

# Seis sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica\*

Rodrigo Andrés Gómez Montoya\*\*

Santiago Barrera \*\*\*

## Resumen

El Seis Sigma es una filosofía de la calidad que permite reducir la variación en los procesos y productos e impactar la satisfacción de los clientes. **Objetivo.** Elaborar el estado del arte y las tendencias del Seis Sigma respecto a sus metodologías, enfoques de utilización, beneficios, y factores críticos de éxito y fracaso que faciliten su implementación. **Metodología.** Revisión y análisis de información secundaria científica que permita elaborar el estado del arte y las tendencias. **Conclusión.** Se identifica la importancia de gestión por procesos, la cultura organizacional, la utilización de técnicas estadísticas y el empleo de un programa o metodología planificada para la adecuada implementación del Seis Sigma en las empresas como herramienta para reducir costos, aumentar la satisfacción de las necesidades de los clientes y crear una ventaja competitiva desde el mejoramiento continuo de las operaciones, lo cual puede considerarse como una capacidad difícil de imitar.

**Palabras clave:** Metodología Seis Sigma, diseño de Seis Sigma, TQM (gestión total de la calidad), la mejora de procesos, proyectos de Six Sigma, gestión de la calidad.

---

\* Proyecto de Investigación: Elaboración de una metodología de apoyo para el diseño o mejoramiento de las operaciones y recursos de la gestión del almacén de productos terminados utilizando Seis Sigma y diseño de experimentos, 2011

\*\* MSc Ingeniero Administrador, Ingeniero Industrial, Docente I

\*\*\* Estudiante Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria Lasallista

## Six sigma: a theoretical focus applied in companies with a scientific information basis

### Abstract

Six Sigma is a quality philosophy that allows a reduction on the variation of the processes and products, and an impact on the clients' satisfaction. **Objective.** To elaborate the state of the art and the trends of Six Sigma concerning its methodologies, focuses for the use, benefits and the critical failure and success factors that facilitate its implementation. **Methodology.** Revision and analysis of secondary scientific information, considered useful for making the state of the art and for establishing the trends. **Conclusion.** The importance of process management is identified, and so are the organizational culture, the use of statistical techniques and the programs or planning methods to implement Six Sigma in companies as a tool to reduce costs, improve the satisfaction level of clients and create a competitive advantage from the continuous improvement of the operations, which can be considered a difficult to imitate capability.

**Key words:** Six Sigma methodology, Six Sigma design, TQM, process improvement, Six Sigma projects, quality management.

### Introducción

En el ámbito empresarial, las organizaciones han utilizado diferentes enfoques de la calidad para satisfacer las necesidades de los clientes y garantizar que los productos cumplan con especificaciones técnicas. Dentro de los enfoques, se consideran: el control estadístico de calidad, el sistema de gestión ISO, el Seis Sigma, entre otros.

El Seis Sigma es una técnica que utiliza herramientas de gestión de calidad y estadística para reducir la variación en los procesos y productos, y busca aumentar la satisfacción de las necesidades de los clientes y disminuir los costos de operación<sup>1</sup>. Generalmente es utilizada por grandes compañías a escala mundial por los cambios en la dirección, los procesos, la cultura organizacional y las inversiones que implica su implementación como filosofía de negocio<sup>2</sup>. Otro elemento importante a considerar es que la literatura comúnmente describe los aspectos generales y casos de éxito del Seis Sigma, sin considerar factores de éxito y fracaso en su implementación en empresas de diferentes sectores y tamaños<sup>3,4</sup>.

Por los motivos expuestos, el presente artículo tiene como objetivo elaborar el estado del arte y las tendencias del Seis Sigma respecto a sus metodologías, enfoques de utilización, beneficios y factores críticos de éxito y fracaso que faciliten su implementación en el ámbito empresarial y motiven investigaciones alrededor del tema.

La metodología propuesta se basa en la revisión y análisis de información secundaria relacionada con Seis Sigma, la cual se obtiene de libros y revistas científicas de bases de datos como: EBSCO, Taylor and Francis, Google Scholar, entre otras. A partir de la información recolectada, se describen las generalidades del Seis Sigma, incluyendo definiciones, objetivos, principios y metodologías. Posteriormente, se elabora un cuadro con el estado del arte y las tendencias futuras del Seis Sigma, considerando los aportes y conclusiones de los autores analizados.

Finalmente, se puede indicar que el artículo se divide en tres partes: la primera parte considera las generalidades del Seis Sigma; en la segunda, se presentan el estado del arte y las tendencias, y finalmente, en la tercera, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se obtienen.

## Generalidades del Seis Sigma

A continuación se describen conceptos básicos y objetivos del Seis Sigma, incluyendo herramientas y metodologías que permiten su implementación en organizaciones de manufactura y servicios, cuando éstas desarrollan actividades de diseño y mejora.

### ¿Qué es Seis Sigma?

Es una estrategia enfocada al cliente que, basada en hechos y datos, intenta alcanzar un nivel de la calidad tal en los procesos que reduzca la cantidad de defectos y minimice su variabilidad, lo cual permite efectuar mejoras de desempeño planificadas y aumentar la eficiencia<sup>5</sup>. Por su parte, Fontalvo<sup>6</sup> la define como una herramienta que articula el uso de diferentes técnicas propias de la gestión de la calidad, el control estadístico y el diseño de experimentos que, combinadas con la medición del desempeño de procesos, permite centrarse en mejoras focalizadas o de toda la organización; de esta manera se puede impactar en la reducción de costos de operación y aumentar la rentabilidad. Seis Sigma no solo puede ser considerado como un proyecto de mejora, sino también como una metodología que contribuye al desarrollo de metodologías basadas en la planificación, y enfocadas a la obtención de resultados en los procesos de producción y servicios<sup>7</sup>.

