



**UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO  
FACULTAD DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**“SIX SIGMA COMO MÉTODO DE CONTROL DE LA CALIDAD Y  
PROMOTORA DE LA PRODUCTIVIDAD EMPRESARIAL”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO  
PREVIO A OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**Nombre de autora:**

**JANINA OREJUELA SOTO**

**Tutor:**

**CHRISTIAN ROSERO BARZOLA**

**SAMBORONDÓN, NOVIEMBRE DE 2013**

## CERTIFICACIÓN FINAL DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor de la estudiante JANINA OREJUELA SOTO, que cursa estudios en el programa de cuarto nivel Maestría en Administración de Empresas, dictado en la Facultad de Postgrado de la UEES.

### CERTIFICO:

Que he revisado el artículo: SIX SIGMA COMO MÉTODO DE CONTROL DE LA CALIDAD Y PROMOTORA DE LA PRODUCTIVIDAD EMPRESARIAL, presentado por la estudiante de postgrado JANINA OREJUELA SOTO, como requisito previo para optar por el Grado Académico de **Magíster en Administración de Empresas** y considero que dicho trabajo de titulación ha incorporado y corregido las sugerencias y observaciones solicitadas por los revisores, por lo tanto reúne los requisitos y méritos necesarios de carácter académico, para su presentación ante el Tribunal de Sustentación.

Samborondón, noviembre 10 de 2013

Eco. Christian Rosero Barzola, MBA

Tutor

**Six sigma como método de control de la calidad y promotora de la productividad  
empresarial**

**Janina Orejuela Soto**

**Resumen**

La metodología Six Sigma ha ganado terreno en el mundo empresarial internacional, según se desprende de las muchas referencias exitosas que se encuentran en la literatura relativa a casos de su aplicación; sin embargo, se debe considerar que su aplicación por sí sola no es garantía de éxito. Este artículo hace una revisión de la literatura de los principales conceptos y características del método Six Sigma, explora y analiza los factores inherentes a esta metodología que contribuye a mejorar la toma de decisiones. Es un método útil para mejorar la calidad de procesos empresariales, como el control de la calidad y de servicios, considerando que su implementación decidida ha ayudado a producir mejoras en el rendimiento productivo de muchas de las empresas que lo utilizan. La metodología Six Sigma nació como resultado de la búsqueda de la mejora en los procesos industriales y se la aplica hoy a casi todos los aspectos relacionados con el mejoramiento de procesos en diversos ámbitos, porque permite entregar productos homogéneos con altos niveles de satisfacción al cliente.

**Palabras clave:** Metodología Six Sigma, control de calidad, productividad empresarial, procesos empresariales

### **Abstract**

The Six Sigma methodology has gained ground in the international business world, as evidenced by the many successful references found in the literature concerning of cases of its application, however should be considered that its application alone is not a guarantee of success. This paper conducts a literature review of the main concepts and features of the Six Sigma method, explores and analyzes the factors inherent in this methodology. It is presented conclusions as a useful method to improve the quality of business processes such as quality control and service, considering that determined implementation has helped produce improvements in the yield of many of the companies that use it. The Six Sigma methodology arose as a result of the search of improved industrial processes and is applied today to almost all aspects of process improvement in several areas, it allows deliver homogeneous products with high levels of customer satisfaction.

**Key words:** Six Sigma methodology, quality control, business productivity, business processes

### **Introducción**

La herramienta Six Sigma fue desarrollada e implementada por Motorola en 1981, se enfoca en un modelo de filosofía integral que resulta de la aplicación de proyectos de mejora continua dentro de una organización, cuyo principal objetivo es proporcionar procesos confiables y generadores de valor para los clientes de las empresas que lo apliquen (Tennant G. , 2001; Rancour & McCracken, 2000).

Las grandes empresas poseen mecanismos, implícitos o explícitos, que permiten la detección de defectos o errores y la implementación de mejoras en los procesos de producción o prestación de servicios. Para realizar cualquier mejora se torna la elección correcta de la metodología y las tecnologías a aplicar, dos aspectos de un espectro muy amplio. Sin embargo existen serios reportes de intentos fracasados, ya que resolver un problema que en principio debería ser conceptualmente simple, al ser llevado a la práctica puede complicarse e incluso empeorar la situación (Cabré, 2011).

En base a las experiencias descritas en la literatura sobre este tema, se deduce que históricamente para la detección de defectos e implementación de mejoras se han utilizado las metodologías con peores resultados, teniendo como consecuencia un control pobre de la calidad y un bajo rendimiento productivo. El principal error de su aplicación se da una vez que se ha identificado la solución al problema, la organización no moviliza todos los recursos para garantizar su implementación y seguimiento, por lo que la intención de mejora se disuelve fácilmente; un ejemplo típico es el formar un equipo cuyo trabajo se disuelve cuando se termina el proyecto de mejora, sin que nadie asuma las nuevas responsabilidades de seguimiento y control (Auliso, Miles & Quintillán, 2002).

La aplicación de la metodología Six Sigma en algunas empresas, ha provocado una mejora de la calidad de los procesos que ha impulsado el aumento de la productividad empresarial, evidenciándose la primicia de Crosby (1998, p10) quien decía “la calidad no sólo no cuesta, sino que es una auténtica generadora de utilidades y que cada peso que se deja de gastar en hacer las cosas mal, hacerlas de nuevo o en lugar de otras, se convierte en medio peso directamente en las utilidades”.

Además, se han tomado en consideración las voces críticas que obligan a llamar la atención en cuanto al compromiso y determinación que se necesita por parte de todo el colectivo de una empresa y en especial de la alta administración al adoptar la metodología Six Sigma para que sea verdaderamente un factor de éxito.

Los dueños y administradores de empresas han estado siempre buscando mecanismos y metodologías que conduzcan a la mejora de los productos o servicios que ofrecen y sobre todo que impulsen el aumento en el rendimiento económico y el de su patrimonio. Es así como se han desarrollado diferentes concepciones y herramientas que han dado origen al perfeccionamiento de la metodología Six Sigma, que podría considerarse una evolución de las teorías de calidad con más éxito desarrollada después de la segunda guerra mundial (Gomez & Rodriguez, 2012). Entre las que se suma el Control Estadístico de Procesos (SPC, Statistical Process Control) y a muchos de los elementos del ciclo *Plan Do Check Act* (PDCA) de Deming (1982).

### *Comienzos del Six-Sigma*

En los albores de la segunda mitad del siglo pasado, el economista estadounidense Edwards Deming trató de introducir en su país, criterios y enfoques relacionados con la calidad total y su gestión en las organizaciones, pero lo cierto es que sus ideas no fueron bien acogidas (Valdés, 2010).

