

# LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS

como fuente de mejora de la calidad en las empresas de manufactura

*Rosa Elba Corona Cortez  
Universidad Tecnológica*

## RESUMEN

El presente ensayo tiene como objetivo mostrar la relación de los métodos estadísticos como una de las técnicas cuantitativas de mayor utilidad en la mejora de la calidad en empresas de manufactura, describiendo los conceptos, teorías relevantes que enmarcan la importancia de los métodos estadísticos, sistemas de la calidad, líderes filosóficos, metodologías y sistemas de la organización, así como estudios de investigación aplicada, que muestran el uso de los métodos estadísticos como herramientas de calidad en las empresas; encontrándose en algunos de estos estudios un porcentaje bajo del uso de métodos estadísticos, en otros estudios cómo se han aplicado las herramientas estadísticas en los procesos y los beneficios en estos, y en algún otro estudio las herramientas estadísticas como factor de

éxito en Seis Sigma. El presente trabajo parte de una comprensiva revisión de literatura mediante el análisis de artículos científicos, cuyo propósito es contrastar las posturas a favor de la sim

Por tanto, el estado del uso y el tipo de métodos estadísticos que se presentan en la realidad de los procesos requieren acciones de la compañía, que van desde un posible programa de capacitación hasta un cambio de cultura y aprendizaje organizacionales.

*Palabras clave:* métodos estadísticos, mejora de la calidad, Seis Sigma, empresa de manufactura.

## ABSTRACT

This paper aims to show the relationship of statistical methods as one of the most useful quantitative techniques in improving quality in manufacturing companies, descri-

RECIBIDO: 22 DE NOVIEMBRE DE 2014  
ACEPTADO: 13 DE MARZO DE 2015



bing the concepts, relevant theories that frame the importance of statistical methods, quality systems, philosophical leaders, methods and systems of the organization as well as applied research studies that show the use of statistical methods as tools of quality in companies; it was found in some of these studies a low percentage of use of statistical methods, in other studies how statistical tools have been applied in the processes and benefits in these, and in another study the statistical tools as a success factor in Six Sigma.

Therefore the status of the use and type of statistical methods presented in the reality of the processes require actions of the organization ranging from a possible training program to a culture change and organizational learning.

*Keywords:* statistical methods, quality improvement, Six Sigma, manufacturing company.

## INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes el hombre se ha preocupado por la calidad, puesto que el productor y el consumidor se conocían (negociaban cara a cara), y no había especificaciones y garantía, ya que existía un estrecho contacto. Posteriormente, surge el desarrollo del comercio, donde proliferaron pequeños talleres, surgiendo la necesidad de contar con especificaciones, muestras, garantías y otros medios para compensar la falta de contacto cara a cara entre el fabricante y el usuario (Cantú, 2006).

El auge industrial en los años veinte hizo posible una gran expansión en los procesos de manufactura y los bienes de consumo, por lo que se empezaron a crear compañías dejando atrás los talleres. Como consecuencia de la alta demanda y con el espíritu de mejorar la calidad de los procesos, la función de inspección

llega a formar parte vital del proceso productivo, la cual se volvió reactiva, es decir, reaccionaba contra los productos defectuosos, convirtiéndolos en desechos o reprocesándolos (Cantú, 2006).

Esta etapa se enfocó en el control de los procesos y se caracterizó por la aparición de métodos estadísticos para este fin, así como en la reducción de los niveles de inspección, dejando de ser masiva para convertirse en inspección por muestreo, lo cual sería menos costoso y cansado. Los métodos estadísticos se diseñan para contribuir al proceso de realizar juicios científicos frente a la incertidumbre y la variación, así como para analizar datos de procesos para tener una mejor orientación respecto de dónde efectuar mejoras a la calidad del mismo proceso (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007).

Muchos de los fenómenos que presenciemos solo son parcialmente predecibles, es decir, tienen cierto grado de incertidumbre, tales como los casos del tiempo, el comportamiento de las Bolsas de Valores, las medidas de eficiencia de un producto, el volumen de ventas, etcétera; al medir esos fenómenos e introducir métodos estadísticos para analizarlos, se puede comprender su variabilidad, además de controlar, mejorar y predecir el comportamiento de tales modelos en el futuro, reduciendo su incertidumbre (Kenett, & Zacks, 2000).

La estadística ha irrumpido con fuerza en nuestra vida cotidiana y, cada vez más, juega un papel fundamental en la sociedad. Así, el doctor Ishikawa afirma que: “Las herramientas estadísticas básicas deben ser conocidas por todo el mundo en una empresa, desde la alta gerencia a los operarios en las líneas” (Carot, 2001).

Por su parte, el doctor Deming afirma que: “No hay conocimiento que pueda contribuir tanto a mejorar la calidad, productividad y competitividad de las

empresas como el de los métodos estadísticos. Los juicios que no están respaldados por datos corren el riesgo de incluir opiniones, exageraciones e impresiones desacertadas” (Carot, 2001).

El gran aumento de precisión que se exige a los productos y partes que se manufacturan, va acompañado de las necesidades de mejores métodos para la medición, las especificaciones y el registro. Por años, las técnicas estadísticas y la metodología estadística han sido mayormente utilizadas y aceptadas, por lo general, en toda la industria (Feigenbaum, 1994). Los métodos estadísticos se aplican en el control total de la calidad y su carácter está fuertemente influenciado por factores de relaciones humanas, condiciones tecnológicas y consideraciones sobre costos (Feigenbaum, 1994).

