los resultados obtenidos por Albliwi⁹⁰, y permite concluir que la falta de recursos tanto económicos como de tiempo, son la barrera, o el factor limitante más grande que las empresas encuentran al intentar implementar metodologías como Six Sigma o cualquier otra iniciativa de calidad.

Para el caso de Colombia, los autores Delgado⁹¹ encontraron que el bajo porcentaje de empresas que aplican la filosofía Six Sigma se debe principalmente a dos razones, la primera es el desconocimiento que las empresas tienen hacia los beneficios que pueden obtener al implementar Six Sigma, la cual de acuerdo con los autores estaría enfocada en el aumento de la competitividad y la productividad; la segunda razón por la que no existe una gran cantidad de empresas que se guíen por la filosofía Six Sigma en el caso de Bucaramanga, es que no existen profesionales locales capacitados en la implementación de dicha filosofía, lo que

⁸⁹ KUMAR, ANTONY y DOUGLAS, Op. Cit. p. 631-632

⁹⁰ ALBLIWI, ANTONY y LIM. Op. Cit. p. 681-682

⁹¹ DELGADO M, Frank Nicolás y DÍAZ ORTIZ, Jaime. Estado actual de la filosofía “Seis Sigma” como herramienta de disminución de defectos en los procesos de producción de las empresas en Bucaramanga. En: Iteckne. [Google académico] Dec 31,. vol. 7, no. 2, 2010 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/iteckne/article/view/385>

corresponde a una de las cinco limitaciones identificadas por Albliwi⁹², e implica un costo mayor para las empresas si estas deciden traer un profesional extranjero. Como ya se determinó anteriormente, la falta de recursos es la barrera más grande que las empresas encuentran al intentar implementar este tipo de proyectos, por lo que deciden no invertir en ellos.

⁹² ALBLIWI, ANTONY y LIM. Op. Cit. p. 681

4. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PYMES Y GRANDES EMPRESAS

Las diferencias entre PYMES y grandes empresas han sido ampliamente estudiadas en el campo de la implementación del modelo Six Sigma. Garrido-Vega⁹³ describe que esto se debe principalmente a la necesidad que la industria tiene por determinar si es factible y/o rentable el desarrollo de proyectos Six Sigma en empresas con volúmenes de producción bajos.

Estudios como el de Antony⁹⁴ presentan el potencial que las PYMES tienen para poder lograr una correcta implementación de la metodología Six Sigma. Por medio de una lista se muestran tanto las fortalezas como las debilidades que las PYMES tienen frente a las grandes empresas. Entre las fortalezas se destacan la flexibilidad y rapidez con que los cambios pueden introducirse, la alta visibilidad de la gerencia y la capacidad de producir liderazgo a través del ejemplo, la ausencia de burocracia en los equipos de gestión, la mayor respuesta a las necesidades del mercado y la habilidad de ser más innovadores a la hora de cumplir con los requisitos de los clientes, entre otras; por otra parte de las debilidades se destacan el bajo grado de formalización y estandarización, el enfoque en la operación más que en la planeación, la inexistencia de programas de recompensa o incentivos debido a la falta de recursos y la formación de los procesos estratégicos la cual es más intuitiva que analítica, entre otras. Se hace notar en el estudio que si existe un régimen con naturaleza dictatorial muy fuerte por parte del dueño pueden dañarse las nuevas iniciativas.

De acuerdo con Snee y Hoerl, citados por Kumar “no existe nada inherente en Six Sigma que lo haga más adecuado para grandes empresas”⁹⁵, sin embargo argumentan que sí existen barreras que impiden la implementación en PYMES, siendo la más grande, la forma como los proveedores de entrenamiento en Six Sigma han estructurado sus servicios, no obstante a medida que pasa el tiempo se desarrollan nuevas guías y formas de entrenamiento que han disminuido la cantidad de recursos necesarios para obtener dichos servicios, finalmente se presenta una lista de autores que han propuesto guías específicas para la implementación de Six Sigma en PYMES, porque aunque la aplicación de Six Sigma es igualmente posible tanto en PYMES como en grandes empresas, se deben tener marcos de referencia distintos en ambos casos para que se pueda desarrollar de manera correcta la

⁹³ GARRIDO-VEGA, Pedro; SACRISTN-DAZ, Macarena y MAGAA-RAMREZ, Luis Miguel. Six Sigma in SMES with low production volumes. A successful experience in aeronautics. En: *Universia Business Review*. [Redalyc] no. 51, 2016 p. 52-71 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/433/43347130003.pdf>

⁹⁴ ANTONY, KUMAR y MADU., Op. Cit. p. 862

⁹⁵ KUMAR, ANTONY y DOUGLAS. Op. Cit. p. 625

implementación; afirmación que se ve reflejada en la investigación de Wessel⁹⁶ quienes indican que la adopción de Six Sigma no está restringida a las grandes empresas, pero también afirman que se deben realizar cambios para que los sistemas de gestión de la calidad que se implementan en grandes empresas puedan ser aplicados en las PYMES.