Fue en Japón después de la Segunda Guerra Mundial que las ideas de Deming tuvieron gran aceptación. Los conceptos desarrollados en Japón sirvieron de insumo para muchos pensadores en la industria internacional. El Ingeniero Mikel J. Harry, que trabajaba en la planta de General Motors en Anderson Indiana, notó que había la necesidad de establecer una metodología para la resolución de problemas relacionados

con la calidad, no sólo en el sector manufacturero, sino también en los departamentos administrativos. Harry (2004) llegó a la conclusión fundamental que la calidad puede y debe ser manejada, idea que deriva claramente de las de los autores Deming y Juran. Una conclusión relacionada es que ningún método eficaz para la gestión de la calidad podría trabajar mano a mano con el pensamiento de cuotas impulsada que encontró en General Motors (GM). Otra conclusión que realizó Harry durante sus primeros años en GM fue que una empresa puede aumentar en gran medida la cantidad y calidad de resolución de problemas, y podría mejorar el tiempo de ciclo, mediante la participación en un programa sistemático de transferencia de conocimientos (Harry, 2004).

En 1983, Harry entró al Centro de Educación y Entrenamiento de Motorola como becario doctoral, en el laboratorio continuó el desarrollo de nuevas teorías y herramientas de análisis de las variaciones en los procesos (enfocado en los conceptos de Deming), como una manera de mejorar los mismos. Estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar (alrededor de la media), la cual se representa por la letra griega sigma ( $\sigma$ ).

El modelo Six Sigma de Motorola fue desarrollado en 1986, cuando el ingeniero Bill Smith propuso un concepto dirigido a minimizar la variabilidad en la fabricación a través de la estandarización de la medición de defecto del producto, basado en la estadística para reducir la variación en los procesos de fabricación de productos electrónicos, quien lo siguió desarrollado para su utilización en el aseguramiento estadístico de la calidad (Motorola Solutions, Inc., 2013). Teniendo Motorola claro que las empresas de clases mundial no retrabajaban sus productos defectuosos y que se encontraban perdiendo mercado, se pidió a Smith que desarrollara una manera práctica de aplicar la teoría Six Sigma a todas las operaciones de Motorola (González, 2006).

A finales de la década de 1980, Motorola amplió los métodos Six Sigma a sus procesos críticos de negocio y se convirtió en un acuerdo formal de la organización. Six Sigma proporcionó a Motorola la clave para abordar los problemas de calidad en toda la organización, desde la fabricación hasta las funciones de apoyo. La aplicación de Six Sigma también contribuyó para que Motorola ganara el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige en 1988 (Biswas, 2011).

A Six Sigma se la considera como "una metodología para la búsqueda de la mejora continua en la satisfacción del cliente y el beneficio, que va más allá de la reducción de defectos y hace hincapié en la mejora de procesos de negocio en general" (Breyfogle III, 2003, p44), ya que las organizaciones que no administran sus procesos son menos eficaces que las que lo hacen (Kaplan y Norton, 2001).

Uno de los principales promotores de esta filosofía, es la Sociedad Americana de la Calidad (ASQ, por sus siglas en inglés), quienes cuentan con experiencia de más de 60 años como una comunidad líder de expertos en temas de calidad y desde hace 10 años se encargan de dar certificaciones en el manejo de la metodología Six Sigma, además publica la revista del foro de Six Sigma que se dirige a las necesidades específicas de los profesionales que la manejan (ASQ, 2013).

Como filosofía *Six Sigma* busca ofrecer mejores productos o servicios, de una manera cada vez más rápida y a más bajo costo, mediante la reducción de la variación de cualquiera de los procesos que necesitan mejoras (Reyes, 2006). Six Sigma ha sido etiquetado como un indicador, sistema de medida, una metodología, o un sistema de gestión (McCarty, Bremer, Daniels, y Grupta, 2004).

*Certificación y primeros usos*

En el año de 1991, Motorola certificó a sus primeros expertos en Six Sigma denominados cinturón negro (Black Belt), lo que indica el comienzo de la formación acreditada de métodos Six Sigma (Motorola Solutions, Inc., 2013). Ese mismo año AlliedSignal, una compañía de aviónica grande que se fusionó con Honeywell en 1999, adoptó los métodos Six Sigma, y proclamó una mejora significativa y ahorros de costos en seis meses (Eckes, 2003).

Motorola redujo el nivel de defectos por un factor de 200 entre los años de 1987 y 1994, redujo sus costos de manufactura en 1,4 billones de dólares, incrementó la productividad de los empleados en un 126% y cuadruplicó el valor de las ganancias de sus accionistas. Actualmente Motorola (2012) incrementó la productividad en un 12,3% anual, redujo los costos de mala calidad sobre un 84%, eliminó el 99,7% de los defectos en todos sus procesos, presenta ahorros en costos de manufactura sobre los 11 billones de dólares y tiene un crecimiento al año de 17% compuesto sobre ganancias, ingresos y valor de sus acciones (Motorola Solutions, 2012).

En 1995, el CEO Jack Welch, de General Electric decidió aplicar Six Sigma en GE, y en 1998 GE afirmó que Six Sigma ha generado más de tres cuartas partes de los mil millones de dólares en ahorros de costos (Eckes, 2001).

El Six Sigma de mediados de 1990 se había convertido en una iniciativa de gestión corporativa y en una metodología transferible, que halló aplicación en grandes corporaciones manufactureras eléctricas y también en organizaciones fuera del sector manufacturero.

A partir de los años 90, el concepto se extendió continuamente en los Estados Unidos y también encontró su camino en Europa hasta el final de la década.

Básicamente, Six Sigma fue desarrollado exclusivamente para las empresas de producción de bienes, con el tiempo, sin embargo, también descubrió otras industrias, tales como las empresas de servicios.

Para el año 2000, Six Sigma se estableció efectivamente como una industria en sí misma, que implica la formación, consultoría e implementación de la metodología en todo tipo de organizaciones del mundo. Es decir, en poco más de diez años, se convirtió rápidamente no sólo en una metodología muy popular utilizada por muchas empresas para la calidad y mejora de procesos, sino también se convirtió en objeto de muchos y diversos productos y servicios de capacitación y consultoría en torno al cual se han desarrollado muchas organizaciones de apoyo al uso y aplicación de la misma.

El método Six Sigma ha sido influenciado por el trabajo de gestión de la calidad previa y métodos de ingeniería industrial y ahora comprende un conjunto bien definido de técnicas y métodos que apoyan cada una de las cinco fases del ciclo de vida del proceso que la conforman (Conger, 2010; Harry & Schroeder 2005).

En el 2008, el concepto integra la metodología de manufactura delgada (Lean Manufacturing) de optimización de los valores del cliente y de la reducción de residuos. En última instancia, esto se integra en lo que actualmente se le llama Lean Six Sigma (Motorola Solutions, Inc., 2013).

En la actualidad se utiliza como una metodología que abarca el rendimiento empresarial en todo el mundo, en organizaciones tan diversas como los bancos, los hospitales, los departamentos de los gobiernos locales, las fuerzas armadas, las cárceles, y las corporaciones multinacionales. Mientras continúa a ritmo acelerado la aplicación de Six Sigma en muchas de las corporaciones más grandes del mundo, muchas

organizaciones y proveedores de consultoría y de formación, también se han acogido a este concepto en la oferta de sus servicios.

