



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

MÁSTER EN EDIFICACIÓN – ESPECIALIDAD EN GESTIÓN

IMPLEMENTACION DE LA FILOSOFIA SIX SIGMA EN LA CONSTRUCCION

carlos almudéver marí

tutor: josé luis ponz tienda
cotutor: fernando cerveró romero

6σ





0.- INDICE

0.- INDICE.....	3
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	5
1.1.- Introducción	5
1.2.- Exposición de Motivos	5
1.3.- Contextualización.....	6
1.4.- Objetivos.....	8
2.- METODOLOGÍA	11
3.- INTRODUCCIÓN AL SIX SIGMA	13
3.1. ¿Qué es Six Sigma?	13
3.1.1.- Definición.....	13
3.1.2.- Principios.....	15
3.2.- El Nacimiento de Six Sigma	18
3.3.- Evolución de Six Sigma, Éxito y Expansión.....	20
3.4.- La Variabilidad	21
3.5.- Fases de Six Sigma	22
3.5.1.- Definir	22
3.5.2.- Medir	23
3.5.3.- Analizar	24
3.5.4.- Mejorar.....	25
3.5.5.- Controlar.....	26
3.5.6.- Alternativas.....	26
3.6.- Recursos y Herramientas Estadísticas.....	28
3.6.1.- Recursos Humanos y Económicos	28
3.6.2.- Herramientas Estadísticas.....	32
3.7.- Six Sigma y los Estándares de Calidad.....	44
3.7.1.- Normas ISO	44
3.7.2.- Total Quality Management. El modelo EFQM.....	50
3.7.3.- Six Sigma frente a La Calidad	57



4.- ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	61
4.1.- Estado del arte de Six Sigma.....	61
4.2.- Estado del arte de Six Sigma en la Construcción	63
5.- LA BUSQUEDA DE SINERGIAS Y LA IMPLEMENTACION EN LA CONSTRUCCIÓN	65
5.1.- Filosofía "LEAN"	66
5.2.- Lean Six Sigma	69
5.3.- EL Camino Hacia "Lean Six Sigma Construction"	69
5.4.- Six Sigma para Construir.....	70
5.4.1.- Agentes Intervinientes/Involucrados.....	71
5.4.2.- Procesos de la Construcción.....	78
6.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION	85
7.- BIBLIOGRAFIA.....	89
8.- INDICE DE FIGURAS	93



1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1.- Introducción

Este Trabajo Final de Máster trata sobre la filosofía o metodología Six Sigma y en concreto, trata de evaluar su posible implementación en el mundo de la construcción.

Como se verá más adelante, la filosofía Six Sigma pretende alcanzar la excelencia más allá de los estándares de calidad. Llegar a la ausencia de defectos o errores mediante una metodología que se ha mostrado altamente exitosa en los sectores de producción y servicios.

Se va a intentar romper las barreras que existen entre las metodologías utilizadas por las empresas altamente industrializadas, desmitificando los sistemas y el pensamiento utilizados por estas para desarrollar su mejora continua.

1.2.- Exposición de Motivos

Cursar el Máster en Gestión de la Edificación fue una idea que surgió con motivo de la poca carga de trabajo que desde mediados del 2.008 íbamos acusando algunos compañeros de estudios que seguimos manteniendo un contacto bastante regular, era el momento de aprovechar la coyuntura para enriquecer nuestra formación con unos estudios que completasen los más de 15 años que ya contábamos de experiencia dentro del campo de la edificación.

Mucho tiempo había transcurrido desde mi salida de la Universidad y aunque a otros niveles no había dejado de asistir a distintos cursos formativos, el hecho de tener que afrontar horas de estudio y algún que otro examen provocaba una sensación de ansiedad que creía bastante superada. No obstante, la



ilusión ante el reto y la posibilidad de acceder a conocimientos que difícilmente pueden encontrarse en el desarrollo diario del trabajo, consiguieron dar el último empujón.

Una vez cursadas las distintas y variadas asignaturas que forman el plan de estudios, he podido constatar que el tiempo y dinero invertido han sido de gran utilidad. Evidentemente, ciertas materias han provocado en mí más interés que otras, posiblemente por la afinidad con el trabajo desarrollado o por las posibles futuras aplicaciones que haya podido observar. Es por ello, que partiendo del interés surgido en mí ante el nuevo enfoque que de los procesos de la construcción se nos habían mostrado, tome la decisión de intentar encontrar un tema para el Trabajo Final de Máster enfocado a la gestión del proceso constructivo.

Consecuentemente acudí a José Luis Ponz, profesor de dicha materia, el cual me sorprendió con la posibilidad de enfocar el trabajo en el tema de Six Sigma. La materia, que aparentemente pueda consistir en un sistema de control de calidad, derroteros por los que no quería penetrar, consiguió rápidamente crear en mí unas expectativas que han provocado que haya decidido por adentrarme en la consecución del trabajo.

1.3.- Contextualización

Muchos son los motivos que se podrían argumentar para explicar el momento en el que el sector de la construcción se encuentra, la burbuja inmobiliaria, las hipotecas subprime, la crisis financiera internacional, Lehman Brothers, el gasto desmedido de las instituciones, un largo etcétera que podría ser interminable, pero todos estos factores tienen en común que no son achacables a las cientos de empresas de nuestro sector que han venido sufriendo en sus carnes sus consecuencias.

Lo que sí es achacable y ha influido igualmente, es la mala gestión de los recursos propios de dichas empresas, más en concreto de la mala gestión de la producción. Algo que en una época de bonanza era fácilmente asumible



por unos beneficios exagerados, se ha vuelto claramente en contra de los balances de cualquier entidad. No importaba la mala ejecución de cualquier unidad, su sobrecoste siempre podía ser asumido; un mal estudio de los presupuestos, un desfase en la planificación, hacía que se perdiesen por el camino unos recursos que ahora se echan mucho de menos.

En el actual entorno de recesión, sabemos que cualquier error que se produzca va a tener que ser asumido responsablemente, ha llegado el momento de alcanzar la excelencia en nuestro trabajo si queremos sobrevivir a una época de incertidumbre y sin fecha de caducidad. Y alcanzar la excelencia en el gremio de la construcción, al que siempre hemos excusado de artesanal, puede ser complicado por el alto número de intervinientes, y por la gran variabilidad que de ellos existe durante el proceso de ejecución de distintas obras dentro de una misma compañía, pero ello no debe poner límite a nuestras intenciones y a nuestra voluntad, sabemos que quien se rinda no tiene ninguna posibilidad.

Para alcanzar la tan deseada excelencia se pueden escoger varios caminos, uno de ellos puede ser evidentemente la calidad. Existen diversos métodos hoy en día que definen o marcan la calidad de un producto o servicio, ahí están las normas ISO como referente internacional, o el mismo Código Técnico de la Edificación para nuestros productos. Su pretensión no es ni más ni menos que conseguir unos mínimos cánones de calidad que garanticen la bondad de dichos productos o servicios. Pero se están definiendo mínimos, no como llegar a la excelencia.

Six Sigma es la metodología o filosofía de calidad que pretende reducir los errores o defectos a la mínima expresión, mucho más allá de un control para corroborar que las cosas se estén haciendo correctamente. Marcando como objetivo principal la eliminación de estos errores o defectos dentro de todos los procesos de la organización, y siempre desde el punto de vista de satisfacción del cliente, conseguiremos la máxima rentabilidad económica, al fin y al cabo, objetivo principal de toda actividad empresarial.



Six Sigma ha demostrado, tanto en la industria manufacturera como en los servicios, su efectividad y rentabilidad. Sin embargo, en el entorno de la construcción todavía no ha calado en sus dirigentes de modo que pueda darse a conocer y extenderse ampliamente, quizás por la idiosincrasia de nuestras empresas, por funcionar todo demasiado bien o quizás por funcionar todo demasiado mal.

Los ingenieros lo han conseguido en la industria, han creado la metodología, la han mejorado y ahora se aprovechan de sus virtudes, quién mejor que los nuevos Ingenieros de Edificación para llevar a cabo la tarea de introducir un nuevo enfoque en la gestión de la construcción.

Este es el objetivo, Six Sigma en la construcción, una filosofía que pueda remover los cimientos de la construcción, dando como resultado maximizar la rentabilidad de los procesos que conforman esta nuestra querida actividad.

1.4.- Objetivos

Cuáles son las necesidades para implementar Six Sigma en la construcción. El análisis de sus características, de modo que abramos una puerta al desarrollo de una nueva técnica que permita la mejora continua en todos los procesos constructivos.

Ya se ha dicho antes que la filosofía y/o metodología Six Sigma está plenamente integrada en la industria manufacturera o de producción y en los servicios. Si bien en España son menos los casos que nos podemos encontrar, si son muchos a nivel mundial, con resultados palpables en mejora de rentabilidad económica, productiva, fidelización del cliente, mejora del entorno de trabajo y un largo etcétera que redundan en los beneficios a todas las escalas que pueda esperar una actividad empresarial.

Sin embargo, a nivel de construcción apenas existen casos que demuestren la efectividad de sus métodos. Resulta obvio pensar que algo no se está haciendo bien cuando nos encontramos con esta laguna, o quizás, algo que



el ser humano ha aprendido ya hace mucho tiempo y es que no todas las soluciones son óptimas para los distintos problemas.

El objetivo de este trabajo de investigación es el estudio de la evolución de la filosofía Six Sigma, para discernir cuales serían las necesidades que permitan el modo más efectivo de implementar dicha filosofía en el sector de la construcción. Conociendo sus claves de éxito, al igual que las de su fracaso, intentar dar forma a una metodología que permita la mejora en todos los procesos de la actividad empresarial. No se trata de elaborar un nuevo sistema de gestión, el sistema ya existe, buscaremos la forma de adaptarlo, encontrar los puntos comunes entre las actividades que han conseguido incorporar Six Sigma y darles continuidad en la construcción, y donde haya confrontación, estudiaremos las posibles alternativas.

En definitiva, aportar en la medida de lo posible, una vía de encuentro de Six Sigma con la construcción, que posibilite la mejora en la gestión de los pocos recursos existentes hoy en día, un camino que permita alcanzar el éxito de las compañías de la construcción en un mercado que se ha visto reducido exponencialmente con la acuciante crisis, y que necesita de nuevas ideas para evolucionar hacia un futuro lleno de incertidumbre.





2.- METODOLOGÍA

El estudio se iniciará mediante la definición lo más exacta posible de qué se entiende por Six Sigma, la filosofía y su metodología de trabajo, enumerando sus procedimientos, fases, herramientas y recursos que la conforman.

Se analizarán cada uno de estos conceptos desgranándolos para su mejor entendimiento. Cuanto mejor se llegue a comprender cada uno de los procesos, sus virtudes y sus defectos, más fácil será de proyectar la filosofía en el sector de la construcción. Se indagará en el concepto, se profundizará en cómo se han desarrollado hasta ahora y como se deben enfocar sus fortalezas.

Así pues, con esta conceptualización, y una vez definido Six Sigma y sus principios, el primer objetivo será conocer su historia. Por tanto nos detendremos en entender su origen y desarrollo.

Posteriormente se estudiará el concepto de Variabilidad, concepto clave en la filosofía de Six Sigma y alrededor de la cual gira la estrategia de su trabajo, en concreto en su reducción.

Siguiendo con la mencionada estrategia, se explicará cada una de las 5 fases en las que se basa, Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, así como sus posibles alternativas o posibilidades.

El próximo paso es definir los recursos necesarios en su implantación. Explicar cual es la capacitación correcta del personal involucrado, Máster Black Belt, Black Belt y Green Belt, así como su funcionamiento. Como deben enfocarse estos recursos y como obtenerlos.

No se debe pasar por alto el poder comparar Six Sigma con los sistemas de calidad existente, precisamente para distinguir que Six Sigma es algo más que un sistema de calidad, se hará con las más extendidas hoy en día, las normas ISO y Total Quality Management.



En este punto se analizará el Estado del Arte, cronológicamente que se ha aportado y que experiencias existen alrededor de Six Sigma en la construcción, concluyendo con unas conclusiones finales respecto a la literatura consultada.

Del mismo modo, y buscando el enfoque de su implementación en el sector de la construcción, se realizará un análisis de las sinergias que pueden producirse al unir Six Sigma con otras filosofías de trabajo que si están comenzando a introducirse en el sector, en concreto la filosofía "LEAN", de la que está surgiendo por un lado "Lean Construction" y por otro "Lean Six Sigma".

Y por último, se marcarán los caminos a seguir en su aplicación, concretando al máximo cada paso necesario. Estudiando su posibilidad de ejecución, los posibles beneficios de su implantación y como no, a quien dirigir los esfuerzos para su realización.

Las conclusiones mostrarán los resultados más relevantes, las limitaciones encontradas y las futuras líneas de investigación.

3.- INTRODUCCIÓN AL SIX SIGMA

3.1. ¿Qué es Six Sigma?

A continuación se va a desarrollar todos aquellos conceptos que nos hagan comprender que se entiende por Six Sigma. Definiciones, principios e historia serán principalmente los argumentos en los que nos centraremos, sin dejar de lado todo aquello que haya podido influir de un u otra forma en su corta existencia.

3.1.1.- Definición

La nomenclatura de Six Sigma procede de la letra griega sigma "σ", término utilizado en estadística para identificar la desviación estándar de una población. Sigma o la desviación estándar, indica la variación dentro de un conjunto de elementos o población. Este conjunto de elementos deber referirse a los que surgen de la realización de un mismo proceso.

Así pues, en un proceso cualquiera, nos encontramos que la distribución de resultados o histograma se corresponde aproximadamente con una campana de Gauss, donde existen unos límites superiores e inferiores que indican la zona o área que cumplen las especificaciones. Todos los elementos que queden fuera de estos límites deben considerarse como defectos.