Se puede incluir el trabajo de Pérez⁹⁷ realizado en Colombia quienes proponen que el ambiente de una PYME es completamente diferente al de una gran empresa, principalmente para empresas pequeñas, donde los recursos, el personal entrenado y la voluntad de mejorar son más bajos que en empresas de un tamaño superior. Esto se debe según los autores a que las urgencias diarias corresponden a la mayoría de problemas que deben ser resueltos por la gerencia, consumiendo el tiempo y causando que haya un enfoque muy elevado en el aspecto comercial por parte de la empresa.

La anterior conclusión se ve soportada por estudios como el de Albliwi⁹⁸ quienes hablan de las limitaciones de la empresa, y afirmada por la investigación de Kumar⁹⁹ quienes dicen que la falta de recursos y personal calificado impiden a las empresas, principalmente las de menor tamaño, implementar modelos de calidad como el Six Sigma, además el trabajo de Wessel¹⁰⁰ indica que el problema que las PYMES tienen en comparación con las grandes empresas radica en que el ambiente de una empresa de tamaño menor se caracteriza generalmente por tener una escases de recursos, y los empleados disponibles tienen demasiadas tareas clave, lo que impide generar una cultura de la calidad, limitando aún más la implementación de la metodología Six Sigma.

Por otro lado se encontró en la investigación realizada por Antony¹⁰¹ que las metodologías y herramientas utilizadas por PYMES para la implementación del modelo Six Sigma son muy similares, o iguales a las usadas por las grandes empresas.

⁹⁶ WESSEL y BURCHER, Op. Cit. p. 265

⁹⁷ PÉREZ y CARRION. Op. Cit. p. 13

⁹⁸ ALBLIWI, ANTONY y LIM. Op. Cit. p. 681

⁹⁹ KUMAR, ANTONY y DOUGLAS. Op. Cit. p. 631

¹⁰⁰ WESSEL y BURCHER, Op. Cit. p. 267

¹⁰¹ ANTONY, KUMAR y MADU., Op. Cit. p. 870

Es posible destacar, de acuerdo con los estudios realizados por Antony¹⁰², que la diferencia en este aspecto entre PYMES y grandes empresas radica en la cantidad de métodos y herramientas utilizadas y la profundidad a la que estas se llevan a cabo, Garrido-Vega¹⁰³ lo demuestran al no separar las herramientas utilizadas al implementar Six Sigma en cualquier tipo de empresa; finalmente Raghunath¹⁰⁴ presentan una lista con los métodos y herramientas más usadas en la industria incluyendo tanto PYMES como grandes empresas. En el estudio de Kucerova¹⁰⁵, la empresa realiza cambios sobre las herramientas y métodos utilizados para adaptarlas a las necesidades de la organización, y al igual que en muchos otros casos, se transforman la metodología, las herramientas y las métricas para que sean mucho más útiles en las respectivas empresas.

Cabe resaltar también que los beneficios tanto en PYMES como en grandes empresas han sido estudiados y se ha determinado que son muy similares en ambos tipos de organización. Kumar¹⁰⁶ presenta una serie de beneficios que corresponden a ambos tipos de empresa, Albliwi¹⁰⁷, como se describió en el capítulo 3, presenta listas de beneficios comunes a toda la industria desarrolladas a partir de la información obtenida de distintos autores. Antony¹⁰⁸ detalla algunos beneficios incluyendo tanto las PYMES como las grandes empresas al describirlos y Prasanna¹⁰⁹, presenta una lista de beneficios tanto para PYMES como para grandes empresas, así se puede concluir que aunque el calibre de los beneficios sea distinto, no es posible separarlos indicando que algún beneficio aplica a un solo tipo de empresa.

Finalmente Marly¹¹⁰, presentan otra diferencia entre PYMES y grandes empresas la cual se encuentra en el área de los CSF o factores críticos de éxito, aunque algunos

¹⁰² ANTONY, Jiju, et al. A multiple case study analysis of Six Sigma practices in Indian manufacturing companies. En: *Int J Qual & Reliability Mgmt.* [Emerald] vol. 33, no. 8, p. 1138-1149 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/IJQRM-10-2014-0157>

¹⁰³ GARRIDO-VEGA, SACRISTN-DAZ y MAGAA-RAMREZ. Op. Cit. p. 69

¹⁰⁴ RAGHUNATH y JAYATHIRTHA. Op. Cit. p. 46

¹⁰⁵ KUCEROVA y FIDLEROVA Op Cit. p. 149

¹⁰⁶ KUMAR y ANTONY. Op. Cit. p. 931-932

¹⁰⁷ ALBLIWI, ANTONY y LIM. Op. Cit. p. 673

¹⁰⁸ ANTONY, KUMAR y MADU., Op. Cit. p. 869

¹⁰⁹ PRASANNA y VINODH. Op. Cit. p. 230

¹¹⁰ MARLY, LINDA y SILVIA. Op. Cit. p. 607

autores como Lande¹¹¹ han encontrado que existen CFS aplicables tanto a PYMES como a grandes empresas, también se ha determinado que existen unos más importantes para cada tipo de empresa. Desai¹¹² afirman que para las grandes empresas es más importante la participación e intervención de la gerencia, mientras que para PYMES el CSF más importante es el enlace de Six Sigma a la estrategia de negocios.