El término Seis Sigma puede ser definido como una medida estadística que describe la satisfacción de los clientes, el desempeño de un proceso o producto, e, inclusive, un sistema de dirección para buscar un liderazgo sostenible en el mercado y un desempeño de clase mundial<sup>8</sup>.

Para identificar el nivel de Seis Sigma de una organización, se utiliza una medida de desempeño denominada Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO), la cual puede ser usada como referente de comparación de calidad y defectos de empresas de diferentes tamaños y características<sup>9</sup>. A continuación, se presenta la cantidad DPMO por nivel sigma que pueden alcanzarse en las empresas (ilustración 1)<sup>10</sup> (ver tabla 1).<sup>11</sup>

Tabla 1. DPMO por niveles sigma

nivel de sigma	Defectos por millón de oportunidades
6	3,4
5	233
4	6210
3	66807
2	308537
1	690000

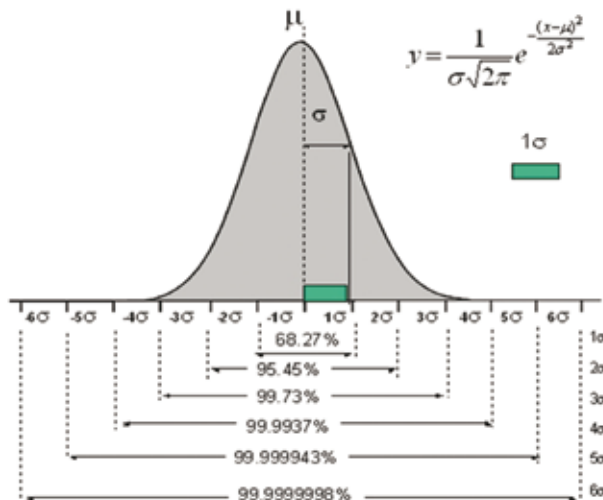


Ilustración 1. Niveles Seis Sigma en procesos

Fuente: Elaboración propia

Las empresas que implementan la filosofía seis sigma buscan que los procesos que se diseñen o mejoren funcionen a un 99.99% de aceptación o a un nivel de 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO), lo cual garantiza la satisfacción de las necesidades de los clientes y la reducción de los costos de operación.

### Objetivos del Seis Sigma

El Seis Sigma se basa en la reducción de variaciones y el mejoramiento del desempeño de los procesos y productos de una organización, y se fundamenta en la identificación, medición y minimización de errores, defectos y retrasos que afectan los costos y la satisfacción de los clientes. Adicionalmente, tiene como objetivos permitir la eliminación de las actividades que no generan valor, maximizar la calidad y aumentar la rentabilidad<sup>12</sup>.

Por su parte, Pande y Holpp<sup>13</sup> indican que el Seis Sigma es una forma inteligente y planificada de dirigir un negocio o proceso buscando el cumplimiento de tres objetivos:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Reducir el tiempo de ciclo
- Reducir los defectos

A partir de los objetivos descritos, se puede indicar que el Seis Sigma debe permitir ahorros en los costos, así como oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y desarrollar un enfoque de empresa de clase mundial.

### Principios del Seis Sigma

A continuación, se presentan algunos de los principios del Seis Sigma que permiten que éste alcance sus objetivos de una manera estratégica y ordenada.

#### **Principio 1: Enfoque en el cliente** <sup>14,15</sup>

Los clientes suelen ser considerados como una de las prioridades de las empresas, ya que ellos dinamizan los ingresos y el posicionamiento de la marca en el mercado. A medida que se utiliza Seis Sigma, se facilita la identificación de las necesidades de los clientes. Por tal motivo, se puede indicar que las mejoras del Seis Sigma se definen por su impacto en la satisfacción y creación de valor para los clientes<sup>16,17</sup>.

## **Principio 2: Dirección basada en datos y hechos**

La disciplina Seis Sigma se basa en el establecimiento de indicadores que permiten medir, analizar y determinar el desempeño de los productos y los procesos en la organización, de tal manera que los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una forma más efectiva y permanente, atacando las causas raíz o fundamentales que los originan y no sus síntomas<sup>5</sup>.

Este enfoque en datos ayuda a la dirección a resolver dos preguntas clave para dar soporte a la toma de decisiones:

¿Qué datos e información se requieren?

¿Cómo usamos esos datos e información para identificar problemas y oportunidades, y mejorar o controlar el proceso?

## **Principio 3: Orientación a procesos**

Cuando se desarrollan proyectos Seis Sigma, es fundamental la aplicación de un enfoque en procesos, con independencia de si se requiere medir el desempeño, mejorar la eficiencia, incrementar la satisfacción del cliente, o incluso hacer funcionar el negocio. Una de las mejoras importantes cuando se implementa Seis Sigma ha sido convencer a los directores y ejecutivos de que los procesos son un medio para generar ventaja competitiva y aumentar la eficiencia respecto al uso de recursos<sup>18</sup>.