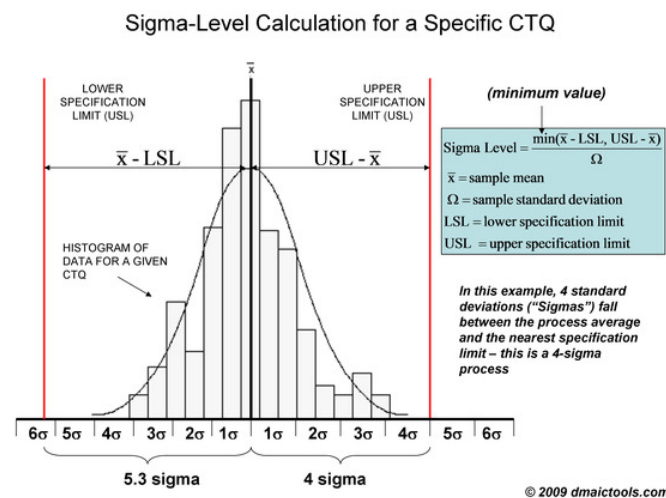


Figura 1. Cálculo del nivel Sigma (www.dmaictools.com)



Un valor de 6σ es el equivalente a 3,4 errores por millón de oportunidades (DPM), o probabilidades de defecto. Es decir, el área que queda dentro de los límites entre $+3\sigma$ y -3σ sería del 99,9997%.

Lógicamente, cuanto más alta y centrada sea nuestra curva, mayor nivel de fiabilidad podrá alcanzar nuestro proceso. Y a la inversa, cuanto más achatada y descentrada, mayor será la probabilidad de defectos puesto que será mayor el área exterior de los límites.

Hasta aquí la definición teórica de su nomenclatura, pero Six Sigma es mucho más que estadística. La estadística será el apoyo tecnológico para su desarrollo, pero muy importante para su realización será entender la filosofía.

Muchas son las definiciones que distintos autores han realizado alrededor del tema Six Sigma, aquí mencionamos quizás las más representativas:

“Six Sigma es un enfoque hacia la calidad orientado a resultados y enfocado a proyectos. Es una forma de medir y establecer metas para reducir los defectos en productos o servicios, que se relaciona directamente con los requerimientos de los clientes”. (Jay, 2003).

“Es un sistema complejo y flexible para conseguir, mantener y maximizar el éxito en los negocios. Six Sigma funciona especialmente gracias a una comprensión total de las necesidades del cliente, del uso disciplinado del análisis de los hechos y datos, y de la atención constante a la gestión, mejora y reinención de los procesos empresariales”. (Pande, 2002)

“Six Sigma. Un nombre nuevo para un antiguo sueño: productos y servicios prácticamente perfectos para nuestros clientes”. (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004)

“Six Sigma es una metodología estadística que se basa en el método científico para conseguir reducciones significativas en los ratios de los defectos definidos por el cliente, en un esfuerzo de eliminar dichos defectos de cada uno de nuestros productos, procesos y servicios”. (Linderman, Shroeder, Zaheer, & Choo, 2003)



En definitiva, se podría definir como la metodología, orientada a mejorar la calidad de nuestro producto o servicio, desde la satisfacción del cliente y sin perder la perspectiva de la reducción de los costes o el aumento de la rentabilidad. Todo ello, mediante la utilización de herramientas estadísticas que permitan reducir la variabilidad hasta alcanzar el nivel de "no-error".

Todo esto se podría resumir con una frase "Six Sigma representa una métrica, una filosofía de trabajo y una meta", (Valderrey Sanz, 2010). Con esta frase viene a decirnos que Six Sigma pretende medir los procesos según las exigencias del cliente por un lado, la orientación a la mejora continua como filosofía de empresa por otro y conseguir eliminar los defectos como objetivo.

Six Sigma se rige por unos principios empresariales que conforman las bases del comportamiento empresarial, necesarios para una correcta implantación de la filosofía. Aunque estos principios se desarrollan en un apartado posterior, pasamos ahora a enumerarlos: Orientación al cliente, Enfoque basado en datos y hechos, Fijación en el proceso, Trabajo proactivo, Colaboración sin fronteras y Búsqueda de la perfección.

Sólo mediante la estricta y rigurosa aplicación de los principios mencionados, tendremos la posibilidad de alcanzar el éxito, al fin y al cabo varios podrían exigírsele a cualquier gestión, y un buen comienzo siempre será no perder de vista los valores y la visión de una empresa.

Avanzando un poco más en Six Sigma, alcanza alta importancia dentro de la metodología para su aplicación, el seguimiento de cada una de las fases, Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, conocidas también por sus iniciales en inglés, DMAIC. Posteriormente analizaremos cada una en profundidad.

Cada una de estas fases deberá aplicarse en el proceso que elijamos, de su orden y rigor dependerá en gran medida el nivel de superación alcanzado.

3.1.2.- Principios

Los principios en que se basa Six Sigma son los que dan cuerpo a la estrategia empresarial para su aplicación.



Orientación al cliente

Nadie duda hoy en día que el cliente debe ser el centro de todos los esfuerzos de una compañía para alcanzar el éxito empresarial. El nivel de mejora alcanzado vendrá definido por la satisfacción del cliente, es por ello que deberemos centrar nuestros esfuerzos en cumplir con sus expectativas.

Históricamente las empresas se han centrado en vender al cliente el producto o servicio que gestionan, muchas veces sin ni siquiera ser una necesidad de dicho cliente. Six Sigma empieza por medir la satisfacción del cliente, para evaluar la eliminación de errores o defectos, evaluando a su vez el valor añadido que se le está aportando.

Enfoque basado en datos y hechos

Six Sigma debe enfocarse en los procedimientos clave que afecten al rendimiento empresarial, para ello, deben medirse estos procesos recogiendo todos los datos útiles y necesarios, posteriormente, su análisis nos permitirá una mayor comprensión del propio proceso.

Este análisis, a su vez, nos permitirá detectar los problemas, de modo que sea más fácil su resolución, focalizándonos en el origen y no en los resultados de los defectos.

Fijación en el proceso

Orientación a procesos, Gestión por procesos y Mejora de proceso. Ya hemos dicho que Six Sigma se centra en el proceso, por tanto, del conocimiento de estos dependerá en gran medida nuestro éxito.

Así pues, para empezar a conseguir añadir valor a nuestros clientes deberemos ser capaces de conseguir realizar la gestión de los procesos de la forma más eficiente posible a la vez que vamos mejorándolos cada vez más.

Trabajo proactivo

Ser proactivo significa lo contrario de reactivo. Debemos adelantarnos a los problemas y acontecimientos. Nuestra obligación es establecer hábitos que nos permitan ser proactivos, incentivar la prevención de problemas, priorizar los objetivos, definir nuestras metas y revisarlas continuamente.



No nos servirán los dogmas, que algo se haya hecho siempre de un determinado modo no significa que se esté haciendo correctamente. Debemos cuestionarnos todo para encontrar mejores alternativas si existen.

No queremos solucionar los problemas, queremos adelantarnos a ellos.

Trabajo en equipo

“Boundarylessness”, esta es una palabra que aportó en General Electric **Jack Welch**, para definir la eliminación de barreras en la gestión empresarial. Colaborar sin barreras, derribar los obstáculos que impiden el trabajo en equipo y la colaboración interdepartamental. Permitir el flujo de conocimientos entre las distintas divisiones de una organización y conseguir ese anhelado trabajo en común. Ahorrar los recursos invertidos en burocracia interna y evitar las luchas para alcanzar un objetivo común.

Búsqueda de la perfección

Por último, pero no por ello menos importante, el objetivo de cualquier empresa, sea de producción, servicio o construcción, debe ser la perfección, Six Sigma pretende eliminar todos los defectos, alcanzar la mayor calidad posible y gestionarla a lo largo del tiempo. Para ello, es posible que se tengan que retroceder algunos pasos, modificar los procesos puede dar lugar a equivocaciones que no deben impedir la búsqueda de la excelencia. Gestionar el riesgo debe ser un arma para cuando se encuentren los mencionados retrocesos. El largo plazo dará la razón a esta gestión, y permitirá alcanzar el nivel Sigma deseado.



3.2.- El Nacimiento de Six Sigma

En la década de los setenta, una empresa japonesa se hizo cargo de una fábrica de Motorola que producía piezas para televisores en los Estados Unidos. La fábrica no tardó en mejorar drásticamente los resultados de defectos que hasta entonces estaba obteniendo Motorola gracias a la forma de operar en la fábrica. Así pues, Motorola no pudo más que reconocer que sus niveles de calidad eran horribles. Fue entonces cuando Motorola decidió empezar a tomar en serio la Calidad. Su nuevo Director General (CEO), Bob Galvin recoge el desafío de lograr una mejora importante en el rendimiento.

No fue hasta 1.985 cuando Bill Smith, un veterano ingeniero de Motorola redactó un informe en el que explicaba que si un producto defectuoso era corregido durante su proceso de producción, no solventaría que otros productos también defectuosos llegasen a manos del cliente sin ser detectados. Evidentemente, si esos mismos productos eran desarrollados sin defectos lograría evitar que llegasen al cliente en condiciones que no fueran óptimas.

Galvin propuso entonces que Smith trasladara a la práctica sus teorías, de modo que pudieran aplicarse fácilmente en la cadena de producción de su empresa. Pero no fue Smith quien llevó a cabo el desarrollo del programa de Gestión, sino el Dr. Mikel Harry quien formaba parte también de los ingenieros de calidad de Motorola.

Harry había desarrollado en su doctorado el concepto de "lógica de filtro", resolviendo en cuatro etapas la resolución de problemas, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (MAIC), que se convirtió en la hoja de ruta para lograr la calidad Six Sigma.

El 15 de enero de 1987, Galvin puso en marcha un programa de calidad a largo plazo, llamado "El Programa de Calidad Six Sigma". Era un programa institucional que establecía Six Sigma como el nivel de capacidad necesario para acercarse al nivel de 3,4 DPMO. Esta nueva norma se iba a aplicar en toda la compañía, es decir, en productos, procesos, servicios y administración.



Galvin en pro de asegurar la satisfacción del cliente, pretendía cero defectos en todo lo que se hiciese. Sin embargo, en Motorola, Six Sigma sólo era una disciplinada metodología de resolución de problemas.

En esta etapa fue Mikel Harry quien dio forma a la capacitación de los intervinientes con la nomenclatura que hoy en día se les conoce, según sus habilidades pasaban a ser cinturón negro o verde, a semejanza de las artes marciales orientales de las que él era amante.

Harry fundó la Six Sigma Academy para dar a conocer las bondades de su gestión, refinando la metodología, tácticas y estrategias.

En 1993 Harry se traslada de compañía entrando en Allied Signal y su CEO, Larry Bossidy decide adoptar inmediatamente Six Sigma. Este decidió **que todos los directivos de alto nivel se introdujesen en las herramientas de Six Sigma**, desarrollando Harry toda una metodología de liderazgo para seleccionar los proyectos alrededor de las herramientas estadísticas de resolución de problemas.

Bossidy fue invitado por Jack Welch, entonces CEO de General Electric a asistir a una reunión del consejo directivo de GE para compartir su experiencia con Six Sigma, a partir de esta reunión GE llevó a cabo un análisis de coste-beneficio en lo que sería la aplicación de la metodología. El análisis mostró que si GE era capaz de cambiar de un nivel de 3 a 4 Sigma, el ahorro estimado se movería en una horquilla de 7 a 10 mil millones de dólares, aproximadamente de un 10 a un 15 por ciento de sus ventas.

En 1996, en colaboración con la Six Sigma Academy, Welch comienza a implementar Six Sigma en GE, involucrando a todos los directivos sin excepción. No debían haber espectadores, todos debían ser intérpretes, lo que Motorola había conseguido realizar en diez años GE tenía que conseguirlo en cinco, no a través de atajo, sino aprovechando el camino que ya estaba hecho. Fue en este momento cuando Jack Welch se convirtió en promotor mundial de Six Sigma.



3.3.- Evolución de Six Sigma, Éxito y Expansión

Dos fueron las importantes contribuciones que General Electric aportó al éxito y expansión de Six Sigma. El primero, demostrar el gran paradigma del liderazgo, sin el apoyo de la alta dirección no se puede alcanzar el triunfo. En segundo lugar, Welch apoyó el programa Six Sigma con un fuerte sistema de remuneración del personal para mostrar su compromiso. GE cambió su plan de incentivos para toda la empresa, a fin de que el sesenta por ciento de la prima se basase en el resultado de la empresa y el cuarenta restante en el éxito del programa Six Sigma. Evidentemente, todos los intervinientes se volcaron fuertemente en su consecución. Por otro lado, Six Sigma se convirtió en requisito previo para avanzar en la escalera corporativa de GE, Welch insistió en que no se podría ser considerado para un trabajo de Gestión sin tener la formación de Green Belt (Cinturón Verde) en Six Sigma a finales de 1998.

Six Sigma se había convertido en una Filosofía, los tiempos de Motorola y su "sistema de resolución de problemas" habían pasado a mejor vida.

A partir de General Electric, el camino se anduvo solo, GE alcanzó la excelencia en todas y cada una de sus divisiones, departamentos y equipos de trabajo. Esto no pasó desapercibido en la industria manufacturera y en los servicios y junto con la Six Sigma Academy, comenzaron a expandirse y publicarse toda la metodología y lo que era más importante, los resultados que podía alcanzar Six Sigma.

Six Sigma representa hoy en día el mejor sistema de mejora continua para los procesos de calidad, bien sean de producción o gestión, muchas son las compañías que han adoptado su metodología, tanto en Estados Unidos como en Europa, incluso, corporaciones públicas, en España son un ejemplo Telefónica, La Caixa o Iberia. Si bien no siempre se puede realizar una implementación integral por la idiosincrasia de la compañía, el lograrlo en algunos proyectos o departamentos consigue que su expansión al resto de la empresa sea irremediable.



3.4.- La Variabilidad

“Variación: La Raíz de Todos los Males. La variación en los procesos constituye una de las fuentes principales de insatisfacción de los clientes.” (PPG **Consultores**, 2011), con esta frase se resume el objetivo de Six Sigma, necesitamos eliminar la variabilidad.