### *Ejemplos exitosos de la aplicación de Six Sigma*

De acuerdo a experiencias de la metodología Six Sigma, es indudable la acogida que tiene en varias empresas que lo utilizan en la mayoría de sus procesos. Empresas como General Electric, Honeywell, Telefónica (Pande, Neuman y Cavanagh, 2002), IBM, American Express, Citibank (Kuel y Madu, 2003), han acogido como suya esta metodología después de ver el éxito conseguido por Motorola.

Las grandes empresas Motorola y General Electric (GE) fueron las pioneras del uso de la filosofía Six Sigma. En tres años Motorola registró ganancias superiores a los 940 millones de dólares (Hann, Hill, Hoerl y Zinkgraft, 1999), mientras que GE aumentó cuatro puntos en operaciones, pasó del 14,4% al 18,4% durante los primeros cinco años de implantación del programa (Lucier y Seshadri, 2001). Otro ejemplo es que GE Medical Systems recientemente introdujo al mercado un nuevo scanner para diagnóstico con un valor de 1.25 millones de dólares, desarrollado enteramente bajo estos principios y con un tiempo de escaneo de sólo 17 segundos, cuando lo normal eran 180 segundos. En otra de las divisiones, GE Plastics, se mejoró dramáticamente uno de los procesos para incrementar la producción en casi 500 mil toneladas, logrando no sólo un beneficio mayor, sino obteniendo también el contrato para la fabricación de las cubiertas de la nueva computadora iMac de Apple.

Empresas como Motorola, General Electric, Ames Rubber Corporation, la National Science Foundation, Samsung Electronic, American Express o Du Pont, han ahorrado entre 100.000 y 200.000 dólares en cada proyecto en el que utilizaron Six

Sigma (Shamji, 2005), se puede decir que también existen beneficios imperceptibles como por ejemplo la satisfacción del usuario o del empleado, cualidades que son asociadas a esta aplicación (Antony, Kumar y Cho, 2007).

A pesar de que Six Sigma está basado en la producción, bajo el concepto inspirado originalmente por los resultados alcanzados en las empresas como Motorola (Pande et al. 2000), General Electric (Snee y Hoerl 2003), o Polaroid (Harry y Schroeder 2000), era cada vez más aplicada a las industrias de servicios. Este hecho se refleja en el creciente número de publicaciones que tratan explícitamente del tema en los servicios. Breyfogle et al. (2001) y Hensley y Dobie (2005) publicaron los procedimientos para los procesos de servicio, de una manera bastante general. En un estudio empírico, Antonio (2004), investiga la aplicación de la metodología en empresas de servicios británicos e identifica factores de éxito, así como las técnicas de calidad más utilizados.

Las obras publicadas por Pande et al. (2000), Harry y Schroeder (2000), o Magnusson et al. (2004), la describen más desde el punto de vista industrial, sin enfatizar las diferencias fundamentales para el sector servicios. A pesar de estas numerosas publicaciones sobre Six Sigma, hay una evidente falta de obras que traten explícitamente de la selección e integración de herramientas para una implementación exitosa del modelo (Johannsen et al., 2010).

El éxito y el fracaso de la mayoría de los programas Six Sigma dependen en gran medida de su aplicación y no de su contenido. En general un pequeño número de organizaciones que inician este programa tienen éxito, mientras que un gran número de ellas falla. Eskildson (1994), basándose en los resultados de una encuesta, indica que las dos principales razones para el fracaso de las iniciativas de calidad son, la mala

definición de los objetivos de la calidad y la inadecuada aplicación de sus herramientas. Por lo tanto, es un tema de gran preocupación identificar las razones de porque estas iniciativas o programas de calidad no funciona tan a menudo y poder determinar la forma de mejorar su nivel de cumplimiento (Moosa, 2010).

Existen numerosos criterios y enfoques individuales, pero no existen directrices, a pesar de que la aplicación de técnicas adecuadas es un factor crítico para el éxito a la hora de aplicar medidas de mejora, ejerce una influencia significativa sobre el cumplimiento de los resultados previstos inicialmente o si los recursos se desperdician en los enfoques óptimos (Bunney y Dale 1997; Okes 2002 y Pande et al., 2000). Otras dificultades que se presentan son la falta de datos válidos, los requisitos, cliente ambiguo, etc., que a menudo se producen sólo cuando se aplica el ciclo de Six Sigma en un proyecto de mejora (Antony, 2006).

## **Materiales y métodos**

### *La Metodología Six Sigma*

Six Sigma es una estrategia de negocios que busca identificar y eliminar las causas de los errores o defectos o fallas en los procesos de negocio, centrándose en los productos que son críticos para los clientes (Snee, 1999); en este mismo sentido Pande y Holpp (2002) indican que Six 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.

Por lo tanto es un concepto específico, ya que combina diferentes partes y técnicas de los enfoques mencionados, por ejemplo, lo que por sus siglas en inglés es

conocida como DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) incorpora las principales etapas del PDCA (Plan, Do, Check, Act Ciclo de KAIZEN) (Johannsen et al., 2010).

Para Linderman (2003), representa *“un método sistemático y organizado para la mejora de los procesos estratégicos, que se basa en una metodología estadística y científica para lograr reducciones drásticas en las tasas de defectos definidas por los clientes”*.

En sentido estricto, es un proceso ideológico de gestión y como tal requiere la participación activa de la administración, no sólo limitarse a su apoyo (Eckes, 2003).

#### *Six Sigma como un indicador o sistema de medida*

Sigma ( $\sigma$ ), es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto de su valor medio de entre unos límites de tolerancia, superior e inferior, fijados por especificaciones dadas por el cliente (Figura 1). Se utiliza por las empresas como medida para evaluar el desempeño de los procesos y los resultados de los esfuerzos de mejora, es decir para medir la calidad, ya que es una norma que refleja el grado de control sobre cualquier proceso, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos. La diferencia entre la tolerancia superior (TS) y la tolerancia inferior (TI) dividido por la desviación estándar, nos da la cantidad de sigmas (McCarty, Bremer, Daniels, y Grupta, 2004).

La meta six sigma es especialmente ambiciosa cuando se tiene en cuenta que antes de empezar con una iniciativa de estas, muchos procesos operan en niveles de 1, 2, y 3 sigma, especialmente en áreas administrativas y de servicio.

La desviación estándar ( $\sigma$ ) muestra el desvío del promedio estadístico (tasa de defectos). El término Six Sigma hace referencia al objetivo de reducir los defectos a “casi cero” (Pande, Neuman, y Cavanagh, 2004), con lo que se tendría un sistema cuyo objetivo es de “cuasi perfección” en la satisfacción de las necesidades del cliente (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2002). Para la realización del control estadístico de procesos (SPC) se utiliza un conjunto de herramientas tales como el diagrama de Pareto, el brainstorming, histogramas, cuadros de control, etc. (Breyfogle III, 2003). La utilización de herramientas estadísticas están orientadas a objetivos muy concretos, como detectar las causas de los errores, los motivos de las desviaciones, calcular el número de defectos, etc. (Breyfogle III, 2003).