Cuadro 3. Comparación de elementos clave entre PYMES y grandes empresas

	PYMES	Grandes Empresas
Metodologías y Herramientas	Se ha determinado en diversos estudios que no existe realmente una diferencia entre las metodologías y herramientas utilizadas en cada tipo de empresa; la verdadera diferencia radica en la cantidad y profundidad de herramientas y metodologías que se aplican	
Principales limitaciones	Falta de recursos y personal requerido para desarrollar proyectos de Six Sigma	Falta de personal entrenado en Six Sigma Ausencia de líneas de guía claras para el desarrollo de Six Sigma en las etapas tempranas de implementación
Resultados alcanzados	Los resultados alcanzados tanto por PYMES como por grandes empresas se pueden agrupar en las mismas categorías, siendo la gran diferencia la proporción de estos resultados en relación con cada tipo de empresa	
Factores críticos de éxito CSF	Enlace de Six Sigma a la estrategia de negocios	Participación e intervención de la gerencia

Fuente: Autor, basado en la información obtenida de: GARRIDO-VEGA, Pedro; SACRISTN-DAZ, Macarena y MAGAA-RAMREZ, Luis Miguel. Six Sigma in SMES with low production volumes. A successful experience in aeronautics. En: *Universia Business Review*. [Redalyc] no. 51, 2016 p. 52-71 [consultado 20, abril, 2018]; LANDE, Manisha; SHRIVASTAVA, R. L. y SETH, Dinesh. Critical success factors for Lean Six Sigma in SMEs (small and medium enterprises). En: *The TQM Journal*. [Emerald] vol. 28, no. 4, 2016 p. 613-635 [consultado 20, abril, 2018]; PRASANNA, M. y VINODH, Sekar. Lean Six Sigma in SMEs: an exploration through literature review. En: *Journal of Engineering, Design and Technology*. [Emerald] Oct 7, vol. 11, no. 3, 2013 p. 224-250 [consultado 20, abril, 2018]...

¹¹¹ LANDE, SHRIVASTAVA, y SETH Op. Cit. p. 618

¹¹² DESAI, ANTONY y M.B. Op. Cit. p. 438

5. CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico realizado permite visualizar el estado actual de la literatura que relaciona PYMES con Six Sigma. En el contexto colombiano se observa que existe un aumento en el número de artículos publicados, en los cuales se hace referencia tanto a Six Sigma como a PYMES de acuerdo con los datos obtenidos de Redalyc. Además se encontró que la mayor parte de los artículos indexados fueron publicados en la revista Dyna, la cual según SCImago Journal & Country Rank, ha logrado llegar al cuartil dos en los últimos años. Finalmente se identificó que la mayoría de documentos pertenecen al área temática de la ingeniería con un 45% de las publicaciones, seguida por la administración con un 31%.

Se describe el modelo Six Sigma y su evolución, evidenciándose la inclusión a través del tiempo de más herramientas y métodos como el DMACIC, los CSF y el DFSS, entre otros, que permiten a las empresas mantener el bajo porcentaje de fallas, una buena cultura organizacional y diversos beneficios, entre los que se destacan el incremento de ganancias y ahorros financieros, la reducción de costos y el incremento en la satisfacción del cliente.

El marco comparativo entre la literatura publicada a nivel internacional y las investigaciones realizadas en Colombia, permite establecer una lista de beneficios comunes entre las empresas extranjeras y las nacionales, siendo estos: mejoras en métricas de desempeño claves, reducción de tiempos, mejoras en calidad y aumento en la capacidad de proceso, el aumento de ventas y finalmente la reducción de costos. Adicionalmente se realizó una recopilación de las diferencias y similitudes más destacadas en elementos clave para la implementación de la metodología Six Sigma, tales como: metodologías y herramientas, principales limitaciones, resultados alcanzados y factores críticos de éxito.

6. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de este trabajo, han permitido determinar una serie de elementos que se deberían tener en cuenta para la implementación de la metodología Six Sigma en las pequeñas y medianas empresas colombianas.

Es importante considerar las limitaciones de la industria nacional frente al desarrollo de un proyecto Six Sigma, como se describió anteriormente, una barrera existente en el país es la falta de profesionales capacitados que laboren localmente, la cual junto con la falta de recursos para contratar personal extranjero, hace que se dificulte el acceso por parte de las PYMES colombianas a la metodología Six Sigma. Por otra parte se debe tomar conciencia de las fortalezas que las PYMES tienen en comparación con las grandes empresas, la facilidad para el cambio y la ausencia de burocracia al interior de las organizaciones de menor tamaño, hacen que las iniciativas de calidad puedan ser más fácilmente aceptadas y por lo tanto implementadas.