Si asumimos que nuestra meta es conseguir la eliminación de los defectos o errores, debemos entender que necesitamos realizar los procesos de acuerdo a un “estándar”. Dicho estándar, define las características deseadas, por el cliente en el caso de Six Sigma. Por tanto, la variabilidad de un proceso es la que produce la desviación del estándar que queremos alcanzar.

Así pues, es evidente que eliminando la variabilidad obtendremos el estándar deseado y consecuentemente los requisitos exigidos por los clientes. Es por ello que Six Sigma, recordemos que en la definición Sigma era la desviación, busca reducir al máximo la variabilidad, buscando la causa raíz y eliminándola. Esta disminución aumenta la capacidad del proceso y por tanto la reducción de la probabilidad de defecto.

Alcanzar un nivel inferior a Six Sigma, o lo que es lo mismo, 3,4 errores por millón de oportunidades, puede parecernos suficientes, pero imaginemos niveles inferiores para una central nuclear o en vuelos internacionales.

La variabilidad puede ser aleatoria, inherente a todo proceso y no controlable, o puede ser no aleatoria, de causa asignable, y esta es controlable. La tarea de Six Sigma es gestionar los procesos de modo que la no aleatoria desaparezca mediante su control y por otro lado, crear las condiciones necesarias para que la aleatoria no pueda aparecer.

Cada una de las fases de Six Sigma que se explican a continuación tienen en común su parte estadística, que nos recuerda siempre en que niveles de variabilidad nos estamos moviendo. Six Sigma se obsesiona en medir, la principal arma para conocer dicha variabilidad y poder atacarla. Con ello conseguiremos satisfacer al cliente y reducir costes.

3.5.- Fases de Six Sigma

La metodología Six Sigma se basa en cinco fases bien diferenciadas, Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, lo que se conoce por DMAIC, a continuación se desarrolla cada uno de estos pasos y como se relacionan entre sí.

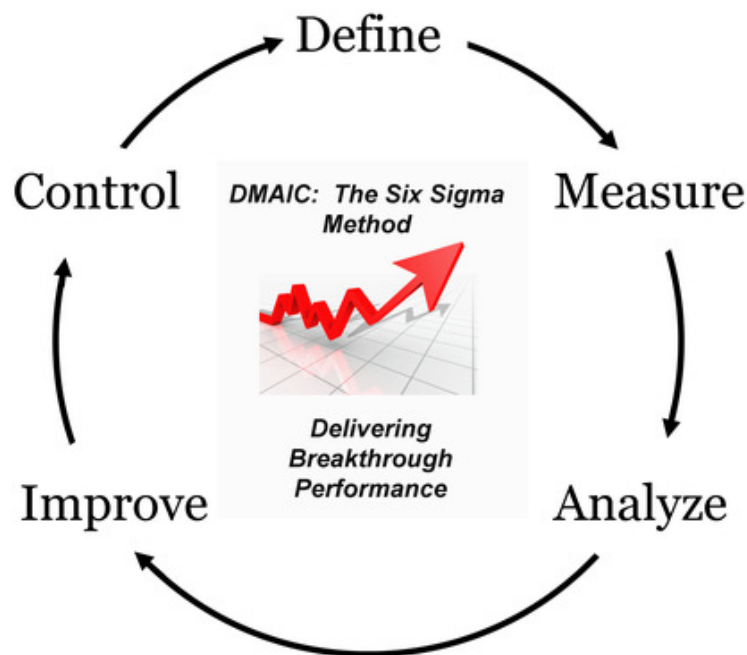


Figura 2. Ciclo Six Sigma (www.dmaictools.com)

3.5.1.- Definir

Por definir se entiende la fase en la que asientan las bases del Proyecto.

Desde el punto de partida del cliente, se centran cuales van a ser los objetivos de la implementación de Six Sigma, cuál va ser el impacto en la empresa y quienes van a ostentar las responsabilidades. Se establecerá cual es el propósito de la implementación, cuales son los parámetros de inicio y hasta qué nivel se quiere involucrar al equipo.

Mediante un mapa de procesos debe concretarse el ámbito del proyecto, que actividades resultarán implicadas y como se conectarán entre sí, sin dejar de lado la identificación de cada uno de los responsables.



Identificar cuáles son las características críticas para la calidad (CTQ), tanto externas como internas. Siendo las primeras las que rigen por exigencias de los clientes y las segundas las que dan rentabilidad a la compañía. Al fin y al cabo, centrarse en los procesos que mayor importancia puedan tener.

Por último, intentar cuantificar los objetivos que se quieran alcanzar mientras el proyecto exista.

Además de realizar el diagrama de flujos que se ha mencionado, deben de realizarse otro tipo de análisis gráficos que proporcionen elementos de juicio dentro de la fase de definición del proyecto. Como por ejemplo puedan ser los Diagramas de Pareto, válidos para resaltar que procesos tienen más importancia dentro del problema. También debe ayudarse mediante el Diagrama de Ishikawa ó Espina de Pez, que analiza los factores que afectan a un problema determinado. Como último ejemplo, mencionar los Diagramas de Correlación, que muestran la relación entre dos características de calidad de un proceso. Todas estas herramientas se definirán en su apartado correspondiente.

3.5.2.- Medir

La fase de medición consiste en localizar el origen de la variación que se está produciendo en el proceso.

Es decir, se trata de acotar las causas que están produciendo los problemas y encontrar la raíz de dichos problemas. Se analiza su dimensión a través de las mediciones del proceso y que datos nos permitirán su resolución.

En este sentido se convierte en un factor clave la recogida de datos. Esta etapa es la que más recursos suele consumir, puesto que de ello depende en gran medida el éxito de las fases posteriores. Al fin y al cabo, se trata de comprender que factores de los que intervienen en el proceso producen variaciones o defectos y porque, volviendo otra vez a buscar la causa raíz.

Debe volver a utilizarse el diagrama de procesos realizado en la fase anterior, pero esta vez ampliado a los procesos que hemos decidido analizar. Su



comprensión permitirá centrarse en las oportunidades de mejora que puedan existir.

Es importante definir cómo van a realizarse las mediciones y sobre todo como van a plantearse para su posterior estudio. Se realizarán distintos tipos de gráficos para la exploración de los datos obtenidos, estos gráficos deben mostrar la dispersión de los valores obtenidos, siempre con referencia a una media o intervalo.

Los más comunes son los Histogramas, que analizan los resultados de un proceso para todas las causas. Otro muy utilizado es el Gráfico de Simetría, que analiza visualmente el grado de simetría de una variable. También se dispone habitualmente de los Diagramas de Tendencias, que analizan los procesos a través de la evolución del tiempo.

3.5.3.- Analizar

“Analizar el sistema con el fin de eliminar la brecha entre el desempeño actual y el objetivo deseado”, (Alderete, Colombo, Di Stefano, & Wade, 2003).

Gracias a la fase de Medir, se ha alcanzado un gran conocimiento del proceso objeto de mejora, así pues, se realizarán las correspondientes revisiones de los objetivos así como los cambios que se estimen oportunos en el enfoque del proyecto.

Con los conocimientos alcanzados y los correspondientes replanteos, es el momento de plantear hipótesis sobre las causas de la variabilidad o errores que se están produciendo en los procesos, incluso donde pueden existir oportunidades de mejora.

Mediante la verificación de las hipótesis planteadas se pretende llegar a identificar de manera científica el origen de los problemas u oportunidades. Como unas variables x_1, x_2, \dots pueden afectar a unas características de calidad o resultados y_1, y_2, \dots y como se interrelacionan entre sí.

Utilizaremos instrumentos similares a los de la fase de Definir, puesto que se trata de la evolución lógica de la misma fase pero con conocimientos



avanzados de los procesos. Los Diagramas de Pareto, los de Ishikawa, Dispersión, etc., son los que mejor representarán nuestros resultados.

3.5.4.- Mejorar

Esta fase consiste en aplicar los cambios o las mejoras que se han propuesto en las hipótesis de la fase Analizar. El equipo deberá tomar conciencia de que cambios son viables y como realizarlos, asumiendo las decisiones correspondientes.

De todos los posibles cambios en el proceso, se seleccionaran aquellos que mayor incidencia de mejora puedan tener, del mismo modo, deberán evaluarse los riesgos inherentes a las modificaciones realizadas para su análisis en su posterior implantación.

Dentro de la fase Mejorar deben incluirse las pruebas piloto que consistirán en realizar algunos experimentos antes de la implementación completa, ello repercutirá en poder verificar a pequeña escala que los caminos elegidos son los correctos.

Por último, se abordará la implementación propiamente dicha, comenzando por su correcta planificación, en la que incidiremos en desglosar las tareas en tiempo y forma, su presupuesto, la matriz de responsabilidades, etc.

Dentro de la implementación deberemos tener especial atención en comprobar que los cambios seleccionados cumplen realmente con su cometido y como solucionar las dificultades que puedan aparecer.

Puede darse el caso que la evolución del cambio necesite más tiempo del que realmente hay asignado para la implementación del sistema, por lo que no sería necesario su finalización para cerrar la fase.

Para esta fase deberán modelarse los procesos para estudio entre las variables y elegidas y las características de calidad solicitadas, preferentemente mediante análisis de regresión.



3.5.5.- Controlar

Una vez realizados todos los cambios estimados en los distintos procesos del proyecto, nuestro objetivo es garantizar que las variables están dentro de los límites aceptables especificados.

Pero no se trata simplemente de seguimiento y control, esta fase debe dar fin al proyecto y por tanto deber dejarse bien documentado. Todas las fases ejecutadas quedarán reflejadas, desde su entendimiento a sus mejoras pasando por sus mediciones.

Se debe crear el proceso de control para el proyecto, de modo que el seguimiento sea duradero y sin alteraciones externas, de modo que permita la evolución de la mejora. Su correcto funcionamiento debe dar lugar a la mejora continua.

Resulta muy importante cuantificar que se ha invertido y logrado, tanto en valor añadido para los clientes como en valor económico o beneficio. Extremadamente útil es la cuantificación del beneficio si se hace de modo que pueda incorporarse al balance de la empresa.

Dar por cerrado el proyecto es el último paso. Si bien, en un primer periodo de tiempo, concreto según el proceso, debe hacerse un seguimiento cercano para controlar su evolución.

Las herramientas que nos ayudarán en esta fase serán sobre todo las Gráficas de Control, tanto por Variables, que controlan características cuantitativas, como las de por Atributos, que controlan las características cualitativas.

3.5.6.- Alternativas

Aunque el ciclo de Six Sigma es bastante claro, "DMAIC", existen determinados tipos de proyectos que por sus características es conveniente realizar alguna alteración del ciclo que permitan una mejor adecuación, sobre todo cuando se trata de nuevos procesos.

Entre estas alternativas nos encontramos principalmente con "DMADV", siendo las tres primeras iniciales idénticas al método ya explicado y correspondiendo la segunda "D" a Design y la "V" a Verify.



Así pues, Design se refiere a definir el proceso en detalle, no a mejorarlo como anteriormente si no a realizar un nuevo diseño, esto es fácilmente aplicable cuando se empieza de cero en un nuevo proyecto. Recordemos que siempre desde el cumplimiento de las expectativas del cliente.

Por otro lado, Verify, comprueba que el diseño se adapta a las características definidas en los objetivos.



3.6.- Recursos y Herramientas Estadísticas

Todo proyecto está compuesto por las personas y las herramientas que usan para llevarlo a cabo, en este sentido, la implementación, la gestión, es decir, todo lo que abarca el proyecto Six Sigma, también debe disponer de los recursos necesarios.

En este capítulo se desglosan que necesidades y que oportunidades existen para desarrollar un proyecto Six Sigma dentro de una compañía, y por extensión su filosofía.

3.6.1.- Recursos Humanos y Económicos

Acometer Six Sigma dentro de un entramado empresarial supone, antes que nada, la designación de equipos que vayan a desarrollar la implementación dentro de la organización. **Estos equipos de implementación no pueden ser en ningún modo los mismos que estén desarrollando los procesos en los cuales se quiere intervenir**, si no una estructura de apoyo que ayude a su rediseño o efectuar los cambios que se precisen.

Six Sigma tiene una nomenclatura específica para los miembros de sus equipos, que fue tomada en su día de las artes marciales como se ha explicado anteriormente. Para la elección de cada uno de los agentes intervinientes se tendrá en cuenta su formación, pues Six Sigma tiene un fuerte componente de uso de herramientas concretas para lo cual es imprescindible haberse formado previamente, además de la experiencia adquirida en la realización de proyectos anteriores.

Líder de Six Sigma

Se denomina de este modo al ejecutivo de más alto nivel que va a formar parte del proyecto, puede incluso referirse a todo el consejo directivo de la empresa, su principal responsabilidad es la de **desarrollar la filosofía Six Sigma dentro de la empresa aprovechando su papel de liderazgo**.

Entre sus tareas se encuentran la de elaborar la planificación de la implementación, crear una visión y un plan de marketing interno para



“vender” Six Sigma dentro de la empresa, fijar los objetivos, asumir las responsabilidades del éxito o del fracaso y comunicar los resultados.

Champions

Este es el nombre con el que se designa a los líderes de cada proyecto, son directivos de áreas que asumen las responsabilidades de Six Sigma en su correspondiente área de influencia frente al consejo directivo o líder. Su deber es **supervisar** el proyecto **a la vez que ayuda al equipo** a encontrar el camino a seguir y a superar los posibles obstáculos que se puedan encontrar dentro de la organización, **es importante que no adopte la postura de mando dentro del equipo** pues su labor no es dedicar todos sus esfuerzos al proyecto.

Entre sus tareas también se encuentran, la justificación de los objetivos, definir el proyecto y su alcance, así como los cambios que en estos se produzcan y conseguir los recursos necesarios del equipo.

Máster Black Belts

Es el primer rol que tiene dedicación exclusiva a la implementación de Six Sigma, su formación y experiencia los convierte en **expertos capacitados en las herramientas y tácticas de Six Sigma**, son los responsables de desarrollo y deben orientar a los jefes de equipo sobre la utilización de las herramientas estadísticas, las gestiones de los cambios o el diseño de procesos, pero, a ser posible, sin la interferencia con los jefes de equipo.