## **Principio 4: Dirección proactiva**

Ser proactivo significa actuar con antelación a los sucesos en vez de reaccionar de manera correctiva en ellos. En el ámbito empresarial, la proactividad significa adoptar prácticas empresariales que se orienten a la planificación, análisis de riesgos y desarrollo de planes de contingencia que permitan reducir los errores, variaciones o desperdicios en los procesos, servicios o dirección de la empresa<sup>19</sup>.

## **Principio 5: colaboración en la organización**

Para un adecuado funcionamiento del Seis Sigma, se requiere eliminar barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización, y dificultan los flujos de información y el aumento de la productividad. Por estos motivos, se deben diseñar estrategias que mejoren la coordinación y colaboración entre los procesos del negocio y la dirección, lo cual impacta en la satisfacción y generación de valor al cliente<sup>20</sup>.

## Metodología del Seis Sigma DMAIC<sup>21-23</sup>

Seis Sigma se apoya en una metodología denominada *DMAIC* (*Define o Definir, Measure o Medir, Analyze o Analizar, Improve o Mejorar, Control o Control*), la cual facilita el mejoramiento de procesos y productos basándose en cinco fases que se describen a continuación<sup>24</sup>:

**Definir:** Definir problemas y métricas que permitan establecer cómo los procesos y productos afectan los requerimientos de los clientes, los cuales se denominan CTQ (por sus siglas en inglés: *Critical to Quality*)<sup>25</sup>. En esta fase, también se determina el alcance del proyecto o las fronteras que delimitarán el inicio y el final del proceso que se busca mejorar. Como herramienta de apoyo a esta fase se recomienda elaborar un mapa del flujo del proceso: ¿qué?, ¿por qué?, ¿dónde?, ¿quiénes?

**Medir:** Esta fase permite medir el desempeño actual del proceso que se busca mejorar a través de la medición de los CTQ<sup>26</sup>, los cuales permiten establecer cuantitativamente los defectos u oportunidades que se desarrollarán en las fases posteriores del proyecto. Esta medición se soporta en el diseño y ejecución de un plan de recolección de datos que incluye las fuentes primarias o secundarias de los mismos. Por último, se comparan los resultados actuales con los requerimientos del cliente para determinar la magnitud de la mejora requerida. En esta fase se recomienda la utilización de herramientas como diagramas de Pareto, causa efecto (espina de pescado) e indicadores de gestión que ayudan en la recolección de los datos relacionados con costos, eficiencia, eficacia, satisfacción y productividad.

**Analizar:** Identificar las fuentes de variación (las X) como se genera el problema, y confirmar las X vitales con datos. En esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora. Posteriormente, se tamizan las oportunidades de mejora, de acuerdo con su importancia para el cliente, y se identifican y validan sus causas de variación. En este punto, se utilizan las herramientas analíticas y estadísticas para identificar las causas de los problemas.

**Mejorar:** evaluar e implementar soluciones, asegurar que se cumplan los objetivos. Se diseñan soluciones que ataquen el problema raíz y lleven los resultados hacia las expectativas del cliente. También se desarrolla el plan de implementación; en este punto se ponen en práctica las soluciones para eludir los susodichos problemas, se someten a prueba y se validan las soluciones.

**Controlar:** diseñar un sistema para mantener mejoras logradas (controlar X vitales), cerrar proyecto y aprender lecciones. Tras validar que las soluciones funcionan, es necesario implementar controles que aseguren que el proceso se mantendrá en su nuevo rumbo. Para prevenir que la solución sea temporal, se documenta el nuevo proceso y su plan de monitoreo.

### Metodología del Seis Sigma (DMADV)<sup>27</sup>

La metodología de *DMADV* (*define o definir, measure o medir, analyze o analizar, design o diseñar, verification o verificación*) es utilizada cuando las empresas requieren diseñar o rediseñar los productos y procesos buscando alcanzar un nivel Seis Sigma<sup>28</sup>. En los ámbitos académico y empresarial, este enfoque es denominado Diseño para Seis Sigma (DPSS). A continuación, se describen las fases de DMADV.

**Definir:** Identificar el nuevo producto, servicio o proceso que requiere ser diseñado (o rediseñado). En esta fase se desarrollan las mismas actividades descritas para la etapa definir del ciclo DMAIC, en donde se elabora el marco del proyecto, se asignan actividades, responsables y recursos. Además, se definen las metas del proyecto y las variables (internas y externas) del cliente<sup>29,30</sup>.

**Medir:** Planear y conducir las investigaciones necesarias para entender las necesidades del cliente y definir los requerimientos de una manera cuantitativa y cualitativa. En esta etapa de medición la herramienta más utilizada es la Casa de Calidad o Función de Desarrollo de Producto.

**Analizar:** Revisar, evaluar y seleccionar alternativas de diseño de productos o procesos, que permitan satisfacer los requerimientos de los clientes, los cuales se miden a través del CTQ<sup>31</sup>. Además, se debe analizar qué características técnicas deben elegirse para reducir los defectos y la variabilidad que permitan alcanzar un nivel Seis Sigma<sup>32</sup>.

