

00521
28



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA Y SUS
ASPECTOS ECONÓMICOS**

**TRABAJO MONOGRÁFICO
DE ACTUALIZACIÓN**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A :
SANTIAGO CASTAÑÓN CORO**



MÉXICO, D.F.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA**

2003

1



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACION

DISCONTINUA

Journal of Management Studies, 2010, 43(1), 1–12
DOI: 10.1080/00216996.2009.339111

Jurado asignado:

P R O F E S O R E S

Presidente **EDUARDO ROJO Y DE REGIL**
Vocal **CARLOS GALDEANO BIENZOBAS**
Secretario **JOSÉ ALEJANDRO RAFAEL VEGA SÁNCHEZ**
1er. Suplente **LUIS GALLO SÁNCHEZ**
2º. Suplente **EDUARDO FLORES PALOMINO**

Sitio en donde se desarrolló el tema

MÉXICO DISTRITO FEDERAL

Asesor


ING. CARLOS GALDEANO BIENZOBAS

Sustentante

SANTIAGO CASTAÑÓN CORO


**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcionado.
NOMBRE: _____

FECHA: _____

CARRERA: _____

A mis padres, gracias por su amor, esfuerzo y su apoyo incondicional.

A mis hermanos por su cariño.

A mis tíos y primos que siempre estuvieron conmigo.

Al Ing. Carlos Galdeano B.
director del presente trabajo.

**Al Ing. Eduardo Rojo y de
Regil por compartir sus
conocimientos y guiarme en
la redacción.**

**Al Ing. José Alejandro Vega
por su apoyo en la elaboración
del presente trabajo.**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.

CAPÍTULO I

1. CONCEPTOS Y GENERALIDADES.

- 1.1. CALIDAD. 6
- 1.2. SEIS SIGMA. 14
- 1.3. ESTADÍSTICA BÁSICA. 24

CAPÍTULO II

2. ASPECTOS ECONÓMICOS RELACIONADOS CON LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA.

- 2.1. EL COSTO DE LA MALA CALIDAD. 35
- 2.2. INVERSIÓN Y BENEFICIOS DE SU IMPLANTACIÓN. 36
- 2.3. EJEMPLOS DE RESULTADOS DE LA IMPLANTACIÓN SEIS SIGMA EN EMPRESAS. 38

CAPÍTULO III

3. PROCEDIMIENTO PARA IMPLANTAR LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA.

- 3.1. DEFINIR. 41
 - 3.1.1. INTRODUCCIÓN. 42
 - 3.1.2. PLAN DE TRABAJO Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 44
 - 3.1.3. MAPA DE PROCESO (SIPOC). 55
 - 3.1.4. VOZ DEL CLIENTE (VOC). 71

3.2.	MEDIR.	83
3.2.1.	INTRODUCCIÓN.	84
3.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES Y RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN.	87
3.2.3.	MUESTREO.	94
3.2.4.	VALIDACIÓN GAGE R&R.	99
3.2.5.	PATRÓN DE DATOS.	101
3.2.6.	CAPACIDAD DEL PROCESO.	112
3.3.	ANALIZAR.	119
3.3.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA CAUSA RAÍZ DEL PROBLEMA.	120
3.3.2.	PRUEBAS DE HIPÓTESIS Y ANÁLISIS DE REGRESIÓN.	123
3.3.3.	DISEÑO DE EXPERIMENTOS.	125
3.4.	INNOVAR E IMPLEMENTAR.	127
3.4.1.	DESCRIPCIÓN.	128
3.5.	CONTROLAR.	132
3.5.1.	DESCRIPCIÓN.	133
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	138
	BIBLIOGRAFÍA.	140

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas viven un proceso de cambio acelerado y de competitividad en una economía global, marco que hace necesario el cambio de enfoque de la gestión administrativa en las organizaciones.

En esta etapa de cambio, las empresas están obligadas a adoptar modelos de administración participativa, tomando como base central al elemento humano, desarrollando el trabajo en equipo, para alcanzar la competitividad y responder de manera idónea la creciente demanda de productos de óptima calidad y de servicios a todo nivel, cada vez más eficiente, rápido y de mejor calidad. Por ello las empresas transnacionales están utilizando la metodología Six Sigma con el objeto de elevar los índices de productividad, lograr mayor eficiencia y brindar servicios de calidad. Misma que se desarrolla en la presente tesis.

Six Sigma¹ es un método de mejora creado por Motorola y actualmente es considerado como una estrategia de negocios; tiene por objetivo el atacar la variabilidad de los procesos mediante el desarrollo de controles (métricas) para el monitoreo del desempeño de los procesos. Se conforma por cinco pasos (DMAI²C)² y se basa en el parámetro sigma (σ)³; donde 6 Sigma es igual a 3.4 DPMO⁴; obteniendo como resultado un parámetro estándar entre empresas iguales o diferentes con el fin de medir la calidad.

Podemos destacar empresas como General Electric, Motorola, Honeywell, Texas Instruments, Sony, Kodak, Bombadier, American Express, Polaroid, Toshiba, Du Pont, Siemens, Ericsson, Dow Chemical, Johnson & Johnson, Citibank, Nokia, Canon, Daimler Chrysler, Air France, Amazon, Honda, Ford, Volvo, Shimano y muchas mas, que actualmente utilizan la metodología.

¹ Six Sigma es marca registrada por Motorola Inc.

² Metodología de Seis Sigma DMAI²C (Definir, Medir, Analizar, Implementar e Innovar y Controlar)

³ En términos estadísticos: Sigma (σ) , indica la desviación estándar (Que es el promedio de lejanía de los puntajes respecto del promedio.)

⁴ DPMO: Defectos Por Millón de Oportunidades.

Por medio de la siguiente tabla se pueden visualizar las diferencias competitivas entre empresas con niveles de sigma distintos.

Tabla de referencia de niveles Sigma ⁵

Porcentaje Fuera de Especificación	DPMO	Nivel Sigma	Comparando Posiciones
69 %	690'000	1	No es Negocio
30.8537 %	308'000	2	No es Competitivo
6.6807 %	66'800	3	Debajo del Promedio de la Industria
0.621 %	6'210	4	Promedio de la Industria
0.0233 %	320	5	Lo Mejor de la Industria.
0.00034 %	3,4	6	Líder en el Mundo.

Profundizar en la calidad es lo que lleva a las empresas a disminuir sus costos, tiempos de producción y aprovechar las materias primas al máximo. En esta época como en el futuro, las organizaciones tendrán que lograr no sólo la satisfacción del cliente mediante productos y servicios de calidad (y de los accionistas mediante una operación rentable) sino también de los otros grupos que de una u otra forma tengan algún interés y esperen algún beneficio de la empresa (empleados, la comunidad y los ecosistemas con los que interactúa.)

Esto requiere que la implantación de programas de mejoramiento continuo se realice con un enfoque sistemático que asegure la congruencia estructural y cultural entre el sistema organizacional y los principios de la calidad. Para ello la filosofía "Seis Sigma" es una herramienta importantísima para las empresas cualesquiera que sea su ramo en el desarrollo y subsistencia en el medio competitivo. Seis sigma aplica para todos los procesos de las compañías desde el área de manufactura hasta los recursos humanos, haciendo de ésta una estrategia global en las corporaciones.

⁵ Tabla obtenida de URL: <http://www.six-sigma-quality.com/sigma-intro.htm>

La presente tesis pretende desarrollar la metodología seis sigma y los aspectos económicos relacionados con su implementación y para lograrlo describo a continuación lo concerniente a cada uno de los capítulos que conforman el trabajo:

En el *primer capítulo* se exponen los antecedentes históricos, conceptos, generalidades de la calidad, la filosofía seis sigma y la estadística básica utilizada en la metodología.

En el *segundo capítulo* se desarrollan los aspectos económicos de la metodología seis sigma, como son los costos de la mala calidad, sus costos de implantación y beneficios, así como también hacemos mención de algunos ejemplos de los logros obtenidos por empresas que han implantado la filosofía seis sigma.

En el *tercer capítulo* se tocan los puntos principales (DMAI²C) en los que esta basada la metodología seis sigma.

Objetivo:

- Plantear los aspectos económicos importantes relacionados con la implantación de Six Sigma.
- Introducir al lector en los conceptos de calidad, proceso de implementación y las herramientas del sistema de calidad seis sigma, analizando sus factores críticos y su importancia en el éxito de una compañía.
- Desarrollar la metodología Six Sigma a escala teórica.
- Denotar la importancia del control de la variabilidad en los procesos.
- Destacar las ventajas y beneficios que obtiene una empresa al aplicar la metodología seis sigma.

Metodología DMAI²C:

DEFINIR: Realización de la selección de un proyecto de mejora continua, como se identifican los protagonistas y afectados del proceso (clientes), como se desarrollan los diagramas de alto nivel, como se debe entender el contexto organizacional y cual es la importancia de la definición de los problemas e identificación de las métricas adecuadas de un proyecto de mejora.

MEDIR: Desarrollo de la detección y la ubicación de la fuente del o de los problemas lo más precisamente posible por medio de un entendimiento real de las condiciones del proceso existente.

ANALIZAR: Demostrar y evidenciar la importancia de las herramientas de la estadística para la justificación de los problemas de un proceso.

INNOVAR E IMPLEMENTAR: Explicación de la metodología utilizada para lograr una solución eficaz y justificada

CONTROLAR: Descripción de la metodología para controlar y documentar el proceso.

CAPÍTULO I

1. CONCEPTOS Y GENERALIDADES

1.1 LA CALIDAD

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El hombre ha ido buscando la manera de facilitar el proceso de su evolución. A medida que pasa el tiempo, inventa mecanismos cada vez más sofisticados para satisfacer sus necesidades primordiales y a la vez los perfecciona. Al mismo tiempo que el hombre evoluciona, aumentan sus necesidades y su ambición de mejorar su nivel de vida. De la manufactura artesanal, sencilla, dirigida a un público minoritario, pasa a la manufactura industrial, sofisticada, impregnada de ciencia y tecnología, que satisface las necesidades de un mercado más amplio, como en el caso de un país.

La historia de la humanidad está directamente ligada con la calidad desde los tiempos más remotos, el hombre al construir sus armas, elaborar sus alimentos y fabricar su vestido observa las características del producto y enseguida procura mejorarlo. La práctica de la verificación de la calidad se remonta a épocas anteriores al nacimiento de Cristo. En el año 2150 A.C., la calidad en la construcción de casas estaba regida por el Código de Hammurabi⁶, cuya regla # 229 establecía que " Si un albañil hace una casa a un hombre y no consolida bien su obra y la casa que acaba de hacer se derrumba y mata a los ocupantes, ese albañil será ejecutado".⁷

Por otro lado los murales egipcios de alrededor de 1450 A.C. muestran actividades de inspección y medición. Durante la edad media surgen mercados con base en el prestigio de la calidad de los productos, ya que los artesanos eran los fabricantes y a su vez éstos mismos eran los que trataban con el cliente directamente lo que hacía que existiese orgullo por la calidad del trabajo. Con lo cual se popularizó la costumbre de ponerles marca y con esta práctica se desarrolló el interés de mantener una buena reputación (las sedas de damasco y la porcelana china.) Por lo que la inspección artesanal de un proceso era responsabilidad del productor que era el mismo artesano.

⁶ Código de Hammurabi: Es el código de leyes que unifica los diferentes códigos en el imperio babilónico en la antigua Mesopotámica.

⁷ URL: <http://clio.rediris.es/fichas/hammurabi.htm>

Entrados en la era de la Revolución Industrial la situación cambió, de tal manera que el taller fue cediendo parte a la fabricación masiva de productos (producción en serie); y de esta forma la función de inspección llega a formar parte vital del proceso productivo y es realizada por el mismo operario (el objeto de la inspección simplemente señalaba los productos que no se ajustaban a los estándares deseados.)

La Revolución Industrial se inicia en Inglaterra en el siglo XVIII, y podría definirse como la sustitución progresiva de la fuerza y de las herramientas manuales por la máquina. Donde se comienzan a producir piezas intercambiables para por ejemplo mosquetones; estos se comenzaron a fabricar con dimensiones fijas y uso de partes intercambiables; para lograr realizar la producción de mosquetones se tuvo que introducir una norma y así poder obtener estas mismas partes intercambiables.

LAS CUATRO ERAS DE LA CALIDAD⁸

La calidad ha evolucionado a través de 4 eras:

- Inspección (siglo XIX): Detección y solución de los problemas generados por la falta de uniformidad del producto.
- Control estadístico (30's): enfocada al control y métodos estadísticos de los procesos para la reducción de los niveles de inspección. Establecieron normas estrictas a proveedores así como se crearon tablas de muestreo.
- Aseguramiento de la calidad (50's): necesidad de involucrar a todos los departamentos de la organización en la calidad. Control estadístico.
- Administración, Estrategia de la calidad total (90's): importancia en el mercado y en las necesidades del consumidor, reconociendo el efecto estratégico de la calidad como una oportunidad de competitividad.

⁸ URL: <http://www.monografias.com/trabajos7/cato1/cato12.shtml>

ADMINISTRACIÓN CIENTÍFICA⁹

FREDERICK WINSLOW TAYLOR (1856-1915)

Reconocido como "padre de la administración científica", fundador de la administración científica, nació en Filadelfia, USA. Ingresó en una compañía que fabricaba lingotes de acero y ascendiendo hasta el puesto más alto. Su principal contribución fue demostrar que la Administración científica no es un grupo de técnicas de eficiencia o incentivos sino una filosofía en virtud de la cual la gerencia reconoce que su objetivo es buscar científicamente los mejores métodos de trabajo a través del entrenamiento y de los tiempos y movimientos. Aportó los siguientes principios administrativos: Estudio de Tiempos y Movimientos, Selección de obreros, Responsabilidad compartida y la Aplicación a la administración.

HENRY LAWRENCE GANTT (1861-1919)¹⁰

Estableció un sistema de remuneración a los obreros a los que llamo primas y tareas de Gantt; que le permita obtener mayor cooperación de sus trabajadores, al fijarles una tarea bien definida. Su aportación más relevante fue el desarrollo de técnicas gráficas para planear y controlar, las cuales en la actualidad llevan su nombre (gráfica de Gantt)

ADMINISTRACION MODERNA

HENRY FAYOL (1841-1925)¹¹

Conocido como "padre de la teoría administrativa moderna". Dividió las operaciones industriales en seis grupos que se denominaron funciones básicas de la empresa: **Técnicas** (producción de bienes o de servicios de la empresa), **comerciales** (compras, ventas e intercambios), **financieras** (gerencia de capitales), **seguridad** (protección y preservación de los bienes de las personas), **contables** (inventarios, registros, balances, costos y estadísticas), **administrativas** (coordinan y sincronizan las demás funciones de la empresa)

⁹ Harold Koontz, Heinz Weihrich. ADMINISTRACION una perspectiva global. Mc Graw Hill, México, 1ª 1999. 16-21

¹⁰ Discípulo y colaborador de Taylor URL: <http://www.monografias.com/trabajos5/sisteco/sisteco.shtml>

¹¹ URL: <http://www.monografia.com/trabajos5/sisteco/sisteco.shtml>

PRECURSORES DE LA CALIDAD

EDWARDS W. DEMING (1900-1993)¹²

Nació en Wyoming, USA. Dedicó su trabajo al control estadístico de la calidad. Introdujo el control de calidad en Japón después de la segunda guerra mundial; asumió y desarrolló los planteamientos de Deming y los convirtió en el eje de su estrategia de desarrollo nacional. Considera la estadística como instrumento valioso para la medición de la calidad.

JOSEPH M. JURAN (1904-)¹³

Desarrolló la técnica de los *costos de calidad*, elaboro un manual de calidad (de contenido administrativo enfocado a la planeación, organización y responsabilidad) Afirma que la alta administración es la responsable del cambio, abogando por crear el cambio cuando el proceso necesita mejorarse y por prevenir el cambio cuando los problemas son esporádicos.

PHILIP B. CROSBY (1926-2001)¹⁴

Menciona que la calidad es gratis, definiéndola como "el cumplimiento de normas y requerimientos precisos" e indicando que el 100% de la conformidad es igual a cero defectos. Establece que en las organizaciones que no se trabaja con un plan que contemple la calidad, los re-procesos y desperdicios alcanzan del 20 al 40%. Promueve sus 14 pasos para administrar la calidad en otro libro denominado " Calidad sin Lágrimas ". Autor del libro "La Calidad es Gratis ", se le conoce por su lema de *cero defectos*.

ARMAND V. FEIGENBAUM (1922 -)¹⁵

Ingeniero doctorado por el MIT, fue quien acuñó el nombre de CONTROL TOTAL DE CALIDAD, viendo el enfoque sistémico (las partes y sus interrelaciones.) Escribió un libro con el nombre de Control Total de Calidad en los 40's, en donde establece que el CTC se logra cuando todas las áreas y todas las personas de una institución trabajan hacia la calidad.

¹² The W. Edwards Deming Institute. URL: <http://www.deming.org/>

¹³ Juran Institute. URL: <http://www.juran.es/drjuran.html>

¹⁴ Philip Crosby Associates II, Inc. URL: <http://www.philipcrosby.com.mx/bio.htm>

¹⁵ <http://www.geocities.com/WallStreet/Exchange/9158/tco.htm>

KAORU ISHIKAWA (1915- 1989)¹⁶

Participó en el movimiento de calidad japonés, siendo sus principales contribuciones el *diagrama de causa y efecto*, también conocido como *diagrama de pescado* o *diagrama de ishikawa*. Integró lo que hoy se conoce como *las siete herramientas estadísticas básicas del CTC*. Entre sus libros se encuentra: "¿Qué es el Control Total de Calidad?", Donde indica que el CTC en Japón se caracteriza por la participación de todos, desde los más altos directivos hasta los empleados más bajos.

SHIGEO SHINGO (1909-1990)¹⁷

Ingeniero de manufactura japonés. Creador del Poka-yoke. Ya que son inminentes los errores humanos en el trabajo se usa esta técnica para evitar estos simples errores. Se aplica esta técnica a trabajos donde creativamente se crean dispositivos sencillos para el desarrollo de las labores del trabajador.

GENICHI TAGUCHI (1924-)¹⁸

Ingeniero en Electrónica con Doctorado en Estadística, reconocido por sus estudios de *capacidad del proceso* y su metodología de *diseño de experimentos*. Afirma que todo desperdicio, reproceso o falta de calidad tiene un costo para la sociedad. Desarrolló el *método taguchi* para efectuar diseño de experimentos y diseños robustos.

¹⁶ URL: <http://www.gerenciasalud.com/art53.htm>

¹⁷ EVANS 229, Admón. y control de calidad

¹⁸ URL: http://www.asispain.com/Contactos/Biografias/Genichi_Taguchi.html

CALIDAD

- Es el reto de hacer las cosas bien a la primera.
- Es el conjunto de características de un producto o servicio que satisface las necesidades del destinatario (cliente).
- Es un conjunto de características de un producto o servicio que tiene la habilidad de satisfacer las necesidades del cliente.
- Es cumplir las especificaciones.
- Es un grado predecible de fiabilidad y uniformidad a bajo costo y adecuado a las necesidades del mercado.
- Es lo que el cliente está dispuesto a pagar, en función de lo que obtiene y valora.

Calidad (Deming): Ofrecer a bajo costo productos y servicios que satisfagan a los clientes. Implica un compromiso con la innovación y mejora continuas.

Calidad (Juran): Uno de los elementos clave de la definición de la calidad es la "adecuación de uso" de un producto.

Calidad (Crosby): La explica desde una perspectiva de ingeniería como el cumplimiento de normas y requerimientos precisos. Su lema es "Hacerlo bien a la primera vez y conseguir cero defectos".

Concepción europea¹⁹: Aptitud para satisfacer unas necesidades expresadas o implícitas.

Concepción japonesa²⁰: Engloba la satisfacción del cliente con los objetivos internos de la empresa.

Principios de la calidad

- Cumplimiento de los requerimientos del cliente.
- Hacer el trabajo bien a la primera.
- Potenciar la prevención.
- Definición de índices y objetivos de calidad.

¹⁹ URL: <http://www.empresarios-as.com>

²⁰ Ibid.

Fallas del Control de Calidad:

- Es el excesivo intervalo de tiempo entre la detección del problema y el ajuste del proceso.
- Aumento de los costos por pérdidas e inspección.
- Deja fuera el control de procesos que no están ligados a la producción. (Administrativos)

Evolución del concepto calidad:

- Inspección.
- Control estadístico.
- Control de proceso.
- Aseguramiento del diseño.
- Calidad Total.

Aseguramiento de la calidad²¹

Su objetivo es mejorar la competitividad; partiendo del trabajo bien hecho, de la mejora continua, con la colaboración de toda la empresa responsabilizándose con un compromiso por la calidad, trabajando en equipo por la mejora permanente, prevención de errores y la eliminación temprana de los defectos, la fijación de objetivos por la mejora, seguimiento de resultados, indicadores de gestión, calidad como factor estratégico y finalmente la satisfacción del cliente con calidad, precio y plazo.

Obstáculos que impiden el aumento de la calidad:

- La dirección no define lo que entiende por calidad.
- Todos creen en su concepto, pocos en su importancia y son menos lo que la practican.
- No se trata de hacer las cosas bien a la primera, si no de que el cliente opine y nos exprese los requerimientos con los que está satisfecho.

²¹ URL: <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/evolucioncalidad.htm>

La calidad es una forma de gestionar a la empresa con el objetivo de mejorar la calidad en toda la organización a través de la mejora continua. Los pasos a seguir son: Planificar, Optimizar, Ejecutar, Evaluar e Informar; todo esto dentro de un proceso de mejora continua.

La calidad es cumplir con los requerimientos del cliente por lo tanto, no significa que ésta tenga que ser lo bueno ni lo excelente sino lo necesario.

La calidad se debe guiar por la norma de CERO DEFECTOS.

La administración de calidad total (TQM)²² se enfoca a mejoras de operaciones de manera individual con procesos no relacionados y con la consecuencia de que muchos de esos programas (sin importar qué tan comprensivos sean) toman años antes de que las operaciones dentro de un proceso dado (serie de actividades o pasos que crean un producto o servicio) sean mejoradas.

Seis Sigma²³ Se enfoca hacia la satisfacción del cliente utilizando el manejo de datos y metodologías y diseños robustos con objetivos de alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3.4 defectos por millón de oportunidades. Además de realizar mejoras en todas las operaciones dentro del proceso, produciendo resultados más rápidos y efectivos.

²² <http://www.ucab.edu.ve/estudiantes/ceac/calidad.htm>

²³ URL: <http://www.calidade.org/nv/ponencias/Q/14.HTM>

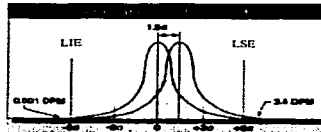
1.2. SEIS SIGMA²⁴

Esta filosofía se inicia en los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola, la cual ha sido ampliamente difundida y adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: G.E., Allied Signal, Sony, Polaroid, Dow Chemical, Fedex, Dupont, NASA, Lockheed, Bombardier, Toshiba, J&J, Ford, ABB, Black & Decker, etc.

Su aplicación requiere del uso intensivo de herramientas y metodologías estadísticas(en su mayoría) para eliminar la variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados, con el mínimo posible de defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente. Esto contrasta con la forma tradicional de asegurar la calidad, al inspeccionar post-mortem y tratar de corregir los defectos, una vez producidos.

Un proceso con una curva de capacidad afinada para seis sigma, es capaz de producir con un mínimo de hasta 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), lo que equivale a un nivel de calidad del 99.9997.

Este nivel de calidad se aproxima al ideal del cero-defectos y puede ser aplicado no sólo a procesos industriales de manufactura, sino también en procesos transaccionales y comerciales de cualquier tipo, como por ejemplo: en servicios financieros, logísticos, mercantiles, etc



Distribución proceso centrada (corto plazo) y recorrida 1.5 sigmas (largo plazo).²⁵

²⁴ Historia y descripción obtenida de URL: <http://www.seis-sigma.com/generic.html?pid=0>

²⁵ La capacidad en sigmas se mide por la distancia entre la media del proceso y los límites de especificación (LIE o LSE) más cercano. Fuente: Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. Revista contaduría y Administración. Primitivo Reyes Aguilar. No. 25, abril-junio 2002.