Existen características evidenciadas por los autores de las distintas investigaciones realizadas en Colombia que ayudan a la culminación exitosa de un proyecto de Six Sigma entre las que se encuentran el trabajo en equipo y la realización minuciosa de las primeras etapas del DMAIC. Estas características se lograron identificar luego del desarrollo tanto de proyectos completos de Six Sigma, como parte de ellos, y se recomienda hacer énfasis en dichos aspectos, debido a que los autores indican que el éxito del Six Sigma a nivel nacional depende de si se cuenta o no con los elementos mencionados anteriormente.

Finalmente los investigadores que deseen continuar, o profundizar en el tema del presente documento deberían considerar una revisión más exhaustiva de la literatura disponible en las bases de datos, debido a que el tiempo determinado para la recuperación de documentos en este trabajo fue corto y mucha de la información hallada no se tuvo en cuenta para el desarrollo del escrito. Además se considera importante al momento de interpretar los resultados de las investigaciones, que se analice de manera objetiva el contexto de la organización que se está estudiando. Como diversos autores describen en sus investigaciones, y se detalla anteriormente en el presente documento, para muchas PYMES no es imperativo llegar a tener 3,4 defectos por millón de oportunidades, por lo que el éxito o fracaso de un proyecto de Six Sigma no debe basarse únicamente en el valor de dicha métrica.

BIBLIOGRAFÍA

ABEL RIBEIRO, de Jesus, et al. Six Sigma critical success factors in Brazilian industry. En: *Int J Qual & Reliability Mgmt.* [Emerald] vol. 33, no. 6, 2016 p. 702-723 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/IJQRM-08-2014-0120>

ALBLIWI, Saja Ahmed; ANTONY, Jiju y LIM, Sarina Abdul halim. A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. En: *Business Process Management Journal.* [Emerald] Jun 1, vol. 21, no. 3, 2015 p. 665-691 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/BPMJ-03-2014-0019>

AMITRANO, Fernanda Gonçalves, et al. Six Sigma application in small enterprise. En: *Concurrent Engineering.* [ResearchGate] Mar. vol. 24, no. 1, p. 69-82 [consultado 15, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281031197_Aplicacao_de_Seis_Sigma_em_uma_empresa_de_pequeno_porte

ANTONY, Jiju, et al. A multiple case study analysis of Six Sigma practices in Indian manufacturing companies. En: *Int J Qual & Reliability Mgmt.* [Emerald] vol. 33, no. 8, p. 1138-1149 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/IJQRM-10-2014-0157>

ANTONY, Jiju. Design for six sigma: a breakthrough business improvement strategy for achieving competitive advantage. En: *Work Study.* [Emerald] vol. 51, no. 1, 2002 p. 6-8 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/00438020210415460>

ANTONY, Jiju; KUMAR, Maneesh y MADU, Christian N. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises. En: *International Journal of Quality & Reliability Management.* [Emerald] Oct 1, vol. 22, no. 8, 2005 p. 860-874 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/02656710510617265>

ARANGO SERNA, Martin Darío; GÓMEZ MONTOYA, Rodrigo Andrés y ÁLVAREZ URIBE, Karla Cristina. Identificación De Oportunidades De Mejora En La Gestión Del Transporte Del Carbón En Colombia Con Six Sigma. En: *Medellín: Boletín de Ciencias de la Tierra,* [Redalyc] 2011. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169522483003>

ARDANUY, Jordi. Breve Introducción a La Bibliometría. [<http://diposit.ub.edu>]. Departament de Biblioteconomia i Documentació. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2012. p. 1-25. [consultado 5, junio, 2018]

ARISTIZABAL SALAZAR, Vanessa y ZULUAGA, William. Alguno Elementos De La Metodología Six Sigma Aplicados a La Empresa Indalar SAS. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. 2013. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://alejandria.poligran.edu.co/handle/10823/544>

AROCA ACOSTA, Steven y PACHECO DUARTE, Leslie. Diseño De Un Modelo De Mejoramiento De La Productividad Basado En Herramientas Lean Six Sigma Para 4 Empresas Pyme Del Sector Cuero, Calzado Y Marroquinería En La Ciudad De Cali. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad Autónoma de Occidente, 2017. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/10288/SilvaFrancoJorgeAlexander2013.pdf;sequence=1>

ASSARLIND, Marcus; GREMYR, Ida y KRISTOFFER, Bäckman. Multi-faceted views on a Lean Six Sigma application. En: *Int J Qual & Reliability Mgmt.* [Emerald] vol. 30, no. 4, 2012. p. 387-402 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/02656711211190855>

BELTRÁN UMAÑA, Johanna Andrea y ENCISO JAUREGUI, Miguel Ángel. Propuesta De Mejora Para El Proceso De Guarnición De La Empresa Adrenalina S.A.S. En La Ciudad De Bogotá D.C., Utilizando La Metodología Lean Six Sigma. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad de la Salle, 2016. p. 1-137 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18387/47121101_2016.pdf?sequence=1