Dentro de sus atribuciones también les corresponde la comunicación entre el equipo y los champions o líderes, desarrollar la planificación del proyecto, ayudar a la resolución de conflictos dentro y fuera del equipo y ayudar a los equipos a promocionar sus éxitos.

Black Belts

Son los **jefes de equipo** propiamente dicho. Tienen una **alta formación en las técnicas de Six Sigma** sin haber alcanzado la experiencia de los Máster. Es la persona responsable del trabajo diario dentro del proyecto Six Sigma, teniendo unas responsabilidades similares a un Máster pero solamente de su equipo. Es



aconsejable que esté muy familiarizado con los procesos que se están analizando, formando parte de él.

Él es el **responsable de medir, analizar, mejorar y controlar los procesos**, debe colaborar con el resto de miembros del proyecto con el fin de materializar las oportunidades de mejora que se detecten. Será el responsable de la selección de los miembros del proyecto, ayudándoles en completar su formación, se responsabilizará del uso de los recursos que le sean asignados.

Deberá realizar el seguimiento y el cumplimiento de la planificación en la que el también ha colaborado, complementado los esfuerzos para su avance. Apoyará la implantación de las mejoras de los procesos elegidos y se responsabilizará de los registros de los avances y resultados del trabajo ejecutado.

Green Belts

Son miembros del equipo que **conforman la estructura de apoyo** de los Black Belts, son sus ayudantes en la recogida de datos en cada una de las fases, serían la fuerza bruta del proyecto. Tienen formación en técnicas Six Sigma pero todavía no a un alto nivel, aprovechan su participación en los equipos para adquirir la formación complementaria y experiencia necesaria para aspirar al Black Belt.

Se ceñirán a las instrucciones de su superior para el desarrollo de los trabajos y dedicarán los tiempos necesarios a la revisión de los datos obtenidos en los funcionamientos de los procesos.

Yellow Belts

Son el escalón inferior del equipo, están comenzando a formarse en las técnicas de Six Sigma y sus funciones son básicamente las de complementar a los Green Belts, prácticamente no deben tener responsabilidades por lo que tampoco debe asignárseles tareas de análisis, sino más bien de desarrollo de procesos en los que no sea necesario el empleo de altos conocimientos.

COLOCAR ORGANIGRAMA



Figura 3. Organigramma Proyecto Six Sigma (Elaboración propia)

Recursos Económicos

Partiendo de la premisa que todo el equipo de trabajo descrito anteriormente debe basarse en personas altamente formadas y que no pertenezcan al proyecto sobre el cual se quiere actuar, debe entenderse que **los recursos económicos necesarios para apoyar el proyecto Six Sigma deben al menos cubrir todas estas necesidades.**

Por tanto, independientemente del éxito que se pretenda alcanzar, el cual deberá repercutir evidentemente en un beneficio económico, debe asumirse que la **implementación de Six Sigma debe iniciarse con un alto coste monetario** correspondiente a la formación de todos los implicados y a la contratación del nuevo personal necesario.

A partir de aquí, se hace óbice entender que los primero implicados y convencidos del desarrollo de un proyecto Six Sigma deben ser el consejo directivo, pues de ellos debe surgir la partida presupuestaria dentro de la empresa que cubra todas las necesidades.



Esto suele ser una barrera difícilmente franqueable, que para derribarla debemos contestarnos a algunas preguntas.

¿Cuál es realmente el coste? ¿Cómo garantizar que los esfuerzos van a redundar en beneficios? No olvidemos que lo que se puede medir se puede saber. Por lo que debe saberse donde iniciar nuestros esfuerzos. Es importante fijar el tempo para vislumbrar y medir resultados, no diseminar recursos y energías en varios objetivos a la vez. Para ello, puede ser conveniente la realización de una prueba piloto para aprender sobre los acontecimientos que en ella se produzcan.

3.6.2.- Herramientas Estadísticas

Ya se ha mencionado en distintas ocasiones que Six Sigma tiene un fuerte apoyo en las herramientas estadísticas para realizar cada una de las fases en qué consiste la implementación. No olvidemos, sin ir más lejos, que el nombre de Six Sigma procede de la desviación típica de la distribución de un proceso. De hecho, en el apartado "3.5 Fases de Six Sigma", ya se ha mencionado la mayoría de las herramientas típicas con las que se suele trabajar en cada una de estas fases.

Aunque el objetivo de esta tesina no es el analizar este tipo de herramientas, si se pretende dar a conocer en qué consisten cada una de ellas, dejando para una posterior ampliación de conocimientos el desarrollo minucioso que permita experimentar con el uso de dichas herramientas.

Mención aparte merece el hecho de que hoy en día exista software especializado para la aplicación estadística en Six Sigma, independiente de lo que podría ser las hojas de cálculo en las cuales es habitual el desarrollo de la estadística, como pueda ser Excel o programas similares. Este software específico, simplemente a nombre ilustrativo, se encuentra en programas comerciales como SPSS, MINITAB y SAS (Statistical Analysis System), todos ellos se comercializan en España por distintas distribuidoras. Estos programas a través de distintitos módulos, conllevan las distintas aplicaciones estadísticas que se usan en Six Sigma, con el desarrollo de los cálculos, análisis y gráficos correspondientes.

Así pues, al igual que se ha hecho en el capítulo de Fases, desarrollamos este en concordancia con cada una de ellas. Existen muchas de las herramientas y gráficos que pueden utilizarse en varias fases, pero solamente las indicaremos una vez en la fase donde más habitual sea su uso.

Definir

- **Diagramas de flujo de procesos.**

“Consiste en una representación gráfica de las distintas etapas de un proceso de fabricación, gestión, administrativo o de servicios, consideradas en orden secuencial”. (Perez Marqués, 2010; Chowdury, 2005). En este ubicaremos los inputs y outputs de cada parte del proceso, con indicación de las actuaciones o toma de decisiones que le sean aplicables. Se usa para entender globalmente el proceso y tenerlo confinado.

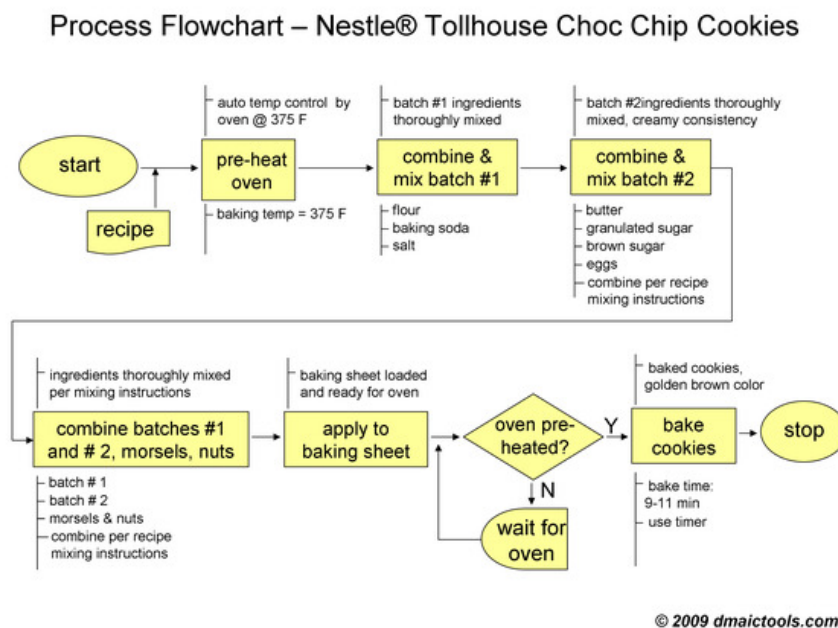


Figura 4. Diagrama de Flujo (www.dmaictools.com)

- **Diagrama causa-efecto o de Ishikawa.**

Como su propio nombre indica, representa gráficamente los factores que afectan a un problema de calidad, de modo que puedan tomarse las soluciones correspondientes. Con él se persigue obtener todas las causas que

estén relacionadas con el efecto. Este grafico puede permanecer siempre abierto con el afán de identificar a las causas que afectan a la calidad.

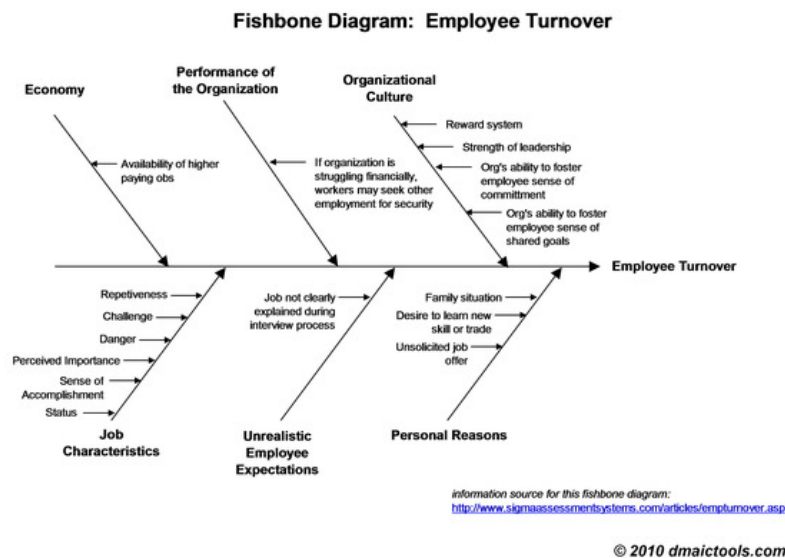


Figura 5. Diagrama de Ishikawa (www.dmaictools.com)

- **Diagrama de Pareto.**

Se trata de un diagrama de barras las cuales se ordenan de mayor a menor, de modo que las barras queden ordenadas por importancia, de este modo medimos la incidencia de la característica que indica la barra. Poniendo de manifiesto aquellos asuntos que tienen más importancia en el conjunto del problema. Consecuentemente, nos permite observar el peso de cada característica de calidad en el producto final o servicio.

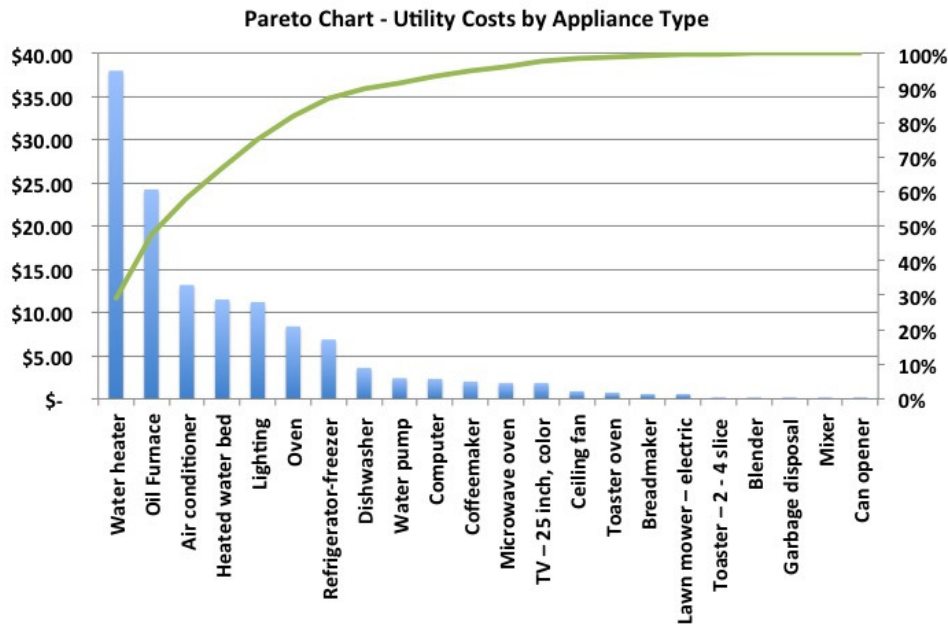


Figura 6. Diagrama de Pareto (www.dmaictools.com)

- **Histogramas.**

Son aquellos diagramas de barras que muestran la distribución de una serie de datos ordenados según su frecuencia o característica. Nos ofrecen una visión de la distribución de los datos muy sencilla, que sirve para mostrarnos su forma, tendencia central o acumulación y su dispersión o variabilidad.

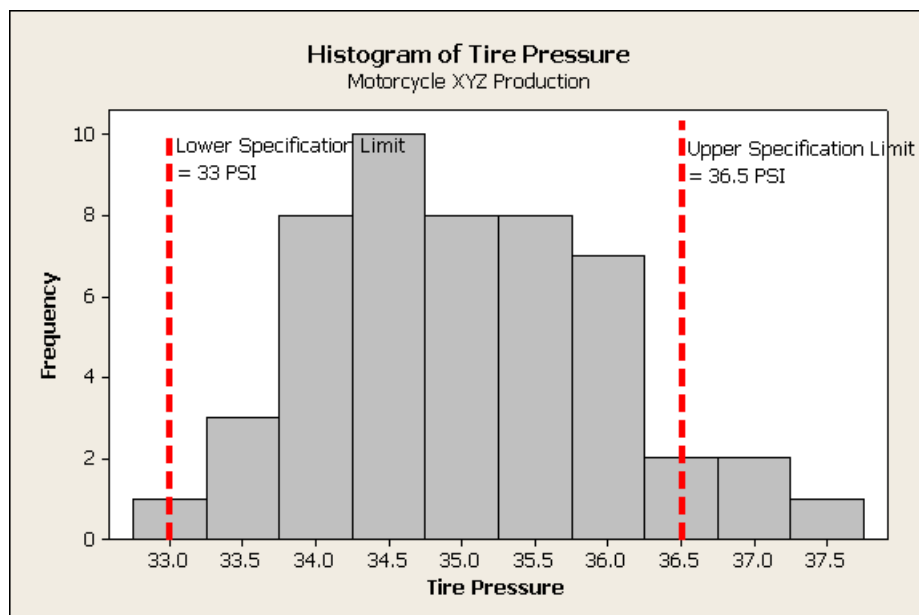


Figura 7. Histograma (www.dmaictools.com)

- **Gráficos de Tendencia.**

Muestran la variación de una característica en el tiempo. Permite la identificación de la evolución futura de la característica del proceso que se define. Consiste en una equiparar la serie de valores dada a una función tiempo, de su comparación podrán extraerse las decisiones correspondientes.