HISTORIA

“Six Sigma”²⁶ (seis sigma) se inicia en Motorola cuando un ingeniero (Mikel Harry) comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación 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 (σ). Esta iniciativa se convirtió en el punto focal del esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, capturando la atención del entonces CEO (Son los individuos de la gerencia mayor que fijan, comunican y conducen los objetivos del negocio) de Motorola: Bob Galvin. Con el apoyo de Galvin, se hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación sino también en la mejora continua, estableciendo como meta obtener 3,4 defectos (por millón de oportunidades) en los procesos; algo casi cercano a la perfección.²⁷

Seis Sigma: Es una metodología para proyectos específicos que atacan la variabilidad del proceso para eliminar defectos y se enfoca hacia la realización de las mejoras en todas las operaciones dentro del proceso, produciendo resultados más rápidos y efectivos.²⁸

Es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón. Adicionalmente, otros efectos obtenidos son: reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y más importante aún, efectos dramáticos en el desempeño financiero de la organización.

²⁶ Six Sigma es un nombre registrado por Motorola Inc. de EUA.

²⁷ URL: <http://www.seis-sigma.com/generic.html?pid=0>

²⁸ Six Sigma, The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations by Mikel J. Harry

Descriptivamente la variabilidad son aquellos elementos que hacen que un proceso sea irreplicable. Con irreplicable; me refiero a que un proceso cual quiera que sea el caso, no será totalmente repetible ya que hay ciertas o pequeñas variables que hacen que los procesos sean diferentes unos de otros. Estrictamente no podemos decir que un proceso es *perfectamente repetible* ya que siempre existen multitudes de variables en todo el ciclo de actividades.

Medición de la variabilidad²⁹

Esta medición puede llegar a ser muy complicada o muy sencilla dependiendo de lo que se este analizando y poniendo como ejemplo un proceso que nos genera tiempos y de estos mismos obtenemos un promedio (\bar{x}) de los datos.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad \text{Siendo } x_i \text{ de } i = 1 \text{ hasta } n$$

Estos datos pueden tener una gran dispersión o estar muy cerca uno de otro, del valor medio. Realizando una representación grafica de barras (histograma) y colocando sobre cada intervalo un rectángulo de altura proporcional al número de tiempos que caen dentro de dicho intervalo, y así observamos la dispersión de los datos generados.³⁰

Otra manera es calculando σ (sigma) que es un parámetro estadístico que mide cuán grande es la dispersión de los tiempos alrededor del valor medio o central. Sigma es la dispersión típica de una variable aleatoria³¹.

$$\sigma = \sqrt{\left(\sum (x_i - \bar{x})^2 / n - 1\right)} \quad \bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

²⁹ Enric Barba, Francesc Boix, Lluís Cuatrecasas; SEIS SIGMA. Una iniciativa de calidad total, Gestión 2000.com, España, 2000, p. 21-22

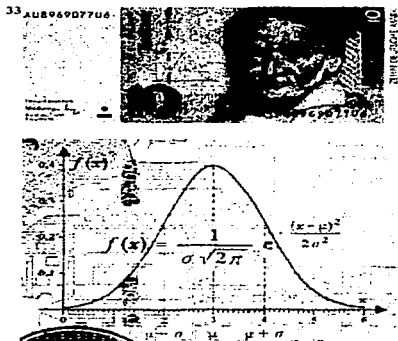
³⁰ Peter S. Pande. The Six Sigma Way, The Fieldbook An Implementation Guide for Process Improvement Teams. 186-90.

³¹ Variable aleatoria: Función que asocia un número real, perfectamente definido, a cada punto muestral.

Descripción de la campana de Gauss

La densidad de probabilidad es el área bajo la curva que se forma por el grupo de datos que se representan en un histograma (esa curva se denomina la campana de Gauss) y de aquí se obtiene μ (el valor medio) y σ (la desviación típica) En el hecho de que μ varíe se modifica la posición de la campana por el simple motivo de que varía el valor medio; en cambio si σ varía, la forma de la campana cambia de forma de la siguiente manera: σ más pequeña, la campana se hará más estrecha y por consiguiente la dispersión será menor e inversamente si σ aumenta la campana será más ancha y tendremos mayor dispersión.

Toda el área bajo la curva es el 100% y son todas las probabilidades que se tienen. La mitad de la campana forma el 50% del 100% de las probabilidades.³²



$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

La distribución de una variable normal esta completamente determinadas por pos parámetros, su media (μ) y su desviación estándar (σ).

Se dice que una característica x sigue una distribución normal de media (μ) y varianza (σ^2).

En el billete alemán de 10 marcos aparece Carl Friedrich Gauss (1777-1855), acompañado de la grafica de distribución normal (normalmente conocida como la campana de Gauss).

³² URL: <http://www.seissigma.com/>

³³ Billete alemán URL: www.uned.es/psico-doctorado-interuniversitario/Tablon/curiosidades.htm

17

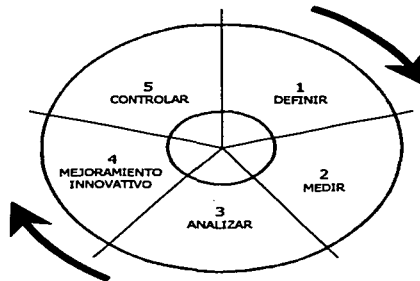
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EL MÉTODO DMAI²C DE SEIS SIGMA³⁴

Seis Sigma es una metodología estandarizada que utiliza herramientas y métodos estadísticos, enfocada a la mejora. El utilizar un método de mejoramiento nos proporciona un marco de referencia, así como un lenguaje en común, previene que se obvien pasos críticos y permite mejorar la forma de mejora. La visión general del método DMAI²C; *Definir* los problemas y situaciones a mejorar, *Medir* para obtener la información y los datos, *Analizar* la información recolectada, *Incorporar* y *emprender* mejoras al o a los procesos y finalmente, *Controlar* o rediseñar los procesos existentes, con la finalidad de alcanzar etapas óptimas, lo que a su vez genera un ciclo de mejora continua.

Metodología de 5 Pasos DMAI²C

- 1) Definir
- 2) Medir
- 3) Analizar
- 4) Innovar / Mejorar
- 5) Controlar



DMAI²C

³⁴ Mikel J. Harry, Six Sigma, The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations. 13-17.

HERRAMIENTAS UTILIZADAS³⁵

Dentro del arsenal de herramientas utilizadas para soportar Seis Sigma, se encuentran casi todas las conocidas en el mundo de la calidad tradicional. Se pueden mencionar entre otras:

- Proceso de Mejora Continua.
- Diseño / Rediseño de Procesos.
- Análisis de Varianza, ANOVA.
- Cuadro de Mando Integral, BSC.
- La Voz del Cliente, VOC.
- Pensamiento Creativo.
- Diseño de Experimentos, DoE.
- Gerencia de los Procesos.
- Control Estadístico de Procesos, SPC.

ELEMENTOS CLAVE

Los elementos clave que soportan la filosofía Seis Sigma y que aseguran una adecuada aplicación de las herramientas, así como el éxito de esta iniciativa como estrategia de negocios, son los siguientes:

Identificación de los elementos Críticos para la Calidad (CTQ), de los clientes *Externos*.

Identificación de los elementos Críticos para la Calidad (CTQ), de los clientes *Internos*.

Realización de los análisis de los modos y efectos de las fallas (FMEA).

Utilización del Diseño de Experimentos (DoE), para la identificación de las variables críticas.

Hacer Benchmarking permanente y establecer los objetivos a alcanzar, sin ambigüedades.

³⁵ Son algunas de las herramientas utilizadas por Seis Sigma. URL: <http://www.isixsigma.com/t/>

El soporte y compromiso por parte de la Alta Gerencia es vital y fundamental, para lo cual se entrenan y definen los Maestros (también conocidos como *Champions*), quienes son los dueños de los proyectos críticos para la organización. Para desarrollar estos proyectos se escogen y preparan Expertos (conocidos como: "*Master Black Belt*", "*Black Belt*", "*Green Belt*"³⁶), quienes se convierten en agentes de cambio para impulsar y desarrollar estos proyectos, en conjunto con los equipos de trabajo seleccionados para los mismos. También existe una persona que se dedica en dar apoyo al equipo durante el proyecto y a este protagonista se le denomina "*Sponsor*".

SEIS SIGMA UN INSTRUMENTO PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD

Son numerosas las empresas que están utilizando la metodología de Seis Sigma y las razones son múltiples. Podemos mencionar por ejemplo que la metodología Seis Sigma se hace imperativo cuando hay que evaluar y mejorar la capacidad de los procesos, reducir su complejidad y obtener el control de los mismos. Y un punto importante de la filosofía que la aventaja sobre las demás; es, que es aplicable en todos los niveles de la compañía desde los procesos hasta los servicios.

Beneficios de usar un método de Mejora:

Proporciona un marco de referencia

Establece un lenguaje común

Suministra una lista de verificación para prevenir que se obvien pasos críticos

Le permite mejorar la forma de mejora

³⁶ *Champions, Sponsor, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt son los niveles de entrenamiento en la metodología Six Sigma e indican el status y están registrados por Motorola Inc.*

La metodología **DMAI²C**³⁷ se desarrolla de la siguiente forma: (Definir, Medir, Analizar, Innovar e Implementar y Controlar)

DEFINIR: Se desarrolla el caso del negocio y los recursos asociados a una constitución tentativa, elaborar un mapa del proceso actual y escuchar la voz del cliente.

En la constitución de un equipo los elementos asociados al mismo son: Propósito, importancia, alcance (enfoque y dirección), resultados, mediciones (indicadores), recursos disponibles del equipo.

Al decir que se tiene que elaborar un mapa del proceso actual; me refiero a que se debe tener una visión de alto nivel del proceso ya que el contar con esta herramienta nos ayudará a definir los límites del proyecto (puntos de iniciación y finalización). Este mapa del proceso se aplica para todo tipo de trabajo, ya sea repetitivo o único en su clase.

VOC³⁸: Voz del cliente: En este punto se escucha la voz del cliente e identifican los clientes del proceso y se les realizan encuestas sobre lo que ellos quieren; como clientes del proceso y de esta forma generan sus necesidades y así localizamos los puntos críticos para satisfacer la calidad de los clientes **CTQ**³⁹.

Se deberá contar con un enunciado sólido del proyecto a partir de esta etapa.

MEDIR: Siendo la llave de transición en el camino de la metodología seis sigma, donde el equipo decide que métricas son las que se elegirán, en este momento se redefine el problema del proyecto y como resultados obtendremos la información que ubica el sitio de ocurrencia del problema, información básica sobre el sigma del proceso actual y un enunciado más enfocado al problema. Por lo que este paso se basa en recolectar información que permita un entendimiento basado en hechos y datos de lo que sucede en el proceso que se quiere mejorar. Toda esta información proveerá la base para llegar a la etapa de **ANALIZAR**.

³⁷ **DMAI²C** -- Del inglés D=Define, M=Measure, I²=Innovative e Improvement, Control. (Definir, Medir, Analizar, Innovar e Implementar y Controlar).

³⁸ **VOC** -- Del Inglés: Voice of the Customer (Voz del Cliente).

³⁹ **CTQ** -- Del Inglés: Critical to Quality (Críticos para la Calidad).

El paso de medir comprende lo siguiente: Recolectar información básica sobre defectos y sus causas posibles, desarrollar una estrategia de muestreo, validar el sistema de medición, analizar patrones de comportamiento en sus datos y determinar la capacidad del proceso.

Se realiza un formato para la recolección de información; el que deberá incluir los siguientes datos básicos: Nombre del proyecto, relación de las preguntas que se quieren responder, se debe definir aquellos datos a medir (tipos de medición y tipos de datos), también se debe definir el método operacional y procedimientos (cómo se mide, condiciones afines para registrar, notas de muestreo, cómo y dónde se registran (anexado el formato de registro)), como se puede garantizar la estabilidad y consistencia, adjuntar detalles del plan para la recolección de información (adjuntando detalles si se considera necesario) y como se va a presentar la información obtenida.

ANALIZAR: El objetivo de este paso es identificar las causas de origen raíz del problema para poder confirmarlas con datos y así se genere una teoría que pueda probarse y confirmarse.

Los métodos utilizados en esta etapa son: Análisis de proceso, ANOVA, multi-varianza, organización de causas, hipótesis, regresiones, diseño de experimentos y optimización de los mismos.

Al concluir esta etapa se tendrán unas bases bien sustentadas para las soluciones a las que se llegarán en el siguiente paso Mejoramiento e Innovación.

La metodología a seguir es la de realizar un enunciado bien enfocado del problema, umbral de proceso contra umbral de datos, ordenando las causas potenciales, pruebas de hipótesis, análisis de regresión, diseño de experimentos y superficies de respuesta.

Aplicar diagrama de causa y efecto (Diagrama de pescado)

Identificar las actividades que agregan valor y las que no agregan valor; para ello se debe realizar una matriz del valor e identificar las porciones específicas de tiempo que no agregan valor por medio de la matriz de análisis. Con ella se clarifican no solamente las clases de desperdicio que tiene el proceso, sino también la contribución de cada paso al total de valor no agregado.

MEJORAMIENTO E INNOVACIÓN: El objetivo de este paso es desarrollar, ensayar e implementar soluciones que apunten hacia las causas origen; para obtener como resultado acciones planificadas que deben eliminar o reducir el impacto de las causas raíces cuantificadas.

Se parte de las causas comprobadas identificadas en la etapa de Analizar, se decide si se debe o no realizar mejoramiento iterativo o rediseño fundamental, se desarrollan e implementan soluciones específicas enfocadas hacia las causas ya verificadas, se plantean y ejecutan planes de implementación y se planifica como se van a evaluar los resultados en la etapa de controlar.

CONTROLAR: El objetivo de esta etapa es usar datos para evaluar tanto las soluciones como los planes, validar lo anterior, mantener las ganancias por medio de estandarización de procesos, se identifican los pasos a seguir para un mejoramiento continuo. Como resultados se obtiene un análisis de antes y después, vigilar el sistema, documentación completa de resultados, experiencias y recomendaciones.

1.3. ESTADÍSTICA

INTRODUCCIÓN Y DEFINICIÓN DE LA ESTADÍSTICA

El término de "estadística" se derivó del vocablo "estado", porque ha sido función tradicional del los gobiernos centrales llevar registros de población, nacimientos, defunciones, profesiones, cosechas y muchas otras clases de cosas y actividades. Contar y medir estos hechos genera muchas clases de datos numéricos.⁴⁰

Definición tradicional de estadística: la colección, organización, resumen y presentación de datos numéricos. Actualmente la estadística es una rama de la matemática aplicada que colecciona, clasifica y evalúa o analiza datos como base para inferencias o conclusiones válidas, así como para tomar decisiones en base a ese análisis.

LA ESTADÍSTICA COMO BASE FUNDAMENTAL EN LA TOMA DE DECISIONES.

ESTADÍSTICA Y PROBABILIDAD⁴¹

- La probabilidad es el estudio de fenómenos puramente aleatorios
- La Estadística se describe como la ciencia o el arte de reunir y analizar datos e inferir consecuencias a partir de estos elementos.

Como el azar afecta tanto a la reunión de datos como a su análisis, y se debe tener en cuenta al hacer inferencias, el tener conocimientos en estadística implica poseer una buen base sobre la teoría de la probabilidad.

⁴⁰ María José Marques de Cantu; **PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA**, Mc Graw Hill, México, 1991, p. 1

⁴¹ *Ibid.* Marques de Cantu, p. 1

HISTORIA DE LA ESTADÍSTICA

De gran importancia en el desarrollo de la estadística ha sido la curva normal. La ecuación de esta curva fue publicada por primera vez en 1733 por De Moivre. Pero De Moivre no tenía idea de su aplicación en observaciones experimentales y su publicación sería conocida hasta que Karl Pearson la encontró en una Biblioteca en 1924. Sin embargo, esta ecuación también fue descubierta posteriormente por dos astrónomos y matemáticos: Laplace (1749-1855) independientemente, hoy en día se conoce también como la curva de Gauss o campana de Gauss.⁴²

TIPOS DE DATOS: ⁴³

- Cuantitativos
- Cualitativos

Los datos Cuantitativos son tanto los datos Continuos como los Discretos.

Los datos Cualitativos son los Ordinales y los Nominales. Para trabajar con ellos hay que convertirlos a números.

Datos Nominales: Comprenden categorías, como sexo, color, paciente con o sin síntomas de determinada enfermedad, etc.

Datos Ordinales o jerarquizados: Estos datos se refieren a evaluaciones subjetivas según preferencias o logro. Por ejemplo si un investigador desea analizar el efecto de cierta lesión cerebral sobre la conducta materna en los ratones, uno de los criterios para medir la conducta materna es la calidad del nido que construye la hembra. El experimentador puede establecer entonces, ciertos criterios que hagan posible evaluar un nido como excelente, bueno, regular o malo. Estos términos son reducidos luego a números 1, 2, 3, y 4, calificándose así los nidos en orden creciente de calidad.

⁴² Marques de Cantu, p. 2.

⁴³ Marques de Cantu, p. 180-183

POBLACION	CONTINUOS	DISCRETOS	NOMINALES	ORDINALES
Ratas de Laboratorio	Peso, edad	Número de crías por rata	Color: negro, blanco, gris	Calidad del nido: Excelente, bueno, regular, malo
Automóviles	Peso, longitud	Número de defectos por auto	Colores	Tamaño

PARA DATOS CUALITATIVOS:⁴⁴

Si los datos son cualitativos simplemente se agrupan según la frecuencia y la proporción o porcentaje de cada categoría y se representan gráficamente mediante diagramas circulares (gráficas de pastel) y diagramas de barras.

Por ejemplo: De 80 cuyos observados 48 son blancos, 12 negros, 16 manchados de blanco, negro y pardo y, 4 son pardos

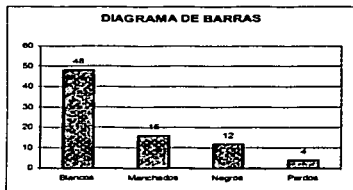
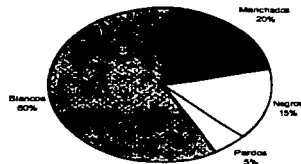


DIAGRAMA CIRCULAR



⁴⁴ Marques de Cantu, p. 180-183

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PARA LOS DATOS CUANTITATIVOS⁴⁵ –Medidas de tendencia central y de variabilidad o de dispersión.

Dependiendo del tamaño de la muestra se tratarán en forma agrupada o no. Si se tienen muchos datos diferentes es conveniente agruparlos en clases o intervalos, ya que su distribución de frecuencias y gráficas resultan muy complicadas y hasta confusas. El agrupar datos causa pérdida de exactitud en las medidas obtenidas de las distribuciones o gráficas.

Características que podemos obtener de un grupo de datos:

1. - **PROMEDIO:** Es el valor central o típico de un conjunto de datos. A los promedios también se les llama **MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL** y los más frecuentes son

- o Media Aritmética
- o Mediana
- o Moda
- o Media Geométrica
- o Media Armónica
- o Media Ponderada

2. - **MEDIDAS DE VARIABILIDAD o DISPERSIÓN:** Es la tendencia de los valores a agruparse en la cercanía de un valor promedio. Para saber que tan cerca o alejados están los valores uno del otro se utilizan las siguientes medidas:

- o Amplitud Total o Rango
- o Varianza
- o Desviación Estándar
- o Desviación Media
- o Coeficiente de Variación

⁴⁵ Marques de Cantu, p. 180-183

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y VARIABILIDAD O DISPERSIÓN PARA DATOS NO AGRUPADOS Y DATOS AGRUPADOS.⁴⁶

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL PARA DATOS NO AGRUPADOS

MEDIA ARITMÉTICA

Es la media de tendencia central más utilizada en estadística y es la que se conoce como el promedio de la observaciones, sin embargo, debido a la confusión que hay con el término promedio, los estadísticos han decidido de manera unánime llamarla “media aritmética” o simplemente “media”

La media aritmética de un conjunto de n observaciones X_1, X_2, \dots, X_n que es igual a la suma de las observaciones divididas entre n . En forma simbólica, la media muestral es:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

MEDIANA

La mediana representada por M_d o P_{50} , es el valor central de una serie cuando los valores se disponen según su magnitud, y es aquel que divide a una serie de tal forma que 50% de los valores son menores o iguales que él, y 50% de los valores son mayores o iguales que él.

Dado que la media es un valor posicional (en comparación con la naturaleza aritmética de la media), se ve menos afectada por valores extremos dentro del grupo, que la media. Esta propiedad de la mediana la convierte en algunos casos, en una útil medida de tendencia central.

⁴⁶ Marques de Cantu, p. 184-194

MODA⁴⁷

La moda se denota por M o Mo y es el valor que con más frecuencia se presenta en un conjunto de datos. Es muy fácil de determinar, basta con observar detenidamente al conjuntos de datos y ver cual es el que más se repite; sin embargo, no es muy útil por que puede ocurrir que una distribución tenga dos o más valores que se repitan con la misma frecuencia, en tal caso se tienen dos o más modas. También puede ocurrir que no exista ningún valor que se repita y entonces no habrá moda. Por otra parte puede ser un valor extremo el de mayor frecuencia y difícilmente podrá ser considerado una medida de tendencia central.

MEDIA GEOMÉTRICA⁴⁸

La media geométrica (G) de un conjunto de n observaciones X1, X2, ..., Xn, es la raíz n-ésima del producto de la n observaciones. La Media geométrica se emplea en microbiología para calcular títulos de disolución promedio y para promediar cantidades en forma de proporciones y tasas de crecimiento y en general cuando convenga hacer una transformación logarítmica, ya que:

$$\log G = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cdot \log X_i$$

MEDIA ARMÓNICA⁴⁹

La media armónica (H) de n observaciones X1, X2, ..., Xn es el inverso (multiplicativo) de la media aritmética de los inversos de las observaciones.

$$H = \frac{n}{\sum \frac{1}{X_i}}$$

⁴⁷ Marques de Cantu, p. 186.

⁴⁸ *Ibid.*, pag. 189.

⁴⁹ *Ibid.*, pag. 192.

MEDIA PONDERADA⁵⁰

En general si se tienen n observaciones con X_1, X_2, \dots, X_n , con pesos respectivos W_1, W_2, \dots, W_n , la media ponderada de las n observaciones se define como:

$$\bar{X}_w = \frac{\sum W_i X_i}{\sum W_i}$$

MEDIDAS DE DISPERSIÓN O VARIABILIDAD PARA DATOS NO AGRUPADOS

AMPLITUD RANGO O RECORRIDO⁵¹

El rango es la medida de la distancia total en la escala numérica a lo largo de la cual varían las observaciones y se define como la diferencia entre la observación máxima (X_n) y la mínima (X_1).

$$R = X_n - X_1$$

Con el rango no se obtiene una idea clara de la dispersión, puesto que varias distribuciones diferentes pueden tener la misma amplitud o rango.

DESVIACIÓN MEDIA⁵²

Si \bar{X} es la media de un conjunto de n observaciones, la desviación de la media de cada observación es ($X_i - \bar{X}$), la suma de todas estas desviaciones es cero, porque unas desviaciones son positivas y otras son negativas, por lo tanto la suma de estas desviaciones no nos sirven como una medida de dispersión o variabilidad del conjunto de datos. Pero, si se omite el signo de estas desviaciones; es decir, se considera su valor absoluto, se suman y se dividen entre n , tenemos la media de los valores absolutos de las desviaciones, que es el promedio de las distancias a la media. A esta medida se le llama desviación media:

$$D.M. = \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n}$$

⁵⁰ Marques de Cantu, p. 194

⁵¹ Ibid.

⁵² Ibid. pag. 195

VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR o DESVIACIÓN TÍPICA⁴³

Un mecanismo adicional para resolver el problema de la cancelación entre las desviaciones de la media es elevar al cuadrado cada desviación, sumarlas y dividir entre n ; es decir, obtener el promedio de los cuadrados de las desviaciones.