BERMÚDEZ HERNÁNDEZ, Jonathan; BETANCURT LOPERA, Leidy Melissa y MUÑOZ CARREÑO, Juan Carlos. Six Sigma como Herramienta de Mejoramiento Continuo: Caso de Estudio. En: *Revista Espacios.* [Google Académico] Jan., vol. 37, no. 9, [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n09/16370909.html>

BOON SIN, Ang, et al. Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance. En: *International Journal of Production Economics.* [sciencedirect] vol. 168, 2015. p. 106 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527315002157>

CAMISÓN, Cesar; CRUZ, Sonia y GONZÁLEZ, Tomás. *Gestión De La Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos Y Sistemas.* [Google académico] Madrid: Pearson, 2006. p.1-1464. ISBN: 84-205-4262-8 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://porquenotecallas19.files.wordpress.com/2015/08/gestion-de-la-calidad.pdf>

CHUGANI, Nashmi, et al. Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review. En: Lean Six Sigma Journal. [Emerald] vol. 8, no. 1, 2017. p. 7-32 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/IJLSS-11-2015-0043>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 905. (2, agosto de 2004). Por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. no. 45628. Bogotá, D.C. 2004 cap. 1 art. 2

DELGADO M, Frank Nicolás y DÍAZ ORTIZ, Jaime. Estado actual de la filosofía “Seis Sigma” como herramienta de disminución de defectos en los procesos de producción de las empresas en Bucaramanga. En: Iteckne. [Google académico] Dec 31, vol. 7, no. 2, 2010 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/iteckne/article/view/385>

DESAI, Darshak A.; ANTONY, Jiju y M.B. Patel. An assessment of the critical success factors for Six Sigma implementation in Indian industries. En: Int J Productivity & Perf Mgmt. [Emerald Insight] Vol. 61. No. 4, 2012 p. 426-444 [consultado 15, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/17410401211212670>

DUQUE SANTANA, Mauricio Alejandro. Enfoque Metodológico Para La Implementación De Lean Six Sigma En Las Pymes Colombianas, a Partir De Un Estudio De Casos: Panadería Buenavista. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad Militar Nueva Granada, 2016. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/16852/3/DuqueSantanaMauricioAlejandro2016.pdf>

ESCORCIA OTÁLORA, Tatiana Alexandra. Análisis Bibliométrico Como Herramienta Para El Seguimiento De Publicaciones Científicas, Tesis Y Trabajos De Grado. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Microbióloga Industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. 2008 p 1-61. [consultado 3, junio, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis209.pdf>

FELIZZOLA JIMÉNEZ, Heriberto y LUNA AMAYA, Carmenza. Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. En: Ingeniare.Revista Chilena De Ingeniería. [ResearchGate] vol. 22, no. 2, 2014 p. 263-277 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/261569007_Lean_Six_Sigma_en_pequeñas_y_medianas_empresas_un_enfoque_metodologico

FELIZZOLA JIMENEZ, Heriberto. Eficiencia En PYMES a Través De Lean Seis Sigma Insuelectri LITDA. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad de la Costa. 2012. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/423/9.%20EFICIENCIA%20EN%20PYMES%20SEIS%20SIGMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FONTALVO HERRERA, Tomás José. Aplicación de Seis Sigma en una empresa productora de Cemento. En: Escenarios. [Dialnet] vol. 9, no. 1, p. 7-17 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3874538>

GARRIDO-VEGA, Pedro; SACRISTN-DAZ, Macarena y MAGAA-RAMREZ, Luis Miguel. Six Sigma in SMES with low production volumes. A successful experience in aeronautics. En: Universia Business Review. [Redalyc] no. 51, 2016 p. 52-71 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/433/43347130003.pdf>

GIJO, E. y SCARIA, Johny. Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company. En: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. [Ebscohost] Mar. vol. 71, no. 1, 2014 p. 717-730 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/94398240/process-improvement-through-six-sigma-beta-correction-case-study-manufacturing-company>

GUTIÉRREZ, Humberto. Calidad Total Y Productividad. [Google Académico]. 3 ed. Ciudad de México D.F : McGraw Hill, 2010. ISBN 978-607-15-0315-2. [consultado 17, marzo, 2018] Archivo en PDF. Disponible en: https://xlibros.com/wp-content/uploads/2014/04/Calidad-total-y-productividad-3edi-Gutierrez_redacted.pdf

JEYARAMAN,K. y LEAM, Kee Teo. A conceptual framework for critical success factors of lean Six Sigma: Implementation on the performance of electronic manufacturing service industry. En: Lean Six Sigma Journal. [Research Gate] vol. 1, no. 3, 2016. p. 191-215 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/235275602_A_Conceptual_Framework_for_Critical_Success_Factors_of_Lean_Six_Sigma_Implementation_on_the_Performance_of_Electronic_Manufacturing_Service_Industry