## MARCO TEÓRICO

### EVOLUCIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD

El control estadístico de la calidad nace en 1924 con el control estadístico de procesos desarrollado por Shewhart. Al final de la década de los veinte liderado por Harold F. Dodge y en los años cincuenta por Roming, se desarrollaron las tablas de muestreo para el control de la recepción (Carot, 2001).

En los años cincuenta, W. E. Deming introdujo en Japón el control estadístico de la calidad y trabajó en la formación de los directivos japoneses. En 1948, Taguchi inició con el estudio y aplicación del diseño de experimentos, cuyo objetivo fundamental es obtener productos y procesos poco sensibles a las causas de variación, minimizando la función de pérdida (Montgomery, 2013).

En 1951, Feigenbaum publica la primera edición de su libro Control total de



la calidad, mientras que en 1957 Juran y Gryna publican su Manual de control de calidad (Montgomery, 2013). A principios de la década de los sesenta, se utiliza el término control total de calidad, caracterizándose por el programa de cero defectos. En 1960, el doctor Ishikawa creó en Japón los círculos de calidad (Carot, 2001).

En 1987, Motorola empieza con la iniciativa de Seis Sigma y en 1997, el enfoque de Seis Sigma se extiende a las otras industrias (Montgomery, 2013).

## ESTADÍSTICA Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS

La estadística es la ciencia que nos permite sacar conclusiones y tomar decisiones sobre colectivos llamados poblaciones con base en información extraída de una parte de los mismos denominada muestra (Carot, 2001).

La rama de la estadística que utiliza números para describir hechos, recibe el nombre de estadística descriptiva, la cual consiste en organizar, resumir y simplificar, en términos generales, información que, por lo general, es compleja. Otra rama de la estadística estudia la probabilidad, que es de gran utilidad para analizar situaciones en las que interviene el azar (Stevenson, 2009).

La inferencia constituye una tercera rama que consiste en el análisis e interpretación de una muestra de datos; el muestreo consiste en la medición de una proporción pequeña, pero típica, de una población, y posteriormente utilizar dicha información para inferir (conjeturar inteligentemente) qué características tiene la población total (Stevenson, 2009).

Los métodos estadísticos se diseñan para contribuir al proceso de realizar juicios científicos frente a la incertidumbre y la variación, teniendo una mejor orienta-

ción respecto de dónde efectuar mejoras a la calidad del proceso. Aquí la calidad podría definirse según su cercanía con el valor-meta en relación con la proporción de las veces que se cumple tal criterio de cercanía (Walpole et al., 2007).

## Herramientas básicas

Son herramientas y técnicas cuya comprensión y utilización está al alcance de personas sin formación en estadística. Suelen bastar para resolver gran parte de los problemas que normalmente detectamos en las empresas (Gadea, 2005). Las más comunes y utilizadas son:

- Hojas de recogida de datos.
- Histogramas.
- Diagramas de Pareto.
- Gráficos.
- Brainstorming (lluvia de ideas).
- Benchmarking.
- Diagrama de causa-efecto o de Ishikawa.
- Diagrama de correlación.
- Diagrama de concentración.

## Herramientas avanzadas

Son herramientas y técnicas cuya comprensión y utilización requiere de formación en estadística y en el manejo de un software especializado. Son de especial utilidad en problemas técnicos complejos en los que tengamos que analizar grandes cantidades de datos numéricos (Gadea, 2005):

- Análisis de la varianza.
- Gráficos de control.
- Estudios de capacidad.
- Diseño de experimentos (DOE).

## CALIDAD Y MEJORA DE LA CALIDAD

La calidad se refiere al conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confieren su aptitud para satisfacer necesidades expresadas o implícitas (Carot, 2001). La norma ISO 9000 interpreta la calidad como “la integración de las características que determinan en qué grado un producto satisface las necesidades de un consumidor” (Cantú, 2006).

La calidad de un producto se puede definir como la aptitud para su uso; si el producto responde a las expectativas del cliente, éste se sentirá satisfecho y dirá que es de calidad (Sandholm, 1995). El mejoramiento de la calidad permite su medición en productos y servicios, y realizar auditorías al mismo sistema, para, mediante el trabajo en equipo, corregir los problemas y, en consecuencia, mejorar la calidad (Cantú, 2006).

W. E. Deming (1989) ha puesto de manifiesto, a través de diversos ejemplos reales, que la mejora de la calidad produce una reacción en cadena, ya que disminuye los costos de producción, pues se generan menos desperdicios y menos reprocesados, se pierde menos tiempo en fabricar productos de baja calidad y se utilizan mejor los equipos y los materiales.

A medida que la competencia mundial se intensifica, surge, por parte de los negocios, un esfuerzo por promover la calidad de los productos, conocido como gestión de la calidad total (TQM, por sus siglas en inglés), que es un conjunto de herramientas y métodos estadísticos para promover el control estadístico de la calidad. Tales herramientas ayudan a organizar y analizar datos para efectos de solucionar problemas (Webster, 2002).