Varianza muestral

$$s^2 = \frac{\sum X_i^2 - n \cdot \bar{X}^2}{n-1}$$

Desviación estándar muestral o desviación típica

$$s = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - n \cdot \bar{X}^2}{n-1}}$$

La interpretación de la desviación estándar es que si la distribución es aproximadamente normal, el intervalo es de la siguiente manera:

1. $\bar{X} \pm s$, Contiene aproximadamente 68% de las observaciones.
2. $\bar{X} \pm 2s$, Contiene aproximadamente 95% de las observaciones.
3. $\bar{X} \pm 3s$, Contiene aproximadamente casi todas las observaciones (99.7%)

COEFICIENTE DE VARIACIÓN⁴⁴

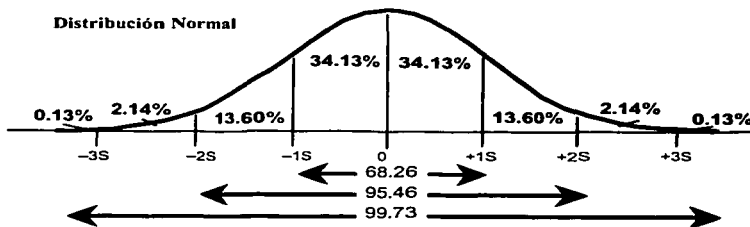
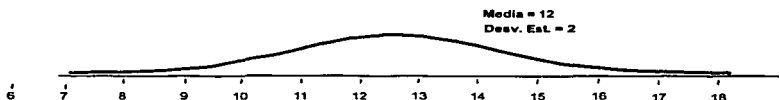
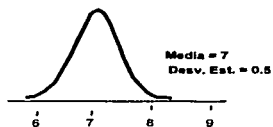
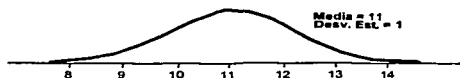
Es una medida de dispersión relativa, pues está exenta de unidades y se expresa en porcentaje. Se usa para comparar distribuciones con diferentes unidades o para comparar las dispersiones de dos distribuciones diferentes. Su fórmula es:

$$C.V. = \frac{s}{\bar{X}} \cdot (100)$$

⁴³ Marques de Cantu, p. 196.

⁴⁴ *Ibid.*, pag. 198.

La Distribución Normal: Es una distribución de probabilidad en la cual el valor de mayor frecuencia de ocurrencia está en la mitad y las otras posibilidades se agrupan simétricamente a su alrededor en ambas direcciones. A esta forma de curva se le da a veces la denominación de campana. Toda Curva Normal se define con dos parámetros: Media (medida de su centralidad.) Y Desviación Estándar: una medida de la dispersión.



7 TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Cálculo de la Media y de la Desviación Estándar

	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
.			
.			
.			
.			
.			
n			
Suma			
Media			
s^2			
S			

Lista de los datos (sin importar el orden)

Sustracción de la media (de cada valor individual)

Elevar al cuadrado las diferencias entre los valores y la media

Sumar los cuadrados de las diferencias

Dividir la suma del paso 5 por $(n-1)$ - el número de datos menos 1

Sumar todos los valores; luego dividir por el número de datos para determinar la media

Sacar la raíz cuadrada de la respuesta del paso 6

ASPECTOS ECONÓMICOS

2.1. EL COSTO DE LA MALA CALIDAD

Actualmente la calidad es cuestión de competitividad y no de supervivencia, por lo que las empresas están obligadas a analizar los aspectos económicos de la calidad, siendo uno de sus principales objetivos el abatir los costos de la mala calidad, desde la mejora de procesos hasta la gestión financiera. Los costos de la mala calidad son la suma de todos aquellos recursos desperdiciados, tales como los asignados al aseguramiento, prevención, desperdicios, reproceso, costos de garantía, ajustes por reclamos, servicios, etc. El costo por concepto de no-calidad constituye una expresión del potencial de crecimiento de la producción y de la optimización de la gama de servicios.

En la metodología de Seis Sigma se utiliza la letra del alfabeto griego (σ) para denotar la variabilidad, en donde la medición está relacionada con las partes defectuosas por millón de oportunidades y que nos indica qué tan frecuentemente los defectos de producción puedan ocurrir o bien que susceptibilidad tenga un proceso de generar un número de defectos.

Tabla de referencia de niveles de Sigma⁵⁵

Rendimiento	DPMO	Nivel Sigma	Costo de Calidad
30.9 %	690'000	1	NA
69.2 %	308'000	2	NA
93.3 %	66'800	3	25-40 %
99.4 %	6'210	4	15-25 %
99.98 %	320	5	5-15 %
99.9997	3.4	6	< 1 %

Costo de calidad como porcentaje de Ventas.

⁵⁵ La tabla de referencia de niveles de Sigma se puede consultar en la página <http://www.Seis-Sigma.Com>

Tabla de comparación de la industria en promedio de diferentes países.⁵⁶

Nivel Seis Sigma	Defectos por Millón (DPM)	Costo de Mala Calidad	Tipo de Industria
3	66'807	25 % - 40 %	Mexicana
4	6'210	15 % - 25 %	Americana y Europea
5	233	5 % - 15 %	Japonesa
6	3.4	< 1 %	---

2.2. INVERSIÓN Y BENEFICIOS DE SU IMPLANTACIÓN.

Cuando se habla de implementar la metodología de Seis Sigma se piensa en la capacitación del personal de la empresa en dicha metodología. La cantidad de recursos requeridos para lograrlo es cuantiosa; pero, analizando los resultados obtenidos por otras empresas y los que podría adquirir la empresa, se visualizan dichos beneficios.

En cuanto a la inversión en la capacitación por persona en Seis Sigma los costos aproximados son los siguientes:

Niveles	Costo	Duración
Green Belt	4'500 a 6'500 USD	8 a 10 días
Black Belt	4'000 a 6'000 USD	20 días
Master Black Belt	12'000 a 14'000 USD	10 días
Champion	5'000 a 6'000 USD	5 días
Executive	1'000 a 1'200 USD	1 día

Promedio de costos de los cursos.⁵⁷

⁵⁶ Tabla de comparativa obtenida de: URL: www.6sigma.com.mx/html/seis_sigma.html

⁵⁷ Tabla promedio obtenida de la web 2003. URL: www.cimat.mx/calidad/Capacitacion/, www.calidad.com.mx/sixsigmajun.asp, www.calidad.org/cgi-local/calidad/listclas.cgi, www.ge6sigma.com/Cursos.htm, <http://www.lean-6sigma.com/id33.htm> y otras.

FORMACIÓN:

Executive: Dirigido a la alta dirección. Dedicados a mejorar o acelerar los resultados de la organización mediante las técnicas de Seis Sigma.

Champions: Dirigido a directivos de áreas operativas (Vicepresidente Ejecutivo, Gerente de Planta y Gerentes de departamentos). Dedicados a impulsar los proyectos Seis Sigma, así como a resolver los problemas organizativos, metodológicos y humanos.

Black Belts: Dirigido a mandos intermedios que dirijan proyectos Seis Sigma. Desarrollan proyectos de Seis Sigma y apoyan a los Green Belts en sus proyectos de mejora.

Green Belts: Está dirigido a mandos medios y empleados. Desarrollan los proyectos de Seis Sigma y son capaces de formar y facilitar equipos, administrar proyectos desde la concepción hasta la finalización.

Beneficios al implementar la Metodología Seis Sigma:⁵⁸

- Reducción de la variación en los procesos.
- Aumento en las utilidades de la empresa.
- Reducción de costos en los proyectos de mejora.
- Desarrollo de procesos y productos robustos.
- Mayor conocimiento de los procesos.
- Entendimiento excelente de los requerimientos del cliente.
- Mejoramiento en entregas y mejoras en calidad.
- Mayor información que permite manipular las variables críticas de entrada al proceso para lograr los requerimientos del cliente.
- Manejo de las mejoras rápidamente con los recursos internos.
- Incremento en la satisfacción del cliente.
- Manejo de la Metodología de solución de problemas para cualquier tipo de problema.

⁵⁸ URL: <http://www.motorola.com>

2.3. EJEMPLOS DE RESULTADOS DE LA IMPLANTACIÓN SEIS SIGMA EN EMPRESAS.

En los 80's la empresa Motorola estaba en busca de obtener una alta calidad a un bajo costo fue lo que la llevó a desarrollar en 1987 "La metodología Seis Sigma" con la finalidad de anticipar problemas y no sólo reaccionar a ellos; con esto demostró que el hacer las cosas de manera correcta mejora la calidad y a la vez reduce los costos. En esta década y a comienzos de los 90's, Motorola era una de las compañías que estaba siendo acosada por sus competidores Japoneses, no obstante poseer varios programas de calidad.

A medida que Motorola desplegaba la metodología Seis Sigma por la organización, con el apoyo incondicional de sus máximos ejecutivos, las mejoras en calidad comenzaron a alcanzar niveles hasta ese momento considerados imposibles.

Dos años después de comenzar el programa, Motorola fue premiada con el premio nacional a la calidad de los EEUU (Malcolm Baldrige). La compañía se elevó de 71.000 empleados en 1980 a 130.000 empleados en el año 2000. Entre 1987 y 1997 se pudieron verificar los siguientes logros:⁵⁹

- Las ventas crecieron 5 veces, mientras las utilidades aumentaron a un ritmo de 20% anual.
- Los ahorros acumulados durante este periodo, como resultado de la aplicación del programa "6 sigma", alcanzaron la cifra de 14 billones de dólares.
- Las acciones de Motorola subieron a un ritmo de 21,3% anual.

⁵⁹ URL: <http://www.motorola.com/cl/general/75/anniversary/culture/1980s/people.html>

Todo esto se logró a partir de cientos de proyectos de mejora que afectaron todas las áreas de la compañía. Éste no es, por supuesto, el único ejemplo; Jack Welch CEO de General Electric, proclamaba en 1995 lo siguiente: "Seis sigma ha cambiado GE para siempre....". Las ganancias en esta empresa, gracias al programa, fueron de 300 millones en 1997 y más de 600 millones en 1998.

Ejemplos como los anteriores se han presentado en congresos internacionales de calidad (Allied Signal, 2 billones USD en reducción de costos directos entre 1994 y 1999; Asca Brown Boveri, 775.000 USD de reducción de costos anuales en una planta; Polaroid, 6% anual en mejora de resultados; etc). Todos estos datos no hacen más que confirmar que es un método exitoso para mejorar la competencia, los resultados y consecuentemente la subsistencia en el mercado globalizado.⁶⁰

De acuerdo a estudios e investigaciones, las pérdidas por ineficiencias de todo tipo en una empresa (normalmente llamadas costo de la no calidad), son del orden de 20 a 30% de la facturación. Alcanzar un nivel "6 sigma", significa bajar ese valor a 1% o menos.

La base del éxito del proceso de mejoramiento es el establecimiento adecuado de una buena política de calidad, que pueda definir con precisión lo esperado por los empleados; así como también de los productos o servicios que sean brindados a los clientes. Dicha política requiere del compromiso de todos los componentes de la organización. La política de calidad debe ser redactada con la finalidad de que pueda ser aplicada a las actividades de cualquier empleado, igualmente podrá aplicarse a la calidad de los productos o servicios que ofrece la compañía. También es necesario establecer claramente los estándares de calidad, y así poder cubrir todos los aspectos relacionados al sistema de calidad.

⁶⁰ URL: <http://www.seis-sigma.com>

Impactos en resultados financieros:⁶¹

Compañía	ROI	Periodo de Tiempo
Allied Signal	\$1.2 BUSD	2 Años
GE	\$1.1 BUSD	Primeros 9 meses
GE	\$2.0 BUSD	En 1999
Toshiba	\$1.0 BUSD	En 2001
Dow	\$1.5 BUSD	En 5 años
DuPont	\$700 MUSD	En el 2000
Polaroid	\$100 MUSD	Primer Año
Siebe PLC	\$100 MUSD	9 Meses
Crane's	\$10 MUSD	Primeros 9 meses
Lockheed Martin	\$10 MUSD	Primeros 9 meses
Ford	\$250 KUSD	Promedio de Proyecto en el primer año.

BUSD = Billones de Dólares Americanos.

MUSD = Millones de Dólares Americanos.

KUSD = Miles de Dólares Americanos.

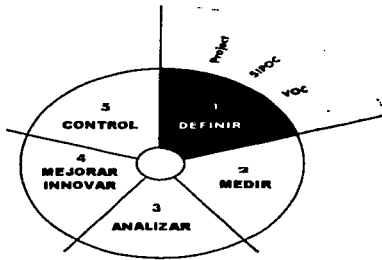
⁶¹ Tabla de comparativa obtenida de: URL: www.6sigma.com.mx/hum/seis_sigma.html

DEFINIR

3.1. DEFINIR

3.1.1. INTRODUCCIÓN

Definir: Fase de la metodología de suma importancia ya que es aquí donde el equipo debe definir el propósito y alcance del proyecto, obteniendo los antecedentes del proceso e identificando los requerimientos del mismo, así como también debe realizar una descripción del plan de trabajo para el caso. En el trascurso de esta etapa, el equipo debe mantener contacto con un asesor (Ya sea un Black Belt o un Master Black Belt, etc.) para asegurarse de que permanecen las metas del negocio, prioridades y expectativas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los pasos para DEFINIR son los siguientes:⁶²

1. Plan de Trabajo y la descripción del proyecto (Caso de negocio y Guía para el proyecto)
2. VOC (Voice Of the Customers)
3. SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customer)

⁶² Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh; **THE SIX SIGMA WAY. How GE, Motorola and other top companies are having their performance**, Mc Graw Hill, U.S.A., 2002. p. 73

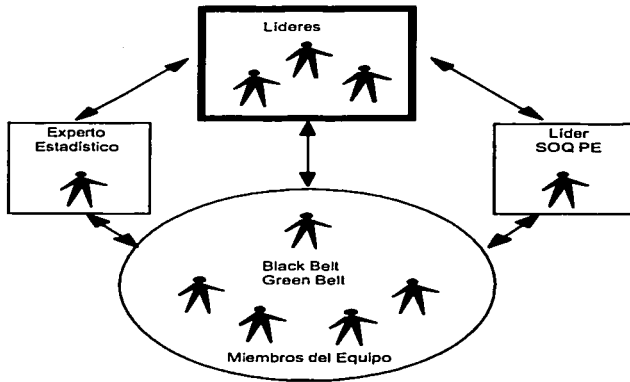
Como resultado de la aplicación de los pasos anteriores obtenemos:

- Mapa de alto nivel para el proceso
- Identificación de los clientes y lo que le importa al cliente
- Objetivo claro de lo que se pretende mejorar del proceso

Los resultados anteriores son de gran importancia para el proyecto que se quiere mejorar; ya que con estos obtenemos un lenguaje en común con los miembros de nuestro equipo, una estrategia de trabajo, como también conocemos a nuestros clientes y obtenemos una visión mas específica de nuestro proceso.

Al dominar estos puntos es ya más sencillo localizar los puntos débiles del proceso y como se dice normalmente “Cuando realmente se conoce un proceso, se puede medir y analizar”

CONTEXTO ORGANIZACIONAL DE UN PROYECTO DMAI²C⁶³



⁶³ Contexto organizacional de proyectos de Six Sigma.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.1.2. PLAN DE TRABAJO Y LA DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO⁶⁴

CASO DE NEGOCIO Y GUÍA PARA EL PROYECTO. El desarrollo de un buen plan de trabajo y descripción del proyecto; se lleva a cabo sentándose a discutir los síntomas del caso de negocio; donde se describirá a grandes rasgos los problemas y oportunidades del negocio.

Posteriormente, al obtener un bosquejo del caso del negocio se realizará una declaración detallada de los problemas y oportunidades, respondiendo generalmente las siguientes preguntas: ¿Qué está mal?, ¿Dónde está el problema?, ¿Qué tan grande es el problema?, ¿Qué tanto impacta lo que está mal del proceso al negocio?; es posible dar algunas alternativas de solución para el o los problemas del caso del negocio pero no es recomendable aplicar de inmediato estas alternativas de solución; ya que normalmente los problemas están ocultos tras otros problemas o el proceso es complicado y a simple vista saltan posibles soluciones que en vez de ayudar podrían empeorar la situación. Por eso es necesario ir desarrollando la metodología de **DMAI²C**.

Se tiene que realizar una proyección; donde se acordarán fechas de inicio y finalización del proyecto, con respecto a los recursos con los que se cuentan; se utilizan como herramientas las gráficas de Gantt para facilitar el flujo de trabajo.

Desarrollo del caso del negocio y la guía de trabajo.

- Se define el título del caso del negocio.

Al haber definido el título que va a llevar nuestro proyecto nos encontramos en este punto.

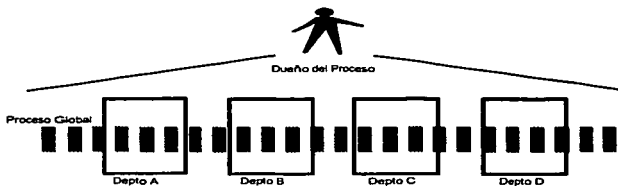


⁶⁴ Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh: THE SIX SIGMA WAY, How GE, Motorola and other top companies are having their performance, Mc Graw Hill, U.S.A., 2002, p. 74

Los objetivos al desarrollar el Caso y la Guía de Trabajo:⁶⁵

- Entender el contexto organizacional para proyectos de mejoramiento de procesos.
- Entender cómo se selecciona un proyecto *DMAI²C* y estar en capacidad de aplicar estos criterios a su propio proyecto.
- Conocer los elementos básicos de la guía para su equipo de trabajo y poder desarrollar una para su propio proyecto.
- Entender las bases para estimar el impacto que un proyecto tiene sobre el negocio y poder relacionarlas con su propio proyecto.
- Poder identificar los protagonistas y los afectados e incorporarlos al plan de comunicaciones de su propio proyecto.

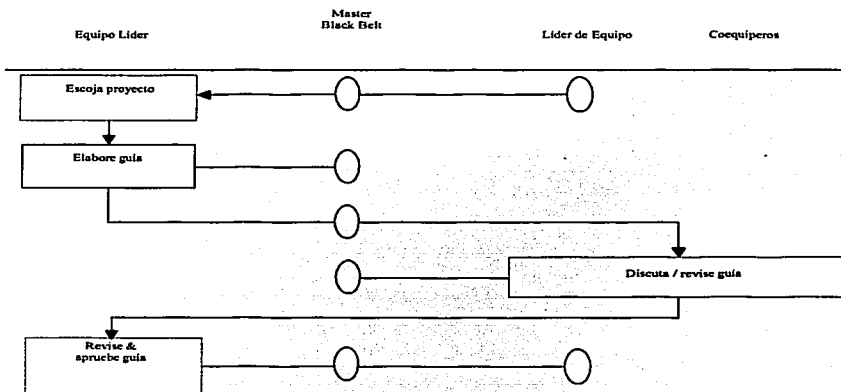
El dueño del proceso debe velar por el estado general del proceso y tener la autoridad y responsabilidad de administrar y mejorar un proceso.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para tener éxito se deben identificar bien a los miembros claves del proyecto; los cuales son: Black Belts / Green Belts, Miembros del Equipo, Experto Estadístico, y Líder / Champion o Patrocinador.

Donde el grupo desarrollará el Caso del Negocio de la siguiente forma:



⁶⁵ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY. p. 74-82

Los roles y responsabilidades de cada uno de los implicados en un proyecto:⁶⁶

	Antes del Proyecto	Durante el Proyecto	Después del Proyecto
Black Belts/Green Belts	Revisar el alcance del proyecto con el (los) patrocinador(es); Esbozar el resto de la Guía; Seleccionar a los miembros del equipo	Seguir los cronogramas; Liderar las reuniones. Coordinar. Comunicar. Servir como vínculo con el líder, experto estadístico y clientes; Mantener registros; Hacer trabajo de equipo.	Asegurar que la documentación se completen y se interioricen las experiencias; Verificar que la implementación sea adecuada; usar métodos mejorados.
Miembros del Equipo	X	Participar en las reuniones; Realizar asignaciones; Ayudar en las tareas y logística del equipo; Contribuir con su conocimiento y experiencia; Aprender las técnicas y métodos requeridos.	Usar los métodos mejorados
Experto Estadístico	Ayudar al Líder del equipo; Ayudar en el diseño de la guía.	Proveer guía y ayuda al líder del equipo y a sus miembros sobre herramientas y métodos; Ayuda al equipo en la recolección e interpretación de datos; Ayuda al líder en la preparación de revisiones.	Proveer la asistencia que se requiera.
Líder	Identificar los objetivos; Seleccionar los Green Belts; Esbozar el alcance del proyecto.	Proveer dirección y guía; Verificar el avance del equipo; Realizar mediciones de control de presupuesto.	Proveer respaldo continuo para la implementación; Asegurar el control; Perseverar las experiencias asimiladas.

⁶⁶ Mikel Harry, Richard Schroeder; SIX SIGMA, the breakthrough strategy revolutionizing the world's top corporations, Doubleday, U.S.A., 2000, p. 172-175

Criterios para un Proyecto

Un proyecto tiene mayor posibilidad de obtener éxito si el objeto clave está relacionado con un objeto clave del negocio, o si el proceso está claramente definido donde se puede identificar los puntos iniciales y finales; también, si se pueden identificar a los clientes internos y externos que usan o reciben el producto de este proceso. Entonces; debemos establecer o conocer como los clientes usan este producto; también, debemos de conocer o establecer que es lo que les importa del producto al cliente. Debemos identificar lo que es un defecto y cuantificar la frecuencia en que ocurren los mismos. Así podremos ilustrar como se mejora el resultado financiero con el mejoramiento señalado. Existe soporte organizacional ya que el líder está interesado en este trabajo y quiere que se realice, el líder tiene la autoridad para comprometer tiempo y recursos, se ha identificado al dueño del proceso.

Matriz de Proyecto:

Para la selección: Hay que realizar una descripción para el Proyecto DMAI²C y posteriormente se evaluará utilizando algunos criterios con el objetivo de identificar un proceso específico, definible, el cual nos interesamos en mejorar.

Muchos Proyectos los encontramos con uno o más de los siguientes problemas:

Un Proyecto puede ser irrelevante para el cliente o para las necesidades del negocio.

El alcance del Proyecto podría ser muy amplio y por lo mismo no tener autoridad para comprometer tiempo / recursos o para hacer cambios en el proceso; no se pueden identificar claramente los puntos inicial y final.

- La información relevante es difícil de recolectar o hay demasiada información.
- No se puede definir que es un defecto en el proyecto.
- El proceso no tiene una frecuencia adecuada.
- El problema está definido como una solución.
- Cambios recientes en el proceso.

La importancia de una Guía de Proyecto es que ésta es un acuerdo entre la administración y el equipo acerca de las expectativas del proyecto.

La Guía:

- Define lo que se espera del equipo.
- Mantiene el enfoque del equipo.
- Mantiene el equipo alineado con las prioridades de la organización.
- Transfiere el proyecto del líder al equipo del proyecto.
- Descripción del Proyecto.
- Alcance.
- Metas y Métricas (Indicadores)
- Resultados esperados del Negocio.
- Miembros del equipo.
- Clase de soporte requerido.
- Beneficios esperados para el Cliente.
- Cronograma.

Denominación o Titularización del Proceso.

En lo anterior me refiero a que se debe saber cual fue el mejor desempeño posible del proceso bajo su configuración actual. Usando información histórica para identificar "Lo mejor que se ha podido lograr o como fue lo mejor que se logró hacer" Este ejercicio se realiza para poder obtener la plataforma ideal del Caso.

Para conformar la Matriz del Proyecto se debe seguir la plantilla siguiente.⁶⁷

La guía que se presenta puede contener preguntas que no fuesen pertinentes para el Caso de nuestro negocio; pero, entre más preguntas contestemos, mejor será para nosotros y nuestro Proyecto.