**Diseñar:** Desarrollar los detalles del diseño. Por tal motivo, se debe evaluar la capacidad del diseño propuesto y elaborar los planes para realizar pruebas piloto o prototipos del nuevo producto, servicio o proceso, buscando el cumplimiento de las especificaciones técnicas, la reducción de errores y los criterios de calidad. En esta fase, se pueden utilizar técnicas como la ingeniería concurrente, el diseño para la excelencia, la función de desarrollo de producto, entre otros. Finalmente, se sugiere la utilización de tecnologías CAD/CAM/CAE, en el caso de los productos, y simulación discreta, para el diseño de procesos.



Verificar: Construir o desarrollar un producto o proceso piloto para verificar el cumplimiento de los CQT. A partir de las generalidades, objetivos y metodologías de mejoramiento y diseño del Seis Sigma, se puede identificar que esta herramienta se enfoca en la satisfacción de las necesidades de los clientes y la disminución de costos a través de la reducción de la variabilidad de los procesos y productos, la cual se alcanza cuando la compañía opera con un nivel seis sigma o 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO).

### Estructura organizacional del Seis Sigma

Cuando las empresas toman la decisión de implementar Seis Sigma, deben estructurar o mejorar la organización, ya que se requiere involucrar e integrar líderes de negocios, de proyectos, expertos, facilitadores y empleados participantes, quienes se encargan de la planeación y dirección de la filosofía dentro de la empresa, búsqueda de problemas u oportunidades de mejora y coordinación de proyectos de solución para disminuir los desperdicios y aumentar los rendimientos y la satisfacción de los clientes.

Otro aspecto importante en la estructura organizacional es la coordinación con el proceso de gestión del talento humano para diseñar o ajustar los perfiles de los cargos relacionados con el Seis Sigma. Además, se debe considerar la elaboración de una estrategia de gestión del cambio que permita que esta técnica de calidad contribuya con los beneficios y objetivos antes descritos.

La estructura organizacional típica del Seis Sigma está conformada por los *Champion o patrocinadores*, *Master Black Belt* (maestro de cinturón negro), *Black Belt* (cinturón negro), *Green Belt* (cinturón verde) y *Yellow Belt (cinturón Amarillo)*<sup>2</sup>. A continuación, se describen los roles, características, capacitación y acreditación de cada uno de los roles (tabla)<sup>33</sup>.

Finalmente, se debe considerar que el Seis Sigma no es solo una técnica de calidad que busca diseñar o mejorar procesos y disminuir errores, y aumentar la satisfacción del cliente y la rentabilidad, sino que también puede considerarse como una herramienta para fortalecer el talento humano de la compañía y mejorar su impacto en la productividad. Por estos motivos, esta técnica tiene incidencia en los ámbitos gerencial y operacional.

Tabla 2. Roles en el Seis Sigma

Nombre	Rol	Características	Capacitación a recibir	Acreditación
<b>LIDER DE IMPLEMENTACION</b>	Dirección de comité directivo para seis sigma, que suele estar precedido por un líder ejecutivo de la organización.	Profesional con experiencia en la mejora empresarial en calidad, es muy respetado en la estructura directiva.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico, entendimiento del programa seis sigma y de su metodología (DMAIC).	
<b>Champion o patrocinadores</b>	Gerente de planta o gerente de área, son los dueños de los procesos; establecen problemas y prioridades, responsables de garantizar el éxito de seis sigma en sus áreas de influencia.	Dedicación, entusiasmo, fe en su proyecto, capacidad para administrar.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico y un buen entendimiento en el programa seis sigma, así como su metodología de desarrollo de proyectos (DMAIC).	Aprobar examen teórico-práctico acerca de las generalidades de seis sigma y el proceso (DMAIC)
<b>Máster black belt (MBB)</b>	Dedicados 100% al seis sigma, brindan asesoría y tienen la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la organización. Dirigen o asesoran proyectos claves. Son mentores de los BB.	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos.	Requiere ampliar información en estadística y en los métodos de seis sigmas y recibir el entrenamiento de BB.	Haber dirigido por lo menos un proyecto exitoso y asesorado 20 proyectos exitosos aprobar examen teórico-práctico acerca de currículo BB y aspectos críticos del seis sigma.
<b>Black Belt (BB)</b>	Personas dedicadas tiempo completo a seis sigmas, realizan y asesoran proyectos.	Capacidad de comunicación. Reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos.	Recibir el entrenamiento BB con una base estadística sólida.	Haber dirigido dos proyectos exitosos y haber asesorado cuatro. Aprobar examen teórico-práctico acerca de currículo BB y aspectos críticos del seis sigma.

Continuación. Tabla

Nombre	Rol	Características	Capacitación a recibir	Acreditación
<b>Green Belt (GB)</b>	Ingenieros, analistas, financieros, técnicos expertos en el negocio atacan problemas de su área y están dedicados tiempo parcial al seis sigma.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de metodología (DMAIC), capacidad para dar seguimiento.	Recibir el entrenamiento BB con una base estadística sólida.	Haber sido el líder de dos proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico acerca de currículo BB.
<b>Yellow Belt</b>	Personal de piso que tiene problemas con su área.	Conocimiento de los problemas, motivación y voluntad de cambio.	Cultura básica en calidad y entrenamiento en herramientas estadísticas básicas, DMAIC y en soluciones de problema.	Haber participado en un proyecto, aprobar examen teórico-práctico acerca del entrenamiento básico que recibe.