KIRKHAM, Louis, et al. Prioritisation of operations improvement projects in the European manufacturing industry. En: International Journal of Production Research. [EBSCOhost] vol. 52, no. 18, p. 5323-5345 [consultado 18, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://resolver.ebscohost.com/openurl?sid=google&auinit=L&aualast=Kirkham&atitle=Prioritisation+of+operations+improvement+projects+in+the+European+manufactu>

ring+industry&id=doi%3a10.1080%2f00207543.2014.903345&title=International+journal+of+production+research&volume=52&issue=18&date=2014&spage=5323&isn=0020-7543&site=ftf-live

KUCEROVA, Marta y FIDLEROVA, Helena. Improving the Quality of Manufacturing Process through Six Sigma Application in the Automotive Industry. En: Applied Mechanics & Materials. [Research Gate] no. 693, 2014 p. 147-152 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/41757993_Six_Sigma_process_improvements_in_automotive_parts_production

KUMAR SHARMA, Rajiv y GOPAL SHARMA, Rajan. Integrating Six Sigma Culture and TPM Framework to Improve Manufacturing Performance in SMEs. En: Quality & Reliability Engineering International. [Research Gate] vol. 30, no. 5, 2013 p. 745-765 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264243784_Integrating_Six_Sigma_Culture_and_TPM_Framework_to_Improve_Manufacturing_Performance_in_SMEs

KUMAR, M. y ANTONY, J. Multiple case-study analysis of quality management practices within UK Six Sigma and non-Six Sigma manufacturing small- and medium-sized enterprises. [SAGEpub] En: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. Jul 1, vol. 223, no. 7, p. 925-934. [consultado 15, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1243/09544054JEM1288>

KUMAR, Maneesh; ANTONY, Jiju y DOUGLAS, Alex. Does size matter for Six Sigma implementation? En: The TQM Journal. [Emerald] Oct 2, vol. 21, no. 6, 2009, p. 623-635 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/17542730910995882>

LANDE, Manisha; SHRIVASTAVA, R. L. y SETH, Dinesh. Critical success factors for Lean Six Sigma in SMEs (small and medium enterprises). En: The TQM Journal. [Emerald] vol. 28, no. 4, 2016 p. 613-635 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/TQM-12-2014-0107>

MANCILLA MOLINA, Christiam Andres y MARULANDA CALLEJAS, Leonardo. Mejoramiento Del Proceso Productivo a Partir De Un Control De Insumos Empleando Herramientas De Lean Six Sigma En Una Empresa Del Sector Confección. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad de San Buenaventura, 2015. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/3304/1/Mejoramiento_proceso_productivo_mancilla_2015.pdf

MARLY MONTEIRO, de Carvalho; LINDA, Lee Ho y SILVIA HELENA, Boarin Pinto. The Six Sigma program: an empirical study of Brazilian companies. En: Jnl of Manu Tech Mngmnt. [Emerald] vol. 25, no. 5, 2014 p. 602-630 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/JMTM-04-2012-0045>

MONTAÑEZ MUÑOZ, Juan Fredy y GÓMEZ PEÑUELA, Carlos Andres. Implementación De Metodología Six Sigma En La Mejora De Procesos Y Seguridad En Las Instalaciones De Schneider Electric De Colombia S.A. Universidad de la Salle, 2003. p. 1-126 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17028/T42.06%20M762i.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NATARAJAN,M., et al. Quality and reliability in new product development: A case study in compressed air treatment products manufacturing company. En: Jnl of Manu Tech Mngmnt. [Emerald] vol. 24, no. 8, 2013 p. 1143-1162 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/pdf/10.1108/JMTM-03-2011-0022>

PEREZ RIQUETT, Melissa Margarita y PLATA SILVA, Lady Johanna. Diseño de un modelo para el mejoramiento de la productividad y competitividad de la linea de comedor houston en la empresa arte & estilo basado en la metodologia lean seis sigma. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado Universidad de la Costa CUC, 2013. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/handle/11323/49>

PÉREZ, Martha L. y CARRION, Andres. A Case of Improvement in a SME Using Six Sigma Approach. En: Communications in Dependability and Quality Management. [Google Académico] Jul,. vol. 16, no. 3, 2013 p. 5-14 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/59859>

PINEDA OSPINA, Diana Lorena. Análisis bibliométrico para la identificación de factores de innovación en la industria alimenticia. En: Ad-Minister. [Google académico]. Medellín. Julio-Diciembre. No. 27. 2015. p. 95-126. ISSN 1692-0279 [consultado 5, junio, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/download/2867/2797/>

PRASANNA, M. y VINODH, Sekar. Lean Six Sigma in SMEs: an exploration through literature review. En: Journal of Engineering, Design and Technology. [Emerald] Oct 7,. vol. 11, no. 3, 2013 p. 224-250 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/JEDT-01-2011-0001>