PREGUNTAS SUGERIDAS	NOTAS
PRODUCTOS <ul style="list-style-type: none"> • ¿Que debe entregar el equipo para ser exitoso? 	
INDICES <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál será el índice primario de éxito? • ¿Cómo se medirán y seguirán? • ¿Cuáles son las metas de los índices? • ¿Qué tanto mejoramiento se necesita y cuando? (Suministrar fecha límite.) • ¿Qué defectos van a seguirse? 	
RECURSOS <ul style="list-style-type: none"> • ¿A quién reporta el equipo? ¿Quién es su gerente, Champion, o equipo de orientación? • ¿Quién está en el equipo? Quién canalizará sus esfuerzos (o sea, ¿quién será el líder?) • A quien se puede dirigir el equipo para obtener guía sobre mejoramiento. • Se ha identificado el dueño del Proceso. • ¿Qué limitaciones de presupuesto tiene el Proyecto? ¿Quién aprueba los gastos? ¿Cuánto puede gastar el equipo sin buscar aprobación adicional? 	

⁶⁷ Peter S. Pande, THE SIX SIGMA WAY, p. 79-82

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Afinación de la Definición del Proyecto:

La mayoría de los proyectos evolucionan. Muy pocos quedan forjados en piedra desde su iniciación; a través de cada paso se va aprendiendo más acerca de lo que realmente sucede y hay que estar abierto a revisar el alcance, definición y propósito del proyecto. Siempre hay que verificar directamente con el Gerente antes de realizar cualquier cambio esencial.

Medición de los Resultados Potenciales en el Negocio:

Los estimados del impacto potencial u oportunidad para el negocio, le ayudarán a priorizar los proyectos que debe acometer; cifras estimadas, estimados generales son adecuados y una buena selección sale de una buena limitación de recursos. Necesitamos descubrir el proyecto de mayor impacto.

Resultados Potenciales en el Negocio: Se dividen en dos categorías los que son Mejoramiento Potencial e Impacto Potencial; donde el segundo es derivado de la efectiva aplicación del primero. Debemos de realizar un análisis del alcance que puede tener nuestro Proyecto en función de los resultados potenciales.

La Mejora Potencial es aquella en la cual se logra una mejora en algún proceso por ejemplo:

Reducción de errores.

Agilización de entregas.

Reducción de tareas administrativas

Impacto Potencial es el que se genera de la aplicación efectiva de la Mejora Potencial y por consiguiente son los resultados de los ejemplos anteriores:

Reducción de errores.	—>	Aumento de la Satisfacción del Cliente
Agilización de entregas.	—>	Acrecentar ingresos.
Reducción de tareas administrativas.	—>	Mejora en el tiempo de respuesta al cliente.

Análisis de las Mejoras Potenciales.

Mejoramiento Esperado	Beneficio de dicho Mejoramiento	Impacto Esperado en el Negocio
Reducción de errores de Proceso.	Menor tiempo gastado para arreglar errores; agilizar el flujo de trabajo.	5% aprox. de aumento en el ingreso mensual.
Aumento de entregas a tiempo de un 80% a 90%.	Aumento en la satisfacción de clientes; mejora en la retención de clientes.	20% aprox. en pedidos.
Reducción de tiempos en tareas administrativas.	Incremento del número de horas en tiempo de venta.	Incremento de Ventas.

Clase de Ahorro en Costos⁶⁸

- Reducción de Costos
- Costos Evitados

Las Reducciones de Costos impactan directamente en la última línea del Estado de Resultados, se utiliza para neutralizar el aumento en precios y puede reinvertirse. Generalmente se aplica en periodos de tiempo que va de entre los 6 y 12 meses anteriores a los resultados actuales.

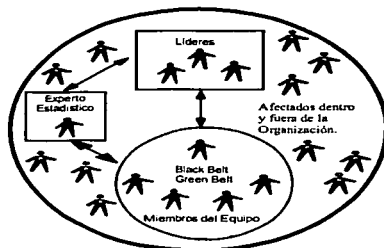
Los Costos Evitados son aquellos en el cual no incurrimos en el momento, pero que afloraría si no tomáramos acción inmediata alguna. Su impacto no es visible en el Estado de Resultados. Su definición es más difícil y a pesar de todo es muy importante para las metas de COGS.

En ocasiones los proyectos no afectan directamente el Estado de Resultados si no que tienen efecto en el Balance General e incluyen activos fijos, inventarios y contingencias.

⁶⁸ URL: <http://www.isixsigma.com/me/balanced%5Fscorecard/>

Análisis de Interesados y Afectados indirectamente.

En estos momentos sabemos quienes son los afectados directamente por nuestro proceso y pues también debemos conocer quienes son los afectados indirectamente.



“Otros afectados” son aquellos no involucrados directamente con la realización de trabajo en el Proyecto pero que resultan afectados por el mismo o pueden tener cierta influencia sobre el.

Algunas de estas personas afectadas pueden ser:

- Gerentes cuyos presupuestos, resultados, programas o recursos pueden afectarse con el proyecto en consideración.
- Personas que trabajan en el proceso bajo estudio.
- Departamentos o grupos cuyo trabajo alimenta al proceso –proveedores internos- o cuyo trabajo depende del mismo -clientes internos-
- Clientes que compran o usan el resultado del proceso (producto o servicio)
- Proveedores que suministran materiales o servicios utilizados por el proceso.
- El área financiera.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Los afectados indirectos de nuestro proceso son de gran importancia ya que al tener una comunicación frecuente y regular nos puede ayudar a entender lo que es importante acerca de nuestro trabajo, identificar mejores soluciones a los problemas, crear mayor compromiso, entender mejor cuando y como involucrar mejor a otros.

Plan de Comunicación Preliminar.

Teniendo ya identificadas las personas involucradas o aquellas que son afectadas por nuestro proceso debemos establecer cuales pueden ser sus intereses y debemos tomar algunas decisiones preliminares acerca de cómo se les mantendrá informados a través del desarrollo del proyecto.

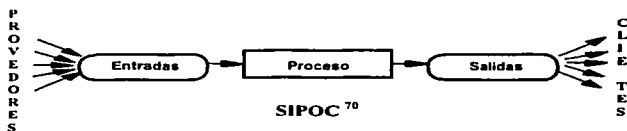
3.1.3. MAPA DE PROCESO (SIPOC)⁶⁹

El objetivo de realizar el SIPOC es que con su desarrollo entenderemos los conceptos Proceso y Sistema; entendiendo los elementos que componen el SIPOC (Proveedores, entradas, proceso, salidas, clientes) y estar en capacidad de aplicarlos a nuestro proceso; también, conoceremos cómo se usa el concepto de Rendimientos Secuenciales de Proceso para identificar dónde se obtiene el mayor impacto de un mejoramiento.



La calidad puede ser calificada por los clientes en base el resultado de un proceso; enfocarse en el trabajo individual de alguien no conduce a un mejoramiento significativo de la calidad; El proceso debe mejorarse para mejorar la calidad; el hecho simple de definir o enfocarse en un proceso *no* constituye mejoramiento – debemos hacer cambios y usar datos para demostrar que el cambio se traduce en mejoramiento.

Toda actividad se desarrolla en un proceso; por consiguiente la calidad de proceso determina la calidad del resultado. Normalmente las personas no piensan en función de procesos. En su defecto, consideran eventos aislados y no se dan cuenta del valor de ello; por otra parte hay quienes tienen temor al escuchar la palabra proceso y en cambio otras se resisten al término.



⁶⁹ SIPOC por sus siglas en inglés (supplier, input, process, output, customer) Referencia: Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh; THE SIX SIGMA WAY, How GE, Motorola and other top companies are having their performance, Mc Graw Hill, U.S.A., 2002. pag. 96

⁷⁰ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY, p. 94.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El SIPOC es un mapa de alto nivel del proceso actual; este se aplica a todo tipo de trabajo, ya sea repetitivo en su naturaleza o único en su clase y nos sirve para definir los límites del proyecto (puntos de iniciación y finalización) y nos indica dónde se deben recolectar los datos. Como también nos ayuda a no desenfocarnos del verdadero alcance del Proyecto; nos ayuda a destacar las áreas de mejoramiento y asegurar un enfoque hacia el cliente.⁷¹

Entradas

En esta etapa se deben de generar todas las variables posibles que puedan afectar al proceso; sin importar la cantidad ya que se podría terminar incluyendo 50 a 100 variables de entrada. Posteriormente cuando continuemos con la metodología DMAIC nos enfocaremos en lo esencial para el Proyecto.

Visión de Alto Nivel (Proceso)

Se busca plasmar el proceso actual en un diagrama de alto nivel; donde, en sólo unos bloques podamos observar las fases críticas del proceso.

Salidas

Al igual que en la Entrada se generarán todas aquellas variables posibles que nuestro proceso genera. Nos referimos a que encontraremos todo aquello que nuestro proceso aporta para nuestros clientes. Estos podrían ser: Productos, Información, Documentos, Servicios, Decisiones, etc.

Al estar realizando el SIPOC debemos contestarnos todas aquellas preguntas relevantes para el Proceso, aquí presento una serie de preguntas que podrían ser de utilidad para un proceso en general:

Propósito: ¿Por qué existe este Proceso? ¿Cuál es el propósito del Proceso? ¿Qué produce como resultado?

Resultados: ¿Cuál es el producto del Proceso? ¿Cuáles son las salidas del Proceso? ¿Dónde concluye este Proceso?

⁷¹ Descripción de SIPOC URL: <http://www.isixsigma.com/dictionary/SIPOC-38.htm>

Clientes: ¿Quién usa los productos de este proceso? ¿Quiénes son los clientes de este proceso? Externamente ¿Quiénes colaboran en el Proceso?

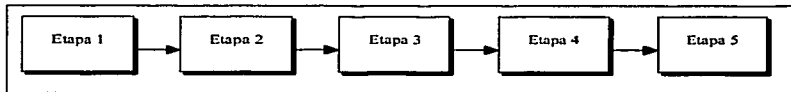
Entradas / proveedores: ¿De dónde proviene el material con el cual se trabaja? ¿Quiénes son los proveedores? ¿Qué suministran ellos? ¿Dónde afectan estos el flujo del Proceso? ¿Qué efecto tienen sobre el Proceso y su resultado?

Etapas del Proceso: ¿Qué le sucede a cada entrada? ¿Qué actividades de conversión se efectúan?

SIPOC ⁷²

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTES
Cliente	→ Aportación 1		Producto 1	
Proveedor 1	→ Aportación 2			Cliente 1
	→ Aportación 3		Producto 2	Cliente 2
				Nuestra empresa

ETAPAS DE PROCESO



Análisis del SIPOC⁷³: Utilizando el formato anterior: vamos a desarrollar el SIPOC de el Proceso que estamos estudiando y analizando. Es muy probable que podamos necesitar mas espacios de los que aparecen en el formato; de ser así habrá que adicionar espacios. También puede ser que sean suficientes; dependiendo de cada Proceso. Es importante poder definir cada uno de los puntos en los que se refiere el SIPOC.

⁷² Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY, p. 95.

⁷³ Análisis de los pasos del SIPOC. URL: <http://www.isixsigma.com/library/content/c010429c.asp>

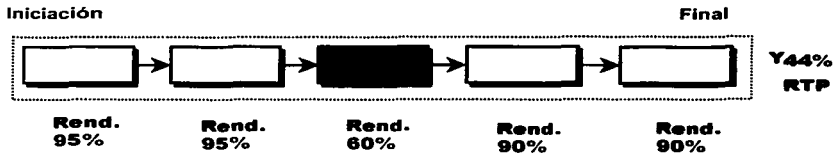
Los pasos para el diseño del SIPOC son los siguientes:

- Designar nombre al Proceso
- Determinar los puntos inicial y final (límites) del Proceso.
- Enumerar las salidas y clientes principales.
- Enumere las entradas y proveedores principales.
- Identifique, nombre y ordene las principales etapas del Proceso.

Para desarrollar un buen diagrama de proceso es importante identificar que pasos del proceso tienen valor agregado y cuales no; identificar los cuellos de botella, determinar los tiempos de ciclo y buscar errores y faltas de eficiencia que contribuyan a generar defectos.

El Concepto de Rendimiento

Recolecte las medidas de rendimiento para cada etapa del proceso, calcule el rendimiento compuesto global para establecer el punto de referencia de todo el proceso y revise el alcance de su proyecto. Si se encuentra con diferencias significativas en rendimiento, puede requerirse la creación de un nuevo mapa para el subproceso con el rendimiento menor



¿Cuál será el alcance del Proyecto?

Comparar los rendimientos obtenidos de los registros oficiales de proceso.

Realizar un estimado financiero del impacto que se obtendría al mejorar el rendimiento de cada uno de las etapas del proceso.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Ya que se conocen los componentes SIPOC del Proyecto hay que analizarlo detenidamente y modificarlo si así lo requiere. ¿Qué se va analizar del SIPOC? ¿Los límites que se proponen mejorar son claros? ¿Qué etapas del proceso son los que demuestran rendimientos más bajos? ¿Se identificaron nuevos clientes para quienes los mejoramientos puedan generarles un mayor impacto económico? ¿Se identificaron nuevos interesados o afectados?

Utilidades de un Esquema de Proceso⁷⁴: Es comprender las ventajas de analizar los procesos y presentarlos en un esquema, para poder identificar la complejidad y el desperdicio de un proceso; siendo importante el conocer los distintos tipos de diagramas de flujo, como también el entender como se usan los tiempos de ciclo, el concepto cuello de botella para la identificación de áreas de oportunidad.

Enfoque Procesos y Datos.

Es importante pensar en estos dos puntos ya que así nos podemos asegurar de que no se omiten ninguna causa potencial para nuestro Proyecto.

Enfoque de Datos:

Los datos nos ayudan a comprender las causas que provocan las variaciones en el proceso, afrontar los problemas de la calidad y los desperdicios; como también a comprender la causa raíz de las diferencias entre resultados.

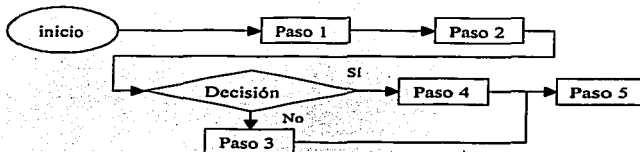
Enfoque de Proceso: El proceso nos da un mejor entendimiento del flujo del proceso, afrontar los problemas de tiempos de ciclo e identificar las oportunidades para reducir los costos del proceso.

⁷⁴ La utilidad del esquema de proyecto. URL: <http://www.trabajos.com/informacion/index.phtml?n=10&s=2>

DIAGRAMAS DE FLUJO⁷⁵:

Normalmente los defectos surgen debido a que en parte de un proceso es incorrecta o deficiente.

Un diagrama de flujo facilita la visualización de un proceso.

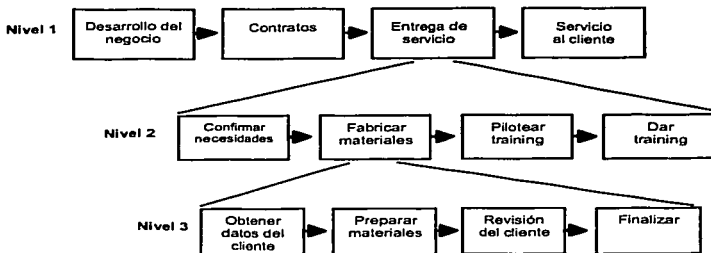


Al utilizar un diagrama de flujo lo que realizamos es generar una idea en común, clarificando los distintos pasos del proceso, ayuda a identificar las posibilidades de mejoramiento de un proceso y revela como funciona el proceso.

Los diagramas de proceso pueden dividirse en varios niveles donde éstos se pueden desarrollar de la siguiente manera: El primer nivel es aquel en el cual se describen las actividades fundamentales de un negocio y en los siguientes niveles se van desglosando las actividades hasta hacerlo detalladamente.

⁷⁵ Dianne Galloway, Mapping Work Processes. ASQC Quality Press. 1994

Ejemplo: Diagrama de proceso básico



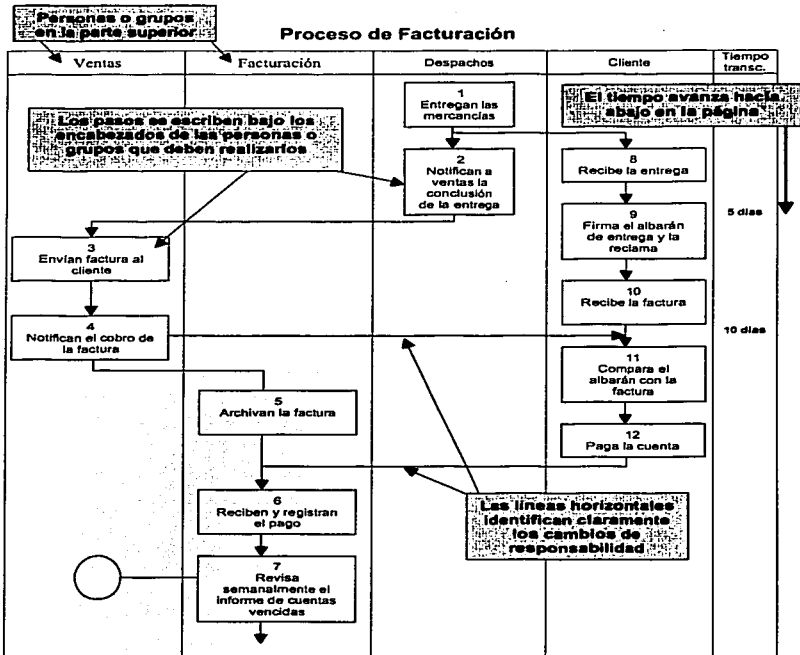
Tipos de diagramas de flujo para proceso

- De actividades
- De despliegue

Los diagramas de flujo de actividades especifican lo que sucede en un proceso. Recogen los puntos de decisión, los ciclos de reproceso, la complejidad, etc

Los diagramas de flujo de despliegue reflejan los pasos detallados de un proceso y las personas o grupos que están presentes en cada uno de ellos. Son interesantes en procesos que exigen el traspaso de información entre personas o cargos, porque ayudan a destacar donde cambian los responsables.

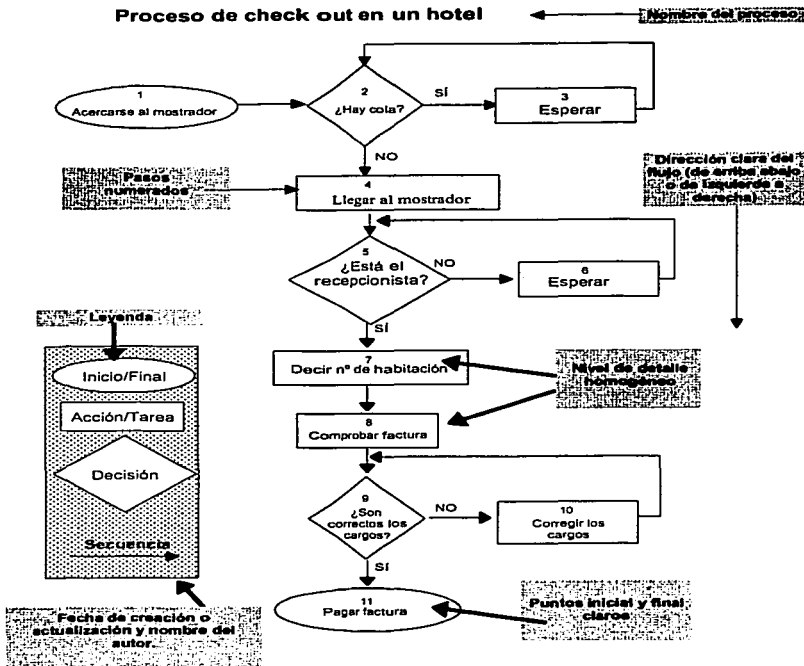
Diagramas de flujo de despliegue



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Diagramas de flujo

Proceso de check out en un hotel



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Para identificar el diagrama de proceso indicado; describimos las características principales:

- **Diagrama de flujo básico**
Identifica los pasos principales del proceso y donde empieza y donde termina éste; también ilustra en que parte del proceso se recopilan los datos.
- **Diagrama de flujo de actividad**
Muestra la complejidad y los puntos de decisión de un proceso e identifica ciclos de reproceso y cuellos de proceso.
- **Diagrama de flujo de despliegue**
Resalta los puntos de cambio de responsabilidad en proceso que afectan a distintas personas o grupos, clarifica roles e identifica dependencias.

Para crear un diagrama de flujo hay que trabajar en grupo, de forma que se puedan obtener diversos puntos de vista; iniciando con una tormenta de ideas, ordenar las ideas, verificar el orden de las fases del proceso y numeración de los pasos.

Hay que tener muy en cuenta que un diagrama de proceso puede representar una de las siguientes perspectivas de un proceso:

- La idea del proceso.
- Lo que es el proceso realmente.
- Lo que podría ser el proceso.
- Lo que debería ser el proceso.

Teniendo en cuenta que estamos en la fase de Definir del método DMAI²C debemos obtener un diagrama de proceso que nos represente la realidad de éste y no aquel que debería ser, podría ser o aquella idea que nosotros traemos en mente. Debemos realizar un proceso simple y con las fases más importantes.

Análisis de un diagrama de proceso⁷⁶:

Identificar las fases que otorgan valor agregado de las que no.

Resaltar las fases que no otorgan valor agregado del diagrama.

Pasos con Valor Agregado:

Los clientes pagan gustosos.

Cambian físicamente el producto.

Está bien hecho desde el principio.

Pasos sin Valor Agregado:

No son esenciales para lograr resultados.

No añaden valor al resultado.

Incluyen:

Defectos, errores, omisiones.

Preparación / configuración, control / inspección.

Sobreproducción, reprocesado, inventario.

Transporte, desplazamiento, espera, retrasos.

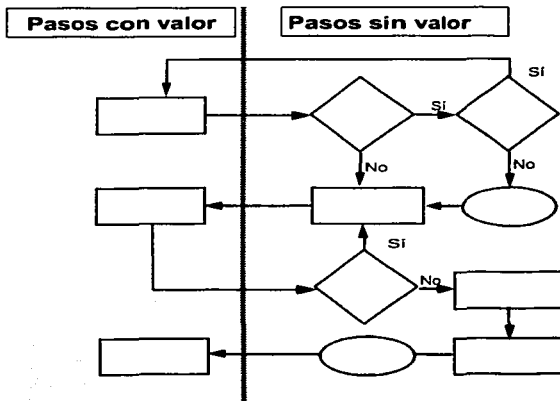
Puede convertir un diagrama de flujo de actividades en un diagrama de flujo de oportunidades si resalta los pasos que añaden desperdicio y complejidad al proceso.

Un diagrama de flujo de oportunidades separa los pasos con valor agregado de los que no tienen valor agregado.

⁷⁶ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY, p. 114-117 y 345

Cómo se Crea un Diagrama de Flujo de Oportunidades:

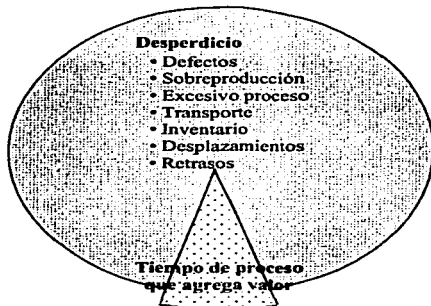
- Dividir la página en dos partes
- La parte de valor agregado más pequeña que la de sin valor agregado
- El tiempo avanza hacia abajo
- Una dos pasos de valor agregado con una flecha sólo si no hay ningún paso sin valor agregado entre ellos.



Identificación de Problemas del Proceso: Tiempo y Capacidad

Reducción del Tiempo de Ciclo

- Comprender el tiempo de ciclo:
- Proporciona una mejor idea del proceso.
- Muestra la influencia de los pasos sin valor agregado en el tiempo que se emplea para fabricar un producto o prestar un servicio.
- Identifica los cuellos de botella del proceso.



Reducir el tiempo de ciclo:

- Ayuda a aumentar la capacidad de previsión.
- Ayuda a reducir el desperdicio y las correcciones, lo cual reduce los costos.
- Proporciona una ventaja competitiva.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Medición del Tiempo de Ciclo

- i. Decidir si va a medir el tiempo de ciclo de todo el proceso o únicamente de un subconjunto de etapas.
- ii. Desarrollar definiciones operacionales de los puntos inicial y final de cada paso.
- iii. Lograr un consenso sobre lo que es tiempo con valor agregado y sin valor agregado (si aún no lo hubiera hecho).
- iv. Desarrollar un formato para la recolección de datos.