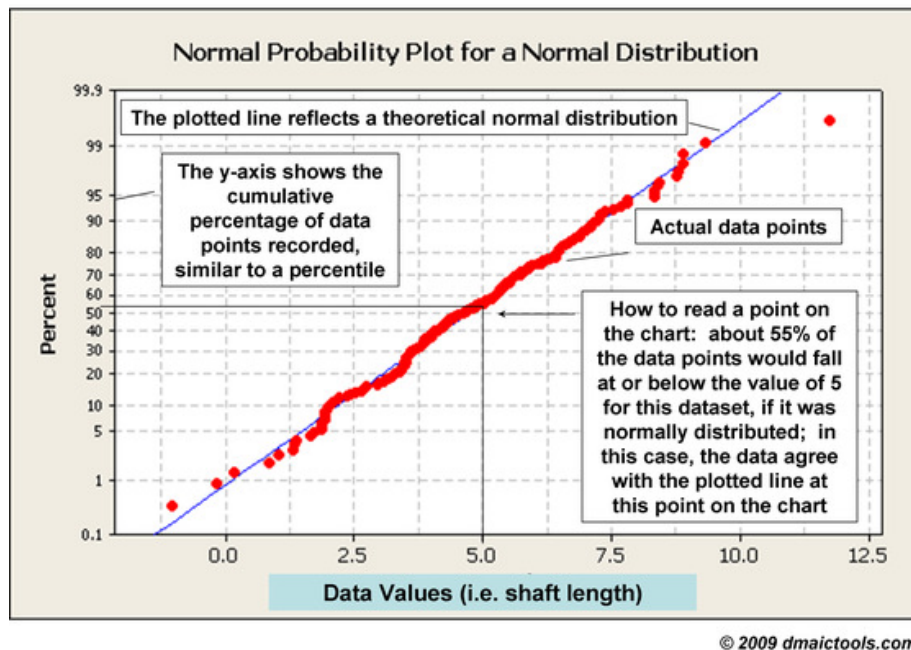


Figura 8. Gráfico de Tendencia (www.dmaictools.com)

- **Correlación.**

“Es una herramienta que sirve para investigar si existe relación entre dos características de calidad X e Y de un proceso. (Valderrey Sanz, 2010). Su diagrama consiste en reflejar en cada eje, el resultado del proceso respecto a cada característica respectivamente, reflejándose en una nube de puntos que permite su evaluación.

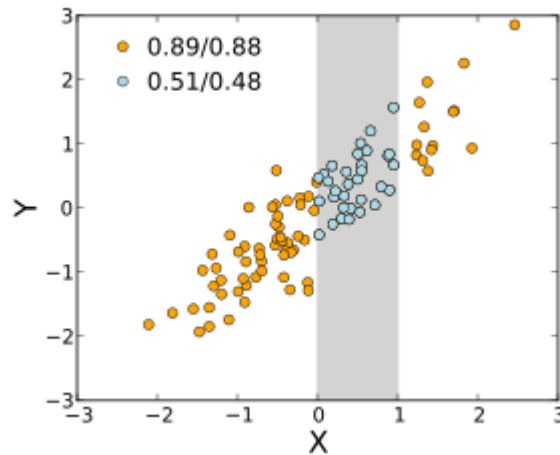


Figura 9. Gráfico de Correlación (www.wikipedia.com)

Medir

- **Modelización de las características de calidad.**

Se trata de modelizar las características clave del producto para de este modo poder obtener los patrones de las variables que le afectan. Para ello se utilizarán las distribuciones de probabilidad que se ajusten a las características de calidad mencionadas. Estas modelizaciones pueden ser muy distintas, y según el tipo al que se adecúe se registrará por una distribución tipo y su correspondiente Ley de probabilidad.

- **Evaluación de la normalidad de los datos.**

Los métodos estadísticos se basan en supuestos de normalidad, las variables deben ser normales, es decir, las características deben ajustarse razonablemente a una distribución normal. Existen tanto métodos gráficos como contrastes estadísticos formales que permiten comprobar la normalidad de las variables de las características intervinientes.

- **Evaluación de las mediciones.**

Consiste en determinar la capacidad y estabilidad de los sistemas de mediciones por medio de estudios de exactitud, linealidad, repetibilidad y reproducibilidad, siendo los sistemas de medición aquellos que permiten asignar un número a la característica que se mide. Las mediciones tienen



variación que debe ser acotada y controlada, su examinación y la de los factores que le afectan corresponden a la evolución pretendida.

- **Análisis de fiabilidad.**

La fiabilidad de una medida es la razón (ratio o fracción) entre el auténtico nivel de la medida y la medida realizada, es decir, la fiabilidad es la proporción de verdad en la medida. Para múltiples observaciones de un proceso, la fiabilidad se define como la razón entre la variabilidad de las puntuaciones verdaderas de las observaciones y la variabilidad de las puntuaciones observadas de la medición (varianza de la medida). Existen muchos modelos de fiabilidad, con correspondiente obtención de coeficientes que usaremos según las necesidades o su adecuación a nuestro análisis.

Analizar

- **Análisis exploratorio de datos.**

Se trata de una combinación de varias herramientas para desarrollar la fase de "Analizar" propiamente dicha. Consiste en analizar las distribuciones de frecuencia de las características de calidad, histogramas, así como su representación gráfica, para posteriormente calcular las medidas de posición, dispersión y forma con la idea de cuantificar lo mejor posible las variables de calidad. También se realizan gráficos de apoyo para el análisis de la simetría y normalidad de las características de calidad, en lo que se llama ajustes de distribución de frecuencias.

- **Contraste de hipótesis.**

Una hipótesis estadística es simplemente una afirmación que se hace sobre una o más características de una población, en nuestro caso de características de calidad. El contraste pues, consiste en aceptar o rechazar una hipótesis dada frente a su alternativa con un nivel de confianza determinado. El contraste se realiza sobre muestras aleatorias que marcarán dicho nivel de confianza.



- **Intervalos de confianza**

Es aquel que nos proporciona unos límites entre los cuales confiamos se encuentre el valor desconocido de nuestra característica de calidad. Se usa cuando es necesario estimar una característica de calidad basándose en una muestra de datos.

- **Capacidad de los procesos.**

Es el índice de cumplimiento de las especificaciones que fueron dadas para un proceso por parte de los responsables de la producción. Su análisis determina la variación natural de un proceso cuando se han minimizado los efectos de todos los factores ajenos que no contribuyen al mismo.

Mejorar

- **Análisis de correlaciones.**

En la fase de mejorar, debe determinarse la relación causa-efecto entre las variables de entrada y salida que interesan en el proceso. El análisis de correlación nos muestra que características cuantitativas están relacionadas, de modo que aporta las frecuencias de dicha relación, por lo que obtendremos diferentes distribuciones que nos sirvan en el estudio.

- **Regresión simple.**

Mediante la regresión simple se expresa la estructura funcional de la relación existente entre dos características de calidad (variables) ajustando la nube de puntos dada por los pares de valores de las dos variables a una curva de la mejor forma posible. Dicha función puede ser una recta (regresión simple de mínimos cuadrados) o diferentes tipos de curvas (regresión parabólica, polinómica, hiperbólica, potencial, exponencial, etc.)

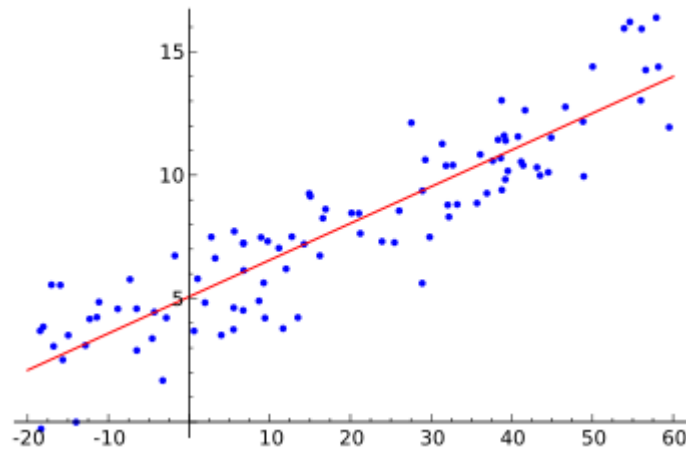


Figura 10. Gráfico Regresión Simple (www.wikipedia.com)

- **Regresión múltiple.**

La regresión múltiple se diferencia de la simple porque nos muestra las relaciones existentes entre más de dos características de calidad o variables. Así pues, una vez encontradas las estimaciones de los parámetros del modelo, realizaremos la diagnosis para ver si cumple las hipótesis de partida para posteriormente hacer predicciones acerca del comportamiento futuro de la variable designada.

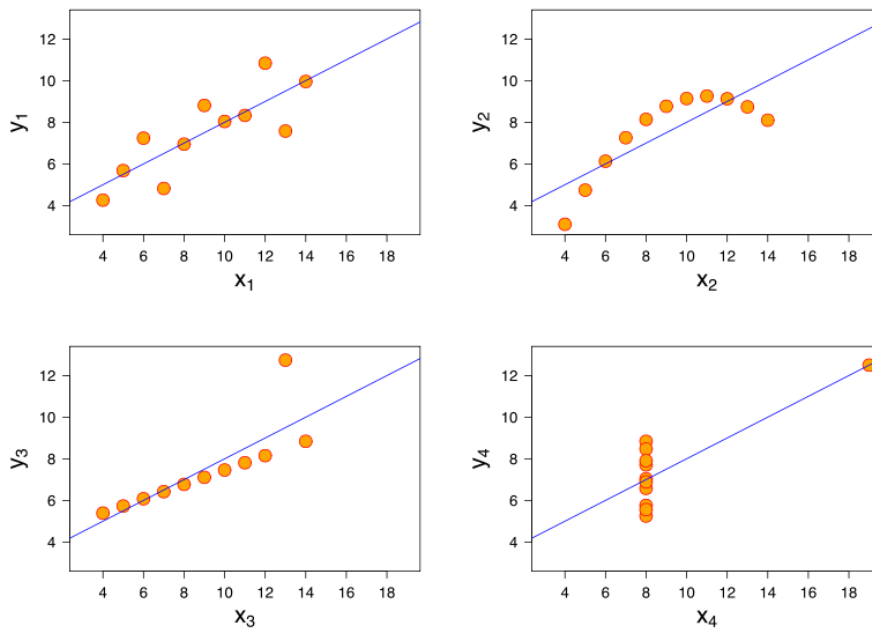


Figura 11. Gráfico de Regresión Múltiple (www.wikipedia.com)

- **Análisis de la varianza.**

El análisis de la varianza puede ser simple (ANOVA) o multifactorial. Consiste en analizar la relación entre una variable dependiente (o endógena) métrica (cuantitativa) y variables independientes (o exógenas) no métricas (cualitativas). Contrasta si varias muestras se extraen de la misma distribución de probabilidades frente a la hipótesis alternativa de que las distribuciones subyacentes de probabilidades no son las mismas para todas las muestras.

- **Modelos de series temporales.**

Estos añaden el factor tiempo en la modelización. Cuando existen datos de series temporales lo sucedido en el pasado puede afectar al futuro, lo que introducirá dinámica en el modelo, ya que habrá variables que aparecen en el modelo junto con sus desfases en el tiempo y estacionalidades.

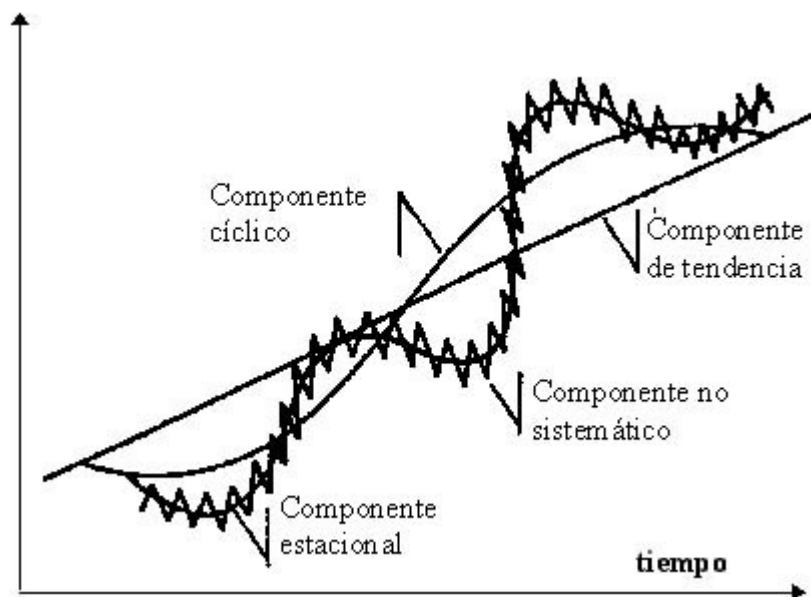


Figura 12. Gráfico de Serie Temporal (www.civ.cl)

Controlar

- **Control estadístico de procesos. Control de fabricación.**

Una vez comprendida la variabilidad de los procesos, el control estadístico de los procesos es precisamente la eliminación de su variabilidad. Pretende localizar las causas atribuibles para tomar las acciones correctoras pertinentes

y determinar la variabilidad por causas aleatorias. El control de fabricación es el que se hace durante la producción y puede realizarse por variables o por atributos.



Figura 13. Gráfico de Control Estadístico (www.matematicasypoesia.com)

- **Gráficos de control por variables.**

Los gráficos de control por variables se usan para contrastar características de calidad cuantitativas, suelen permitir el uso de procedimientos de control más eficientes. Representan de una forma ordenada y cronológica las informaciones recogidas sobre el resultado de las características de calidad a lo largo de un periodo. Sirven preferentemente para prevenir anomalías en el proceso productivo.