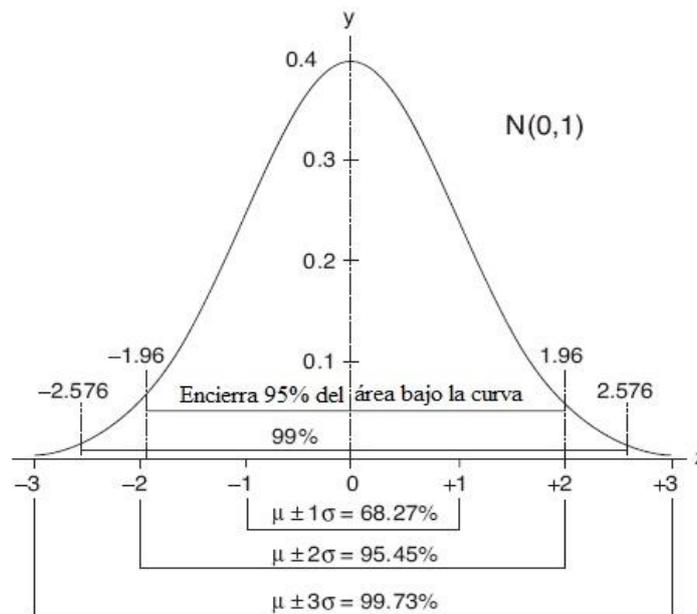


Figura 1. Distribución normal estandarizada  $N(0,1)$ . Fuente: El-Haik & Shaout, 2010

Este procedimiento permite una optimización máxima del proceso de producción, de modo que se puede detectar las causas de los errores que ocasionan los

defectos y minimiza la variabilidad de los procesos de producción y negocio. Existen dos elementos a considerar en la aplicación de la metodología:

- conocimiento empresarial de los procesos industriales y las necesidades del cliente.
- análisis estadístico.

En general, la producción de bienes sigue una distribución normal (Figura 1), por lo tanto se puede conocer el porcentaje de datos que quedan por debajo de su curva. La metodología sigue esta propiedad básica para establecer unos porcentajes de calidad en los procesos productivos. Así, se asume que un proceso con seis desviaciones típicas entre el proceso medio y el límite de calidad prácticamente no comete errores.

Esta calidad se mide en defectos por millón de oportunidades (DPMO), de modo que según la metodología, un proceso Six Sigma normalmente distribuido produce 3,4 defectos por cada millón de oportunidades. Proponiendo un ejemplo muy simple y gráfico, si se fabrica cualquier pieza de producción, solo 3,4 de cada millón tendrían algún defecto, es lo que se ha denominado como la “*calidad total*”.

Se puede calcular el porcentaje de la distribución que se encuentra por debajo de la curva normal si se toma  $\pm$  seis desviaciones típicas con respecto a la media, dicho valor es de 99,9999998027%, de modo que habría 0,1973 DPMO. La diferencia se da porque los procesos se desfasan en el largo plazo, de tal manera que la variabilidad aumenta inevitablemente con el tiempo. Se introduce entonces una corrección de 1,5 sigmas que deja finalmente el establecimiento de los límites de calidad en 4,5 sigmas en el largo plazo, valor que sí ajusta con los 3,4 DPMO (Tennant, 2001; Pande, Neumann, y Cavanagh, 2000) (Tabla 1).

Tabla # 1: Defectos y tasa de error en Six Sigma (MBG Business Services, 2011).

Niveles de Sigma	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)	Tasa de error	Porcentaje de rendimiento
0 $\sigma$	934.000	93,4%	6,6%
1 $\sigma$	690.000	69,0%	31,0%
2 $\sigma$	308.537	30,8%	69,2%
3 $\sigma$	66.807	6,68%	93,32%
4 $\sigma$	6,210	0,621%	99,379%
5 $\sigma$	233	0,023%	99,977%
6 $\sigma$	3,4	0,00034%	99,99966%

Nota: En base al Handbook de Six Sigma, en donde se especifica las partes por millón según la capacidad del proceso, incluyendo la corrección del 1,5 sigmas

De acuerdo con lo anterior, un proceso que se ajusta a seis sigma entre la media del proceso y el límite de especificación más cercano en un estudio a corto plazo, en el largo plazo sólo alcanzará 4,5 sigma, ya sea porque la media del proceso se moverá a través del tiempo, o porque la norma de desviación del proceso a largo plazo será mayor que la observada en el corto plazo, o ambos (Tennant, 2001).

Los defectos por unidad (DPU) es un día a día métrica común (unidad de medida), que se utiliza para medir defectos en un producto completo sin considerar sus componentes. En DPMO, se toman en cuenta el número de partes (u oportunidades) de la que se hace un producto. En la mayoría de los casos, Six Sigma se interpreta como un método de mejora, que ofrece técnicas útiles para la administración de procesos de negocios (Harmon, 2010).

En el contexto de la gestión de la calidad, el término "Six Sigma" se refiere a un método que tiene como objetivo aumentar significativamente el valor de la empresa, así como la satisfacción del cliente.

### *DMAIC*

En lo práctico, un proceso Six Sigma, está optimizado sistemáticamente por medio del ciclo DMAIC (Definir - Medir - Analizar - Mejorar – Controlar). (Antony J. , 2006). En cada fase del ciclo, los resultados específicos se obtienen usando técnicas ampliamente establecidas (Pande, Neumann y Cavanagh, 2000). La aplicación de la metodología en una institución, incorpora elementos asociados a la gestión de la calidad total (Lucas, 2002). Green (2006), indica que Six Sigma consta de cinco componentes claves de la gestión de la calidad total:

- 1) el enfoque hacia el consumidor,
- 2) la implicación de los empleados,
- 3) la mejora continua,
- 4) el liderazgo y
- 5) la toma de decisiones basada en hechos y datos.

Lloréns y Molina (2006) en cambio, presentan como base de la metodología Six Sigma:

- a) el enfoque hacia el cliente,
- b) la mejora de procesos y/o de diseño de nuevos productos y

c) el trabajo en equipo

Además se encuentra incluida en los tres principios básicos de la Gestión de la Calidad Total: la orientación al cliente, la mejora continua y el trabajo en equipo (Dean Jr & Bowen, 1994; Prajogo y Sohal, 2003; Sitkin, Sutcliffe & Schroeder, 1994). En este sentido Six Sigma es un método de mejora de conocimientos organizativos, que traspasa los niveles del fortalecimiento y control de calidad (Harry & Schroeder, 2005).

Sin embargo, cuando se trata de la implementación o aplicación de estos modelos, no se encuentra ninguna metodología estándar o modelo que explique sobre la forma de ponerlas en práctica. El DMAIC es un conjunto estándar de procesos de resolución de problemas en la metodología Six Sigma, pero no son directrices sobre la manera de aplicar los requisitos (Johannsen, Leist & Zellner, 2010). Tal vez no sea posible llegar a un conjunto común de normas de aplicación, pues cada organización tiene diferentes recursos, contexto, posición competitiva, habilidades, tecnología, liderazgo, historia, enfoque de atención, etc. (Tabla 2).