Paso del proceso	Tiempo acumulado	Tiempo de VA	Tiempo sin VA	Notas

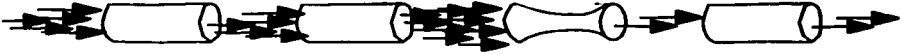
Matriz de Valor Agregado

Paso del proceso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	%Total
Tiempo (horas)	12	10	1	10	20	6	10	1	10	20	100	100%
Valor			✓					✓			2	2%
Sin valor												
Solución de errores									✓		10	10%
Preparación / configuración												
Control / Inspección						✓					6	6%
Retraso	✓				✓					✓	52	52%
Transporte / desplazamiento		✓		✓			✓				30	30%
Total											100	100%

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Cuellos de Botella

Los cuellos de botella incrementan el tiempo de ciclo. Un cuello de botella es:



Un recurso cuya capacidad limita la cantidad de información o material que fluye por el proceso.

Un recurso cuya capacidad equivale o es inferior a la demanda solicitada a ese recurso.
¿Cómo distinguir los cuellos de botella?

Revisión del Análisis de Proceso

- Cree un diagrama de flujo de actividad o de despliegue para esquematizar los pasos.
- Utilice los diagramas de flujo de oportunidades y otros enfoques para identificar las pérdidas de tiempo y la complejidad.
- Mida los tiempos de ciclo de forma que pueda calcular cuál es tiempo con valor agregado y tiempo sin valor agregado.
- Identifique los cuellos de botella.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Revisión de la Guía del Proyecto

Ahora que ha analizado con más detalle el proceso con apoyo de diagramas *SIPOC* y otros, es el momento de revisar la guía del proyecto. Realice los cambios que considere oportunos.

- ¿Sabe qué actividades del proceso tienen el menor rendimiento, el tiempo de ciclo mayor y la mayor cantidad de trabajo sin valor agregado?
- ¿Existen algunos cambios adicionales en los límites del proceso?
- ¿Es éste en realidad un proyecto para desarrollar dentro de la metodología de *Design Excellence* o de *Lean Thinking*?

Se optar por Excelencia en el Diseño (Design Excellence) Cuando:

- Proceso completamente inconexo: el proceso existente tiene demasiados pasos sin valor agregado, demasiados proyectos *DMAPC* necesarios
- Cambio de las expectativas del cliente: en el momento en que se han resuelto los problemas, se producen otros nuevos
- Desarrollo tecnológico: las nuevas tecnologías permiten cumplir todos los requisitos del cliente con un costo inferior u obtener una posición competitiva
- Siguiendo generación: el tiempo de vida restante de los productos existentes es corto; se necesitarán pronto otros que les sucedan
- Límites del sistema: el déficit de rendimiento se debe a las configuraciones del sistema o del modelo de negocio que no se pueden modificar

3.1.4. VOZ DEL CLIENTE (VOC)

La expresión Voz del Cliente (VOC) se utiliza para describir las necesidades de los clientes y sus percepciones acerca de su producto o servicio.



Identificación de Clientes y Requerimientos VOC.⁷⁷

Hay que identificar el cliente que es afectado por el problema del proyecto; Si nuestra empresa tiene un buen método para identificar la voz del cliente este proceso puede ser mucho más sencillo. Si la empresa cuenta con un sistema eficaz para traducir la voz del cliente (VOC) en requisitos mensurables del cliente, puede ser fácil para el equipo validar especificaciones del cliente y a comenzar a recolectar informe de datos inmediatamente. Si la empresa no cuenta con los datos habrá que pedir la opinión del cliente, preguntarle que es lo que observa como defectos, etc. Este proceso puede llegar a ser frustrante ya que en ocasiones los clientes al dar sus opiniones pueden ser muy confusos y esto nos podría generar incertidumbre e imprecisión. Los datos que nos generen los clientes del proceso habrán de ser analizados con forme a los **requerimientos de salida** y los **requerimientos de servicio**.

Los requerimientos de salida: Son las características del producto final y la entrega del servicio al cliente en el final del proceso.⁷⁸

Los requerimientos de servicio: Éstas son las maneras más subjetivas de las cuales el cliente espera ser tratado y ser servido durante el proceso si mismo. Estos requisitos contestan a la pregunta, "cómo obramos recíprocamente con y tratamos a clientes durante nuestras transacciones?" Algunos requisitos del servicio emergen en los "momentos de la verdad"

⁷⁷ VOC: Por sus siglas en ingles Voice of Customer . Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY. p. 82-84

⁷⁸ Ibid. p. 84

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Objetivos

- Entender por qué es importante la Voz del Cliente –VOC--
- Conocer cómo se diseña un plan para recolectar información relacionada con VOC
- Poder usar un diagrama de árbol para identificar los requerimientos del cliente y fijar las especificaciones que han de satisfacerlos

¿Por qué es Importante VOC?

La información de VOC ayuda a la empresa para:

- Decidir qué productos y servicios debe ofrecer
- Identificar características críticas y las especificaciones para dichos productos y servicios
- Decidir dónde debe enfocar sus esfuerzos de mejoramiento
- Establecer un nivel de referencia para medir el mejoramiento de la satisfacción de sus clientes
- Identificar los motivadores o impulsores más importantes de la satisfacción de clientes

Proceso VOC

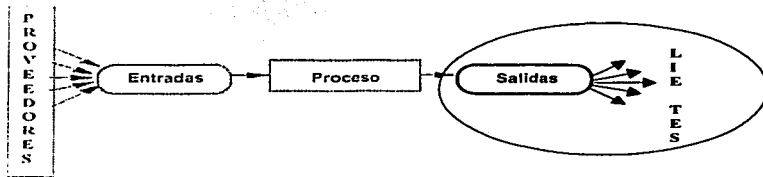
1. Identificar los clientes y definir qué se necesita conocer
2. Recolectar y analizar los datos del sistema reactivo; luego, cubrir las brechas con enfoques proactivos
3. Analizar los datos para generar un listado de necesidades de clientes claves, con su lenguaje
4. Traducir el lenguaje del cliente a CTQs⁸⁰
5. Establecer las especificaciones para los CTQs

⁷⁹ Artículo de Glenn Mazur. URL: http://www.mazur.net/works/voice_of_customer.pdf

⁸⁰ Las CTQ's son características de un Producto o Servicio, el cual satisface un requerimiento crítico del cliente o un requerimiento del proceso del cliente. Información obtenida de: <http://www.nebrija.es/~ralvarezcalidadtrabajosalumnosSeisSigma.pdf>

Resultados del proceso VOC

- Una lista de clientes y canales
- Identificación de fuentes reactivas y proactivas de datos relevantes
- Información verbal o numérica que permita identificar las necesidades de los clientes
- Definición de Requisitos Críticos para la Calidad (CTQs)
- Las especificaciones para cada CTQ



Desarrollo de la Matriz de Proyecto para el Plan General del VOC:

Matriz de Proyecto se constituye por cuatro secciones; Quién, Qué y Por qué, Fuentes y el Resumen.

Quién: Elaborando una lista de los principales clientes que consumen su producto y usan su servicio; se toma nota de los canales o segmentos que potencialmente pueden ser relevantes para el proyecto. Asegurándose de incluir todos los clientes tanto internos como externos (p.ej., clientes intermedios tales como operador logístico, almacenadoras, etc.)

Qué y Por qué: Indicar específicamente lo que desea conocer acerca de los clientes. Desarrollar versiones apropiadas de las siguientes preguntas, las cuales puede formular en entrevistas personales. Pensando sobre lo que requiere conocer de estos clientes.

- ¿Qué es importante para usted?
- ¿Qué es un defecto?
- ¿Qué tan bien lo hacemos? ¿Cómo nos compara con nuestros competidores?
- ¿Qué le agrada más? ¿Qué le desagrada de nuestro servicio?

Para todo tipo de clientes, formule preguntas como:

¿Qué es importante para usted acerca de nuestro producto / servicio? (Solicite que estas necesidades se detallen en orden de importancia.). ¿Qué considera que es un "defecto"?. ¿Cuál es nuestro desempeño en las áreas que para usted son importantes?. ¿Qué es lo que más le gusta de nuestro producto / servicio?. ¿Qué podemos mejorar en nuestro producto / servicio? ¿Qué podemos hacer para facilitar su trabajo? y ¿Qué otras recomendaciones específicas nos haría?

Fuentes: Buscar las diversas fuentes para recabar la información que necesitamos para obtener del ¿Qué y Por que? de las necesidades de nuestros clientes. Confirmando las fuentes de información que considere útiles para este proyecto.

Existen dos tipos de fuentes:

- Sistemas Reactivos
- Sistemas Proactivos

Sistema Reactivos: La información llega así sea que se tome acción correctiva o no.

Ejemplos de sistemas reactivos típicos:

- Reclamos de los clientes (telefónicos o escritos)
- Líneas telefónicas 1-800
- Visitas de asistencia técnica
- Visitas de servicio al cliente
- Reclamos, notas crédito, pagos (facturas) en litigio
- Informes de ventas
- Información sobre devoluciones
- Reclamos por garantía
- Actividades en Internet

Usualmente, los sistemas reactivos reúnen información sobre:

- Asuntos o problemas actuales o anteriores
- Necesidades del cliente que no han sido satisfechas
- Interés actual o anterior de los clientes sobre algunos productos o servicios

Sistemas Proactivos: Necesita un esfuerzo para recolectar la información.

- Entrevistas
- Grupos objetivo
- Encuestas
- Buzón de sugerencias
- Recolección de información durante visitas de ventas o llamadas
- Observación directa sobre el cliente
- Investigación / seguimiento del mercado
- Benchmarking
- Fichas de objetivos de calidad

RESUMEN: CUAL, CUANTOS, COMO Y CUANDO

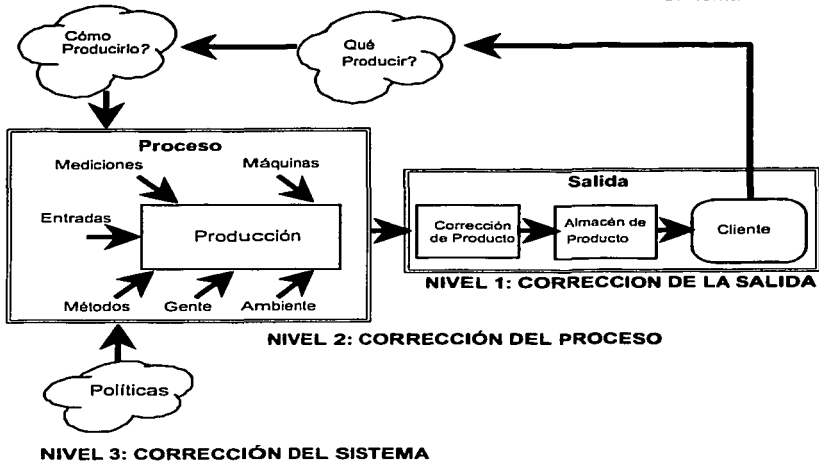
(Resumen de la forma precisa de qué clientes visitará, cuándo y cómo.)

Resumir los planes para recolectar y utilizar fuentes de datos reactivas y proactivas en el respaldo de esta página o en hoja separada. Indicando cuánta información requiere, cómo se obtendrá y cuándo. Incluyendo, entre otras cosas, el número de entrevistas o encuestas que se planean realizar, cuáles clientes contactar, cuándo se iniciará y cuando se finalizará la recolección de información, etc.

Matriz de Proyecto Plan VOC		PROYECTO: _____
¿ Quien ?	¿ Que & Por Que ?	
Fuentes		
FUENTES REACTIVAS	FUENTES PROACTIVAS	
Resumen		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Sistema



**Diagrama de Reacción Hacia los Problemas del Cliente:
Niveles de Corrección.**

⁸¹ Diagrama de tres niveles. Enfoque hacia el cliente.

El Modelo de Kano y VOC⁸²T

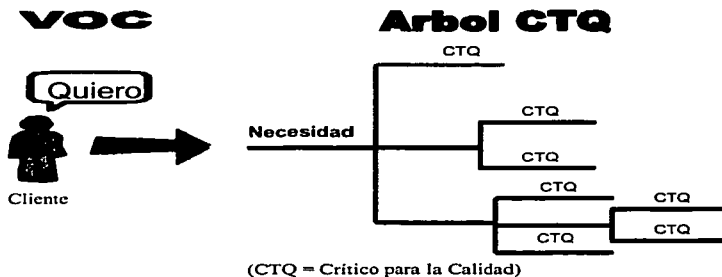
Las características catalogadas como Debe Tener, se tratan con indiferencia –a menos que estén ausentes; Por lo general, los clientes plantean temas relacionados con características de Más Es Mejor. Los Deleitadores no se mencionan generalmente, puesto que los clientes no están insatisfechos con la carencia de ellos.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁸² Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY, p. 89-90

Traducción de VOC en QTCs



CTQ's (Críticos para la calidad.) Es aquí donde se expresan y se desarrollan los puntos específicos del proceso, que para el cliente son importantes.

¿Para qué crear un árbol CTQ?

Traducir requerimientos generales de los clientes a requisitos específicos importantes para la calidad (CTQ) Ayudar al equipo del proyecto para que pase de especificaciones de alto nivel a otras más detalladas; Asegurar que se cubran todos los aspectos de la necesidad planteada

Cuándo usar un árbol CTQ

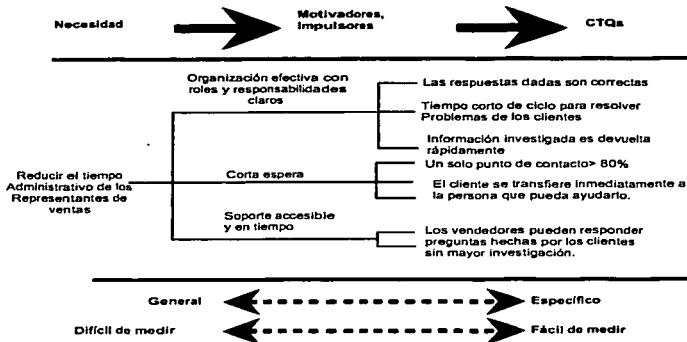
Para requerimientos del cliente poco específicos, con necesidades de planteamiento complejo o muy general; para lograrlo hay que saber cuales son las necesidades y que es lo que le importa al cliente de nuestro producto final; esto nos ayuda a cuidar los aspectos importantes de nuestro proceso que le dan plusvalía a nuestro producto o servicio final.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

79

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Ejemplo Árbol CTQ⁸³



Cómo Crear un Diagrama de Árbol de Decisiones

- 1.- Elaborar un listado de necesidades de los clientes
- 2.- Identificar los principales impulsores –motivadores– para estas necesidades (al referirnos a los principales se entiende aquellos que aseguren que la necesidad está siendo atendida)
- 3.- Llevar cada motivador –impulsor– al mayor nivel de detalle posible
- 4.- Detenerse en el nivel de detalle cuando se considere que está en capacidad de medir si puede o no cumplir el requerimiento planteado por el cliente

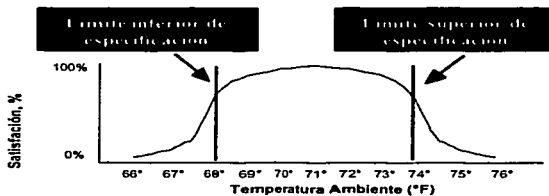
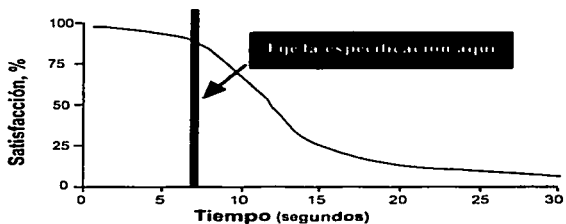
⁸³ Es de suma importancia asegurarse de que los CTQ's seleccionadas representen exactamente lo que es importante para el cliente; ya que de aquí se derivan todas las métricas de la metodología.
URL: <http://www.ncbrjja.es>

Matriz de Proyecto: Generación de CTQs

Se debe utilizar el diagrama de árbol de decisiones para traducir una necesidad del cliente de su proyecto en requerimiento CTQ.

Especificaciones para los CTQs

En manufactura, los límites de especificación se derivan usualmente de requerimientos técnicos. En caso contrario, fije los límites de especificación en base a datos sobre las necesidades del cliente. Fije los límites de especificación donde la satisfacción del cliente empieza a decrecer apreciablemente.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lista de Chequeo para Completar el Paso *Defina*

Al terminar la etapa **DEFINA**, se le debe poder describir al líder la razón de el porqué el proyecto es importante.

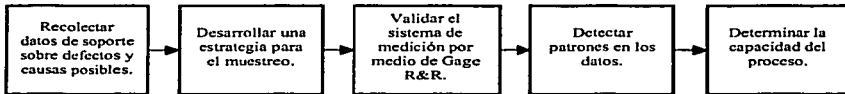
Respondiendo preguntas como por ejemplo:

- Qué objetivos de negocio deben lograrse para considerar el proyecto exitoso
- Quiénes están relacionados con el proyecto (champion, soporte técnico, líder y componentes del equipo)
- Qué limitaciones (presupuesto, tiempo, recursos) se han impuesto al proyecto
- Qué proceso clave está involucrado (incluyendo sus Proveedores, Entradas, Salidas, y Clientes -SIPOC-)
- Cuál es el rendimiento actual del proceso.
- Cuáles son las especificaciones o los requerimientos del cliente

3.2. MEDIR

3.1.2. INTRODUCCIÓN

Medir: Es la llave de transición en el camino Seis Sigma, donde el equipo debe decidir que métricas son las que se elegirán. Es aquí donde se redefine el problema, se obtienen los datos reales sobre la situación actual. Este paso puede ser difícil, especialmente si este es el primer proyecto de seis sigma en el que está involucrado.⁸⁴



Conceptos básicos sobre métricas⁸⁵

Cuando se trabaja con datos y se utilizan por primera vez métricas se deben seguir los siguientes conceptos básicos:

1. Observar y analizar las métricas.
2. Diferenciar entre las mediciones discretas de las continuas.
3. Cuales son las razones de las métricas.
4. Como se va a medir el proceso.

Objetivo

Detectar la ubicación o la fuente de los problemas lo mas precisamente posible por medio de un entendimiento real de las condiciones y problemas del proceso existente. Ese conocimiento le ayudará a reducir el rango de causas potenciales que usted necesita investigar y verificar en la etapa de Analizar.

⁸⁴ Peter S. Pande, THE SIX SIGMA WAY, p. 127

⁸⁵ Ibid. p. 128

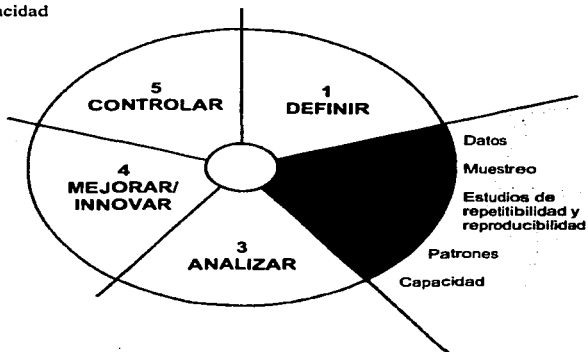
Resultado

- Información que ubica el sitio u ocurrencia del problema.
- Información básica sobre sigma del proceso actual.
- Un enunciado más enfocado del problema.
- Establecer un valor base para el nivel de la capacidad del proceso.

La métrica no es nada más que una medida estándar para determinar el funcionamiento de un área en particular. Las métricas están en el corazón de un sistema de proceso, esta enfocado hacia el cliente y dirigido a la mejora continua.

MEDIR:

1. Datos
2. Estrategia del Muestreo
3. Estudios de Repetibilidad y Reproducibilidad (Gage R&R)
4. Patrones
5. Capacidad



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La Medición y DMA²PC

Vínculos

- Se debe contar con un enunciado sólido del proyecto a partir de la etapa *Defina*.
- En este paso, usted recolectará información que le permitirá un entendimiento basado en hechos y datos de lo que sucede en el proceso que quiere mejorar.
- Esta información le proveerá la base para llegar a la etapa *Analizar* (Paso 3)

Metodología:

1. Recolecte datos de soporte sobre defectos y causas posibles.
2. Desarrolle una estrategia para el muestreo.
3. Valide su sistema de medición por medio de Gage R&R.
4. Detecte patrones en sus datos.
5. Determine la capacidad de su proceso.

Visión Preliminar del Módulo MIDA

Un entendimiento real de la situación quiere decir que su conocimiento debe basarse en hechos y datos –usted debe saber qué datos recolectar, qué hacer con ellos luego de haberlos obtenido cómo interpretar los patrones o claves que emerjan. Los módulos que veremos le permitirán:

1. Identificar variables críticas y recolección de información pertinente.
2. Técnicas de muestreo.
3. Gage R&R (validación del sistema de medición.)
4. Patrones de datos.
5. Capacidad de Proceso.

3.2.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES Y RECOLECCION DE DATOS E INFORMACIÓN.

Tener la capacidad de identificar posibles índices, Usar la matriz de priorización y FMEA⁸⁶ para enfocarse en las variables más importantes, Diseñar plan de muestreo, Identificar factores de estratificación en un problema dado, Identificar las diferentes clases de datos, Establecer y usar una definición operacional y Diseñar un formato útil para recolección de datos.



Los datos nos ayudan a:

- Discernir lo que *pensamos* que está sucediendo de aquello que *realmente* está sucediendo.
- Confirmar o rechazar ideas preconcebidas y teorías.
- Establecer un plano de referencia para desempeño.
- Apreciar la historia del problema a través del tiempo.
- Medir el impacto de los cambios en un proceso.
- Identificar y entender las relaciones que podrían ayudar a explicar la variación.
- Controlar un proceso (vigilar el comportamiento del proceso).
- Evitar "soluciones" que no resuelven el problema real.

Los datos recopilados deben ser *Suficientes, Relevantes, Representativos* y estar en el mismo escenario.

⁸⁶ FMEA (Análisis de Modo de Fallas y Efectos) Identifica aquellas fallas con el índice de riesgo (RPN) mayor basado en el valor de severidad, probabilidad de ocurrencia y detección. Como también provee una base para el mejoramiento del proceso a largo plazo.

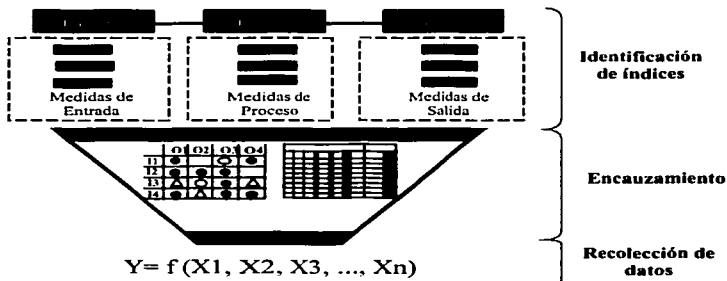
Proceso de 5 pasos para la recolección de datos.

1. Identificar los índices claves y definir los objetivos de recolección de datos.
2. Desarrollar las definiciones y procedimientos operacionales.
3. Validar el sistema de medición.
4. Iniciar la recolección de datos.
5. Continuar mejorando la consistencia de la medición.

1. Identificar los índices claves y definir los objetivos de recolección de datos.

El objetivo de este paso es asegurar que los índices que se pretenden recolectar proporcionen las respuestas que se buscan y además que la cantidad de información este en equilibrio. Con esto ultimo me refiero a que obtengamos la cantidad precisa de información correcta; no más ni menos.

Los índices deben estar enfocados de acuerdo a la siguiente estructura:



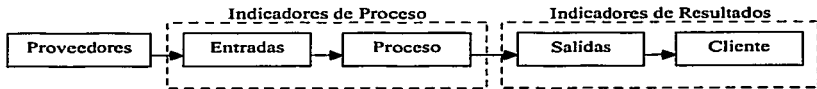
Enfoque de los índices hacia la métrica.⁸⁷

⁸⁷ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY, p. 146-148

⁸⁸ Diagrama obtenido de Johnson & Johnson.