RAGHUNATH,A. y JAYATHIRTHA,R. V. Six Sigma Implementation by Indian Manufacturing Smes - an Empirical Study. En: Academy of Strategic Management Journal. [ResearchGate] vol. 13, no. 1, 2014 p. 35-55 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287025305_Six_sigma_implementation_by_Indian_manufacturing_smes_-_an_empirical_study

RAMAKRISHNAN, V. y JAYAPRAKASH, J. Application of Lean Six Sigma tools for reduction of defects in Pump Manufacturing. En: Applied Mechanics & Materials. [Research Gate] vol. 813/814, 2015. p. 1140-1149 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282639607_Application_of_Lean_Six_Sigma_tools_for_reduction_of_defects_in_Pump_Manufacturing

REVISTA DINERO. Pymes contribuyen con más del 80% del empleo en Colombia [www.revistadinero.com]. Bogotá D.C. CO. Sec. Nacional. 15 de septiembre de 2016 [consultado 23, julio, 2018] Disponible en: <https://www.dinero.com/edicion-impresa/caratula/articulo/porcentaje-y-contribucion-de-las-pymes-en-colombia/231854>

RICARDO PIRES, de Souza, et al. Implementation of a Six Sigma project in a 3M division of Brazil. En: Int J Qual & Reliability Mgmt. [Emerald] vol. 30, no. 2, 2013 p. 129-141 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/02656711311293553>

ROA CAICEDO, Mauricio. Diseño E Implementación De Un Plan De Mejoramiento Continuo Para La Reducción Del Porcentaje De Producto no Conforme En Corema S.A.S. Aplicando La Metodología Lean Six Sigma. Universidad de San Buenaventura, 2016. p. 1-91 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/3334/1/Dise%C3%B1o_implementacion_plan_mejoramiento_roa_2016.pdf

RODRÍGUEZ CORTES, Mayra Yesenia y RODRÍGUEZ RATIVA, Johanna Alexandra. Desarrollo De La Metodología Lean Six Sigma En La Pyme JC Muebles De La Ciudad De Bogotá D.C. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado Universidad de la Salle, 2016. p. 1-153 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18386/47111124_2016.pdf?sequence=1

SÁNCHEZ QUIROGA, Jency Alexandra. Propuesta De Mejoramiento En El Proceso Control Pauta Para Una Empresa De Medios Bajo El Enfoque Lean Six Sigma. [Repositorio Digital]. Trabajo de SÁNCHEZ QUIROGA, Jency Alexandra. Propuesta De Mejoramiento En El Proceso Control Pauta Para Una Empresa De Medios Bajo

El Enfoque Lean Six Sigma. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/18392>

VÁSQUEZ GIL, Camilo Alberto y GONZÁLEZ, Iván Leonardo. Diseño De Plan De Mejoramiento Para La Reducción De Unidades Defectuosas En El Proceso De Fabricación De Prendas Para Vestir En La Empresa Confecciones YAKOLI SAS Utilizando Las Herramientas De La Metodología Lean Six Sigma. [Repositorio Digital]. Trabajo de Grado. Universidad de San Buenaventura, 2017. [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: [http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/4653/1/Reduccion_Unidad es_Defectuosas_Vasquez_2017.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/4653/1/Reduccion_Unidad_es_Defectuosas_Vasquez_2017.pdf)

WESSEL, Godecke y BURCHER, Peter. Six sigma for small and medium-sized enterprises. En: The TQM Magazine. [Emerald] Aug 1, vol. 16, no. 4, 2004 p. 264-272 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/09544780410541918>

ZU, Xingxing; FREDENDALL, Lawrence D. y DOUGLAS, Thomas J. The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma. En: Journal of Operations Management. [Science Direct] vol. 26, no. 5, 2008, p. 630-650 [consultado 20, abril, 2018]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696308000132>

ANEXOS

ANEXO A. Beneficios en Empresas Colombianas

DOCUMENTO	AÑO	TIPO DE EMPRESA	BENEFICIOS DE SIX SIGMA
MONTAÑEZ MUÑOZ, Juan Fredy y GÓMEZ PEÑUELA, Carlos Andres. Implementación De Metodología Six Sigma En La Mejora De Procesos Y Seguridad En Las Instalaciones De Schneider Electric De Colombia S.A.	2003	Sector eléctrico	Reducción de costos por garantías Reducción de tiempo en reprocesos
FELIZZOLA JIMENEZ, Heriberto. Eficiencia En PYMES a Través De Lean Seis Sigma Insuelectri LITDA. 2012.	2012	Sector eléctrico	Incremento en cumplimiento promedio mensual Aumento del nivel Sigma Mejora en la capacidad de proceso
RODRÍGUEZ CORTES, Mayra Yesenia y RODRÍGUEZ RATIVA, Johanna Alexandra. Desarrollo De La Metodología Lean Six Sigma En La Pyme JC Muebles De La Ciudad De Bogotá D.C.	2016	Producción de muebles	Reducción del nivel de reprocesos
SÁNCHEZ QUIROGA, Jency Alexandra. Propuesta De Mejoramiento En El Proceso Control Pauta Para Una Empresa De Medios Bajo El Enfoque Lean Six Sigma.	2016	Medios publicitarios	Reducción en producto no conforme Disminución en tiempos de inspección
MANCILLA MOLINA, Christiam Andres y MARULANDA CALLEJAS, Leonardo. Mejoramiento Del Proceso Productivo a Partir De Un Control De Insumos Empleando Herramientas De Lean Six Sigma En Una Empresa Del Sector Confección.	2015	Confecciones	Disminución en número de órdenes de producción faltantes Reducción de tiempos muertos Aumento en ventas Aumento en capacidad de producción
VÁSQUEZ GIL, Camilo Alberto y GONZÁLEZ, Iván Leonardo. Diseño De Plan De Mejoramiento Para La Reducción De Unidades Defectuosas En El Proceso De Fabricación De Prendas Para	2017	Confecciones	Aumento en la capacidad de producción Incremento del nivel Sigma