Tabla # 2: Estructura del DMAIC

---

Estructura del DMAIC (DEFINE-MEASURE-ANALYZE-IMPROVE-CONTROL)

---

DEFINE	MEASURE	ANALYZE	IMPROVE	CONTROL
<i>Mapeo</i>	<i>de</i>	<i>Análisis de las Pruebas</i>	<i>Brainstorming,</i>	<i>Control</i>
<i>procesos</i>	<i>mediciones del</i>	<i>estadísticas,</i>	<i>diseño</i>	<i>de estadístico de</i>
	<i>sistema</i>	<i>y modelamiento</i>	<i>y experimentos</i>	<i>y procesos</i>
	<i>capacidad del</i>	<i>análisis de causa</i>	<i>validación</i>	
	<i>proceso</i>	<i>raíz</i>		

---

Identificar		Realizar		
proyectos,	Determinar las	Benchmark	de Diseño	Control
Champion	y variables X`s y	los procesos	y experimentos.	de estadístico de
Dueños	de Y`s.	productos.		procesos.
proyectos.				
		Establecer		
Determinar	Determinar	relaciones	de Desarrollar	Determinar
requerimientos	definiciones	causalidad	soluciones	necesidades de
de Clientes.	operacionales.	basados en los	alternativas.	control
		datos.		
Definir	el		Análisis	de (Mediciones,
problema,	Establecer	Análisis	del	riesgos y diseño de
objetivos, metas	estándar de	mapa	de	beneficios de las indicadores,
y beneficios.	desempeño.	proceso.	soluciones.	etc).
	Realizar			
Definir	Análisis	Determinar	las	Validar
de recursos.	recolección de	causas	raíces	solución elegida
	datos y plan de	usando los datos.	usando un piloto.	validar
	muestreo.			controles.

Mapear el proceso.	Validar las mediciones.	Implementar la solución.	Obtener la beneficios de la implementación de la solución.
Desarrollar plan del proyecto.	Análisis de las mediciones.	Determinar la efectividad de la solución analizando los datos.	Cerrar el proyecto y comunicar los resultados
	Determinar capacidad del proceso y niveles bases.		

Nota: Elaborado por la autora en base al Handbook de Six Sigma

Otro ejemplo de herramientas simples o reglas básicas para una aplicación exitosa y sustentable de las estrategias, según Ochoa (2011), son los cinco pasos que se indican a continuación:

1. Compromiso y participación
2. Involucrar a los proveedores
3. Comunicación a todos los niveles
4. Responsabilidades y autoridad
5. Fomentar la cultura del análisis y la documentación

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costes, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia. Se apuesta por un entorno comercial libre de error (Pyzdek, 2003).

A pesar de los años que se viene aplicando esta metodología, el concepto de su enfoque no se ha podido confirmar por completo, este hecho se refleja en los numerosos intentos de definir Six Sigma. Es así que al considerar la aplicación de la herramienta como una estrategia de toda la empresa, se tiene un enfoque de la gestión impulsada de arriba abajo, así como la puesta en práctica de un método de mejora o simplemente como un conjunto de técnicas (Harry & Schroeder, 2005; Breyfogle, Cupello & Meadows, 2001).

Para McCarty (2005) Six Sigma es más que un sistema de resolución de problemas basados en métricas y herramientas de mejora de procesos. Al más alto nivel, se ha convertido en un sistema de gestión de prácticas para la mejora continua del negocio, que centra la gestión y la organización en cuatro áreas clave:

- comprender y gestionar las necesidades del cliente
- orientar los procesos fundamentales para satisfacer las necesidades del cliente
- utilizar el análisis riguroso de los datos para comprender y minimizar la variación en los procesos clave
- impulsar rápida y sostenidamente la mejora de los procesos de negocio.

McCarty (2005) indica además que el Sistema de Gestión Six Sigma es robusto y diseñado para orientar las iniciativas de mejora del rendimiento de cualquier organización a todos los niveles. Este sistema de gestión:

- está construida sobre el modelo de proceso de negocio de la estructura de la organización.
- utiliza un enfoque de gestión basado en datos sobre la base de un único sistema operativo de medición.
- se centra en un modelo de un equipo con un liderazgo ético de alto rendimiento.
- aplica un modelo basado en el equipo como unidad de trabajo fundamental.

### *Six Sigma como metodología fomentadora del trabajo en equipo*

La metodología Six Sigma fomenta en gran medida el trabajo en equipo debido a que en la mayoría de sus herramientas, el mecanismo para proponer ideas que nos conducen a la solución de problemas, es el resultado de la participación de todas las personas involucradas. Seguramente no se utilizan todas las herramientas que lo conforman y puede que funcione y de resultados aceptables. Sin embargo cuando la aplicación es aislada y mal ejecutada por los integrantes de una empresa, los intentos de mejorar el control de calidad son infructuosos (Ochoa-Faure, 2011).

Breyfogle (2003), Lloréns y Molina (2006), Lowenthal (2002) opinan que el trabajo en equipo es uno de los principales pilares sobre los que se apoya el proceso Six Sigma, ya que sus integrantes son los principales portadores de la nueva filosofía que propone esta metodología (Thawani, 2004).

El Equipo de Mejoramiento es el encargado de forjar los principios filosóficos del Método Six Sigma en la organización y de ellos dependerá el éxito de los proyectos de mejora que se desarrollen en la empresa (Herrera & Fontalvo, 2011; Pande *et al.*, 2002; Shamji, 2005). Los equipos están compuestos por profesionales de distintas áreas y mediante el uso de herramientas y de aplicaciones estadísticas, buscan mejorar los

productos, procesos y servicios de la empresa (Gutiérrez, 2009). La mejora continua de las actividades de los procesos y su resultado final, es la meta a alcanzar de cada uno de los miembros del equipo (Reyes, 2006).

Los integrantes de los equipos Six Sigma son capacitados en habilidades y dinámicas de grupo y en una amplia gama de métodos y herramientas estadísticas (Gitlow *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2006; Ravichandran, 2006). De esta forma, Six Sigma ofrece metodologías de experimentación e investigación estadísticas muy sólidas (De Mast, 2006).

Otra novedad que aporta el trabajo en equipo propuesto por la metodología Six Sigma es la creación de nuevos cargos dentro de una empresa (Lloréns & Molina, 2006). Así, se crearon los cargos de campeones (*champions*), cinturones negros maestros (*master black belts*), cinturones negros (*black belts*) y los cinturones verdes (*green belts*). Si esta estructura dejara de funcionar, el programa Six Sigma no funciona (Moosa, 2010).

De acuerdo con Gitlow *et al.* (2005) y Pande *et al.* (2002), normalmente los “*campeones*” son miembros administrativos del comité ejecutivo que facilitan la obtención de recursos y la eliminación de barreras para el desarrollo del proyecto de mejora; suelen acompañar o patrocinar un proyecto concreto de mejora. Los cinturones negros maestros son miembros que apoyan en la toma de decisiones y tienen capacidad técnica muy elevada; toman un papel de liderazgo del proceso Six Sigma, actuando como enlace entre el ejecutivo y los responsables de los proyectos de mejora; poseen habilidades y conocimientos importantes sobre la metodología.

Principalmente, los cinturones negros y los cinturones verdes se encargan de liderar a los equipos y proyectos enfocados en la mejora de calidad (Gitlow & Levine, 2005).