- **Gráficos de control por atributos**

En los gráficos de control por atributos se tiene en cuenta la naturaleza cualitativa por lo que su medición numérica es dificultosa. Lo habitual es realizar clasificaciones entre los productos que cumplen una cierta característica de calidad y los que no la cumplen. Tienen la ventaja de poder realizarse el control de varias de sus características simultáneamente, pero proporciona menos información que el control por variables.

- **Control estadístico de procesos. Control de aceptación.**



El Control de aceptación es el que se realiza una vez realizado el producto o servicio. Se utiliza la inspección por muestreo, que como ya hemos dicho, tiene como finalidad medir las características del producto fabricado y compararlas con las normas o especificaciones de calidad exigidas. Puede realizarse, al igual que en el control de fabricación, tanto por variables como por atributos.



3.7.- Six Sigma y los Estándares de Calidad

En capítulos anteriores se ha comentado que Six Sigma no es simplemente un estándar de calidad de productos o gestión, consiste más en una filosofía de empresa que va más allá de lo que entendemos por un sistema de calidad. Aunque sea re incidir en el mismo concepto, **resulta clave entender la diferencia entre Calidad y Control de Calidad.**

Indudablemente debido a sus orígenes, no olvidemos que su cometido era reducir los defectos, se tiende a confundir Six Sigma con un sistema de control de calidad y nada más lejos de la realidad, un control de calidad se dedica básicamente al control del resultado, **Six Sigma pretende adentrar en la raíz del proceso para de este modo, reducir los defectos.**

Pero al igual que Six Sigma, existen procedimientos, llamados estándares de calidad o sistemas de calidad, los cuales pretenden mejorar todos los procesos en los que incurre una empresa en su actividad diaria y normal, sea del tipo que sea. Por ellos, se hace indispensable dedicar un capítulo de este trabajo a los estándares de calidad más utilizados hoy en día y compararlos con Six Sigma.

Sin llegar a un desglose o estudio minucioso, se va intentar proyectar un poco de luz sobre las diferencias o similitudes que existen entre las Normas ISO por un lado y el TQM por otro frente a Six Sigma. Nos basaremos en sus principios y en sus objetivos, de modo que en los puntos donde quizás más similitudes pueda haber, encontraremos los detalles que las diferencian.

3.7.1.- Normas ISO

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO), es una federación mundial de agencias nacionales de normas de intercambio. Este organismo busca nuevos estándares internacionales en diferentes áreas. Su sede se encuentra en Ginebra, Suiza. Su función es establecer los sistemas de calidad uniformes tanto en empresas públicas como privadas de modo que permitan la producción de bienes o servicios idénticos en cualquier lugar del mundo.



Esta norma internacional promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implanta y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, basado a su vez en el ciclo de mejora continua PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar).

Estructura de las Normas ISO

Las series de las Normas ISO, constituyen lo que se denomina familia de normas, las que abarcan distintos aspectos relacionados con la calidad. Esta familia de normas está formada por varios documentos que explicamos a continuación y que han ido evolucionando a lo largo del tiempo hasta las versiones actuales.

ISO 9000/2005.- Fundamentos y vocabulario.

Terminología. Desarrolla todos los términos utilizados para normalizar su uso.

- Requisitos (necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria).
- Sistema de gestión de la calidad (sistema de gestión para controlar y dirigir una organización con respecto a la calidad).
- Proceso (conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan para transformar entradas en salidas).
- Producto (resultado de un proceso).
- Procedimientos (forma específica de llevar a cabo una actividad o un Proceso).
- Conformidad/no conformidad (cumplimiento/incumplimiento de un requisito).
- Documento (Información y su medio disponible).
- Registro (documento que proporciona resultados conseguidos o evidencia de actividades efectuadas).

Fundamentos.



- Base racional para los sistemas de gestión de calidad. Analizar los requisitos del cliente, mantener los procesos bajo control y proporcionar el marco para la mejora continua.
- Distinción entre requisitos de sistemas y de productos.
- Enfoque de los sistemas de gestión de calidad.
- Enfoque basado en procesos. Identificación y gestión sistemática de los procesos de la organización y sus interacciones.
- Política de calidad y objetivos de calidad.
- Papel de la alta dirección.
- Documentación, Tipos de documentos, Manuales de Calidad, Planes de Calidad, Especificaciones, Guías, Procedimientos, Instrucciones, Registros.
- Evaluación del SGC, Tipos de evaluación, Auditoría, Revisión del SGC, Autoevaluación.
- Mejora continua.
- Papel de las técnicas estadísticas.
- Sistemas de gestión de la calidad y otros sistemas de gestión, las diferentes partes de un sistema de gestión pueden integrarse con el SGC, dentro de un sistema de gestión único, utilizando elementos comunes.
- Relación entre los SGC y los modelos de excelencia. SO 9000: especifica los requisitos del SGC y proporciona directrices para la mejora del desempeño. Modelos de excelencia: criterios de evaluación comparativa del desempeño de la organización. Permiten evaluaciones del progreso y comparaciones con otras organizaciones.

ISO 9004/2009. Gestión del éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de calidad.



- Enfoque más amplio que la ISO 9001:2008.
- Necesidades y expectativas de todas las partes interesadas.
- Proporciona orientación para la mejora sistemática y continua del desempeño global de la organización.
- Se evalúa la madurez en Liderazgo, estrategia, sistema de gestión, recursos y procesos para la mejora y la innovación.

ISO 9001/2008. Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos.

- Enfoque a procesos.
- Modelo basado en el ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act).
- Compatibilidad con ISO 14001:2004
- Norma para demostrar capacidad de cumplir requisitos (certificación).
- Requisitos se centran en: Satisfacción del Cliente. Capacidad para asegurar el suministro de productos y servicios conformes. Aplicación de mejora continua del Sistema Calidad.

Certificación

Para lograr la Certificación las empresas deben cumplir con una serie de etapas que serán supervisadas y aprobadas por una entidad certificadora.

Estas etapas son básicamente la determinación de las necesidades de documentación, el diagnóstico de la situación de la documentación en la organización, diseño del sistema documental, elaboración de los documentos, implantación del sistema documental y mantenimiento y mejora del sistema documental.

En definitiva, una carga muy importante en la realización de documentos sin llegar a analizarlos.

Objetivos



Su objetivo es el desarrollo y la promoción de las normas internacionales con el propósito de implementar la cooperación tanto en las actividades intelectuales, científicas y tecnológicas, así como en las económicas. De tal forma que se logre una homogeneidad en el desarrollo de dichas actividades. ISO propone las especificaciones técnicas y otros criterios que se usan consistentemente como reglas, pautas o definiciones de características para asegurar que los materiales, bienes, servicios y procesos cumplan con sus propósitos. Entre otras ventajas, tiene la posibilidad de cumplir con clientes que, cada vez más, requieren proveedores certificados, aumentar la posibilidad de incrementar sus ventas en la Unión Europea, mejorar los sistemas de calidad propios, así como la documentación y los proveedores en cuanto a desempeño, e igualmente generar una mayor confianza entre proveedores y clientes.

Beneficios

Con la aplicación de las Normas ISO se pueden obtener distintos beneficios, tanto para el mercado, como los clientes y la gestión de la empresa.

De los beneficios para el mercado se pueden destacar principalmente, **la mejora de la imagen** de los productos y/o servicios ofrecidos, favorecer su desarrollo y afianzar su posición, a la vez que **ganar cuota de mercado** accediendo a mercados exteriores, debido a la confianza que genera entre los clientes y consumidores.

De los beneficios ante el cliente destacan el **aumento de la satisfacción de los clientes**, al eliminar múltiples auditorías con el correspondiente ahorro de costes, pues ya han sido realizadas, y acceder a acuerdos de calidad concertada con los clientes.

Por último, dentro de la gestión de la empresa mencionar que sirva como medio para mantener y mejorar la eficacia y adecuación del sistema de gestión de la calidad, al poner de manifiesto los puntos de mejora, cimentar las bases de la gestión de la calidad y estimular a la empresa para entrar en un proceso de mejora continua y aumentar la motivación y participación de personal, así como mejorar la gestión de los recursos.



Principios

Al igual que Six Sigma, las Normas ISO se rigen por unos principios que se enumeran a continuación.

Orientación al cliente, liderazgo, participación del personal, enfoque basado en procesos, enfoque del sistema hacia la gestión, mejora continua, enfoque objetivo hacia la toma de decisiones y relación mutuamente provechosa con el proveedor.

Six Sigma y las Normas ISO

Como ya se ha podido apreciar durante la exposición de las Normas ISO, estamos ante muy diferentes Sistemas de Gestión de Calidad. Aunque, evidentemente, ambos sistemas tienen en común similares objetivos y principios de funcionamiento, nos encontramos claras diferencias, o mejor aún, son caminos paralelos que nunca se cruzarán y llegarán a lugares distintos.

Y cuando decimos lugares distintos nos referimos a que, mientras las Normas ISO pretenden regularizar un sistema de gestión de la calidad común a cualquier tipo de compañía, Six Sigma pretende instaurar una filosofía, que debe adecuarse de forma diferente en cada compañía, eso sí, con base estadística.

Las Normas ISO, como normas que son, establecen unos procedimientos, con sus registros, conformidades, salvedades y demás documentación, para lograr el aseguramiento, ante los clientes o agentes intervinientes, de unas cualidades de la producción o de la gestión de la calidad que garantizan unos mínimos para confianza de colaboradores. Se puede entender la pretensión de lograr la mejora continua, y quizás sea un buen modo de iniciar el camino, pero **Six Sigma no busca el aseguramiento de la calidad, Six Sigma busca la perfección** y por lo tanto son unas miras muy alejadas de las de las Normas ISO.

Evidentemente, tampoco se trata de poner en duda la utilidad de las Normas ISO, hoy por hoy, son una "marca" reconocida que nos puede abrir puertas, o al menos no cerrárnoslas de partida. Visto que para nada son incompatibles



con la implantación de la filosofía Six Sigma, nada hace pues que tengan que rechazarse, y bien es cierto, que hoy en día han conseguido una aceptación que para sí quisieran otros sistemas de gestión de la calidad con mucho más reconocimiento en ámbitos académicos. Llegando dicha aceptación a incluirlas dentro de los puntos de valoración en la Ley de Contratos del Sector Público.

De hecho, cualquier compañía que se precie y que tenga el suficiente convencimiento de que Six Sigma puede ser de gran ayuda a su gestión, estamos plenamente convencidos de que ya ha pasado por la certificación de las Normas ISO, y por tanto, utilizar su implantación como trampolín para dar el salto a sistemas más complejos como puede ser Six Sigma.

3.7.2.- Total Quality Management. El modelo EFQM.

Dentro de la amplitud que suponen los programas de metodología de TQM, se ha optado por utilizar para este apartado una de sus evoluciones que más existo ha tenido en Europa conocida como El Modelo European Foundation Quality Management. De este modo se logra evaluar más detalladamente las diferencias y similitudes entre sistemas de gestión de la calidad.

Marco conceptual del modelo EFQM

La Fundación Europea para la Gestión de la Calidad (EFQM) fue fundada en 1988 por 14 empresas europeas líderes en su sector, con el apoyo de la Comisión de la Unión Europea, con el objeto de ayudar a las empresas europeas a ser más competitivas en el mercado mundial. En la actualidad cuenta con más de 800 miembros y su papel es decisivo en el logro de la eficiencia de las organizaciones europeas, y en la difusión de la importancia de la mejora de la calidad, apoyando a los directivos en el proceso hacia la puesta en práctica de programas de TQM.

El Modelo Europeo para la Excelencia Empresarial, se desarrolló en 1991 en consonancia con los modelos Malcolm Baldrige en los EE.UU. y el premio Deming en Japón, como marco para la autoevaluación de la organizaciones y como base para evaluar las solicitudes al Premio Europeo de la Calidad, que fue concedido por primera vez en 1992. En 1999 y tras un proceso de revisión



que duró dos años se presentó la versión actual del modelo que pasó a denominarse Modelo EFQM de Excelencia.

La EFQM propone un modelo constituido por un conjunto de factores o criterios que interrelacionados entre sí definen a una organización teóricamente excelente, capaz de lograr y mantener los mejores resultados posibles.

La aplicación de este modelo a cualquier organización consiste en realizar una evaluación de los diferentes elementos que la integran (valores, modelo de gestión, procesos, resultados, etc.) y comparar los resultados con el referente teórico definido por la EFQM. Esta comparación permite, fundamentalmente, identificar los puntos fuertes y las áreas de mejora de la unidad que se evalúa y facilita una visión de su situación respecto a la excelencia sostenida definida por el modelo. Desde esta perspectiva el Modelo EFQM de Excelencia puede ser considerado como una herramienta de identificación de oportunidades de mejora, **Benchmarking**, pero con la ventaja de que al utilizar un referente permite realizar una evaluación global, en profundidad y sistemática, sin descuidar ninguno de los aspectos importantes que pueden determinar la calidad de la organización.

Además, la información suministrada por la evaluación resulta de gran ayuda para comprender y analizar los motivos de las deficiencias detectadas, promueve la identificación de soluciones creativas y facilita la puesta en marcha de acciones de mejora.

Basándose en esta filosofía de la mejora continua, el modelo orienta a la organización sobre los reajustes que debe acometer en sus recursos, actividades y objetivos para la consecución de una organización más eficiente.

En definitiva el Modelo de Excelencia sostiene que los enfoques tradicionales que basan la mejora en el análisis de aspectos parciales de la organización, tales como los resultados, no son suficientes para conseguir organizaciones competitivas capaces de adaptarse a los cambios del entorno, siendo necesaria la consideración de otros aspectos sintetizados en la siguiente



premisa. “La satisfacción de clientes y empleados y la obtención de un impacto positivo en la sociedad se consiguen mediante un adecuado liderazgo de los directivos en el proceso de transformación de la organización mediante el establecimiento de oportunas políticas y estrategias, un adecuado aprovechamiento de los recursos y alianzas de todo tipo y una buena gestión de sus procesos todo lo cual lleva a conseguir la visión de la organización con excelentes resultados de negocio.”