## Metodología Seis Sigma apoyada en métodos estadísticos

La metodología Seis Sigma es una nueva fórmula empresarial del siglo XXI y un sistema flexible para mejorar la dirección y el rendimiento empresariales (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2002), además de ser un fenómeno organizacional que está ganando amplia aceptación en la industria (Linderman, Schroeder, Zaheer, & Choo, 2003). Seis Sigma estudia un problema real apoyándose en métodos estadísticos, donde se realizan análisis estadísticos para identificar las fuentes de variabilidad, se monitorean las variables críticas y se mantiene el proceso en control estadístico (Reyes, 2002).

En la metodología Seis Sigma el uso de datos en forma disciplinada ayuda a la eliminación de defectos en los procesos. La representación estadística de Seis Sigma permite describir, de manera cuantitativa, la forma en que está desempeñado un proceso (Cantú, 2006). Su fuerte es el componente estadístico, desarrollando un conjunto importante de herramientas y métodos estadísticos para gestionar los procesos productivos y de servicios (Gutiérrez, 2008).

El funcionamiento de Seis Sigma y sus equipos viene marcado por su alto contenido en herramientas estadísticas. La propia medición del nivel "sigma" de cada proceso demanda el manejo de algunas de ellas (Gutiérrez, 2008). Sigma es una letra griega que simboliza la desviación estándar como un indicador de dispersión de los productos producidos en un proceso. La capacidad sigma del proceso separa seis sigmas entre los límites de especificación y la media aritmética del proceso, para una cierta característica, teniendo una probabili-

dad de generar solo 3.4 defectos por cada millón de defectos de la característica (Reyes, 2002).

Las herramientas estadísticas en la metodología Seis Sigma están orientadas a objetivos muy concretos como detectar las causas de los errores y los motivos de las desviaciones, así como calcular el número de defectos, entre otros.

## GESTIÓN DE LA CALIDAD Y LÍDERES FILOSÓFICOS

En este apartado se muestran los elementos más importantes de los maestros de la calidad o líderes filosóficos, lo cual permite entender mejor el fundamento de los métodos estadísticos en la mejora de la calidad, y que ahora son parte de la Teoría de gestión de la calidad y de las organizaciones. El control estadístico de procesos de Shewhart en 1924, se fundamenta en tres postulados que giran alrededor de la idea de que los sistemas, aun los naturales, no se comportan de acuerdo a un patrón exacto, sino más bien probable; esto es, tienen que ser ubicados en términos estadísticos (Cantú, 2006).

Los líderes filosóficos del movimiento de calidad, principalmente Deming en 1950, Juran en 1954 y Crosby en 1979, llamados gurús de la calidad, han definido qué es la calidad y cómo lograrla en una manera ligeramente diferente, aunque todos transmiten el mismo mensaje: para lograr una calidad sobresaliente se requiere de un liderazgo de calidad por parte de la alta dirección, enfoque en el cliente, participación total en la fuerza laboral y mejoramiento continuo basado en un análisis riguroso de los procesos (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

La definición de calidad de Juran es la adecuación al uso y puede ser desglosada en cuatro elementos: calidad del dise-

ño, control de la calidad, disponibilidad y servicio posventa. Juran fue el primero en señalar que se podía aplicar el principio de Pareto para mejorar la calidad y distinguir los pocos pero vitales problemas de los muchos pero triviales que se presentan (James, 2008).

Deming (1989) definía "el control de calidad como la aplicación de principios y técnicas estadísticas en todas las etapas de producción para lograr una manufactura económica con máxima utilidad del producto por parte del usuario". Deming (1989) tuvo un particular aprecio por la estadística: en la década de 1950 enseñó a los japoneses el control estadístico de procesos. Los bienes de consumo japoneses se habían ganado la reputación de ser baratos y estar mal hechos, pero de repente la calidad y fiabilidad dieron un giro y en 1954 habían captado los mercados de todo el mundo: ¿qué había ocurrido? La contestación es que la alta dirección se convenció de que la calidad es vital para la exportación y que ésta podría conseguir el cambio.

La Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses (JUSE, por sus siglas en inglés), con el apoyo confiado de la industria japonesa, amplió a gran escala la formación de los directivos, ingenieros y capataces en los elementos de los métodos estadísticos para mejorar la calidad, y de la teoría estadística avanzada para los estadísticos e ingenieros. De este modo, los trabajadores por horas podían aprender, hacer, comprender y utilizar los gráficos de control. Sin embargo, en América la tradición dice que la calidad y la productividad son incompatibles: que no se pueden tener ambas. En una carta enviada por el doctor Tsuda a Deming en 1980, menciona que la industria occidental se queda satisfecha con mejorar la calidad solo hasta el nivel en el que las cifras visibles despejen las dudas sobre el



beneficio económico de seguir mejorando (Deming, 1989).

La década de 1980, debido a la crisis del petróleo, fue un periodo de cambios importantes en Estados Unidos. Además, debido a la conciencia por parte de los consumidores (esperaban productos funcionales y que no se descompusieran), porque empezaron a observar diferencias en la calidad de los productos hechos en Japón y en Estados Unidos (Evans, & Lindsay, 2005).