Los cinturones negros y los cinturones verdes elaboran el marco lógico, ayudan a hacer los objetivos específicos, centrando la atención en los proyectos de mejora establecidos y evitando así los conflictos de objetivos múltiples (O'Leary-Kelly, Martocchio y Frink, 1994).

Los cinturones negros a su vez son agentes que se dedican a tiempo completo a los proyectos de mejora continua; suelen ser asignados a un proyecto concreto y son los responsables de ponerlo en marcha, de liderar el equipo y de formar a sus integrantes.

Los cinturones verdes son miembros con un conocimiento técnico científico de la situación, además son trabajadores que o bien forman parte de equipos de proyectos de mejora o bien lideran algún equipo, pero a tiempo parcial. De esta forma, ejercen una función de liderazgo del equipo que, junto con su ayuda para un buen funcionamiento, un desarrollo adecuado de las reuniones o para conseguir la identidad del grupo, satisfacen los requisitos establecidos por Hambrick (1977) para lograr un equipo integrado que comparta una visión de futuro.

#### *Contribuciones de los gurús de la calidad a Six Sigma*

Existen personas que han contribuido a la mejora de la calidad de los procesos y que han influenciado en la metodología Six Sigma, entre los cuales tenemos a los siguientes, por citar los más reconocidos (Tabla 3):

Tabla # 3: Gurús del Six Sigma

<b>Gurú</b>	<b>Contribución</b>
Philip B. Crosby	Involucramiento de la dirección (ID), 4 absolutos de la calidad, evaluar costo de calidad

---

W. Edwards Deming	Ciclo de mejora PHEA, ID, enfoque a mejorar el sistema, constancia de propósito
Armand Feigenbaum	Control total de calidad / Gestión e ID
Kaoru Ishikawa	Diagrama causa efecto, CWQC, cliente sig. Op.
Joseph Juran	ID, trilogía de la calidad, mejoramiento por proyecto, medir costo de calidad, Pareto
Walter A. Shewhart	Causas asignables vs comunes, Cartas de control, ciclo PHVA, usar estadística para mejora
Genichi Taguchi	Función de pérdida, relación señal a ruido, Diseños de experimentos, diseños robustos

---

Nota: Elaborado por la autora, basado en las contribuciones importantes de cada uno de los gurús del tema

## **Conclusiones**

Se realizó un análisis profundo de las referencias y trabajos tanto de expertos como de algunos autores a nivel internacional, y de las experiencias de casos en el ámbito nacional e internacional, se establece un parámetro de utilización de la metodología Six Sigma en el campo local, dado que la implementación del método con su gran número de herramientas y técnicas puede constituirse en factor decisivo para las empresas que buscan mejorar su desempeño productivo.

Sin embargo, se debe considerar que la implementación de Six Sigma solo puede realizarse sistemáticamente y aplicando un proceso de cualificación del recurso humano involucrado en el proceso a mejorar, a partir del análisis de un problema clave en la organización y considerando las peculiaridades internas de la empresa, de tal manera

que les permita adoptar la metodología como parte de su cultura. Por supuesto hay que considerar que para su implementación se requiere dedicación y esfuerzo, se pueden suscitar problemas de selección e integración de las técnicas de calidad adecuadas, a partir de las técnicas de calidad existentes. Además, en la integración de las técnicas de selección, se tiene que procurar evitar las interdependencias y es necesario obtener un plan de trabajo coherente para el proyecto Six Sigma establecido.

Six Sigma es un conjunto de métodos para la mejora continua y de la calidad de un producto o servicio para la satisfacción de los clientes. Este método utiliza análisis estadísticos de las operaciones actuales para definir áreas de oportunidad que permitan 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.

La metodología Six Sigma promueve un cambio cultural en la organización empresarial, mediante el compromiso y orientación de todos hacia la satisfacción de los clientes y creando la percepción de la posibilidad de mejorar la calidad. Una de las claves del éxito de Six Sigma es el trabajo en equipo, basado en que son los propios integrantes de una empresa u organización quienes llevan a cabo y velan por el buen cumplimiento de esta metodología.

El modelo está previsto de métodos para obtener beneficios tangibles en términos de calidad y costos a las empresas que los aplica consecuentemente, facilitándoles conseguir la disminución de fallas o errores y menores tiempos de ciclo en los procesos, que se derivan en aumento de la productividad y en el ahorro de costos, también en la mejora de las características del producto o servicio implicado, permitiendo conseguir mayores ingresos.



## Referencias bibliográficas

Aguirre, K., & Pereyda, J. (2010). Implementar la metodología Seis Sigma para reducir el desperdicio en el proceso de fundición a presión en radver. *Tesina de Ingeniería Industrial no publicada. Instituto Politécnico Nacional*. México, D.F., México. Recuperado el 05 de 06 de 2013, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Six\\_sigma](http://es.wikipedia.org/wiki/Six_sigma)

Antony, F., Kumar, M., & Cho, B. (2007). Six Sigma in Service Organisations: Benefits, Challenges and Difficulties, Common Myths, Empirical Observations and Success Factors. *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 24(núm. 3).

Antony, F., Kumar, M., & Madu, C. (2005). Six Sigma in Small- and Medium-Sized UK Manufacturing Enterprises: Some Empirical Observations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 22(núm. 8).

Antony, J. (2004). Some pros and cons of six sigma: an academic perspective. *The TQM Magazine*, 16(4), 303-306.

Antony, J. (2006). Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234 - 248.

Arias Coello, A. (2013). *La Gestión de la Calidad: Conceptos básicos*. Recuperado el 10 de Julio de 2013, de Universidad Técnica de Manabí: <http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/FACULTAD%20DE%20CIENCIAS%20MATEM%C3%81TICAS%20F%C3%8DSICAS%20Y%20QU%C3%8DMICA>

S/INGENIER%C3%8DA%20INDUSTRIAL/10/GESTION%20DE%20CALIDAD%20II/documento10123.pdf

Asociación Española para la Calidad. (2013). *Asociación Española para la Calidad*. Recuperado el 13 de junio de 2013, de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/aseguramiento-de-la-calidad>

ASQ. (2013). *American Society of Quality*. Retrieved from <http://asq.org/index.aspx>

Auliso, R., Miles, J. M., & Quintillán, I. (2002). Claves para la mejora de los procesos en las organizaciones.

Babbage, C. (1832). *On the economy of machinery and manufactures*.

Barba, A. (Julio - Diciembre de 2010). Frederick Winslow Taylor y la administración científica: contexto, realidad y mitos. *Gestión y estrategia*(38), pag. 17-29.

Biswas, S. (2011). *Relationship Marketing: Concepts, Theories and Cases*. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd.

Breyfogle III, F. (2003). *Implementing Six Sigma* (Second ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Breyfogle, F., Cupello, J., & Meadows, B. (2001). *Managing Six Sigma*. New York: Wiley-Interscience.