FUENTE: Elaboración propia

## Estado actual y tendencias del Seis Sigma: una mirada científica y empresarial

Este numeral tiene como objetivo revisar el estado del arte del Seis Sigma respecto a metodologías, enfoques, beneficios, factores de éxito y fracaso en su utilización, lo cual puede convertirse en la base para desarrollar investigaciones futuras y explorar criterios para su adecuada implementación en el ámbito empresarial. Para alcanzar este objetivo, se hace una revisión y un análisis de artículos científicos publicados en bases de datos como: EBSCO, Science Direct, Dialnet, Taylor and Francis, entre los años 2005 y 2010.

De otra parte, con la elaboración del estado del arte, se busca conocer qué información científica puede ser utilizada en el ámbito empresarial para una adecuada implementación del Seis Sigma que genere impacto en los negocios.

A continuación, se presentan los resultados del estado del arte haciendo énfasis en los objetivos, aportes, trabajos futuros y tendencias del Seis Sigma planteados por los diferentes autores analizados (tabla 3).

Tabla 3. Revisión del estado del arte Seis Sigma

SOKOVIC, Marina; et al. <sup>34</sup>	Application of Six Sigma methodology for process design	2005
<p>Seis Sigma es un programa de mejora de la calidad que tiene como objetivo reducir el número de defectos a un mínimo de 3,4 partes por millón en los procesos y productos. Se basa en la utilización de la distribución normal y fuerte relación entre las no conformidades de producto, o defectos, y el rendimiento del producto, procesos, fiabilidad, tiempo de ciclo, inventario, horario, entre otros.</p> <p>El Seis Sigma también puede considerarse como un proceso de mejoramiento continuo cuyo objetivo es infundir una conciencia de calidad en el día a día de la operación, partiendo de una adecuada gestión de la cultura organizacional.</p> <p>El objetivo del artículo es aplicar la metodología de análisis modo de la falla y análisis de los efectos (<i>Failure Mode and Effect Analysis, FMEA</i>), junto a mapas de procesos con el fin de desarrollar un enfoque de diseño de procesos basado en Seis Sigma.</p> <p>En la fase de planificación del FMEA, se busca simular fallos, detectar su causa y analizar su efecto en el sistema, lo cual puede considerarse como una fuente de diseño de procesos robustos con baja variabilidad. De otra parte, se debe considerar que la utilización del método FMEA puede dificultarse proporcionalmente según la cantidad de <i>KPIV</i> (<i>key process input variables</i>), las cuales son variables claves de entrada que pueden tener o no impacto en las variables de salida del proceso o <i>KPOV</i> (<i>key process output variables</i>), las cuales determinan la calidad de los productos o servicios generados por el proceso en diseño.</p> <p>El artículo también describe la utilización herramientas como mapas de procesos como complemento al FMEA para diseñar procesos con la metodología Seis Sigma buscando mejorar la preparación de la máquinas y aumento de la eficiencia en el uso de materiales, lo reduce los costos, la cantidad de desperdicios y la robustez del proceso.</p> <p>Finalmente, como trabajo futuro los autores plantean complementar la metodología de diseño de procesos con Seis Sigma con herramientas estadísticas buscando un enfoque más robusto respecto a la eficiencia y eficacia.</p>		

**HOON KWAK,  
Young & ANBARI,  
Frank<sup>35</sup>**      **Benefits, obstacles, and future of six sigma approach**      **2006**

El objetivo de este artículo es revisar y analizar la evolución, los beneficios y retos de las prácticas Seis Sigmas, incluyendo la identificación de factores clave que influyen en el éxito de su implementación, las principales características, obstáculos y deficiencias del método Seis Sigma, lo cual permite a las organizaciones desarrollar un enfoque estratégico en las operaciones buscando de esta manera aumentar la eficiencia y calidad de los productos, la satisfacción al cliente y el análisis del desempeño de los procesos en el tiempo. Finalmente, los autores indican que los trabajos futuros en Seis Sigma se orientan con la coordinación y participación de la alta dirección, el compromiso organizacional, el cambio cultural y la gestión de proyectos eficaces.

**CHAO TON, Su and  
CHIA JEN, Chou<sup>37</sup>**      **A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry**      **2008**

El Seis Sigma ha sido adoptado en una variedad de industrias en el mundo y se ha convertido en uno de los temas más importantes de debate en la gestión de la calidad. En la implementación del Seis Sigma surgen algunas preguntas, tales como: ¿cómo se generan proyectos viables? ¿Qué proyectos de Seis Sigma son fundamentales para optimizar los recursos de la organización? Por estos motivos, el artículo en análisis tiene como objetivo desarrollar un nuevo enfoque para crear proyectos de Seis Sigma y determinar su importancia.

En primer lugar, los proyectos se crean a partir de dos aspectos. El primero considera las políticas de la organización al nivel de la estrategia del negocio y la voz de los clientes. En segundo lugar, se utiliza la metodología de análisis de decisiones de Proceso Analítico Jerárquico (AHP); este modelo se lleva a cabo para evaluar los beneficios de cada proyecto buscando identificar el más importante.

Otro aspecto importante en el desarrollo de proyectos Seis Sigma consiste en realizar un FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), la cual es una técnica que se utiliza para mejorar la fiabilidad, calidad y seguridad, y reducir el riesgo potencial para los procesos y productos. En particular, FMEA puede ayudar a una organización para identificar, definir y eliminar los fallos conocidos o potenciales, problemas y errores.