Dentro de los 14 pasos de la ruta gerencial de Deming, menciona en el paso 6 que se debe instituir la formación y re-formación, que significa formar y educar en los principios y prácticas de la gestión de la calidad, incluyendo el control estadístico del proceso y las herramientas adecuadas a las necesidades del trabajo. Deming ha intentado revisar su filosofía sobre la gestión de la calidad describiéndola como:

- 1) Apreciación por un sistema: entender las partes que constituyen el sistema.
- 2) Conocimiento de la Teoría estadística: Deming exige que todo el personal esté familiarizado con los métodos estadísticos generales y los aplique con eficacia.
- 3) Teoría del conocimiento: eficacia en la planificación y aplicación de los planes.
- 4) Conocimientos de psicología: el desarrollo de la calidad requiere de cambios de actitud en las personas, en los valores y en los comportamientos (James, 2008).

El lema de la calidad de Crosby es “Conformidad con las necesidades y la calidad es libre”. Dentro del plan de la calidad de los 14 pasos de Crosby, en el paso 3 establece la medida de la calidad, que significa generar datos sobre discon-

formidades corrientes y potenciales, y desarrollar las acciones correctoras adecuadas. Los datos de medición deben ser corrientes y preferiblemente en línea. Para salvar los rechazos de los diferentes procesos, fabricación o servicios, Crosby sugiere tres aspectos: reconocimiento de los problemas, medición del estado actual y desarrollo de un programa de calidad para reducir los rechazos (James, 2008).

Ishikawa fue conocido por su contribución a la gestión de la calidad a través del control estadístico. El desarrollo del diagrama de Ishikawa (de espina de pescado) en 1967 y el empleo de las siete antiguas herramientas de la calidad proporcionaron las capacidades básicas para el uso de las técnicas de resolución de problemas (James, 2008). Ishikawa desarrolló una simple clasificación de herramientas estadísticas de la calidad, de naturaleza jerárquica, en el sentido de que se requiere de un experto en estadística para su aplicación. Esta es:

- De las siete herramientas, las primeras pueden ser aprendidas y aplicadas por cada persona de la organización. Esto significa que el personal de la planta tendría la capacidad estadística para evaluar los problemas de la calidad.
- La comprobación de hipótesis, los muestreos, etcétera, son herramientas que pueden ser usadas por directores y especialistas de la calidad.
- El último grupo se puede utilizar solamente para resolver problemas estadísticos avanzados y deben hacerlo especialistas en calidad y consultores. Incluye el diseño de experimentos (método Taguchi) y técnicas de investigación operativa, las cuales son altamente matemáticas, por lo cual hay poca gente que

**tenga la preparación necesaria para saber aplicarlas; por ello, su limitado uso en las organizaciones.**

Ishikawa estaba más orientado a las personas que a las estadísticas y el núcleo de sus contribuciones fue la atención prestada a la resolución de problemas. Feigenbaum definió la calidad total como un sistema capaz de integrar el desarrollo de la calidad, su mantenimiento y los esfuerzos de los diferentes grupos en una compañía para mejorarla; además, originó el ciclo industrial, es decir, el desarrollo de un producto desde su concepto hasta su salida al mercado y más allá (James, 2008).

Taguchi se refiere a la eficacia de la calidad del diseño y sus métodos están enfocados al cálculo de los costos ocasionados por no satisfacer el valor del objeto especificado. Cree en el diseño de un producto y en un proceso de producción para alcanzar un objetivo de valor, haciéndolo fuerte e insensible a las variaciones del proceso. Para poder aplicar su idea en esta área, Taguchi usa el parámetro de diseño y técnicas de control de experimentos (James, 2008).

## TEORÍA DEL APRENDIZAJE

El aprendizaje organizacional es “La capacidad de generar nuevas ideas y diseminarlas por toda la organización” (Kim, 1993; citado por: Chiavenato, 2009, p. 162), el cual permite a las empresas crear, mantener, mejorar y organizar el conocimiento y la rutina de sus actividades y cultura, para utilizar las habilidades de su fuerza de trabajo de una manera cada vez más eficiente (Chiavenato, 2009). Los métodos estadísticos y la mejora de la calidad requieren de un aprendizaje organizacional, de manera que una empresa abierta



al aprendizaje busque que las personas estén aprendiendo y poniendo en práctica todo el potencial de sus capacidades (Gutiérrez, 2010).

Es por ello que, aunque no pertenece a los líderes filosóficos de la calidad, Senge (2004) se puede ubicar como parte de la generación posterior a los maestros mencionados anteriormente por su aportación a la perspectiva sistémica de las organizaciones, para que logren ser inteligentes y aprendan de sus sistemas. Senge (2004) define a las empresas inteligentes como aquellas donde los trabajadores aprenden a aprender y donde la capacidad de aprender con mayor rapidez que los competidores quizá sea la única ventaja competitiva sostenible. Y la propuesta de Senge (2004) es que se cultiven y dominen cinco disciplinas: dominio personal, modelos mentales, visión compartida, aprendizaje en equipo y pensamiento sistémico.

- **Dominio personal:** permite aclarar y ahondar continuamente la visión de las personas, concentrar las energías en ésta, desarrollar la paciencia y aprender a ver la realidad objetivamente. Para que una organización aprenda es necesario que su gente quiera mejorar su vida y su trabajo.
- **Visión compartida:** Disciplina colectiva que pretende establecer objetivos comunes (visiones del futuro que se pretenden crear) (Senge, 2004).
- **Modelos mentales (paradigmas):** son ideas, supuestos y creencias muy arraigados, que controlan los actos e influyen sobre el modo de comprender y actuar; además, las personas deben adaptar sus imágenes internas del mundo para mejorar sus decisiones y acciones.