Cabré, J. (3 de octubre de 2011). <http://jordicabre1.wordpress.com/>. Recuperado el 21 de agosto de 2013, de <http://jordicabre1.wordpress.com/2011/10/03/seis-sigma-%C2%BFexito-de-marketing-para-un-metodo-erroneo/>

- Chakrabarty, A., & Tan, K. (2007). The current state of Six Sigma application in services. *Managing Service Quality*, 17(2), 194–208.
- Comité Técnico ISO/TC 176. (2000). NORMA INTERNACIONAL ISO 9000:2000. *Sistemas de gestión de la calidad - Conceptos y vocabulario*, 29. (S. T. 176, Trad.) Suiza: Secretaría Central de ISO.
- Conger, S. (2010). *Six Sigma and Business Process Management*. In: vom Brocke J, Rosemann M (eds) *Handbook on business process management* (Vol. vol 1). Heidelberg: Springer.
- Conger, S. (2010). *Six Sigma and Business Process Management*. In: vom Brocke J, Rosemann M (eds) *Handbook on Business Process Management 1*. Heidelberg: Springer.
- Criado, F., & Calvo de Mora, A. (2004). *Gestión de la Calidad: Fundamentos, Desarrollos y Aplicaciones Prácticas*. Sevilla, España: Edición Digital @tres.
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is free, the art of making quality certain*. New York: Hodder & Stoughton.
- Crosby, P. B. (1998). *La calidad no cuesta. El arte de cerciorarse de la calidad*. (I. O. León, Trad.) México: MCGRAW HILL BOOK COMPANY.
- Dean Jr, J. W., & Bowen, D. E. (1994). MManagement Theory and Total Quality: Improving Research and Practice Through Theory Development. *Academy of Management Review*, vol. 19(núm. 3), pp. 392- 418.

Deming, W. E. (1982). *Quality, productivity and competitive position*. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering.

Dr. Mikel J. Harry, Ltd. (2004). *The Quantum Improvement*. Recuperado el 20 de Junio de 2013, de <http://www.mikeljharry.com/story.php?cid=8>

Dr. Mikel J. Harry, Ltd. (2004). *Converging Knowledge Streams*. Recuperado el 20 de Junio de 2013, de <http://www.mikeljharry.com/story.php?cid=8>

Dr. Mikel J. Harry, Ltd. (2004). *The Days at Motorola*. Recuperado el 20 de Junio de 2013, de <http://www.mikeljharry.com/story.php?cid=8>

Eckes, G. (2001). *Six Sigma Revolution*. New York: John Wiley & Sons.

Eckes, G. (2003). *Six Sigma for everyone*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

El-Haik, B., & Shaout, A. (2010). *Software Design for Six Sigma: A Roadmap for Excellence*. Hoboken, New Jersey: Wiley.

Feigenbaum, A. V. (1991). *Total quality control* (tercera edición, rev. ed., Vol. 1). (M.-H. Companies, Ed.) Pittsfield, Massachusetts, USA: Editorial Reviews.

Gabiatti, M. (2013). *Revolución Industrial*. Recuperado el 15 de Junio de 2013, de Andragogy Virtual Campus: [http://www.andragogy.org/\\_Cursos/Curso00194/Temario/pdf%20lectura%206/Consecuencias%20de%20la%20revolucion%20industrial.pdf](http://www.andragogy.org/_Cursos/Curso00194/Temario/pdf%20lectura%206/Consecuencias%20de%20la%20revolucion%20industrial.pdf)

George, M. O. (2010). *Resumen ejecutivo - La Guía Lean Six Sigma para hacer más con menos*. Dallas: Accenture.

- Gitlow, H. S., & Levine, D. M. (2005). *Six Sigma for Green Belts and Champions: Foundations, DMAIC, Tools, Cases, and Certification*. Upper Saddle River NJ: Pearson Education.
- Gomez, J. E., & Rodriguez, A. (2012). Análisis del servicio que brinda el Proceso de Almacenamiento y Distribución de la unidad Regional Pacífico Central del Instituto Nacional de Aprendizaje. *Tesis de maestría no publicada, ICAP*. San José, Costa Rica.
- González, F. G. (2006). *Seis Sigma Para Gerentes Y Directores* (1ª ed.). España: Libros En Red.
- Green, F. B. (2006). Six Sigma and the revival of TQM. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(10), 1281-1286.
- Gutiérrez, L. (2009). Trabajo en equipo y control estadístico de procesos en Seis Sigma como fuentes de visión compartida: un análisis empírico de su efectividad en empresas europeas. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 18(núm. 2), pp. 143-160.
- Halliwell, D. L., & Gack, G. A. (26 de Febrero de 2010). *Caso de Estudio de un Proyecto de Seis Sigma en un Centro de Soporte de Informática*. Recuperado el 25 de 05 de 2013, de isixsigma: <http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/dmaic/six-sigma-case-study-tutorial-it-call-center-part-1/>
- Hambrick, D. C. (1977). Corporate Coherence and the Top Management Team. *Strategy and Leadership*, vol. 25(5), pp. 24-29.

- Hann, G. J., Hill, W. L., Hoerl, R. W., & Zinkgraft, S. A. (1999). The Impact of Six Sigma Improvement- A Glimpse in the Future of Statistics. *The American Statistician*, vol. 53(núm. 3), pp. 208- 215.
- Harmon, P. (2007). *Business process change: a guide for business managers and BPM and Six Sigma professionals*. Oxford: Elsevier LTD.
- Harmon, P. (2010). *The scope and evolution of business process management*. In: vom Brocke J, Rosemann M (eds) *Handbook on business process management I* (Vol. vol 1). Heidelberg: Springer.
- Harry, M. J. (2004). *Mikel J. Harry Ph.D.* (L. Dr. Mikel J. Harry, Editor) Recuperado el 5 de Junio de 2013, de <http://www.mikeljharry.com/story.php?cid=8>
- Harry, M., & Schroeder, R. (2005). *Sig Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. New York: Doubleday.
- Hellsten, U., & Klefsjö, B. (2000). TQM as a management system consisting of values, techniques and tools. *The TQM Magazine*, 12(4), 238 - 244.
- Hensley, R. L., & Dobie, K. (2005). Assessing readiness for six sigma in a service setting. (Emerald, Ed.) *Managing Service Quality*, 15(1), 82 - 101.
- Herrera Acosta, R. J., & Fontalvo Herrera, T. J. (2011). *Seis Sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones*. Edición electrónica gratuita.
- Hindle, T. (2008). *GUIDE TO MANAGEMENT IDEAS AND GURUS*. London: The Economist. Recuperado el 15 de Junio de 2013, de <http://www.economist.com/node/14301657>

- Ishikawa, K. (1985). *What is total quality control? The Japanese way*. London: Prentice-Hall.
- Ishikawa, K. (1994). *Introducción al Control de Calidad*. (J. N. Medina, Trad.) Madrid, España: Diaz de Santos S.A.
- Ishikawa, K. (1997). *Qué es el control total de calidad?: la modalidad japonesa* (11 ed.). (D. J. Lu, & M. Cárdenas, Trads.) Bogotá: Editorial Norma.
- Johannsen, F., Leist, S., & Zellner, G. (2010). Implementing six sigma for improving business processes at an automotive bank. En J. v. Rosemann (Ed.), *Handbook on Business Process Management I* (págs. 361-382). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Juran, J. M. (1964). *Managerial breakthrough: a new concept of the manager's job*. (McGraw-Hill, Ed.) USA: McGraw-Hill.
- Juran, J. M. (1988). *On planning for quality*. London: Collier Macmillan.
- Juran, J. M. (1990). *Juran y el Liderazgo para la Calidad: Manual para Ejecutivos*. (J. N. Medina, & M. G. Ballester, Trads.) Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2001). *The strategy focused organization*. Boston: Harvard Business School Press.
- Kuel, C. H., & Madu, C. N. (2003). Customer-centric Six Sigma Quality and Reliability Management. *The International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 20(núm. 8), pág.954-964.