Identificación de índices

Se identificarán los índices de acuerdo al mapa de alto nivel (SIPOC.) Conduciendo a una tormenta de ideas para la identificación de posibles índices que ayuden a entender mejor el problema. Identificándoles como de Proveedores, de Proceso y de Resultados.



La metodología Seis Sigma provee de dos técnicas para identificar índices críticos.

- Matriz de Priorización
- MAFE

La Matriz de Priorización identifica las pocas variables críticas que deben medirse y analizarse, ayuda en el enfoque del esfuerzo para la recolección de datos y también ayuda a formular teorías acerca de causas y efecto.

Se puede utilizar la Matriz de Priorización cuando hay muchas variables que pudieran tener impacto en la salida del proceso o si la recolección de datos que involucra todas las posibles variables tiene un costo considerable y una alta inversión de tiempo; también se utiliza cuando los integrantes del equipo tienen diferentes teorías acerca de lo que sucede en el proceso.

MAFE es un sistema estructurado para identificar, estimar, priorizar y evaluar el riesgo. Está orientado a la prevención de fallas y es usado principalmente para limitar el riesgo involucrado cuando se cambia de proceso; también, puede ser utilizado para enfocar el esfuerzo de recolección de datos en aquellas variables de entrada y de proceso que son críticas e importantes para el proceso actual.

Encauzamiento

La información correcta es aquella que describe el problema, las condiciones, y que además puede analizarse de manera de que aporte respuestas a las preguntas que se han elaborado acerca del problema.

Para lograr un buen encauzamiento es necesario buscar condiciones relacionadas entre los índices y una manera de lograrlo es la Estratificación de datos; que consiste en dividir en grupos (estratos) basado en características clave. El propósito de dividir los datos en grupos es para detectar un patrón que localice un problema o que explique por que la frecuencia o impacto varía con el tiempo, lugares o condiciones (esta característica clave podría ayudar a cuándo, dónde y porque existe un problema.)

Estratificación de los factores⁸⁹:

- **Quién** Que personas, grupos, departamentos u organizaciones están involucrados.
- **Qué** Que suministros, maquinas, productos, servicios o equipo están implicados.
- **Dónde** En que parte se ubica el problema o defecto.
- **Cuándo** En que paso del proceso está el problema o el tiempo en que se causa el problema.

También hay que diferenciar la clase de datos entre *Continuos* y *Discretos*. Donde los primeros se obtienen generalmente a través de un sistema de medición, la utilidad de estos datos depende de la calidad de la medición y el conteo de eventos que no son muy raros se manejan mejor como datos continuos. Los *Discretos* son aquellos que incluyen porcentajes (donde el porcentaje es igual a la proporción de ítem con una característica dada y requieren de conteo de ocurrencias como de no ocurrencias) , conteos (para datos de conteos es impráctico contar las no ocurrencias ya que estos eventos son raros), atributos y ordinales.

⁸⁹ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY. p. 165

2. Desarrollar las definiciones y procedimientos operacionales⁹⁰.

El objetivo de este punto es asegurar que los recolectores de datos midan las característica de igual forma. Con esto se excluye la ambigüedad y se reduce la variación de las mediciones.

Una definición operacional es una descripción precisa que indica como obtener un valor para la característica que se está tratando de medir. Esto incluye el *qué* es la característica y *cómo* se mide.

Una definición operacional:

- Excluye la ambigüedad de modo que todas las personas involucradas tienen el mismo concepto de la característica o propiedad en cuestión.
- Describe la forma de medir dicha característica o propiedad.

Podemos mencionar que las Definiciones Operacionales deben de ser medibles, específicas, concretas y útiles.

3. Validar el sistema de medición.

El objetivo de la validación del sistema de medición es minimizar los factores que puedan exagerar la cantidad de variación entre los datos. Asegurando que los datos que se estén recolectando sean confiables y consistentes. Las características que se buscan al validar el sistema es que las mediciones que se lleven a cabo sean precisas / exactas, repetibles, reproducibles y estables con el tiempo.

La manera de realizarlo es aplicando un estudio de Gage R&R y éste es un conjunto de ensayos que se realiza para evaluar la repetibilidad y reproducibilidad de un sistema de medición.

⁹⁰ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY. p. 167

4. Iniciar la recolección de datos.

El objetivo de este punto es asegurar que la recolección de información se inicie sin dificultades.

5. Continuar mejorando la consistencia de la medición.

El objetivo es verificar que se sigan los procedimientos de recolección de datos y que los cambios que se implanten en la medida de las necesidades se adapten a las condiciones cambiantes.

Observaciones:

La recolección de datos puede resultar larga y costosa para lo cual hay que tener paciencia. Antes de recolectar información adicional es bueno verificar si se cuenta con información que se acomode a las necesidades. Es recomendable utilizar la observación como medio para recolectar información.

Plan de Recolección de Datos¹⁾

Proyecto:

¿Qué preguntas desea responder?

Datos		Definición Operacional y Procedimientos			
Qué	Tipo de Medición/ Tipo de Datos	Cómo se Miden ¹	Condiciones para el Registro ²	Notas del Muestreo	¿Cómo? y ¿Dónde se registran? (Adjunte formato)

¿Cómo asegura la consistencia?

¿Cuál es su plan para iniciar la recolección de datos?
(Adjunte detalles si fuera necesario)

¿Cómo se van a presentar los datos?
(Esquemático a continuación)

NOTAS

- 1) Asegúrese de probar y seguir los procedimientos/ instrumentos de medición.
- 2) Los "factores relacionados" son factores de estratificación o causas potenciales que usted debe observar a medida que recolecta sus datos.

¹⁾ Plan de recolección de datos utilizado en Janssen-Cilag.

3.2.3. MUESTREO

MUESTREO⁹². Es un procedimiento mediante el cual se obtienen una o más muestras de una población. En muchas ocasiones, al estudiar un fenómeno, se utiliza una parte del universo (una muestra) cuyo análisis conduce a resultados similares como si se hubiera analizado el universo completo, con un ahorro en el costo y en el tiempo invertido en el estudio.

En ocasiones no es posible recolectar todos los datos de un proceso por diferentes motivos (ya sea que tenemos muchos datos y se hace impracticable, muy costoso y tardado la recolección de los mismos o la recolección de los datos puede ser destructiva ya que se deben minimizar las pérdidas) Por ello se utiliza el muestreo donde los métodos estadísticos nos permiten llegar a conclusiones válidas acerca de un proceso aún a partir de una muestra relativamente pequeña (Esto se denomina inferencia estadística)

El primer paso es determinar el tamaño de la muestra para lo cual habrá que responder saber cuantas muestras se necesitan y esta respuesta se puede determinar por medio de cuatro factores:

- ¿Qué Clase de Datos?
 - Discretos o Continuos.
- ¿Qué se desea hacer?
 - Describir una característica para todo un grupo.
 - Comparar características de un grupo.
- ¿Cuál es la desviación estándar que se estima o la proporción?
- ¿Qué nivel de confianza se busca?

⁹² La definición de muestreo fue tomada de la página del Institut de Ciències del Mar. <http://www.icm.csic.es/rec/gim/defini.htm>

Las fórmulas para el tamaño de muestra dependen del objetivo y estas pueden ser:
De acuerdo al propósito de la muestra:

$$\text{Estimar Promedio} \quad n = \left(\frac{2S}{\Delta} \right)^2 \quad \text{Donde } \Delta = \text{Precisión} \pm \text{unidades}$$

$$\text{Estimar Proporción} \quad n = \left(\frac{2}{\Delta} \right)^2 (p) \times (1 - p) \quad \text{Donde } \Delta = \text{precisión} \pm \text{unidades}$$

Manejamos la definición de precisión (precisión = Δ) como que tan estrecho se desea el rango para el estimado de una característica.

La precisión es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tamaño de la muestra.

$$\Delta = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Para estimar el tamaño de muestra es necesario contar con la desviación estándar puesto que se debe tener alguna idea de la cantidad de variación en los datos; ya que a medida que la variabilidad aumenta, el tamaño de muestra requerido aumenta.

La Precisión depende del tamaño de muestra para lo cual si se necesita mejorar la precisión es necesario aumentar el tamaño de la muestra. Por otro lado al seleccionar un estimado de la precisión la respuesta dependerá del impacto que este tenga sobre el negocio o proyecto.

Para estimar la desviación estándar se deben buscar datos existentes y calcularla por medio de un gráfico de control de un proceso similar y tomando de allí una pequeña muestra se calcula s .

$$s = \frac{UCL - LCL}{6} \quad \text{O} \quad s = \frac{UCL - \text{promedio}}{3}$$

TIPOS DE MUESTREO⁹³

FRACCIÓN DE MUESTREO. Cociente del tamaño de la muestra n por el de la población N , en el muestreo de poblaciones finitas, que generalmente se representa por f .

MUESTREO ALEATORIO o PROBABILÍSTICO. Muestreo en el que puede calcularse de antemano la probabilidad de cada una de las muestras que sea posible seleccionar.

MUESTREO ALEATORIO SIMPLE.

Muestreo en el que todas las muestras tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas y en el que las unidades obtenidas a lo largo del muestreo se devuelven a la población.

Muestreo en el que la muestra aleatoria está formada por n variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas a la variable aleatoria poblacional. Sinónimo de Muestreo aleatorio con reemplazamiento.

MUESTREO DOBLE. Muestreo que consta de dos fases; en la primera, de las cuales se toma una muestra muy amplia a la que se analiza algún aspecto que es fundamental para la segunda fase; esta segunda fase, la constituye un muestreo cualquiera de la primera.

MUESTREO ESTRATIFICADO. Muestreo en el que la población se divide previamente en un número de subpoblaciones o estratos, prefijado de antemano. Dentro de cada estrato se realiza un muestreo aleatorio simple.

MUESTREO OPINÁTICO o INTENCIONAL. Muestreo en el que la persona que selecciona la muestra procura que esta sea representativa; por consiguiente, la representatividad depende de su intención u opinión, y la evaluación de la representatividad es subjetiva. No tiene fundamento probabilístico.

⁹³ Las definiciones de Muestreo fueron obtenidas de la página del Institut de Ciències del Mar. <http://www.icm.csic.es/rec/gim/defini.htm>

MUESTREO POLIETÁPICO. Muestreo en el que se procede por etapas: se obtiene una muestra de unidades primarias, más amplias que las siguientes; de cada unidad primaria se toman, para una submuestra, unidades secundarias, y así sucesivamente hasta llegar a las unidades últimas o más elementales. Se le puede considerar como una modificación del muestreo por conglomerados cuando no forman parte de la muestra elementos o unidades de todos los conglomerados, sino que, una vez seleccionados estos, se efectúan submuestras dentro de cada uno de ellos.

MUESTREO POLIFÁSICO o MÚLTIPLE. Muestreo en el que se obtienen varias muestras en varias fases para seleccionar datos de distintas clases. En la primera fase se toma una muestra, generalmente grande, de forma rápida, sencilla y poco costosa, a fin de que su información sirva de base para la selección de otra más pequeña relativa a la característica que constituye el objeto de estudio propiamente dicho. En la segunda fase se obtiene una submuestra sobre toda la clase de datos, obteniéndose así una muestra bifásica. Y así se procede sucesivamente, obteniéndose una muestra que se llamar polifásica.

MUESTREO POR ATRIBUTOS. Muestreo en el que los elementos de la población, y por tanto de la muestra están clasificados en dos o más categorías según un determinado atributo o característica cualitativa.

MUESTREO POR CONGLOMERADOS. Muestreo en el que se sustituyen las unidades físicas, elementales o últimas a las que se refiere el estudio, por unidades de muestreo que comprendan un grupo de aquellas, llamadas conglomerados.

MUESTREO POR SUBMUESTRAS INTERPENETRANTES. División aleatoria de una muestra, en un cierto número de grupos del mismo número de unidades. Se emplea para medir la concordancia entre los resultados de muestras sucesivas, en la obtención rápida de resultados provisionales y en la comparación de los resultados obtenidos por diferentes agentes o entrevistadores.

MUESTREO POR VARIABLES. Muestreo en el que los elementos de la población presentan una característica o variable que sea medible y que es objeto de la inspección.

MUESTREO SECUENCIAL o SUCESIONAL. Muestreo en el que no se fija de antemano el número de unidades que han de constituir la muestra, sino que, mediante el examen de las unidades obtenidas sucesivamente, o bien se decide parar el muestreo (y a partir de la muestra así obtenida, realizar inferencias sobre la población), o, por el contrario, se decide hacer una observación adicional, y así sucesivamente.

MUESTREO SIN NORMA. Muestreo en el que la muestra se toma de cualquier manera, por razones de comodidad o capricho. La representatividad de tal muestra suele ser insatisfactoria, a no ser que la población sea homogénea en el atributo que está considerando. No tiene fundamento probabilístico.

MUESTREO SISTEMÁTICO. Muestreo en que los n elementos de la muestra se seleccionan tomando aleatoriamente un número i , que designará, en una lista o población de N elementos, al primero que va a formar parte de la muestra. A continuación de manera sistemática, se van tomando el elemento $i + k$ que está K lugares después del i -ésimo de la lista; el $i + k$ que está $2K$ lugares después, y así sucesivamente, hasta agotar los elementos disponibles de la lista o población, lo que ocurrirá cuando se llegue al que ocupa el lugar $i + (n - 1)K$.

PLAN DE MUESTREO. Diseño según el cual se toman una o varias muestras con objeto de obtener información y, eventualmente, tomar una decisión.

3.2.4. VALIDACION POR EL METODO GAGE R&R ⁹⁴

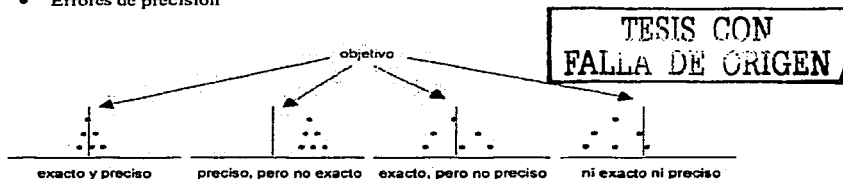
Es una técnica enfocada a entender la causa de la variación en los sistemas de medición y creación de un sistema de medición confiable para ser utilizado en el control de procesos y para la aceptación o rechazo de partes.

Se utiliza un estudio Gage R&R para evaluar un sistema de medición que recolecta datos en forma continua. Normalmente se utiliza en manufactura donde los “medidores” o instrumentos se utilizan para medir características físicas continuas importantes (Ej. Espesor, adhesividad, viscosidad, etc).

También puede ser utilizado para estudios donde se evalúan consistencias y exactitudes de clasificaciones hechas por personas (Ej. Respuesta a preguntas “Bueno” o “Malo”, “Correcto” o “Incorrecto”) Por lo que está encaminado a evaluar la consistencia de una clasificación en base a un conjunto de ensayos.

Los errores en los sistemas de medición pueden clasificarse en dos categorías:

- Errores de exactitud⁹⁵
- Errores de precisión⁹⁶



Ejemplo de precisión y exactitud⁹⁷.

⁹⁴ Definición de Gage R&R obtenida de la página <http://www.streamtech.com.mx/serv1-main.htm#1>

⁹⁵ La **exactitud** describe la diferencia entre el valor registrado y el real.

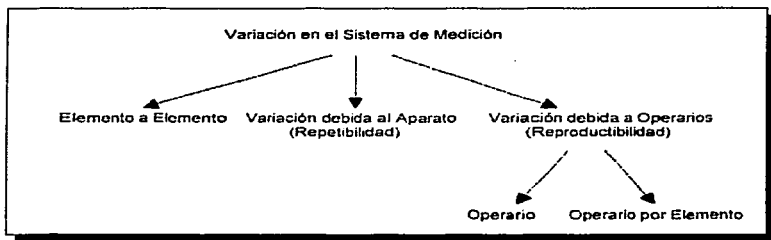
⁹⁶ La **precisión** describe la variación que se observa al medir el mismo elemento de forma repetida y usando el mismo método de medición.

⁹⁷ Ejemplo de precisión y exactitud. URL: http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC_2.pdf

En los estudios de **Gage Repetibilidad**⁹⁸ y **Reproductibilidad**⁹⁹ se busca determinar qué parte de la variación observada en el proceso se debe al sistema de medición usado.

Minitab¹⁰⁰ proporciona dos métodos para realizar este tipo de estudios:

- El método X-barra/R. Descompone la variación total en tres categorías:
 - Elemento a elemento.
 - Repetibilidad.
 - Reproducibilidad.
- El método ANOVA. Éste va un paso más allá y descompone la reproductibilidad en dos subcategorías:
 - El operario.
 - El operario por elemento.



El método ANOVA es más exacto que el X-barra/R

TEMA CON
FALLA DE ORIGEN

⁹⁸ Repetibilidad: Es la variación observada cuando el mismo operario mide el mismo elemento de forma repetida usando el mismo aparato.

⁹⁹ Reproducibilidad: Es la variación observada cuando distintos operarios miden el mismo elemento usando el mismo aparato. Nos da una idea de la variación debida al operario.

¹⁰⁰ Minitab es un software estadístico utilizado para la metodología seis sigma.

PATRÓN DE DATOS ¹⁰¹

Con frecuencia, los datos iniciales recopilados durante un proyecto de mejoramiento son datos continuos que presentan un orden cronológico natural. El primer paso en el análisis de datos ordenados en el tiempo –series de tiempo– es crear un gráfico cronológico o un gráfico de control. El siguiente paso es crear un gráfico de frecuencias (histograma) de los datos y analizar su distribución.

Si los datos no tienen orden cronológico, podrá utilizar un gráfico de frecuencias o un diagrama de Pareto para analizarlos.

- Los gráficos de frecuencia muestran la distribución de los datos numéricos continuos.
- Los diagramas de Pareto muestran la frecuencia o la influencia relativas de los datos que pueden dividirse en categorías.

Instrumento	Para qué	Datos
Gráficos cronológicos	Identificar causas especiales, cambios y otros patrones	Datos continuos ordenados
Diagramas de control	Supervisar el proceso	Datos continuos ordenados
Gráficos de frecuencia (Histogramas)	Determinar la forma, el centro y el intervalo de los datos numéricos	Datos continuos
Diagramas de Pareto	Determinar la importancia relativa o la influencia de distintos problemas	Discretos (varias categorías)

Tipos de datos e instrumentos a utilizar.

¹⁰¹ En esta etapa (Medir) se analizan los datos que se están recopilando, con la finalidad de obtener patrones y así obtener la capacidad del proceso.

El objetivo de obtener un patrón de datos es que de esta forma se comprenderá la relación entre calidad y variación, diferenciando entre variación de causa común y especial, creando e interpretando gráficos cronológicos¹⁰², gráficos de control, histogramas y diagramas de Pareto, comprender la diferencia entre los límites de control (capacidad del proceso) y los límites de especificación (necesidades del cliente.)

Los datos cronológicos son recopilados con periodicidad (cada hora, diaria, semanal mensual, trimestral, etc.)

Al analizar datos ordenados cronológicamente, se debe examinar la **variación** que presentan, es decir, cómo cambian los valores entre un punto y otro. Algunos patrones de la variación ofrecen pistas sobre la fuente de problemas en los procesos

Observando la variación de un proceso nos damos cuenta que hay dos cosas que nunca son iguales y éstas son la forma en que se desarrolla un proceso ya que éste varía día a día; también las medidas o los recuentos cambian con el tiempo.

Un paso crítico hacia la mejora es cuantificar la cantidad de variación y comprender que es lo que ocasiona esta variación; que al saberla, nos ayuda a decidir que tipo de acciones nos llevará a una mejora duradera.

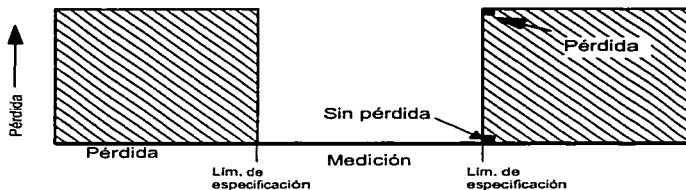


¹⁰² El orden cronológico es importante porque las condiciones de un proceso cambian con el tiempo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Perspectiva de la variación y de la calidad:

- Tradicional
- Nueva

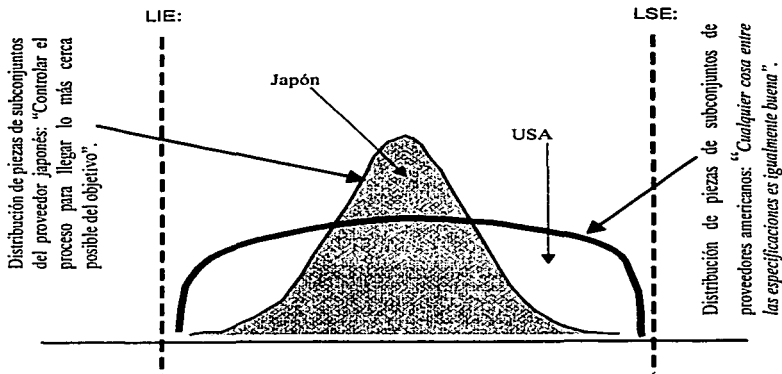


Tradicional: Un valor entre las especificaciones es igualmente válido



Nueva: Cada vez que una característica se desvía del objetivo, hay alguna pérdida. Cuanto mayor sea la desviación, más importante será la pérdida¹⁰³.

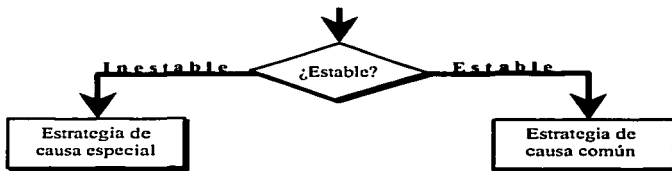
¹⁰³ Taguchi (1960)



Perspectiva de la variación y de la calidad tradicional y nueva¹⁰⁴.

Tipos de causas de la variación

- Estable
- Inestable



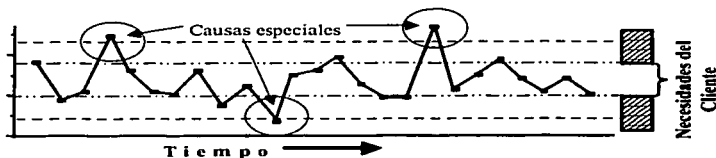
¹⁰⁴ Caso Taguchi.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Estrategia de Causa Especial

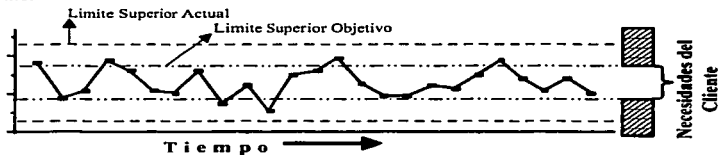
El objetivo es eliminar las causas especiales y específicas para lograr que un proceso inestable sea estable.

- Obtenga **datos puntuales** para señalar rápidamente las causas especiales.
- Inicie **acciones inmediatas** para solucionar posibles daños.
- Busque inmediatamente una causa.
- Localice lo que era **diferente** en esa ocasión. Aísle la causa más profunda sobre la que pueda influir.
- Desarrolle una solución a largo plazo que evitará que se produzca de nuevo la causa especial. O bien, si los resultados son buenos, conserve lo aprendido.



Estrategia de Causa Común

El objetivo es lograr que las causas comunes del proceso se adecuen a las necesidades del cliente.



El proceso mostrado es estable aunque algunos datos se encuentran fuera de las necesidades del cliente. Por lo mismo es un proceso que se puede mejorar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráficos Cronológicos (Gráficos por etapas)

Un gráfico cronológico es una representación de los datos en el orden en que se han producido y se utiliza para estudiar los datos observados y detectar tendencias o patrones en un período concreto, centrar la atención en los cambios fundamentales del proceso y realizar el seguimiento de la información que permita predecir las tendencias.

Se debe utilizar para comprender la variación en el proceso, comparar una medición de rendimiento antes y después de aplicar una solución con el fin de valorar el impacto de la solución, detectar tendencias, inflexiones y ciclos en el proceso.