Finalmente, se puede indicar que un aporte del artículo es desarrollo de una metodología sistemática para proyectos Seis Sigma que incluye etapas como: generación del proyecto, evaluación de beneficios, riesgos y diseño de un plan de implementación.

**SCHROEDER, Roger; et al<sup>37</sup>**      **Six Sigma: Definition and underlying theory**      **2008**

El Seis Sigma ha cobrado importancia en la industria por su impacto en la satisfacción de los clientes y la reducción de errores. El artículo busca describir una definición conceptual e identificar la teoría relacionada con Seis Sigma. Como resultado del artículo, se obtiene el siguiente planteamiento: las herramientas y técnicas de Seis Sigma son similares a los enfoques anteriores de la gestión de la calidad, lo que presenta variaciones es la administración de la estructura organizacional y la gestión del cambio.

La organizacional emergente para la gestión de calidad con Seis Sigma ayuda a las organizaciones a desarrollar el control de las actividades de mejora de procesos de una manera rigurosa y crear un contexto que permite la exploración problema en los diferentes procesos de la organización. Como trabajos futuros de investigación, los autores indican describen la teoría de la contingencia, el aprendizaje y teoría de la organización en la implementación y gestión del Seis Sigma.

**CHAKRAVORTY, Satya<sup>38</sup> Six Sigma programs: An implementation model 2009**

Para la implementación de un modelo de Seis Sigma se debe seguir una serie de pasos. El primero consiste en hacer un análisis estratégico impulsado por el mercado y el cliente. El segundo busca establecer un equipo multifuncional para conducir la iniciativa de mejora (motivación a los trabajadores). El tercero es identificar las herramientas de mejora. El cuarto paso es llevar a cabo mapas de procesos y dar prioridad a las oportunidades de mejora. El quinto paso tiene como objetivo desarrollar un plan detallado para los equipos de mejora de bajo nivel. De otra parte, el sexto paso busca implementar, documentar y revisar las oportunidades de mejora.

Esta investigación proporciona un modelo para orientar eficazmente la aplicación de programas Seis Sigma buscando reducir la variación de los procesos, disminución en los desperdicios de tiempos y piezas defectuosas en la producción. Adicionalmente, el modelo busca convertirse en una propuesta base para desarrollo de investigaciones en Seis Sigma que puedan ser apropiada en el ámbito empresarial.

**SUNG, Park; et al<sup>39</sup> A new paradigm of Six Sigma: Knowledge-based Digital Six Sigma. Total Quality Management & Business Excellence. 2009**

El artículo propone un enfoque denominado Knowledge-based Digital Six Sigma (KDSS), el cual se basa en el uso de herramientas como Data Technology (DT) y knowledge management (KM) para crear una conciencia de mejora en la organización a través de proyectos de Seis Sigma soportados en la gestión de la calidad y tecnología. El principal objetivo del KDSS es recopilar, procesar y analizar datos de tal forma que estos puedan convertirse en información útil para la toma de decisiones, y aplicar modelos estadísticos y computacionales que apoyen el diseño o mejoramiento de procesos.

El artículo plantea que el conocimiento basado en el uso de tecnología es una herramienta crítica en el Seis Sigma que facilita y apoya las capacidades de mejoramiento de procesos y servicios, para aumentar la eficiencia en la decisiones o predicciones de eventos futuros.

**LAWRENCE, Fredendall; et al<sup>40</sup> Mapping the critical links between organizational culture and TQM/Six Sigma practices 2010**

El artículo describe cómo la cultura organizacional influye en la aplicación de diferentes prácticas como el Seis Sigma, así como la relación de esta con el sistema de mejoramiento de la calidad total (*TQM o Total Quality Management*). Los resultados de este estudio revelan que los distintos tipos de culturas organizacionales influyen en las prácticas de TQM y Seis Sigma. El modelo presentado por los autores describe cómo la cultura organizacional del grupo está significativamente relacionada con siete de las diez prácticas de la implementación exitosa del Seis Sigma como: apoyo de la alta dirección, relaciones con los proveedores, gestión de fuerza de trabajo, de productos y diseño de servicios, gestión de procesos, seis sigma en el mejoramiento de procesos y centro indicadores. La investigaciones futuras alrededor del tema deberán plantear un enfoque más profundo para explorar la dirección causal y las posibles relaciones recíprocas entre la aplicación TQM / Seis Sigma y la cultura organizacional. OK

En este artículo se exponen los factores que contribuyen al desarrollo del Seis Sigma, incluyendo las extensiones al Diseño para Seis Sigma y Lean Six Sigma, las cuales permiten que la mejora de la calidad en la organización se alcance de una manera integral. Adicionalmente, el artículo describe los “triumfos” y “tragedias” del Seis Sigma, lo cual ofrece una orientación importante para su implementación y definición de áreas de investigación de interés.

¿Qué constituye un triunfo? Cuando se presentan soluciones o propuestas en campos empresariales o académicos que no se han trabajado en la ingeniería, la metodología no ha tenido enfoques meritorios o simplemente son temas que no se han trabajado antes. Estos deben conducir a unos impactos significativos en pro del mejoramiento de la organización.