- **Aprendizaje en equipo:** implica alinear esfuerzos y desarrollar la capacidad del equipo para crear los resultados que se desean. Se apoya en la plática del diálogo y discusión para desarrollar un pensamiento colectivo, que permite desarrollar una inteligencia y capacidad superiores que no se alcanzan individualmente.
- **Pensamiento sistémico:** es una disciplina para traducir la visión individual en una compartida; es un conjunto de principios y prácticas rectoras.

## Actividad de los círculos de control de calidad

Los círculos de control de calidad son pequeños grupos de personas en el mismo lugar de trabajo, que desempeñan actividades de control de calidad voluntariamente (Ishikawa, 1994). La filosofía básica llevada a cabo como parte de las actividades del control de calidad son: 1) Contribuir a la mejora y desarrollo de la cultura de la organización; 2) Ambiente de trabajo agradable; y 3) Ejercer las capacidades de las personas para que den lo mejor de sí mismas (Ishikawa, 1994).

## Estudios realizados en el uso de la estadística en empresas

En relación con la utilización de la estadística en la industria, se reportan estudios donde la emplean para diferentes actividades: desde el recibo de materiales en el cumplimiento

de sus especificaciones, control de calidad del producto y el proceso, control de multivariables y estudios de investigación (Miletic, Quinn, Dudzic, Vaculik, & Champagne, 2004).

Desde el punto de vista de la vigilancia de los procesos, en concreto los que se llevan a cabo en el sector textil, pueden realizarse adecuadamente mediante técnicas estadísticas. Así, en su optimización y mejora resultan útiles las técnicas de diseño de experimentos, otras técnicas sencillas como los gráficos de Pareto, o más avanzadas como el análisis de la varianza, que permitirán establecer distintos comportamientos en máquinas o telares en procesos de hilatura o tejeduría (Huerca Castro, Blanco Alonso y Abad González, 2005).

En otro estudio basado en la implementación de técnicas y herramientas de calidad en Malasia e Indonesia publicado entre 1995 y 2007, se revela que la mayoría de las herramientas y técnicas que han sido utilizadas se centraron en áreas de control de procesos de producción y herramientas de mejora, tales como el control estadístico de procesos, método Taguchi y diseño de experimentos (Putri, & Yusof, 2008).

En un estudio de 66 empresas europeas que tienen implantadas la metodología Seis Sigma, se presenta al trabajo en equipo y al control estadístico de procesos como antecedentes positivos para la visión compartida de la organización (Gutiérrez, 2008). Este mismo autor encontró que los métodos estadísticos ayudan a cuantificar y especificar los objetivos del equipo, facilitándose, igualmente, la visión compartida de la compañía en relación con que el establecimiento de objetivos específicos y desafiantes conduce a la obtención de mejores resultados; de tal manera que el control estadístico de procesos afecta positivamente la visión compartida de la empresa. Este



estudio aporta apoyo a la literatura, que justifica los efectos positivos de la metodología Seis Sigma en la compañía.

Ho, Chang, & Wang (2008) realizaron un estudio empírico de los factores clave de éxito para los proyectos con cinturones verde de Seis Sigma en una empresa asiática. En su estudio muestran factores de éxito de la metodología Seis Sigma, que se han publicado en investigaciones anteriores y agregan uno más. Dentro de los factores de éxito aparecen la utilización de herramientas y el uso de análisis de datos con información que se pueda obtener fácilmente (Ho et al., 2008), representando los factores anteriores de relevancia en el análisis de los métodos estadísticos y su relación con la calidad, debido al éxito en los proyectos Sigma.

En otro estudio a través de una encuesta enviada a 350 empresas de la Comunidad Autónoma Vasca y Navarra durante el mes de junio de 2009, en cuanto a la actividad de las empresas industriales según la Clasificación Nacional de Actividad Económica (CNAE), el sector con mayor porcentajes fue el automotriz (34%), seguido de los de metalurgia (17%), maquinaria (12%), metálicos (7%) y químicos (6%); los demás sectores se encuentran en 2% y otros con 7% (Jaca, Tanco, Santos, Mateo, & Viles, 2010). La formación en el lenguaje, en herramientas y en técnicas de mejora, es uno de los factores principales para asegurar la participación en la mejora continua. Las empresas han contestado que los participantes de los equipos de mejora reciben formación a través de charlas en la mayoría de los casos (78% de las compañías) (Jaca et al., 2010).

Jaca et al. (2010) encontraron que se imparte formación acerca de herramientas estadísticas y de trabajo en equipo en algunos casos (59% y 54%) y algunas veces (57%) en técnicas de creatividad. Destaca el hecho de que 18% de las

empresas no han impartido formación alguna en herramientas estadísticas, de calidad o relacionadas con el trabajo en equipo. Asimismo, muestran que las organizaciones que habían abandonado alguno de sus sistemas de mejora valoraron como importante o muy importante la mayoría de los factores indicados en las siguientes causas: falta de implantación y seguimiento de las acciones propuestas (47%), resistencia al cambio en la empresa (47%), falta de apoyo y/o compromiso de la dirección (40%), falta de motivación o compromiso de los participantes (37%), falta de recursos asignados (tiempo, económicos, etcétera) (37%), resistencia de los sindicatos u órganos sociales (27%), falta de rentabilidad del proyecto (23%) y otros (7%) (Jaca et al., 2010).