Perspectiva General

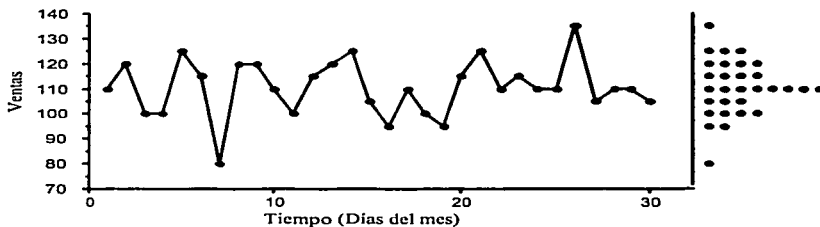


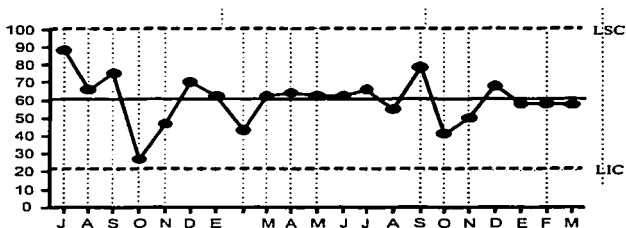
Gráfico cronológico de un proceso en manufactura de una compañía en un mes.¹⁰⁵

¹⁰⁵ Pandle. The Six Sigma Way, pag. 241

TESIS COM
FALLA DE OROON

Gráficos de Control para Valores Individuales¹⁰⁶

Son diagramas que representan los resultados ordenados cronológicamente (como los gráficos cronológicos), tienen límites de control determinados estadísticamente y representados en el gráfico, aplican la media, no la mediana, para calcular la línea central.



Los límites estadísticos de control establecen la capacidad del proceso, separan las variaciones de causa común de las de causa especial, los puntos que quedan fuera de los límites estadísticos reflejan una causa especial, puede utilizarse para casi todos los tipos de datos recopilados cronológicamente y proporcionan un lenguaje común para abordar el rendimiento de un proceso.

Se utilizan para hacer el seguimiento de los resultados con el tiempo, evaluar el avance después de introducir cambios o mejoras en el proceso, centrar la atención en detectar y supervisar la variación del proceso con el tiempo.

¹⁰⁶ Enric Barba, Francesc Boix, Lluís Cuatrecasas; SEIS SIGMA. Una iniciativa de calidad total, Gestion 2000.com, España, 2000, p. 100-112.

Tipos de Límites

Los límites de especificación

- Vienen definidos por los requisitos del cliente, de la administración o de los técnicos.
- Describen *qué desea* lograrse con un proceso.

Los límites de control

- Se calculan a *partir de los datos*.
- Describen lo que puede lograr un proceso.

Cálculo de los límites de control¹⁰⁷

Hay dos fórmulas que son habituales para calcular los límites de control

Límites de control: método 1 usando la mediana del rango móvil. (Línea central = \bar{X})

$$UCL = \bar{X} + 3.14 * \bar{R}$$
$$LCL = \bar{X} - 3.14 * \bar{R}$$

Límites de control: método 2 usando la media del rango móvil. (Línea central = \bar{X})

$$UCL = \bar{X} + 2.66 * \bar{R}$$
$$LCL = \bar{X} - 2.66 * \bar{R}$$

El rango móvil que debe utilizarse se debe identificar de acuerdo con:

- El rango de la media (\bar{R}) aumenta si hay causas especiales, el rango de la mediana no sufre la influencia de las causas especiales.
- El rango de la media suele ser más grande que el de la mediana por un factor de al menos $3.14 / 2.66 = 1.18$

Cuando el proceso es inestable, los límites de control calculados con $2.66 \bar{R}$ están mucho más allá de los límites de control calculados con 3.14 y podrían perderse algunas señales de causas especiales.

Si el proceso es estable, los dos métodos producen prácticamente los mismos resultados.

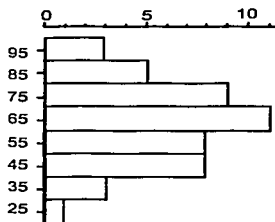
¹⁰⁷ Enric Barba, Francesc Boix, Lluís Cuatrecasas; SEIS SIGMA. Una iniciativa de calidad total, Gestion 2000.com, España, 2000. p. 106-129.

Gráficos de frecuencias

Un gráfico de frecuencia muestra la forma o la distribución de los datos, mediante la representación de las veces que se producen los diferentes valores. Se utilizan porque resumen los datos de un proceso y presentan gráficamente la distribución de la frecuencia en forma de barras. También, ayudan a responder la siguiente pregunta: ¿Es el proceso capaz de satisfacer los requisitos del cliente?

Se debe utilizar un gráfico de frecuencias cuando se desee mostrar grandes cantidades de datos cuya interpretación es difícil en forma de tabla, cuando necesite mostrar la frecuencia relativa de la aparición de los diferentes datos, para detectar el centrado, la dispersión y la variación de los datos y para ilustrar rápidamente la distribución fundamental de los datos.

Tipos de gráficos de frecuencias



HISTOGRAMA

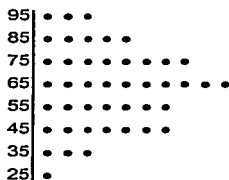


GRÁFICO DE PUNTOS

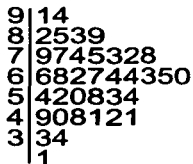


GRÁFICO DE TALLO Y HOJAS

Pasos para crear una tabla de frecuencias

1. Decida el procedimiento de medida.
2. Reúna datos (al menos 50 puntos).
3. Prepare una tabla de frecuencias de los datos.
 - Cuente el número de datos.
 - Calcule el rango o intervalo.
 - Determine el número de intervalos de clases.
 - Determine la anchura de las clases.
 - Construya la tabla de frecuencias.
4. Dibuje un gráfico de frecuencias (histograma) de la tabla.
5. Interprete el diagrama.

Lo que buscamos al hacer una tabla de frecuencias es localizar el centro de los datos, el rango, la forma de distribución, comparar el gráfico con los objetivos y las especificaciones así como encontrar posibles irregularidades.

Diagramas de Pareto¹⁰⁸

Es una herramienta gráfica que le ayuda a dividir un problema grande en sus partes e identificar cuáles son las más importantes.

Ésta es una de las mejores herramientas para evaluar los datos en categorías. Nos ayuda a entender el patrón de comportamiento de un problema, a juzgar la influencia relativa de varias partes de un problema (cuantificar el problema) y a efectuar el seguimiento de los factores principales de un problema; como también a decidir donde centrar los esfuerzos. Podemos utilizar un diagrama de Pareto cuando el problema pueda dividirse en categorías o se desea identificar las categorías determinantes para centrar el esfuerzo de mejora.

¹⁰⁸ También llamada como la regla del 80/20 (Principio de Pareto); que afirma que, en muchas situaciones, aproximadamente el 80% de los problemas son causados sólo por el 20% de los elementos.

Diagrama de Pareto:

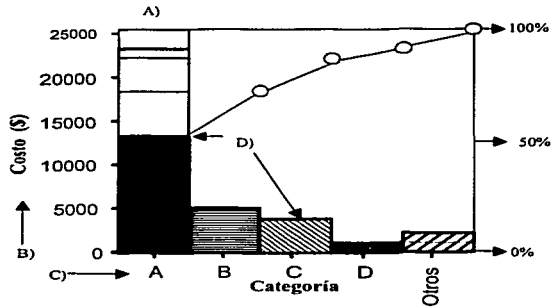


Diagrama de Pareto¹⁰⁹

- A) Representación de la suma de todos los casos
- B) Unidades
- C) Categorías de los Datos
- D) La altura de las barras muestra las unidades de cada categoría. En orden descendente con la barra más alta a la izquierda.
- E) La categoría de Otros es siempre la última aunque no sea la más pequeña.

TESIS
FALLA DE ORIGEN

¹⁰⁹ Pandic. The Six Sigma Way. pag. 207

3.2.6. CAPACIDAD DEL PROCESO

La capacidad de proceso es una medida estadística que resume qué tanta variación hay en un proceso en relación con las especificaciones del cliente.

Clasificación de acuerdo a la variación de la capacidad del proceso

- Mucha Variación
- Variación moderada
- Muy poca Variación

Mucha Variación

Resultados difíciles de producir de acuerdo con requerimientos del cliente (especificaciones) y valores de índice bajos ($Cpk < 0.5$ = sigma de proceso entre 0 y 2)

Variación moderada

La mayoría de los resultados cumple con los requerimientos del cliente y Valores de índice medios (Cpk^{110} entre 0.5 y 1.2 = Sigma de proceso entre 3 y 5)

Muy poca Variación

Virtualmente todos los resultados cumplen con requerimientos del cliente y valores de índice altos ($Cpk > 1.5$ = sigma de proceso de 6 o mayor)

Usos de los índices de capacidad de procesos

Proveen a la administración con un solo número que permita evaluar el desempeño de un proceso. Suministran una escala por medio de la cual se pueden comparar los procesos. Se puede concluir que el proceso X es más capaz que el proceso Y si el índice de capacidad para el proceso X es mayor que para el Y. Esta comparación le permite priorizar esfuerzos de mejoramiento. Muestran a través del tiempo si un proceso determinado tiene una mejor capacidad para cumplir con especificaciones.

¹¹⁰ Cpk (Índice de capacidad de proceso.)

Planteamiento para el cálculo de la capacidad de un proceso

Quando se examina un proceso se tiene dos perspectivas Pasado y Futuro. En cualquiera de estas dos perspectivas se compara el desempeño del proceso. (Actual o proyectado)

Pasado

¿Hasta qué punto el proceso ha producido una salida que cumple con las especificaciones?

Requiere un sistema de medición que opere bien y nos permita determinar si el proceso cumple o no especificaciones.

Futuro

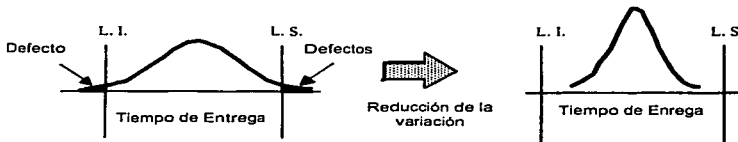
¿Hasta qué punto podemos predecir que el proceso será capaz de cumplir con especificaciones en el futuro?

Requiere un juicio sobre desempeño futuro y generalmente necesita evidencia de la estabilidad del proceso.

Enfoque de la capacidad de proceso

Para aumentar la capacidad de proceso, es necesario reducir la variación del mismo; ya que, con una menor variación podemos lograr:

- Mayor predecibilidad en el proceso, permitiendo hacer presupuestos más confiables, cumplir calendarios de entregas, etc.
- Menor desperdicio y reproceso, con lo cual se reduce el costo.
- Productos y servicios que se desempeñan mejor y duran más.
- Clientes satisfechos.



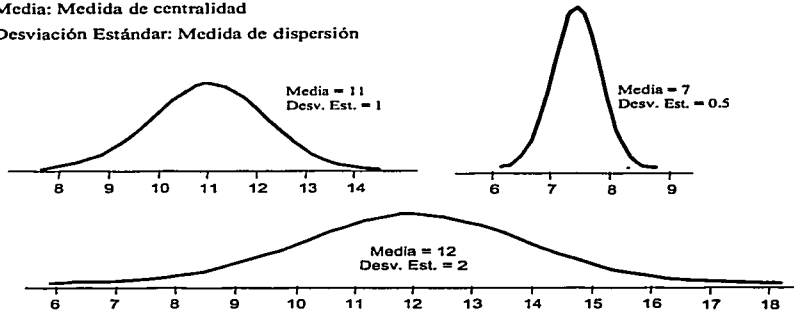
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Curva Normal

Cada Curva Normal se define por medio de dos parámetros:

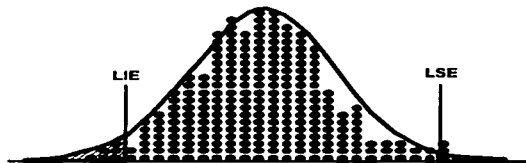
Media: Medida de centralidad

Desviación Estándar: Medida de dispersión



La Curva Normal y la Capacidad de Procesos

Cuando los datos continuos se distribuyen normalmente, el cálculo del índice de capacidad de procesos es equivalente a encontrar el área bajo la curva normal (o campana de Gauss) que se encuentra fuera de los límites de especificación, como se muestra en el diagrama.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Possibilidades en la curva normal

Distribución Normal

Usa datos actuales

Promedio = 17

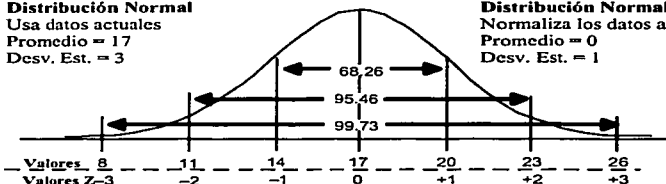
Desv. Est. = 3

Distribución Normal Estándar

Normaliza los datos a

Promedio = 0

Desv. Est. = 1



La Estabilidad en Estudios de Capacidad de Procesos¹¹¹

La recomendación usual en la mayoría de los textos y manuales de referencia recomiendan que solamente se calculen, interpreten y apliquen índices de capacidad de procesos cuando éstos son estables, es decir, procesos que no muestran señales de causas especiales de variación. Nota: Ningún proceso es perfectamente estable

El concepto de "Sigma del Proceso" se apoya en el principio fundamental de datos del proceso y límites de las especificaciones.

Un aumento en el valor de sigma del proceso requiere una reducción exponencial de defectos.

DPMO	Sigma del Proceso
308,537	2
66,807	3
6,210	4
233	5
3,4	6
Defectos por millón de oportunidades (Distribución desplazada $\pm 1.5s$)	Capacidad del Proceso

¹¹¹ Pandle. The Six Sigma Way. pag 187.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

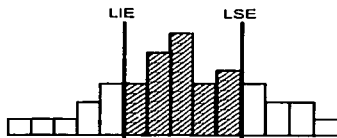
- Se utiliza Sigma del Proceso como indicador ya que es más sensible que los procesos que se centran en defectos.
- Sigma del Proceso = Expresión para rendimiento del proceso (basado en el número de defectos por millón de oportunidades—DPMO)
- Unidad = Artículo producido o procesado.
- CTQ = Crítico para la Calidad.
- Defecto = Cualquier evento que no cumple con la especificación del cliente
- Un defecto debe ser medible.
- Oportunidad de un Defecto = Posibilidad medible para que ocurra un defecto.
- Defectuoso = Unidad con uno o más defectos.

Las oportunidades de un defecto cuentan el número de veces que no se cumple con un requisito, mas NO las *formas* como se producen. (El número de oportunidades por unidad debe mantenerse constante antes y después del mejoramiento)

Cálculo de Seis Sigma para la etapa de un proceso.

Método 1

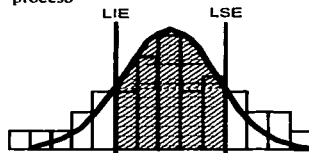
Busque el **Rendimiento Actual** en la tabla de conversión de sigma de proceso.



Rendimiento Actual:
60% Rendimiento = 1.8 Sigma de Proceso

Método 2

Busque una **Aproximación a la Normal** para el rendimiento en la tabla de sigma de proceso



Área bajo la Curva Normal 60%
Rendimiento = 1.8 Sigma de Proceso

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Método 1.- Rendimiento Actual¹¹²

El sigma de proceso puede calcularse en base a el número de elementos que se producen sin defectos en el primer paso, o sobre el número final de elementos sin defectos luego de corregir los errores.

Calculo de Sigma de Proceso.

1.- Calcular el rendimiento actual de primer paso:

$$\text{Rendimiento} = \left(1 - \frac{\text{defectos}}{\text{oportunidades totales}} \right) \times 100$$

(oportunidades totales = número de unidades X oportunidades por unidad)

2.- Buscar el rendimiento en la tabla de Sigma de Proceso.

Ejemplo:

100 Unidades.

5 Oportunidades.

7 Defectos.

$$\text{Rendimiento} = \left(1 - \frac{7}{5 \times 100} \right) \times 100 = 98.6\% = 3.7\sigma$$

¹¹² Rendimiento es igual al Número de elementos producidos directamente sin defectos (sin correcciones)

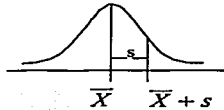
Método 2.- Aproximación a la Normal¹¹³

Este método es válido solamente para datos continuos. El Sigma de proceso no se basa en rendimiento actual, sino en el rendimiento estimado por el área bajo la Curva Normal

1.- Introducir Promedio, Desviación Estándar, Límites de Especificación.

$$\bar{X} = _, \quad s = _, \quad USL = _ \text{ y } \quad LSL = _$$

2.- Curva Normal: Promedio, Desviación Estándar, LSE y LIE



3.- Determinar el área por debajo del LSE (Área 1)

Calcular Z_1 $Z_1 = \frac{LSE - \bar{X}}{s} = \frac{(\) - (\)}{(\)} = _$

Buscar Z_1 en la Tabla Normal

$$\text{DistNorm}(Z_1) = \text{Valor de la Tabla Normal} = _$$

4.- Determine el área por debajo del LIE, si es que la hay (Área 2)

Calcule Z_2

Busque Z_2 en la tabla Normal

$$\text{DistNorm}(Z_2) = \text{Valor de la Tabla Normal} = _$$

5.- Calcular el Rendimiento

$$\text{Rendimiento} = \text{Área 1} - \text{Área 2} = _ - _ = _$$

$$\text{Rendimiento (porcentaje)} = \text{Rendimiento} * 100 \% = _$$

6.- Buscar el rendimiento en la tabla de Sigma de Proceso.

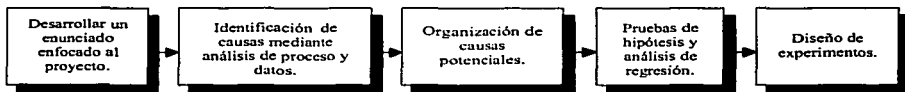
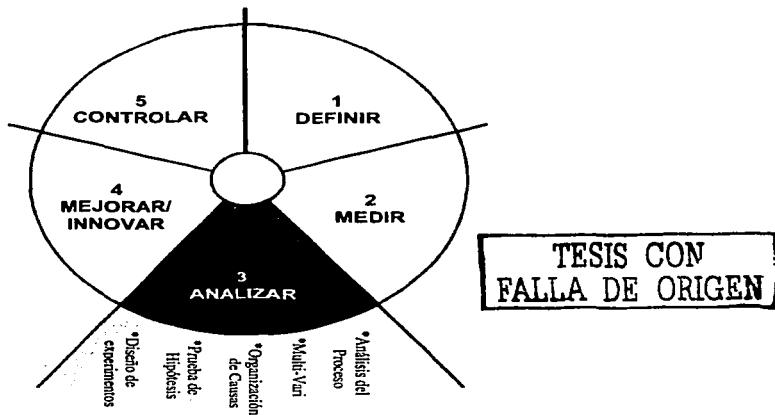
$$\text{Sigma de Proceso} = \text{Buscar en la Tabla de Sigma} = _$$

¹¹³ El método 2 sólo es apropiado cuando los datos son continuos o los datos tienen una distribución normal.

3.3. ANALIZAR

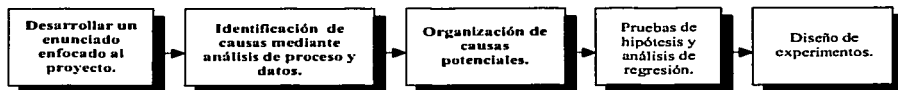
3.1.1. IDENTIFICACIÓN DE LA CAUSA RAIZ DEL PROBLEMA¹¹⁴

ANALIZAR: En este paso ya se deben saber las características del servicio o de producto que son críticas para el cliente. La meta de este paso es poder identificar las causas potenciales de los problemas que afectan nuestro sistema, el conocimiento de estas causas ayudará a desarrollar soluciones eficaces, así como a justificar la clase de soluciones a las que se llegarán en el siguiente paso de Mejora e Innovación.



¹¹⁴ Pandie. The Six Sigma Way. pag. 197-199.

Los tres primeros pasos de este modulo están dirigidos a verificar las causas que ocasionan el problema del proceso, después a clasificarlo y organizarlo en causas raíz para que se puedan comenzar a ser. El identificar las causas raíz es lo que ayuda a desarrollar soluciones duraderas.



Con la ayuda de diagramas de dispersión demostramos los patrones de datos. Estos patrones nos indican los diferentes tipos de relaciones que existen entre las variables.

A menudo la gente piensa que abordando un gran problema pueden llevar a cabo mejoras grandes o alcanzar ahorros grandes. Pero en la práctica, es más eficaz centrarse en un componente específico de un problema.

Desarrollar un enunciado enfocado al proyecto

En esta etapa se reúne el grupo para reflexionar acerca de la evolución del proyecto; donde el propósito es generar ideas rápidamente. (Se debe animar la creatividad, involucrar a todos, generar el entusiasmo y la energía) Se analizan los datos que se han generado y verifica que se cumpla lo que se pretendía al inicio del proyecto utilizando las herramientas de las "5 Whys" (quién, qué, cuando, donde y cuál)

Identificación de causas mediante análisis de proceso y datos¹¹⁵

Se utiliza como herramienta el diagrama de causa y efecto o también llamado de espina de pescado. Esta es una herramienta de Ishikawa que refleja en forma organizada la incidencia de elementos tales como: materiales, mano de obra, métodos, máquinas, mantenimiento, etc, sobre el resultado del proceso.

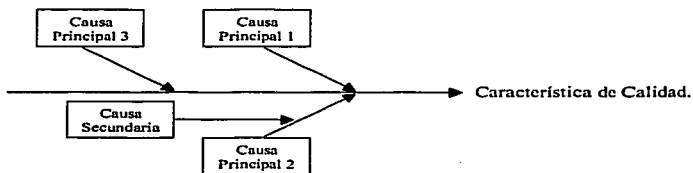


Diagrama de pescado (Ishikawa)

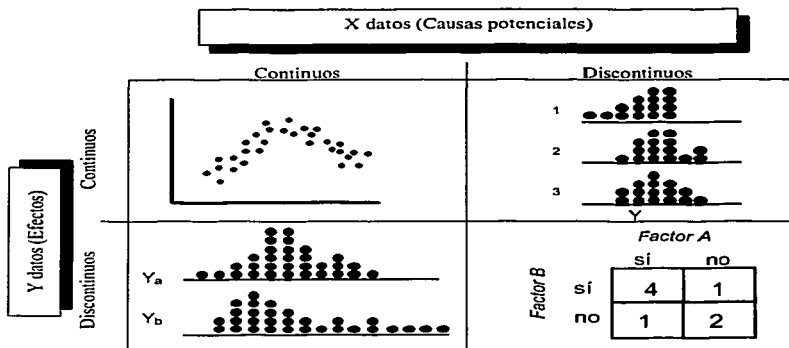
Beneficios

- Se define un problema raíz en la cual todas las causas tienen esa dirección.
- Usando el diagrama de causa y efecto se identifican las causas que generan el problema central y así sucesivamente se obtienen las causas potenciales del nivel inferior que contribuyen a las causas del siguiente nivel superior.
- Otorga dirección a las causas y efectos potenciales.
- Agrupa causas potenciales por agrupación mutua.

¹¹⁵ Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh; THE SIX SIGMA WAY. How GE, Motorola and other top companies are having their performance, Mc Graw Hill, U.S.A., 2002. p. 214.

Organización de causas potenciales

El diagrama de causa y efecto se utiliza para: identificar y fijar prioridades a aquellas causas raíz que generan el problema en el proceso.



3.3.2. PRUEBAS DE HIPÓTESIS Y ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Prueba de Hipótesis

Ésta es una clase de prueba que concentra los datos para permitir detectar diferencias entre los grupos, permite realizar comparaciones entre dos o más grupos y tiene como finalidad detectar las diferencias que pueden tener importancia para el negocio.