El modelo EFQM de Excelencia

El Modelo EFQM de Excelencia está compuesto por nueve criterios diferenciándose claramente dos partes: el grupo formado por los llamados “Agentes Facilitadores” que se refieren a lo que la hace organización y cómo lo hace, y el grupo de criterios “Resultados” que dan cuenta de los logros obtenidos por la organización respecto a todos los grupos de interés (clientes, trabajadores, sociedad) y en relación a los objetivos globales. La premisa establecida por el modelo explica cómo los Agentes Facilitadores son los determinantes de los Resultados alcanzados.

A continuación se describen brevemente el concepto de cada criterio.

Liderazgo. Se refiere a la responsabilidad ineludible de los equipos directivos de ser los promotores de conducir la organización hacia la excelencia.

Política y estrategia. Revisa en qué medida la misión, visión y valores de la organización, están fundamentadas en la información procedente de indicadores relevantes, así como en las necesidades y expectativas de clientes y otros grupos de interés.

Personas. Considera la gestión de los recursos humanos de la organización y los planes que desarrolla para aprovechar el potencial de los profesionales.

Recursos y alianzas. Evalúa cómo gestiona la organización los recursos más importantes.



Procesos. Se refiere al diseño y gestión de los procesos implantados en la organización, su análisis y cómo se orientan a las necesidades y expectativas de los clientes.

Resultados relativos a los clientes. Se refiere tanto a la percepción que los clientes tienen de la organización, como a los indicadores internos que contempla la organización para comprender su rendimiento y adecuarse a las necesidades de los clientes.

Resultados relativos al personal. Se refiere a los mismos aspectos que el criterio anterior pero en referencia a los profesionales de la organización.

Resultados relativos a la sociedad. Analiza los logros que la organización alcanza en la sociedad.

Resultados clave. Evalúa los logros de la organización respecto al rendimiento planificado.

Conceptos fundamentales de la Excelencia

Orientación hacia los resultados. La excelencia depende del equilibrio y la satisfacción de las necesidades de todos los grupos de interés relevantes para la organización (las personas que trabajan en ella, los clientes, proveedores y la sociedad en general, así como todos los que tienen intereses económicos en la organización).

Orientación al cliente. El cliente es el árbitro final de la calidad del producto y del servicio, así como de la fidelidad del cliente. El mejor modo de optimizar la fidelidad, la retención del cliente y el incremento de la cuota de mercado es mediante una orientación clara hacia las necesidades de los clientes actuales y potenciales.

Liderazgo y constancia en los objetivos. El comportamiento de los líderes de una organización suscita en ella claridad y unidad en los objetivos, así como un entorno que permite a la organización y las personas que la integran alcanzar la excelencia.



Gestión por procesos. Las organizaciones actúan de manera más efectiva cuando todas sus actividades y hechos interrelacionadas se comprenden y gestionan de manera sistemática. Las decisiones relativas a las operaciones en vigor y las mejoras planificadas se adoptan a partir de información fiable que incluye las percepciones de todos sus grupos de interés.

Desarrollo e implicación de las personas. El potencial de cada una de las personas de la organización aflora mejor porque existen valores compartidos y una cultura de confianza y asunción de responsabilidades que fomentan la implicación de todos.

Aprendizaje, innovación y mejora continuos. Las organizaciones alcanzan su máximo rendimiento cuando gestionan y comparten su conocimiento dentro de una cultura general de aprendizaje, innovación y mejora continuos.

Desarrollo de alianzas. La organización trabaja de un modo más efectivo cuando establece con sus partners unas relaciones mutuamente beneficiosas basadas en la confianza, en compartir el conocimiento y en la integración.

Responsabilidad social. El mejor modo de servir a los intereses a largo plazo de la organización y las personas que la integran es adoptar un enfoque ético, superando las expectativas y la normativa de la comunidad en su conjunto.

Fundamentos y características del modelo.

El hecho diferenciador con otros enfoques, como la acreditación o la certificación, con los que el modelo frecuentemente es comparado (y a veces confundido), se debe a que fundamenta su estrategia en la autoevaluación. Este abordaje indica claramente el compromiso de la propia organización por el aprendizaje y la mejora continua, centrandose en estos aspectos los objetivos de la propia evaluación, en lugar del reconocimiento externo.

La ventaja que aporta la utilización del modelo como instrumento de identificación de oportunidades de mejora es que la autoevaluación que propone tiene un carácter sistemático, periódico y altamente estructurado, de forma que se revisan de una forma lógica y ordenada todos los aspectos críticos de una organización que pueden tener influencia en la calidad.



La atención se dirige a la globalidad de la organización siendo más enriquecedora, realista y eficiente que los abordajes que se dirigen a aspectos concretos o parciales.

La incorporación del aprendizaje adquirido, tras la evaluación en desarrollo de planes de mejora, confieren al modelo un carácter dinámico, que posibilita adaptarse a las necesidades cambiantes de los clientes y de otros grupos de interés, a la disponibilidad de recursos de cada tiempo, y la detección y ajuste de deficiencias potenciales. De esta forma, se supera el carácter estático que establece el aseguramiento de un determinado nivel de calidad. Este carácter dinámico se refleja en el esquema del modelo de forma que la innovación y aprendizaje actúan potenciando los agentes facilitadores dando lugar a una mejora de los resultados.

Las características que se acaban de describir hacen que el Modelo EFQM de Excelencia sea considerado como un valioso instrumento de ayuda a la gestión, ya que la sistemática que incorpora redundante en una planificación más sólida, fundamentada y acorde con las necesidades de cada momento, facilitando la transformación de las organizaciones que los nuevos retos exigen.

Autoevaluación mediante el modelo EFQM de Excelencia

El diseño de un Programa de TQM requiere conocer la situación de partida de la organización, para lo cual es preciso analizar los resultados que ha obtenido en el pasado, los procesos que los han determinado y los objetivos perseguidos por la organización.

La práctica que para ello se propone es la autoevaluación definida como un examen global, sistemático y periódico de las actividades y resultados de una organización comparados con el Modelo EFQM de Excelencia.

Para llevar a cabo esta autoevaluación se puede optar por diferentes opciones, todas ellas válidas.

Estos enfoques presentan un grado de dificultad variable y cada uno de ellos tiene riesgos y beneficios que tendrán que ser valorados a la hora de decidir



sobre el abordaje que mejor se adapta a cada caso concreto. Los criterios que guiarán la decisión por uno u otro son: la experiencia y el grado de madurez de la organización en programas de mejora de la calidad, la formación en autoevaluación, el tiempo y los recursos disponibles y la precisión de la información y objetivos que se desea obtener. De esta manera se utilizarán métodos diferentes para iniciar experiencias de autovaloración que faciliten la comprensión del Modelo EFQM, obtener una relación de puntos fuertes y de áreas de mejora que posibiliten el diseño e implantación de planes de mejora, u obtener una puntuación que permita el ejercicio de comparación con otros centros u organizaciones.

- Enfoque de Cuestionario de Autoevaluación.
- Enfoque de Autoevaluación mediante "Matriz de Mejora.
- Enfoque de Autoevaluación por Reunión de Trabajo.
- Autoevaluación por Formularios o Enfoque Proforma.
- Enfoque de Autoevaluación por Simulación de Presentación al Premio.

Six Sigma y el modelo EFQM

El modelo EFQM, tal y como se puede observar se encuentra mucho más cerca de Six Sigma de lo que lo están las Normas ISO antes expuestas. Esta vez si que nos encontramos ante un sistema de gestión de la calidad que pretende, al igual que Six Sigma, alcanzar la excelencia como su propio nombre indica.

Pese a ello, se evidencian diferencias que nos proporcionan elementos de análisis para poder establecer los distintos criterios que cada uno de los sistemas siguen.

Quizás, el elemento más diferenciador sea la autoevaluación en la que se basa como punto de inicio o de partida. Podríamos encontrar una similitud con la fase de Definir de Six Sigma, pero esto mismo nos sirve para darnos cuenta de que Six Sigma pretende atajar los problemas desde el punto de vista del cliente. Quizás podríamos definirlo como de fuera hacia dentro,



mientras que el TQM pretende lo contrario, desde dentro de la organización, salir al encuentro con las necesidades del cliente. Así pues, se hace mucho más difícil realizar la consecución de la mejora continua, pues lo que se logra es muchas pequeñas mejoras sin una obtención global.

También se observa, como una gran diferencia entre los sistemas, la orientación hacia el resultado de TQM, y no es que Six Sigma no busque encontrar resultados, pero a través de vías diferentes, Six Sigma busca la eliminación de los errores que consecuentemente mejorará los resultados, TQM basa sus esfuerzos en la obtención de resultados directamente sin analizar el origen de que pueda provocar o no dichos resultados.

Este sistema conlleva además que exista una falta de método de seguimiento del progreso hacia metas y objetivos, lo que redundará en la obtención de pocos proyectos de mejora.

Además, históricamente, TQM ha obtenido poco apoyo o falta de implicación clara de la alta dirección, considerándose la calidad como una actividad colateral, limitándose a la producción y fabricación. Lo que irremediablemente llevó a una confusión entre calidad y control de calidad. Destacar igualmente, que el uso de herramientas inadecuadas provocado por la gestión de personal inadecuado o con insuficiente experiencia, ha redundado todavía más en la falta de proyectos de mejora o insuficiente peso específico de estas.

Por último, se aplica mucho énfasis en la fabricación y en la producción, dejando de lado con demasiada frecuencia otros aspectos fundamentales para el logro de una gestión completa como pueda ser la logística, el marketing o los recursos humanos.

3.7.3.- Six Sigma frente a La Calidad

Una vez expuesto en qué consiste la Filosofía Six Sigma, así como los sistemas de gestión de calidad más usuales como son Las Normas ISO y el Total Quality Manager, es hora de dilucidar que representa Six Sigma dentro del término Calidad o más bien frente al término Calidad.



Si cogemos como definición de calidad la que nos dan las Normas ISO, entendemos por Calidad, el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. Es decir, **la calidad** no representa un alto o bajo nivel de exigencia como comúnmente entendemos, sino que se **refiere al cumplimiento de las necesidades exigidas por el cliente**, sean de la naturaleza que sean.

De esta definición extraemos que **el Control de Calidad** es aquel que **supervisa que las necesidades** anteriormente mencionadas **están cumpliéndose**, o no, en los correspondientes productos o servicios. O, asimilándolo con el objetivo Six Sigma, Control de Calidad son todos los mecanismos, acciones o herramientas que realizamos para detectar la presencia de errores.

Por tanto, diferenciaremos claramente entre Control de Calidad que estamos definiendo y **Six Sigma**, que **no busca los errores sino que pretende eliminarlos completamente**. Por otro lado, el Control de Calidad es una función de un determinado departamento mientras que Six Sigma es una filosofía que engloba a toda la compañía, o al menos, a todos los agentes involucrados en el proceso en concreto de nuestro proyecto, desde la Dirección de la empresa hasta el último operario.

Consecuentemente, **no sólo no debemos confundir ambos términos sino que debemos dejar bien claro que se tratan de dos cosas completamente diferentes**.

Por ello, en una compañía que haya integrado la filosofía Six Sigma a su estrategia empresarial, existirá el Control de Calidad, sin ninguna duda, al igual que debe existir en el resto de compañías. El Control de Calidad resulta completamente independiente, es más, dentro de la aplicación Six Sigma, deberá ser un proceso más, el cual deberá estar orientado a los principios que rigen Six Sigma, con los mismos procedimientos y con el mismo afán de buscar la satisfacción del cliente.

A partir de aquí, solo podemos comparar Six Sigma con los sistemas de gestión de calidad, donde quizás si podríamos clasificar a Six Sigma. Pero volvemos a chocar con grandes diferencias que ya hemos expresado anteriormente. De



hecho, cuando se han desarrollado las Normas ISO, ha quedado claramente reflejado que un sistema de gestión de calidad puede tratarse como una estructura de procedimientos que intenta asegurar la calidad, mientras que con Six Sigma se intenta concienciar a toda la compañía de una filosofía de trabajo que englobe a toda la compañía en busca de sus objetivos, mediante los cuales no aseguraremos la calidad sino que obtendremos la excelencia. **“Six Sigma se utiliza para eliminar los costes de no calidad”**, (Yepes & Pellicer, 2005) es decir, se busca mediante la eliminación de errores la consecución de los objetivos de Six Sigma, mientras que los sistemas de gestión persiguen sobrepasar un listón colocado a una mínima altura.

Igualmente si pretendemos equipar Six Sigma a los métodos utilizados por TQM, no podemos pasar por alto el enfoque que se le da desde TQM a la producción o a la gestión del servicio, no llegando de ningún modo a la actuación integral de una filosofía, en este caso, Six Sigma. TQM es capaz de alcanzar altos niveles de excelencia en determinados procesos o departamentos, pero la falta de enfoque global lo convierte en un éxito mucho menor dentro de la mejora continua.

Sirva como resumen aclaratorio que lo que convierte a Six Sigma en algo diferente a la calidad en todas sus acepciones es la filosofía que subyace en su metodología y enfoque. La calidad necesita ser acotada por procedimientos o autoevaluaciones, **Six Sigma es una forma de pensar y actuar de una compañía, basándose en unos principios que le permite desarrollar una mejora continua en busca de la excelencia para satisfacción de sus clientes.**





4.- ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA EN LA CONSTRUCCIÓN

Desde que en 1987 Galvin puso en marcha el programa de calidad llamado “El Programa de Calidad Six Sigma”, mucho se ha escrito sobre qué es Six Sigma, en que se basa su metodología, sus herramientas y sus aplicaciones. Debido a su nacimiento dentro del seno de la manufacturación, este es el sector que más se ha exprimido dentro de todas las publicaciones existentes, seguido por el de servicios, con apenas menciones al sector de la construcción. Aunque si nos regimos por los temas hacia los cuales las publicaciones iban orientadas, el mayor peso recae sobre sus herramientas y técnicas, seguido muy de lejos por el enfoque en sus fases (DMAIC), volviendo a existir pocas referencias en cuanto hablamos de su implementación.

Es por ello que se decide realizar un primer apartado referente al estado del arte en general de Six Sigma para posteriormente, analizar en particular el sector de la construcción.