¿Qué constituye una tragedia o fracaso en seis sigma? Si una etapa del proceso se deja de controlar, podría negar un triunfo, crear acciones equivocadas o, incluso, destruir lo que originalmente ha sido útil. OK

En Seis Sigma algunos triunfos que se puede referenciar son: a) el uso eficiente de las medidas para la evaluación y mejora de la calidad como DPMO (defectos por millón de oportunidades); b) asignación de roles y responsabilidades para la mejora del rendimiento de la empresa: la calidad es asunto de todos; c) utilización eficiente de las herramientas estadísticas; d) Importancia del factor tiempo en los procesos; e) mejor uso de la información apoyándose en la utilización de tecnología, y f) capacidad para participar en negocios importantes competitivamente.

En Seis Sigma algunas tragedias que se pueden considerar son: a) Ignorancia en temas afines al Seis Sigma como teoría de colas, simulación discreta, entre otras técnicas cuantitativas y cualitativas, b) Obsesión a logros personales, c) La idea de que las herramientas estadísticas no son necesarias, d) Exageración irresponsable de algunos directivos del Seis Sigma en proyectos los beneficios del Seis Sigma, e) Tomar decisiones apresuradas por falsos modelos estadísticos que no representan los sistemas en diseño o mejora y f) Ignorancia o descuido en las prácticas de la teoría DMAIC, este proceso debe ser adaptado en cualquier proceso que requiera de Seis Sigma.

De la revisión de los artículos del estado del arte se puede indicar que:

- La utilización de herramientas de la gestión de calidad como FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) y el mapa de procesos permiten identificar y caracterizar las variables clave de entrada (*KPIV o key process input variables*) que afectan las variables de salida (*KPOV o key process output variables*) del proceso o producto, cuando este se diseña o mejora utilizando la metodología Seis Sigma.
- Se identifica como tendencia del Seis Sigma desarrollar metodologías que permitan una coordinación de factores críticos para su implementación como: participación de la alta dirección, compromiso organizacional, cambio cultural y gestión de proyectos.
- En el estado del arte, se identifica la importancia de utilizar una metodología sistemática para proyectos Seis Sigma que incluya etapas como: generación del proyecto, evaluación de beneficios y riesgos, y diseño

de un plan de implementación. Con este enfoque, las empresas pueden facilitar la utilización de la técnica y orientarse a desarrollar proyectos que aumenten los beneficios y minimicen los riesgos. Adicionalmente, se promueve el uso de técnicas de apoyo a las decisiones como el AHP, lo cual puede considerarse como una línea de investigación potencial en el tema.

- Las estructuras organizacionales y la gestión del cambio son dos aspectos fundamentales en la implementación y utilización del Seis Sigma como herramienta de calidad. De allí la importancia de que las metodologías que se diseñen o desarrollen en investigaciones las consideren como factores críticos. Otro aspecto importante que se identifica en el estado del arte es una adecuada gestión de la cultura organizacional como factor crítico del Seis Sigma, la cual puede considerarse como un línea de investigación potencial que debe desarrollarse por profesionales de Ingeniería Industrial, Administración, Sociología y Psicología, entre otros, buscando un enfoque integral e impactante en el desarrollo de ventajas competitivas para las organizaciones.
- Se identifica un enfoque novedoso en la metodología Seis Sigma, denominado *Knowledge-based Digital Six Sigma (KDSS)*, que consiste en utilizar el conocimiento basado en el uso de tecnologías para facilitar y mejorar los procesos y servicios, y aumentar la eficiencia en las decisiones o predicciones de eventos futuros en la organización. Este enfoque puede ser considerado como una línea de investigación que mejore potencialmente las capacidades del Seis Sigma debido al uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).
- En el artículo, se describen los triunfos y fracasos del Seis Sigma, los cuales permiten identificar aspectos relevantes y tendencias de esta filosofía. Respecto a los triunfos se puede resaltar la promoción del uso de técnicas estadísticas, utilización de TIC y reorientación de las estructuras organizacionales, representadas en la asignación de roles y actividades del personal en los procesos de mejora. Respecto a los fracasos, se identifican oportunidades de investigación con la integración al Seis Sigma de técnicas de investigación de operaciones como metaheurísticos, simulación discreta y dinámica de sistemas. Adicionalmente, caracterización de modelos estadísticos como diseño de experimentos que permitan identificar soluciones de diseño y mejora, utilizando un enfoque cuantitativo, y reducir la variación en los procesos e incrementar la satisfacción del cliente.



## Conclusiones

- Del artículo se puede concluir que el Seis Sigma es una filosofía que permite el diseño o mejora de procesos o productos buscando la minimización de su variabilidad, la reducción de costos y el incremento de la satisfacción de los clientes. Se debe resaltar que un proceso o producto es Seis Sigma cuando los Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO) son 3.4, lo cual implica gestionar adecuadamente los procesos y alinearlos con la estrategia de la organización.
- Para la implementación del Seis Sigma se suelen utilizar las metodologías DMAIC y DMADV, las cuales apoyan el mejoramiento y diseño de productos y procesos, respectivamente. Se puede indicar que el éxito de la implementación del Seis Sigma se encuentra en la adecuada planeación, ejecución y control de las etapas de dichas metodologías.
- Del estado del arte y las tendencias del Seis Sigma, se identifica que los factores críticos para su implementación se relacionan con el diseño de estructuras organizacionales, gestión del cambio, identificación y gestión de proyectos, uso adecuado de la estadística, y utilización apropiada del DMAIC y el DMADV.
- Respecto a oportunidades y líneas de investigación, se considera la integración del uso de técnicas de investigación de operaciones como simulación discreta, dinámica de sistemas y metaheurísticos, junto a las metodologías DMAIC, DMADV y modelos estadísticos en el Seis Sigma para identificar proyectos y soluciones de diseño o mejora de productos o servicios. Otra línea se relaciona con el estudio del impacto y utilización de la gestión del cambio y rediseño de estructuras organizacionales, factores que son críticos en la implementación del Seis Sigma.
- Como trabajo futuro, se pretende desarrollar una metodología de apoyo al diseño o mejoramiento de procesos de producción y logística que permitan integrar inicialmente técnicas de investigación de operaciones en el Seis Sigma, lo cual se considera como un aporte al estado del arte del tema y un enfoque para facilitar la apropiación de la herramienta en el ámbito empresarial.