En otro estudio efectuado en empresas de fabricación en Eslovenia, se obtuvieron datos sobre información general, experiencias con la metodología Seis Sigma, herramientas y técnicas de Seis Sigma que se utilizan y los factores críticos de éxito para la implementación de Seis Sigma. Realizado a través del envío de un cuestionario por correo electrónico a cien empresas de fabricación, 21 cuestionarios fueron devueltos totalmente terminados en tres meses con una tasa de respuesta de 21% (Gosnik, & Vujica-Herzog, 2010). De acuerdo con Gosnik, & Vujica-Herzog (2010), los datos recogidos en los cuestionarios fueron completados por Seis Sigma máster cinturones negros (MBB), cinturones verdes (GB) y cinturones amarillos (YB). En las compañías donde no hay una metodología Seis Sigma, los participantes fueron los gerentes de calidad que trabajan en el campo de la gestión de calidad en las mismas.

Gosnik, & Vujica-Herzog (2010) mostraron los resultados siguientes: las herramientas y técnicas estadísticas más utilizadas y no estadísticas en proyectos

Seis Sigma por las empresas de fabricación de Eslovenia son el análisis de costos de la calidad, estudio de capacidad de procesos, mapeo de procesos y análisis de Pareto. Las herramientas y técnicas más útiles en el análisis de costos de la calidad son el análisis de efectos y modo de falla (FMEA, por sus siglas en inglés) y el dispositivo a prueba de errores (poka-yoke). Estas son relativamente fáciles de usar, son menos sofisticadas que otras (como el análisis de regresión) y representan herramientas básicas para el progreso rápido y la solución de desafíos diarios en las empresas de fabricación.

Se ha realizado un estudio de la aplicación de la metodología de diseño y mejoramiento de la operación de recepción basado en la simulación discreta y el diseño de experimentos en una empresa mediana de colchones, teniendo como resultados la disminución del tiempo promedio de 30 a 5 minutos, aproximadamente, lo cual impacta en la productividad de la gestión del almacén de producto terminado de la compañía (Gómez, & Correa, 2011).

Un estudio basado en la implementación de herramientas y técnicas de calidad en Malasia e Indonesia, tenía como objetivo investigar la adopción de estas por las compañías automotrices en esos países y encontrar las ventajas e inconvenientes de estas herramientas y técnicas de calidad, además de los factores en la selección y las dificultades enfrentadas por la industria en la adopción de las mismas (Putri, & Yusof, 2011). Se realizaron entrevistas estructuradas con expertos seleccionados por Putri, & Yusof (2011) y los resultados mostraron que tanto Malasia como Indonesia tienen altamente implementadas las siete herramientas básicas; además, la lluvia de ideas, el muestreo y los diagramas de flujo son otras herramientas con una alta aplicación en ambos países. En cuanto



a las técnicas avanzadas, el control estadístico de procesos, el costo de la calidad y la evaluación comparativa son las más aplicadas en estos países. Los factores internos que intervienen en la selección de las herramientas y técnicas de calidad en la industria automotriz son su amigabilidad y utilidad; mientras que los dos factores externos principales son la necesidad y la organización. Los factores de organización incluyen el apoyo de la gerencia, el trabajo en equipo y la capacidad técnica (Putri, & Yusof, 2011).

En un caso de estudio realizado en una empresa del sector electrónico en Ciudad Juárez en 2012, se encontró de forma global que casi 63% dijeron utilizar la estadística empleando solo las funciones de media y desviación estándar, mientras que 75% dijeron usar la estadística para el análisis de datos y la solución de problemas, siendo su empleo generalizado en quejas y rechazos de clientes o de control de calidad; además, dijeron utilizar histogramas, diagramas de Pareto, diagramas de causa-efecto, gráficos de control y diagramas de dispersión para el registro de los datos (Corona, Nieto, & Vega, 2012).

De igual manera, Corona et al. (2012) encontraron que otras técnicas para la solución de problemas como 8D, 5 por qué y FMEA también son utilizadas. Y se reportó que quien emplea la estadística para el análisis de datos, es el Departamento de Control de Calidad; además, se expresó tener la necesidad de cursos de estadística, así como de un software estadístico.