- Lefcovich, M. L.-I. (2009). *Seis SIGMA - hacia un nuevo paradigma en gestión*. (E. C. Editor, Ed.) Santa Fé, Argentina. Recuperado el 29 de 05 de 2013, de [http://www.sappiens.com/pdf/comunidades/gescalidad/SEIS\\_SIGMA\\_HACIA\\_UN\\_NUEVO\\_PARADIGMA\\_EN\\_GESTION.pdf](http://www.sappiens.com/pdf/comunidades/gescalidad/SEIS_SIGMA_HACIA_UN_NUEVO_PARADIGMA_EN_GESTION.pdf)
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaherr, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective. *Journal of Operations Management*, 21(2), 193-203.
- Lloréns, F. J., & Molina, L. M. (2006). Six Sigma and Management Theory: Processes, Content and Competitiveness. *Total Quality Management & Business Excellence*, vol. 17(núm 4), 485-506.
- Lowenthal, J. N. (2002). *Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma*. (C. Rosser, Trad.) Madrid: Fundación Confemetal.
- Lucas, M. (2002). The Essential Six Sigma: How Successful Six Sigma Implementation can Improve the Bottom Line. *Quality Progress*, 35(1), 27-31.
- Lucier, G. T., & Seshadri, S. (2001). GE Takes Six Sigma Beyond the Bottom Line. *Strategic Finance*, vol. 82(núm. 11), pp. 40-46.
- MBG Business Services. (2011). *Docstoc*. Recuperado el 20 de junio de 2013, de <http://www.docstoc.com/docs/85517028/Sigma-Quality-Level-Conversion-Table-MBG-Business-Services>
- McCarty, T. (2005). *The Six Sigma Black Belt Handbook*. New York, NY: McGraw-Hill Companies, Inc.

McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L., & Gupta, P. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook: Six Sigma Operational Methods*. McGraw-Hill.

McQuater, R. E., Scurr, C., Dale, B., & Hillmann, P. (1995). Using quality tools and techniques successfully. *TQM Mag*, 7(6), 37 - 42.

Moosa, K. S. (July de 2010). Critical analysis of Six Sigma implementation. *Total Quality Management & Business Excellence*, 21(7), 745-759.

Motorola Solutions. (2012). *Motorola Solutions Six Sigma Program*. Recuperado el 22 de junio de 2013, de [http://www.motorolasolutions.com/web/Business/Solutions/EMEA-Training-Site/Available-Courses/\\_Promotions/\\_Images/Green%20belt.pdf](http://www.motorolasolutions.com/web/Business/Solutions/EMEA-Training-Site/Available-Courses/_Promotions/_Images/Green%20belt.pdf)

Motorola Solutions, Inc. (2013). *Motorola Solutions*. Recuperado el 10 de Junio de 2013, de <http://www.motorolasolutions.com/US-EN/Training+Home/Lean+Six+Sigma>

Motorola Solutions, Inc. (2013). *Motorola Solutions*. Recuperado el 10 de Junio de 2013, de [Lean Six Sigma Black Belt Certification: http://www.motorolasolutions.com/US-EN/Training+Home/Lean+Six+Sigma/Black+Belt](http://www.motorolasolutions.com/US-EN/Training+Home/Lean+Six+Sigma/Black+Belt)

Ochoa-Faure, J. A. (Mayo de 2011). METODOLOGÍA SIX SIGMA: ¿Qué hacer cuando las estrategias fallan? *Ekos*(205), 20-21.

Okes, D. (July de 2002). Organize your quality tool belt. *Quality Progress*, 35(7), 25-29.

- O'Leary-Kelly, A. M., Martocchio, J. J., & Frink, D. D. (1994). A Review of the Influence of Group Goals on Group Performance. *Academy of Management Journal*, vol. 37(núm. 5), pp. 1285-1301.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2002). *Las Claves de Seis Sigma* (1era Edición ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2004). *Las Claves prácticas de Seis Sigma*. McGraw-Hill.
- Pande, P., & Holpp, L. (2002). *¿Qué es Seis Sigma?* (1ª ed. ed.). (E. t. Barbá, Trad.) Madrid: McGraw-Hill, Interamericana de España.
- Pande, P., Neumann, R., & Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma way – how GE, Motorola and other top companies are honing their performance*. New York: Mc Graw Hill.
- Prajogo, D. I., & Sohal, A. S. (2003). The Relationship Between TQM Practices, Quality Performance, and Innovation Performance: An Empirical Examination. *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 20(núm. 8), pp. 901-918.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma handbook*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Rancour, T., & McCracken, M. (2000). Applying six sigma methods for breakthrough safety performance. *American Society of Safety Engineers*, 29. Obtenido de <http://www.motorola.com/content.jsp?globalObjectId=3079>

Real Academia Española. (Marzo de 2012). *DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA - Vigésima segunda edición*. Recuperado el 21 de Mayo de 2013, de <http://lema.rae.es/drae/>

Reyes, P. B. (2006). *Curso de Seis Sigma*. (U. Iberoamericana, Ed.) Ciudad de México, México D: F., México: Universidad Iberoamericana.

Sepúlveda, C. (Ed.). (2004). *Diccionario de Terminos Economicos* (11 ed.). Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Shamji, N. (2005). Six Sigma Basics. *Total Quality Management*, vol. 16(núm. 5), pp. 567-574.

Shanji, N. (2005). Six Sigma Basics. *Total Quality Management*, vol. 16(núm. 5), pp. 567-574.

Sitkin, S. B., Sutcliffe, K. M., & Schroeder, R. G. (1994). Distinguishing Control from Learning in Total Quality Management: A Contingency Perspective. *Academy of Management Review*, vol. 19(núm. 3), pp. 537-564.

Snee, R. D. (1999). Why should statisticians pay attention to six sigma? (ASQ, Ed.) *Quality Progress*, 32(9), 100-103.

Taylor, F. W. (1911). *Shop Management*. Free ebooks - Project Gutenberg.

Tennant, G. (2001). *Six Sigma: SPC and TQM i Manufacturing and Services*. Hampshire, England: Gower Publishing.

Tichy, N. M., & Charan, R. (Marzo de 1995). The CEO as Coach: An Interview with AlliedSignal's Lawrence A. Bossidy. *Harvard Business Review*.

Valdés, C. (18 de Mayo de 2010). *Gestión de calidad total TQM, total quality management*. Recuperado el 18 de Junio de 2013, de GestioPolis: <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/gestion-calidad-total-quality-management.htm>