Se utiliza cuando es preciso comparar en dos o más grupos el promedio, la variabilidad y la proporción. O también cuando no se está seguro si existe una diferencia real.

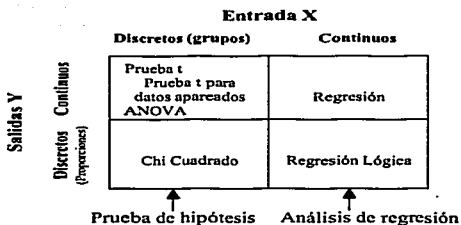
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tipos de pruebas de Hipótesis¹¹⁶

Prueba de Hipótesis	Propósito
Prueba t	Compara la media de dos grupos
Prueba t para datos apareados	Compara la media de dos grupos cuando los datos están apareados.
ANOVA (Prueba F) Análisis de Varianza	Compara dos o más promedios de grupo. Compara dos o más varianzas de grupo.
Prueba de Chi-Cuadrado	Compara dos o más proporciones de grupo.

La variación hace que no existan dos objetos exactamente iguales por lo que se debe responder si esta diferencia se debe a una variación aleatoria, por causas comunes o si existe una diferencia real.

La prueba de hipótesis se utiliza cuando la variable de entrada (X) es discreta y si los datos (X) son continuos, se utilizará el análisis de regresión para determinar si están relacionados con la variable (Y)



¹¹⁶ María José Marques de Cantu; PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA, Mc Graw Hill, México, 1991.

Análisis de Regresión

Los análisis de regresión cuantifican la relación que existe entre X y Y. La ecuación de

línea para el análisis está representada por $Y = b_0 + b_1 \cdot X$

Donde:

b_0 = Intersección con la línea X.

b_1 = a la pendiente de la recta.

3.3.3. DISEÑO DE EXPERIMENTOS DoE¹¹⁷

Con el diseño de experimentos entramos en la etapa del diseño o mejora de productos y procesos con el objetivo de reducir la variabilidad de la respuesta que nos interesa. Para ello se identifica primero qué variables o factores afectan a esa respuesta y después se obtiene un modelo de esa respuesta y de su desviación típica en función de las variables significativas.

Este concepto fue introducido por Genichi Taguchi en la década de los 80's. El DoE se enfoca a identificar los factores que afectan el nivel de respuesta de un producto o proceso a determinados agentes, a fin de generar un modelo matemático predictivo.

La experimentación se utiliza como la manera de verificar la relación de la causa y efecto entre los factores del proceso. Siempre que se realice un cambio, se estará experimentando (Teoría de que la nueva manera será mejor que la vieja).

Se utiliza el Diseño de Experimentos cuando se han determinado las causas raíz del problema.

¹¹⁷ Pandie, The Six Sigma Way, 277

El proceso de experimentación consta de una serie de etapas preestablecidas de carácter genérico¹¹⁸:

1. **Recopilación de información:** Recopilar toda información necesaria y hacerlo de forma adecuada será fundamental para lograr la efectividad del experimento. Hay que conocer perfectamente el proceso o producto que se someterá a estudio, la problemática que existe, así como todo lo relacionado con la toma de datos.

2. **Establecimiento de los objetivos principales:** Plantear los objetivos por alcanzar con el experimento. Verificar los objetivos junto con el equipo.

3. **Presupuesto disponible:** Obtener el presupuesto con el que se contara para cubrir los costos de los ensayos, del equipo, personal, etc.

4. **Planificación de los experimentos:** Análisis de los aspectos clave y los factores del proceso, producto que influyen de manera determinante. Evaluación de los factores, planificar los ensayos y la metodología a utilizar.

5. **Realización de los ensayos:** Realizar los ensayos que deberán de ser aleatorios y de forma arbitraria.

6. **Análisis y diagnóstico de los resultados de los diversos ensayos:** Evaluar la información obtenida por los ensayos, elaborando gráficos y tablas que faciliten el análisis.

7. **Conclusiones:** Elaboración de conclusiones sobre el estudio realizado, indicado los detalles encontrados.

Finalización

Se deben revisar los documentos con la finalidad de ser capaces de comprobar al "sponsor" cuáles fueron las causas raíz en la que se basarán los cambios del siguiente paso "Innovar e Implementar"

- Cuales son las causas potenciales identificadas
- Porque se decidió por investigar estas causas.
- Que datos se colectaron para verificar estas causas.
- Que demuestran los datos.

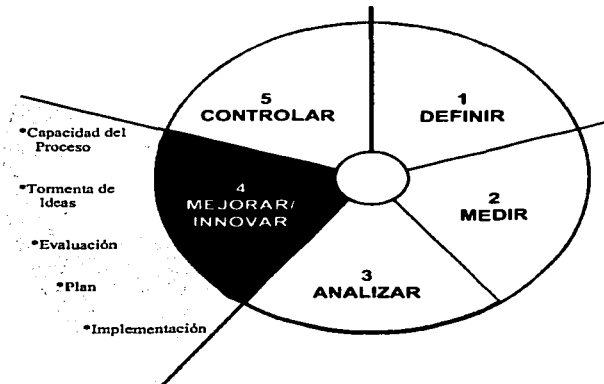
¹¹⁸ Enric Barba. Seis Sigma, Una iniciativa de calidad total. pag. 139-140

3.4. INNOVAR E IMPLEMENTAR

3.4.1. DESCRIPCIÓN

INNOVAR E IMPLEMENTAR

Después del arduo trabajo que se lleva a cabo en las etapas de **DEFINIR**, **MEDIR**, **ANALIZAR** para descubrir las causas problema y la variación, se tienen que generar diversas soluciones para generar una mejora en el proceso.



Pasos para llegar a soluciones realizables y eficaces¹¹⁹.

- Generación de ideas creativas de solución.
- Trabajar las ideas generadas.
- Selección de la solución.
- Prueba experimental.
- Implementación a gran escala.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

¹¹⁹ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY. p. 288

Generación de ideas creativas de solución¹²⁰.

La generación de las ideas puede comenzar por aquellas que son muy prácticas hasta llegar a las que sean prácticamente imposibles, centrándose en las causas del problema. Posteriormente de enlistar un grupo de ideas habrá que comentarlas, criticarlas y discutir las.

Trabajo de las ideas generadas.

Se habrán generado un grupo de ideas, las cuales hay que redefinirlas verificando su apego a lo que se pretende lograr; así como también en forma individual su impacto esperado en el proceso. Al finalizar se formará un documento con las soluciones posibles.

Selección de la solución.

Como punto de partida se utiliza la lista de posibles soluciones que serán evaluados utilizando criterios comunes (Ej. ¿Qué causa raíz se ataca, y en que medida?, ¿Cuál es su costo?, ¿Cuáles son las ventajas potenciales?, ¿Qué tan fácil será la implementación?, ¿Cuáles son los problemas potenciales?, ¿Qué tan fácil será prevenir o remediar los efectos secundarios?, etc) para asignarles valor.

Asignándoseles un valor de peso a los criterios

Criterios	Votos de los miembros del equipo				Total
	1	2	3	4	
Criterio A	.25	.75	.40	.50	1.90
Criterio B	.50	.25	.40	.10	1.25
Criterio C	.25		.20	.40	0.85
	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00

¹²⁰ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY. p. 287

Por medio de una matriz de priorización se selecciona una solución.

	Criterio A	Criterio B	Criterio C	Total
Soluciones				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				

Si en la evaluación de la matriz se genera una solución se queda con esta, si no es así pues se realiza un consenso de votos por la mejor opción.

Prueba Experimental

Sirve para realizar pruebas a cerca de la solución propuesta en el proceso. Tiene las siguientes características: Se realiza a escala, evalúa la solución y la puesta en practica, genera datos sobre resultados previsto, etc.

Se utiliza la prueba experimental porque puede mejorar la solución, se entienden los riesgos, valida los resultados previstos, facilita la puesta en practica e identifica problemas previamente desconocidos.

Evaluación de la prueba experimental

Comparar los resultados obtenidos contra la definición original de un defecto y contra los CTQs, recalcular el sigma de proceso y analizar las condiciones del proceso.

Implementación a gran escala¹²¹

Poner en práctica la solución con el apoyo de las siguientes herramientas: Diagramas de árbol, organigramas, diagramas de gantt y diagramas de planeamiento.

Para llevar a cabo la implementación es necesario pensar en los recursos humanos que lo llevarán a cabo y para ello es muy importante tomar en cuenta la Comunicación (Para expresar las ideas), Participación (Involucrar a las personas en el planeamiento de los cambios), Educación (Prever que los involucrados tengan el conocimiento necesario para lograr con éxito los cambios descados)

Planear pensando que la gente genera los siguientes beneficios

- Disminución en la confusión → Comprensión creciente.
- Incremento en la participación → Resistencia al cambio disminuida.
- Capacidad creciente → Miedo disminuido a fallas.

Desarrollo de un plan de comunicación

- Definir la influencia del plan para quienes lo llevarán a cabo. (Determinar exactamente cuales son las necesidades del proyecto y como se requiere que se lleve a cabo para que se complete con éxito.)
- Incremente las ventajas. (Preparar una lista de lo que se va a llevar a cabo.)
- Reducir el costo o la inconveniencia. (Enumerar lo que se prepara para realizar el cambio a menos costo y con mayor facilidad.)
- Planear la tentativa de influencia estratégicamente.

Al concluir el plan de implementación e innovación hay que revisar los siguientes puntos con el "sponsor": ¿Qué factores considera decisivos sobre la estrategia?, ¿Qué soluciones ha identificado?, ¿Qué criterios ha usado para la selección de la solución?, Detalles de los resultados de la prueba experimental, Detalles del plan de implementación, Asegurar que los cambios previstos se alinean con los sistemas de la gerencia, las políticas y los procedimientos de la empresa.

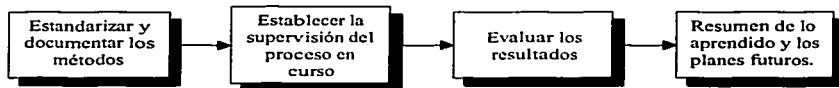
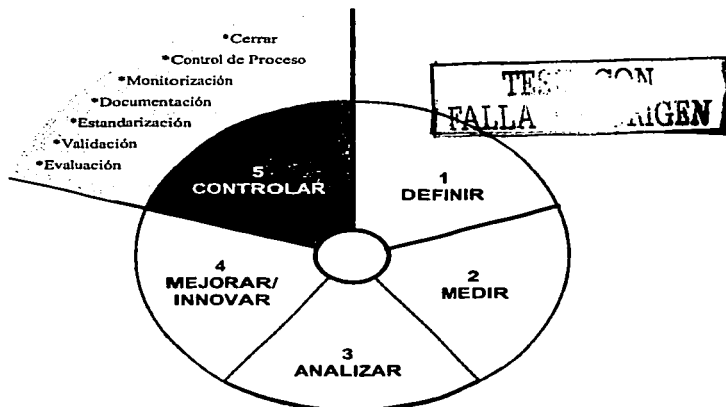
¹²¹ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY. p. 301.

3.5. CONTROLAR

3.5.1. DESCRIPCIÓN

CONTROLAR

En esta etapa del proyecto ya se cuenta con la definición del proyecto el SIPOC y el VOC, datos recopilados y analizados que describen la situación real, causas identificadas y verificadas, soluciones experimentales y probadas. El poner en practica una solución puede arreglar el problema de momento; pero también, hay que controlar lo que se va a implementar para cerciorarse de que este permanecerá fijo y que los nuevos métodos se pueden mejorar más a fondo en un cierto plazo.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Nada sucede sin una base confiable y sostenida; a menos que se construya una para hacer que suceda y se llegue a la estandarización o que permite que se lleve a cabo la alta calidad. Un elemento importante del control es cerciorarse de que cada cual está utilizando el nuevo proceso según los métodos probados. Éstos son los métodos que se saben producirán los resultados deseados.

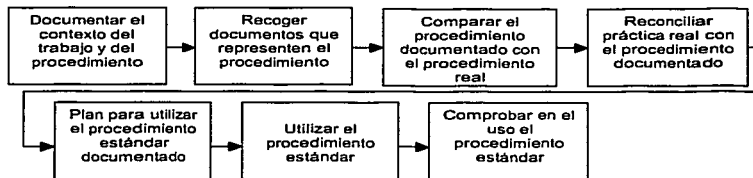
Estandarización.¹²²

El trabajo estandarizado mantiene todos los procesos en control, así que los productos y los servicios se elaboran con calidad y a un bajo costo; También establece relaciones cliente-proveedor entre la gente y los procesos del trabajo.

La estandarización se logra:

- Cerciorándose de que los elementos importantes de un proceso se estén realizando constantemente de la mejor manera posible.
- Se realizan cambios solamente cuando se demuestren a base de datos que se tiene una mejor alternativa.
- La documentación actualizada y en uso genera métodos estandarizados.

Proceso para la Creación de Procedimientos y Prácticas Estándares



¹²² La estandarización nos ayuda a competir con más éxito en el mercado mediante una confiabilidad creciente, con menores costos, incrementando la seguridad, implementando mejoras para los empleados, procesos controlados, mejora continua, prácticas flexibles que permiten respuestas rápidas para el cliente.

Método de documentación:

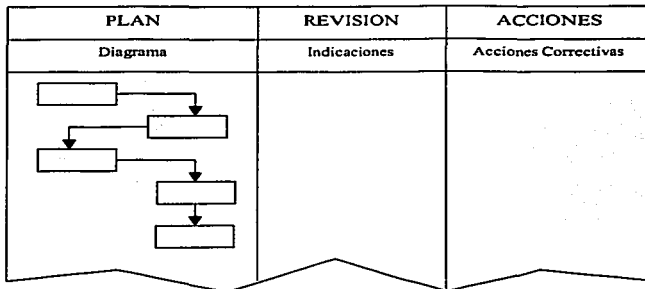
1. Documentar el contexto del trabajo pretende especificar el dónde, cuándo, y qué prácticas ocurren en el procedimiento.
2. Recoger los documentos incluye todos los organigramas, estándares, descripciones de las funciones, etc., que se relacionan con la manera que se hace el trabajo.
3. Compara las diferencias entre el procedimiento real con el documentado.
4. Determine si la versión real o documentada produce resultados mejores. (Estandarice la que mejor conduce a la más alta calidad y produce menos defectos.)
5. Cree un plan para cerciorarse de que el nuevo estándar continuará siendo utilizado.
6. Ponga el plan en ejecución.
7. Supervisar la puesta en práctica.

Cuando se finaliza la documentación, será necesario cerciorarse de que se entrene a cada uno del personal para que utilice los nuevos métodos implementados. Incluso los empleados experimentados necesitan ser entrenados en los nuevos métodos.

Diagramas de Proceso.¹²³

Los diagramas de proceso son una herramienta útil para documentar el proceso.

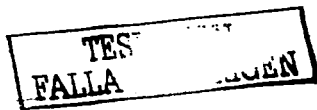
Se puede utilizar cualquier tipo de organigrama y la clave es capturar los pasos esenciales y verificar contra el proceso real y realizar las anotaciones pertinentes.



Diagramas de control (Supervisión)

Cuando se utilizan los diagramas de control para supervisar, se necesita decidir quién será el responsable de su mantenimiento y de reaccionar a cualquier señal. Por lo que hay que responder a las siguientes preguntas: ¿Quién recogerá los datos?, ¿Quién trazará los datos?, ¿Quién interpretará la gráfica?, ¿Qué se debe de hacer si aparece una señal de causa especial?, ¿Dónde se localizará la gráfica? y ¿Será hecho a mano o en la computadora?

¹²³ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY, p. 349-351.



Representación gráfica del Antes y Después de los Datos.

Agregando más datos a la gráfica de control para realizar comparativos, comparando los nuevos gráficos de Pareto (haciendo la escala y las dimensiones iguales para que así se pueda juzgar más exactamente el grado de mejora), trazar en la misma escala que los diagramas originales las gráficas de frecuencia.

Recalcular el Sigma de proceso de la misma forma que se obtiene la primera vez y se realiza una comparación.

Cierre.¹²⁴

Las compañías experimentadas cierran los proyectos de manera seria reconociendo el tiempo y esfuerzo implicado para obtener las iniciativas de implementación, desarrollan un método común para capturar las lecciones aprendidas sobre el problema o el proceso que fue estudiado (capturando éxitos y errores), comunica los resultados a través de la organización y entrega las responsabilidades de la estandarización y la supervisión a la gente apropiada.

Lista de comprobación para el cierre

1. Evite la continuación innecesaria.
2. Resuma los aprendizajes:
 - Sobre el proceso del trabajo, sobre el equipo y sobre sus resultados.
3. Concluya la documentación en mejoras.
4. Resuma los planes futuros y las recomendaciones.
5. Comunique la conclusión.
6. Celebración.

¹²⁴ Peter S. Pande. THE SIX SIGMA WAY. p. 352. Celebración final.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Desde el punto de vista histórico, a las empresas se les considera modernas a partir de la revolución industrial y éstas han evolucionado adaptándose a su entorno económico hasta ser concebidas como organismos biológicos y sociales, que como tales deben trabajar por subsistir en un mundo tan competitivo.

En la actualidad, se vive un fenómeno que propicia la interacción económica entre naciones y sus pueblos, que ha beneficiado a algunos y perjudicado a otros, denominada "GLOBALIZACIÓN", misma que es evidente en la última década del siglo XX y dominada por las empresas transnacionales. Estas empresas han desarrollado nuevas estrategias de negocios con el fin de obtener ventajas competitivas, como lo es hoy en día la metodología seis sigma.

Las cifras que publica la industria debido a los resultados obtenidos por la implantación de la metodología seis sigma son notables y gracias a ello se ha convertido en la estrategia más popular entre las empresas transnacionales.

Seis Sigma es una metodología estructurada y sistemática, que integra y utiliza todas las herramientas de la calidad anteriores por lo que es práctica y flexible ya que es aplicable tanto a procesos técnicos como a no técnicos (administrativos), se observan resultados en tres líneas diferentes: satisfacción del cliente, procesos controlados y beneficios económicos. Por todo esto se ha convertido en una estrategia de negocios abierta para todo tipo de empresas y aplicable a todas las áreas de la compañía.

La integración en las empresas se debe iniciar con el conocimiento e implementación de la alta dirección, para que ellos desplieguen a lo largo y ancho de la organización la metodología Seis Sigma, seleccionando y desarrollando proyectos de mejora. Asimismo cuando la alta dirección coordina el cambio cultural, los demás gerentes la seguirán, y sucesivamente llegará a los procesos administrativos y de producción, llevándose a cabo con éxito.

El buen manejo de la metodología requiere de capacitación de los recursos humanos de una empresa en el ámbito estadístico y de mejora continua, por lo que, considero que una inversión realizada en capacitación es excelente, ya que promueve el trabajo en equipo, la generación de ideas, forma parte de la proyección profesional de cada individuo y es inversión en capital intelectual de la compañía. Para llevar a cabo tales entrenamientos, considero que los más adecuados para otorgar asesorías en la implantación de la metodología son aquellos consultores que están certificados y cuentan con experiencia en control total de calidad, mejora continua, normas ISO, etc.

El implementar en las empresas la metodología de seis sigma hará que estas sean más competitivas ya que con ella podrán identificar objetivos de primer nivel y desplegarlos mediante proyectos de mejora continua.

Los defectos por millón de oportunidades (DPMO) son la medida clave de la metodología seis sigma y los 3.4 DPMO es el estándar para contar los defectos como también el medio para cuantificar el impacto de las mejoras y la forma de amplificar la urgencia de los problemas.

BIBLIOGRAFÍA LIBROS

Barba Enric, Boix Francesc, Cuatrecasas Lluís; **SEIS SIGMA. Una iniciativa de calidad total**, Gestión 2000.com, España, 2000.

Breyfogle III, Forrest W; **Implementing Six Sigma**, John Wiley & Sons, Inc; Nueva York, 1999.

Crosby Philip B; **Hablemos de calidad**; Mc Graw Hill; México; 1990.

Crosby Philip; **Calidad sin lágrimas. El arte de administrar sin problemas**; CECSA; Décima reimpresión; México; 1995.

Feigenbaum. **Total Quality Control; Third edition**; Mc Graw Hill; USA; 1983.

Galloway Diannc. **Mapping Work Proceses**. ASQC Quality Press. 1994.

Harry Mikel, Schroeder Richard; **Six sigma, the breakthrough strategy revolutionizing the world's top corporations**, Doubleday, U.S.A., 2000.

Ishikawa; **Guía de control de calidad**, UNIPUB, U.S.A. 1985.

Juran J.M, Gryna F.M; **Análisis y planificación de la calidad**; Mc Graw Hill; Tercera edición; Mexico; 1994.

Koontz Harold, Wehrich Heinz; **Administración una perspectiva global**, Mc Graw Hill, México, 1999.

Marques de Cantu Maria José; **Probabilidad y estadística**, Mc Graw Hill, México, 1991.

Masaaki Imai; **KAIZEN, la clave de la ventaja competitiva japonesa**; CECSA, Séptima edición, 1994.

Maseda Angel Pola; **Aplicación de la estadística al control de la calidad**; Marcombo; Barcelona; 1993.

Pande Peter S, P. Neuman Robert, R. Cavanagh Roland; **The six sigma way. How GE, Motorola and other top companies are having their performance**, Mc Graw Hill, U.S.A., 2002.

Wheeler, Donald J. and Lyday, Richard W; **Evaluating the Measurement Process**, Second Edition, Knoxville. Press Inc. 1989.

BIBLIOGRAFÍA DE PÁGINAS WEB

- American Society for Quality. Milwaukee, USA. Octubre 2002. URL : www.asq.org
- American Supplier Institute, S.A. ASÍ España. Noviembre 2003. URL: www.asispain.com
- Baldrige National Quality Program. USA. Noviembre 2002. URL: www.quality.nist.gov/
- Breakthrough Management Group. USA. Noviembre 2002. URL: www.bmgi.com
- Fundación Latinoamericana para la Calidad. Julio 2003. URL: www.calidad.org
- Celaran Institute. URL: www.celerantinstitute.com
- General Electric Company. Agosto 2003. URL: www.ge.com/
- General Electric Plastics. URL: www.geplastics.com
- Grupo Estadístico Seis Sigma. Agosto 2003. URL: www.ge6sigma.com/Articulos.htm
- Honeywell URL: www.honeywell.com/
- Institut de Ciencies del Mar. España. Agosto 2003. URL: www.icm.esic.es
- IsixSigma LLC. California USA. Septiembre 2001-2003. URL: www.iSixSigma.com
- Juran Institute. España. Noviembre 2002. URL: www.juran.es
- MINITAB, Making Data Analysis Easier. USA. Octubre 2002. URL: www.minitab.com/
- Motrola, Inc. USA. Octubre 2002. URL: www.motorola.com
- Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. Septiembre 2003. URL: <http://www.puc.cl>
- Quality America Inc. USA. Junio 2002. URL: www.qualityamerica.com
- Tecnología Aplicada a la Calidad S.A. de C.V. México. Junio 2003. URL: www.calidad.com.mx/
- The Six Sigma Management Kit. Julio 2003. URL: www.six-sigma-quality.com
- The University of Texas at Austin. USA. Agosto 2003. URL: www.utexas.edu/
- Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid. España. URL: www.uned.es/

* URL: Localizador Uniforme de Recursos (Por sus siglas en ingles: Uniform Resource Locator)

ARTÍCULOS

Calidad Total de la Fundación Mexicana para la Calidad Total A.C. (FUNDAMECA), publicaciones durante los años 1996 a 1999.

Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. Revista: Contaduría y Administración. Primitivo Reyes Aguilar. No. 25, abril-junio 2002.

Most Practical DOE Explained. Kim Niles. iSixSigma LLC. URL: www.iSixSigma.com

PROCESOS DE MEDICION. Norberto Vicente Rodríguez - Karina Valeria Loíacono. URL: www.gc6sigma.com

Seis sigma como instrumento para mejorar la calidad. Kjell Magnusson. URL: www.scissigma.com

Sigma scises en la educación. Dheeraj Mehrotra. URL: www.iSixSigma.com

Six Sigma Training. Charles Waxer. iSixSigma LLC. URL: www.iSixSigma.com