De la investigación efectuada mediante una encuesta aplicada a los departamentos más representativos en dos organizaciones de diferentes ramos de la industria maquiladora en Ciudad Juárez, que han adoptado la gestión de la calidad según el estándar ISO 9001:2008, se obtuvieron los siguientes resultados después

de condensar las encuestas y analizar las preguntas por cláusula de la norma ISO 9001 (Bribiescas, & Romero, 2013):

- **La compañía dedicada al ramo de la iluminación debe trabajar más en su Sistema de Gestión de la Calidad, enfocándose principalmente en las cláusulas: 4.0 Sistema de Gestión de la Calidad, 5.0 Responsabilidad de la dirección, 6.0 Gestión de los recursos y 8.0 Medición, análisis y mejora.**
- **La empresa dedicada al ramo automotriz, a diferencia de la compañía dedicada a la iluminación, muestra porcentajes significativamente más altos; sin embargo, también requiere de trabajar más en su Sistema de Gestión de la Calidad. Las cláusulas 4.0 Sistema de Gestión de la Calidad, 5.0 Responsabilidad de la dirección y 6.0 Gestión de los recursos están por debajo de un 40% en el rango de valoración de la encuesta utilizada para este análisis, lo cual significa que el sistema de calidad con respecto al modelo ISO 9001:2008 se cumple solo en aspectos parciales o tiene una fidelidad muy baja en relación con las actividades realmente realizadas, por lo que deben tomarse medidas correctoras urgentes para implantar un sistema de calidad eficaz.**
- **De igual manera, se puede observar que en lo referente a la cláusula 8.0 Medición, análisis y mejora (54.22%), el sistema de calidad sí se cumple, pero con deficiencias en cuanto a la documentación o la continuidad y sistemática de su cumplimiento, o se tiene una fidelidad deficiente con las actividades realmente realizadas.**

## Distinciones de empresas y organismos

Desde la década de los cincuenta, en Japón se ha otorgado el Premio Nacional a la Calidad denominado Premio Deming. Desde 1990, en Estados Unidos y en Europa se otorgan el Premio Nacional Estadounidense de Calidad y el Premio Europeo de Calidad, respectivamente, como un reconocimiento a las empresas que se consideran modelos. Entre los ganadores se encuentran: Motorola, Xerox, Globe Metallurgical, AT&T, Universal Card y el Ritz-Carlton. Existen premios semejantes en Australia (Premio Juran), Israel, México y otros países (Kenett, & Zacks, 2000).

## Ganadores del Premio Deming (Medalla Japonesa a la Calidad)

- 1) Toyota Motor Co., Ltd.
- 2) Nippon Electric Co., Ltd.
- 3) Nippon Steel Corporation.
- 4) Aisin Seiki Co., Ltd.
- 5) Toyota Auto Body Co., Ltd.
- 6) Aisin-Warner Ltd.
- 7) The Takaoka Industrial Co., Ltd.
- 8) Aisin Seiki Co., Ltd.
- 9) Aisin AW Co., Ltd.
- 10) Aisin Chemical Co., Ltd.
- 11) Takenaka Corporation.
- 12) Aisin Keikinzoku Co., Ltd.
- 13) Maeda Corporation.
- 14) Philips Taiwan Ltd. (Taiwán).
- 15) Sanden Corporation Sundaram-Clayton Ltd., Brakes Division (India).
- 16) GC Corporation.
- 17) Thai Acrylic Fibre Co., Ltd. (Tailandia).
- 18) GC Dental Products Corp.





- 19) Mahindra & Mahindra Ltd., Farm Equipment Sector (India).
- 20) Corona Corporation (Japón).
- 21) Meidoh Co., Ltd. (Japón).
- 22) GC Dental (China).
- 23) Nacional de Ingeniería Industries Ltd. (India).
- 24) Komatsu Shantui Construction Machinery Co., Ltd. (año 2013).
- 25) Premio Deming para individuos: Dr. Takao Enkawa, profesor del Departamento de Ingeniería Industrial y Administración del Instituto de Tecnología de Tokio (año 2010).

En 1980, la sección metropolitana de la Sociedad Americana para el Control de Calidad estableció la Medalla Deming, para ser otorgada por logros en técnicas estadísticas para la mejora de la calidad (James, 2008).

## CONCLUSIONES

Existen diferentes y apropiadas técnicas o métodos estadísticos para ayudar a solucionar la gran variedad de problemas de calidad en el contexto de la variabilidad inherente en los procesos que se presentan en las empresas. Se requiere de un conocimiento de las técnicas o métodos, que permita tomar mejores decisiones en el mundo real.

Seis Sigma es una metodología de mejora de la calidad y la productividad complementaria a los modelos ISO 9000 o QS 9000. Existen empresas que la han adoptado para reducir sus costos y mejorar su posición competitiva, a través de la reducción de la variación en sus procesos. Algunas de las empresas en México que han adoptado esta metodología son: GE, Mabe Quantum, Lear Corporation y Motorola (Reyes, 2002).

El enfoque de la nueva versión ISO 9000:2000 antepone como prioridad la satisfacción del cliente con mejora conti-

nua y su implantación tendrá el objetivo de mejorar la posición competitiva (Reyes, 2002).

En México, un reducido grupo de empresas han adoptado el esquema del Premio Nacional a la Calidad con un enfoque más amplio hacia la administración por calidad en toda la organización, estimulando las mejoras continuas en todas las áreas con un enfoque a los clientes externos e internos, incluyendo el desarrollo y reconocimiento de los empleados (Reyes, 2002).

La industria en América necesita miles de ingenieros, químicos, doctores en medicina, agentes de compras y gerentes con una mentalidad estadística. Afortunadamente, para enfrentar muchos problemas cualquier persona de estas puede aprender a utilizar métodos sencillos de estadística pero potentes, y puede entender los principios estadísticos que hay detrás de los mismos sin ser un estadístico. Sin embargo, es necesaria la orientación dada por un estadístico teórico (Deming, 1989).