## Referencias bibliográficas

1. PANDE, Peter y HOLPP, Larry ¿Qué es Seis Sigma?. 1ª ed. Aravaca (Madrid): Mc Graw Hill 2002. 81 p.

2. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto y DE LA VARA SALAZAR, Román. Control estadístico de calidad y Seis Sigma. 2ª ed. México, D. F.: Mc Graw Hill 2009. p. 418-464
3. GÓMEZ FRAILE, Fermín; *et al.* Seis Sigma. 2ª ed. Madrid: Fundación Confemetal. 390 p.
4. GONZÁLEZ ALEU GONZÁLEZ, Fernando. Seis Sigma para gerentes y directores. 1ª ed. España: Libros En Red, 2006. 772 p. Colección Negocios, Empresa y Economía.
5. GUTIÉRREZ PULIDO, Op. cit., p. 418-464
6. PANDE, Op. cit., 81 p.
7. *Ibíd.*
8. GUTIÉRREZ PULIDO, Op. cit., p. 418-464
9. GÓMEZ FRAILE, Op. cit., 390 p.
10. GUTIÉRREZ PULIDO, Op. cit., p. 418-464
11. PANDE, Op. cit., 81 p.
12. MAGNUSSON, Kjell; *et al.* Seis Sigma una estrategia pragmática. 1ª ed. Barcelona: Ediciones Gestión, 2000. p. 83-124.
13. PANDE, Op. cit., 81 p.
14. *Ibíd.*
15. GONZÁLEZ ALEU GONZÁLEZ; Op. cit., 772 p.
16. PANDE, Op. cit., 81 p.
17. GONZÁLEZ ALEU GONZÁLEZ; Op. cit., 772 p.
18. HEIZER, Jay y RENDER, Barry. Principio de administración de operaciones. 5ª ed. México: Pearson Educación, 2004. p. 185-193.
19. GONZÁLEZ ALEU GONZÁLEZ; Op. cit., 772 p.
20. *Ibíd.*
21. GUTIÉRREZ PULIDO, Op. cit., p. 418-464.
22. GÓMEZ FRAILE, Op. cit., 390 p.
23. GONZÁLEZ ALEU GONZÁLEZ; Op. cit., 772 p.
24. PANDE, Op. cit., 81 p.
25. MAGNUSSON, Op. cit., p. 83-124.
26. *Ibíd.*, p. 94
27. LÓPEZ, Carlos. La metodología 6 sigma ¿qué es? ¿Para qué sirve? ¿Cómo se aplica? ¿Requerimientos para su implementación? ¿Etapas de implementación?.

- [En línea] abril 2001. disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/no12/6sigma.htm>.
28. MAGNUSSON, Op. cit., p. 99.
  29. PANDE, Op. cit., 81 p.
  30. GONZÁLEZ ALEU GONZÁLEZ; Op. cit., 772 p.
  31. ASHLEY, Rawlins. Total quality management (TQM). 1ª Ed. Bloomington, Indiana: Author House, 2008. 322 p.
  32. CHAO TON, Su & CHIA JEN, Chou. A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry. En: Expert Systems with Applications. April 2008. Vol. 34, no. 4. p. 2693-2703.
  33. GUTIÉRREZ PULIDO, Op. cit., p. 434.
  34. SOKOVIC, Marina; *et al.* Application of six sigma methodology for process design. En: Journal of Materials Processing Technology. April 2005. Vol. 162-163. p. 777-783.
  35. HOON KWAK, Young & ANBARI, Frank. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. En: Technovation. June 2006. Vol. 26, no. 5-6. p. 708-715.
  36. CHAO TON, Op. cit., p. 2697.
  37. SCHROEDER, Roger G.; *et al.* Six sigma: definition and underlying theory. En: Journal of operations Management. July 2008. Vol. 26, no. 4. p. 536-554.
  38. CHAKRAVORTY, Satya. Six sigma programs: an implementation model. En: International Journal of Production Economics. June 2009. N° 1. p. 1-16.
  39. SUNG, Park; *et al.* A new paradigm of Six Sigma: Knowledge-based Digital Six Sigma. En: Total Quality Management & Business Excellence. 2009. Vol. 20, no. 9. p. 945-952.
  40. LAWRENCE, Fredendall; *et al.* Mapping the critical links between organizational culture and TQM/Six Sigma practices. En: International Journal of Production Economics. January 2010. Vol. 123, no. 1. p. 86-106.
  41. THONG NGEE, Goh. Six Triumphs and Six Tragedies of Six Sigma. En: Quality Engineering. October 2010. Vol. 22, no. 4. P. 299-305.