ANEXO A. Beneficios en Empresas Colombianas

DOCUMENTO	AÑO	TIPO DE EMPRESA	BENEFICIOS DE SIX SIGMA
Vestir En La Empresa Confecciones YAKOLI SAS Utilizando Las Herramientas De La Metodología Lean Six Sigma.			
ROA CAICEDO, Mauricio. Diseño E Implementación De Un Plan De Mejoramiento Continuo Para La Reducción Del Porcentaje De Producto no Conforme En Corema S.A.S. Aplicando La Metodología Lean Six Sigma.	2016	Tubería plástica	Incremento del nivel Sigma Aumento en el porcentaje de rendimiento Reducción en DPMO Reducción de los límites de especificación
BELTRÁN UMAÑA, Johanna Andrea y ENCISO JAUREGUI, Miguel Angel. Propuesta De Mejora Para El Proceso De Guarnición De La Empresa Adrenalina S.A.S. En La Ciudad De Bogotá D.C., Utilizando La Metodología Lean Six Sigma.	2016	Producción de Zapatos	Disminución en el tiempo de ciclo de guarnición Incremento en la productividad Aumento en ventas
ARISTIZABAL SALAZAR, Vanessa y ZULUAGA, William. Algunos Elementos De La Metodología Six Sigma Aplicados a La Empresa Indalar SAS.	2013	Sector metalúrgico	Se evidenció la importancia del trabajo en equipo Se determinó el tiempo como recurso clave para el desarrollo de los proyectos Six Sigma
ARANGO SERNA, Martin Darío; GÓMEZ MONTOYA, Rodrigo Andrés y ÁLVAREZ URIBE, Karla Cristina. Identificación De Oportunidades De Mejora En La Gestión Del Transporte Del Carbón En Colombia Con Six Sigma.	2011	Transporte de carbón	Se logró la correcta caracterización del proceso Identificación de causas raíz de los problemas Mejora en el seguimiento y monitoreo del proceso
FONTALVO HERRERA, Tomás José. Aplicación de Seis Sigma en una empresa productora de Cemento.	2011	Cemento	Identificación del proceso crítico Se facilitó el

ANEXO A. Beneficios en Empresas Colombianas

DOCUMENTO	AÑO	TIPO DE EMPRESA	BENEFICIOS DE SIX SIGMA
			planteamiento de programas de mejora
AROCA ACOSTA, STEVEN y PACHECO DUARTE,LESLIE. Diseño De Un Modelo De Mejoramiento De La Productividad Basado En Herramientas Lean Six Sigma Para 4 Empresas Pyme Del Sector Cuero, Calzado Y Marroquinería En La Ciudad De Cali..	2017	Marroquinería	Determinación de actividades y procesos que no agregan valor al producto Toma de conciencia sobre tiempo perdido Hallazgos en oportunidades de mejora
BERMÚDEZ HERNÁNDEZ, Jonathan; BETANCURT LOPERA, Leidy Melissa y MUÑOZ CARREÑO, Juan Carlos. Six Sigma como Herramienta de Mejoramiento Continuo: Caso de Estudio.	2016	Aseguramiento del talento humano	Identificación de fallas en control de proceso Planteamiento de estrategias de mejora
PEREZ RIQUETT, Melissa Margarita y PLATA SILVA, Lady Johanna. Diseño de un modelo para el mejoramiento de la productividad y competitividad de la línea de comedor Houston en la empresa arte & estilo basado en la metodología lean seis sigma.	2013	Producción de muebles	Determinación del estado de la organización Propuestas de mejora enfocadas en las causas raíz de los problemas
DUQUE SANTANA, Mauricio Alejandro. Enfoque Metodológico Para La Implementación De Lean Six Sigma En Las Pymes Colombianas, a Partir De Un Estudio De Casos: Panadería Buenavista.	2016	Panadería	Reducción en tiempos de fabricación del producto
PÉREZ, Martha L. y CARRION, Andres. A Case of Improvement in a SME Using Six Sigma Approach.	2013	Textiles	Cambio positivo en el enfoque de la dirección de los esfuerzos de la compañía

Fuente: Autor