No obstante, es preciso considerar los problemas o limitantes por los que no se emplea la estadística en la industria. Quizás uno de los más difíciles y con mayor influencia sea la cultura de la misma empresa, para dar apoyo a este tipo de aplicación o desarrollo; además, los ingenieros todavía sienten resistencia hacia la estadística y no consiguen ver los beneficios que esta les puede reportar (Viles, 2007). Otro problema sería la falta de capacitación o habilidad sobre el uso, además del conocimiento de herramientas estadísticas de los supervisores e ingenieros (Viles, 2007).

Se podría recomendar a las empresas una posible intervención para mejorar la calidad y competitividad, a través de los métodos estadísticos, que les permita visualizar de manera real sus beneficios, mejorar sus programas de capacitación,

aprovechar los conocimientos que, seguramente, ya están en las compañías y hasta un cambio de cultura organizacional, además de estimular la educación y automejora. Una empresa necesita no solo gente buena, sino a aquella que mejore su educación (Deming, 1989).

## BIBLIOGRAFÍA

- Bribiescas, F., & Romero, I. (2013). Gestión de certificación de calidad como factor competitivo en el sector industrial de manufactura en la región transfronteriza Ciudad Juárez, Chihuahua, México-El Paso, Texas, Estados Unidos. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, 8(1), 986-996.
- Cantú, H. (2006). Desarrollo de una cultura de calidad. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.
- Carot, A. (2001). Control estadístico de la calidad. México: Alfa Omega Grupo Editor.
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.
- Chiavenato, I. (2009). Comportamiento organizacional. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A. de C. V.
- Corona, R., Nieto, D., & Vega, F. (2012). Utilización de la estadística descriptiva e inferencial en el análisis de datos en líneas de producción en una industria: un estudio piloto. En: M. Leiner (ed.). *Diplomado en Técnicas de investigación aplicadas para el desarrollo de productos de investigación*. Ciudad Juárez, Chihuahua: El Colegio de Chihuahua, 119-128.



- Deming, E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2005). *Administración y control de la calidad*. México: Thomson.
- Feigenbaum, A. (1994). *Control total de la calidad*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.
- Gadea, A. R. (2005). *Factores que facilitan el éxito y la continuidad de los equipos de mejora en las empresas industriales (tesis doctoral)*. Tesis digitales TESIUNAM: catálogo.
- Gómez, R., & Correa, A. (2011). *Mejoramiento de la recepción en una empresa de colchones utilizando simulación y diseño de experimentos*. *Lasallista de Investigación*, 8(1), 68-81.
- Gosnik, D., & Vujica-Herzog, N. (2010). *Success Factors for Six Sigma Implementation in Slovenian Manufacturing Companies*. *Advances in Production Engineering & Management*, 5(4), 205-216.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.
- Gutiérrez, L. (2008). *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*, 18(2), 143-160.
- Ho, Y., Chang, O., & Wang, W. (2008). *An Empirical Study of Key Success Factors for Six Sigma Green Belt Projects at an Asian MRO Company*.
- Huerga Castro, C., Blanco Alonso, P., & Abad González, J. (2005). *Aplicación de los gráficos de control en el análisis de la calidad textil*. *Pecunia*, 125-148.
- Ishikawa, K. (1994). *Introducción al control de la calidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Jaca, C., Tanco, M., Santos, J., Mateo, R., & Viles, E. (2010). *Sostenibilidad de los sistemas de mejora continua*. *Intangible Capital*, 6(1), 51-77.
- James, P. (2008). *Gestión de la calidad total. Un texto introductorio*. Madrid: Pearson Educación, S. A.
- Kenett, R., & Zacks, S. (2000). *Estadística industrial moderna*. International Thomson Editores, S. A. de C. V.
- Linderman, K., Schroeder, G., Zaheer, S., & Choo, A. (2003). *Six Sigma: a Goal-theoretic Perspective*. *Journal of Operations Management*, 21, 193-203.
- Miletic, I., Quinn, S., Dudzic, M., Vaulic, V., & M. Champagne (2004). *An Industrial Perspective on Implementing on Line Applications of Multivariate Statistic*. *Journal of Process Control*, 14, 821-836.
- Montgomery, D. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. Aptara, Inc.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2002). *Las claves del Seis Sigma. La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España, S. A.
- Putri, N., & Yusof, S. (2008). *A Review of Quality Engineering Tools and Techniques Practices in Malaysia's and Indonesia's Automotive Industries and Agenda for Future Research*. *Management of Innovation and Technology*, 449-456.
- (2011). *An Empirical Investigation of Quality Tools and Techniques Practices in Malaysia and Indonesia Automotive Industries*. *Quality and Reliability (ICQR)*, 331-335.
- Reyes, A. (2002). *Manufactura delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas; experiencias y reflexiones*. *Contaduría y Administración*, 205, 51-69.
- Sandholm, L. (1995). *Control total de calidad*. México: Trillas.
- Senge, P. (2004). *La quinta disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. México: Editorial Granica.
- Stevenson, W. (2009). *Estadística para administración y economía*. México: Alfaomega.
- Viles, E. (2007). *Análisis didáctico de la estadística y la calidad en estudios de ingeniería industrial*. *Tecnura*, 11(21), 54-62.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Pearson Educación.
- Webster, A. (2002). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. McGraw-Hill.