4.1.- Estado del arte de Six Sigma.

Siguiendo el estudio de Mohamed Gamal, (**Gamal Aboelmaged**, 2010), podemos ver en la gráfica XXX como se distribuyen a través de los años los distintos artículos técnicos que se han publicado desde que apareciese el concepto de Six Sigma por primera vez en una revista cualificada.

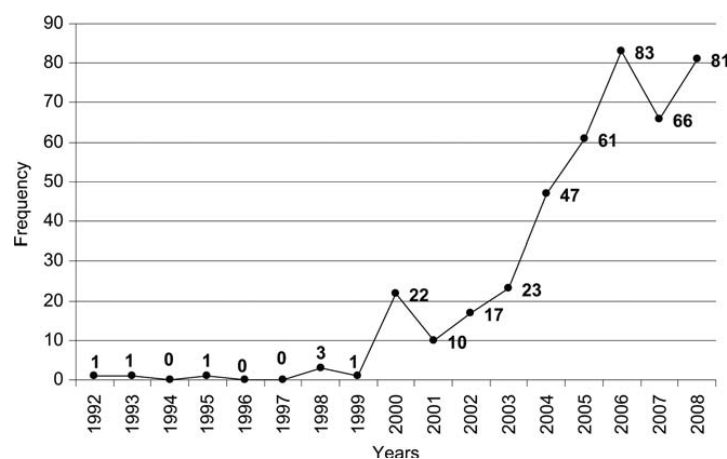




Figura 14. Artículos publicados sobre Six Sigma (Gamal Aboelimged, 2010)

Así pues, el primer artículo con el que nos encontramos aparece en la revista *Managing Service Quality*, como no, por título "Six Sigma" (**Delsanter**, 1992) corresponde a una pequeña explicación del enfoque que se le dio a la filosofía Six Sigma desde Motorola y General Electric principalmente.

Al año siguiente fue el ingeniero de Motorola, Bill Smith, uno de los precursores de Six Sigma como ya se ha explicado, quien publicó sus experiencias en un caso de aplicación práctica desarrollado en la propia empresa, (**Smith**, 1993).

Después de un año sin ninguna aparición en las revistas científicas, aparece "Customer satisfaction measurement and analysis using Six Sigma" (**Behara**, 1995), que se centra por primera vez, en la consecución primordial de la obtención de la satisfacción del cliente, expresando el afán del principal objetivo de Six Sigma como único y verdadero fin de la filosofía de trabajo.

Es a partir del año 2000 cuando se multiplican los artículos, llegándose a contabilizar 22 en este año, cifra que se incrementará rápidamente hasta los 83 en el año 2006. De todos ellos podemos destacar por su originalidad el de "Six Sigma on continuous processes: how and why it" (**Hild, Sanders, & Cooper**, 2000) que justifica el uso de Six Sigma en la mejora de procesos, también por lo novedoso destaca "Six Sigma analysis with human creativity" (Biedry, 2001) que relaciona la capacidad creativa del hombre con el uso de Six Sigma.

Otro artículo importante a destacar es el de "Developing an SME based six sigma strategy" (**Thomas & Barton**, 2006), que desarrolla aplicación de Six Sigma en pequeñas y medianas empresas, demostrando, que esta no es únicamente una filosofía para multinacionales o grandes empresas.

Además, como resulta obvio, también se han publicado multitud de libros que han logrado acercar Six Sigma al gran público y que desarrollan con mayor o menor éxito su filosofía y su entendimiento, entre ellos, destaca claramente "Las claves de Six Sigma" (**Pande**, 2002), que se ha traducido a multitud de idiomas y convertido en un superventas del género.



Por último, destacar la publicación de conferencias, trabajos finales de grado o tesinas de máster (como en este caso), que han ayudado a la expansión de Six Sigma en el mundo de la investigación, desarrollo e innovación.

4.2.- Estado del arte de Six Sigma en la Construcción

Tal y como ya se ha dicho anteriormente, mucho menor es la cantidad de publicaciones que existen en el ámbito de la construcción, no obstante, si que existen tanto artículos de revistas especializadas como actas de conferencia que nos introducen en los conocimientos de Six Sigma en el sector de la construcción.

Uno de los primeros fue "Construction process measurement and improvement" (**Picard**, 2002), que relata cuales son las claves para conseguir la mejora continua en la construcción a través de los procesos intervinientes. Su estudio se analiza a través del Project Manager, lo que quizás no es un enfoque puro de Six Sigma, pero sienta las bases de cómo aprovechar el empuje de la filosofía Six Sigma para gestionar el proceso constructivo.

Otro artículo que intenta demostrar las bondades de Six Sigma en el sector de la Construcción es "Implementing and Applying Six Sigma in Construction" (**Pheng & Hui**, 2004), que mediante un caso práctico desarrollado junto al Instituto de la Vivienda y Desarrollo de Singapur, crean los pasos para desarrollar un plan de trabajo en la construcción de viviendas. Este caso práctico se centra especialmente en los agentes intervinientes, pero llegan a poner en práctica un proyecto piloto que incluye los acabados interiores de obra. Este proyecto piloto alcanzo una mejora de su Sigma del 2,66 con el que se partió, hasta el 3,95, que viene a significar hacer lo correcto el 99% del tiempo trabajado.

También existen algunos artículos, que junto con Six Sigma, estudian la gestión de la construcción mediante la combinación de todas las modalidades, intentando sumar esfuerzos y aprovechar lo mejor que cada una de los sistemas o filosofías pueden aportar, es el caso de "An exploration of the



synergies between Six Sigma, total quality management, lean construction and sustainable construction” (**Ferng & Price**, 2005).

Otros artículos más recientes ya desarrollan mucho mejor las herramientas de Six Sigma para el sector de la construcción, “Six Sigma.- Based Approach to Improve Performance in Construction Operations” (**Han, Chae, Im, & Ryu**, 2008). Esta investigación explora soluciones prácticas para mejorar el rendimiento de la construcción mediante los principios de Six Sigma, establecen los indicadores necesarios para implantar los objetivos de mejora del rendimiento y una metodología para medir y evaluar dichas mejoras.

Además, las últimas investigaciones se orientan hacia la búsqueda de la utilización de Six Sigma mediante la combinación de la tecnología, como pueda ser los Identificadores de Radio Frecuencia (RFID), más conocidos en las alarmas de los supermercados, “A Case Study for Integrating Lean Six Sigma and RFID Applications in Construction Processes through Simulation Approach” (**Chae, Yun, Han, & Kwon**, 2010), trata de cómo utilizar dichos identificadores en los acopios de construcción para optimizar espacios y tiempos.

Destacar también “The use of Six Sigma and Lean Construction for Assesing the Production Planning Process of Sustainable Building Projects?” (**Ochoa, Shen, & Hao**, 2009), en el cual se propone un diseño de la solución integrada (IDS) para identificar y evaluar los factores críticos que causan las variaciones de la planificación, que pueden conducir a la detección de áreas de mejora en la práctica actual.

Ya por último, y aunque no sea específico en la construcción, destacar el trabajo local “Aplicación de la metodología Seis Sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción” (**Yepes & Pellicer**, 2005).



5.- LA BUSQUEDA DE SINERGIAS Y LA IMPLEMENTACION EN LA CONSTRUCCIÓN

Sabemos que muchas organizaciones ya han implementado con éxito la filosofía Six Sigma, pero, pese al consabido interés que existe en el sector de la construcción, su adopción no ha sido ni mucho menos tan rápida como en otras industrias. Existen algunos artículos como "Why small and medium construction enterprises do not employ six sigma" (Tutesigensi & Pleim, 2008), que nos dicen que las características intrínsecas de la propia filosofía dificultan su implementación en la construcción. Pero lo cierto es que debemos saber identificar cuáles de dichas características son comunes a la industria manufacturera, de modo que no deberían existir demasiadas barreras para lograr su implantación, y cuales, mediante las necesarias modificaciones, podrían llevarse a cabo consiguiendo el éxito que han logrado en estos campos.

Un modo de lograr este objetivo puede ser el buscar sinergias con metodologías de trabajo que ya hayan alcanzado el suficiente éxito en ambos sectores y además que existan precedentes de dichas sinergias que hayan demostrado su compatibilidad en otros campos.

Para ello contamos con la filosofía "LEAN" o "Lean Thinking". Esta filosofía que describiremos posteriormente ha evolucionado hacia distintos caminos desde su creación, por un lado, cogiendo como base su aplicación en la industria, Lean Production, ha surgido su homóloga en la construcción, llamada Lean Construction, ya muy extendida y con su éxito más que demostrado. Y por otro, dentro de la industria manufacturera, se ha combinado con Six Sigma, creando lo que se conoce por Lean Six Sigma, y aunque este último paso es más reciente, existen numerosos estudios y casos prácticos que avalan que su uso simultáneo consigue mejorar los objetivos buscados, ya sean rendimientos de procesos, mejora continua o valor añadido para los clientes.

Así pues, después de una breve descripción de que es la filosofía Lean, se analizarán las características de la industria de la construcción para encontrar



los puntos comunes con Six Sigma y poder definir lo que llamaremos Lean Six Sigma Construction, para posteriormente abrir el camino hacia el uso de **Six Sigma para construir**.

5.1.- Filosofía “LEAN”

La mayoría de los autores define “Lean Thinking” como una filosofía enfocada a la reducción de desperdicios. El concepto surge principalmente del Sistema de Producción de Toyota (TPS). Lean es una filosofía que utiliza un conjunto de herramientas que ayudan a la identificación y eliminación de desperdicios, a la mejora en la calidad y a la reducción del tiempo y del coste de producción.

La idea de la nueva filosofía de producción se originó en Japón en el 1950. La aplicación más prominente fue el sistema de producción de la industria automovilística Toyota. El artífice de estas ideas fue el ingeniero Taiichi Ohno.

Las ideas básicas en el sistema de producción de Toyota fueron la eliminación del inventario, la disminución del desperdicio presente en los procesos, la cooperación con los diferentes proveedores y el respeto por el trabajador.

Simultáneamente, los asuntos relativos a la calidad fueron atendidos igualmente por la industria japonesa bajo la guía de asesores americanos como Deming y Juran.

Sin embargo, sólo al comienzo de los 90, esta nueva filosofía empezó a afirmarse y a aplicarse en el mundo industrial.

Esta nueva filosofía de producción se conoce con varios nombres; sin duda, el más conocido es el de Lean Production o Toyota Production System. En el estado actual, no se basa en una sola teoría. Más bien es el resultado de varias técnicas y teorías que se han desarrollado en el tiempo. Los 14 principios en los que se sustenta el “Lean Thinking” establecidas por el TPS son (Liker, 2006):

- I. Basar las decisiones de gestión en una filosofía a largo plazo, a expensas de lo que suceda con los objetivos financieros a corto plazo.



- II. Crear procesos en flujo continuo para hacer que los problemas salgan a la Superficie.
- III. Utilizar sistemas PULL (tirar) para evitar producir en exceso.
- IV. Nivelar la carga de trabajo.
- V. Crear una cultura de parar a fin de resolver los problemas, para lograr una buena calidad a la primera.
- VI. Las tareas estandarizadas son el fundamento de la mejora continua y de la autonomía del empleado.
- VII. Utilizar el control visual de modo que no se oculten los problemas.
- VIII. Utilizar sólo tecnología fiable absolutamente probada que dé servicio al personal y a sus procesos.
- IX. Hacer crecer a líderes que comprendan perfectamente el trabajo, vivan la filosofía y la enseñen a otros.
- X. Desarrollar personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de la Empresa.
- XI. Respetar a la red extendida de socios y proveedores, desafiándoles y ayudándoles a mejorar.
- XII. Ir a verlo por sí mismo para comprender a fondo la situación.
- XIII. Tomar decisiones por consenso lentamente, considerando concienzudamente todas las opciones; impleméntelas rápidamente.
- XIV. Convertirse en una organización que aprende mediante la reflexión constante y la mejora continua.

La única forma de eliminar los defectos y buscar la optimización de los procesos era operar a través de un diseño flexible, buscando tres aspectos fundamentales: Un producto único hecho a la medida, el cual debe ser entregado en un plazo mínimo, sin tener inventario. Aquí se maximizan los valores del cliente mientras se minimiza el desperdicio.

El enorme éxito obtenido en la industria manufacturera ha llevado a la exploración y el desarrollo de una teoría "Lean" para la construcción, conocida como Lean Construction. Lean Construction introdujo el sistema de producción como una nueva forma de ver los proyectos de construcción con dos importantes reconocimientos, primero, las dependencias y las variaciones



a lo largo de las cadenas de suministro y montaje de proyectos de construcción, y segundo, la gestión de producto y procesos de incertidumbre. La gestión de proyectos que se utiliza ampliamente en el sector de la construcción en general, identifica las actividades sólo como actividades de transformación, especialmente en proyectos de construcción. Clasificándose las actividades en dos categorías, la transformación y el flujo. A lo que posteriormente se añadió la perspectiva de creación de valor, redefiniéndose la clasificación de las actividades como transformación, flujo y valor.

Por lo tanto, ***Lean Construction tiene el objetivo de satisfacer mejor las necesidades de los clientes mientras se usan menos recursos sobre la base de los principios de gestión de la producción.*** El resultado es un sistema de entrega de proyectos nuevos que puede aplicarse a cualquier tipo de construcción, pero es especialmente adecuado para los proyectos complejos, inciertos y de tiempos rápidos. La implementación de los principios lean en la construcción puede significar diferencias con la práctica constructiva común. Como elemento más representativo puede ser el que, hay una serie de objetivos claros para el proceso de entrega, que se centran en maximizar el rendimiento para el cliente, internos y externos, a nivel de proyecto, diseñándose las actividades y los procesos, utilizándose el control de la producción a lo largo de la vida del proyecto.

Por el contrario, en la forma actual de gestión de la producción en la construcción se supone que el valor del cliente ha sido identificado y por lo tanto, el proceso está centrado en la actividad con un mayor enfoque en optimizar el proyecto actividad por actividad. La producción es gestionada durante un proyecto, en primer lugar, partiendo el proyecto en partes, lo que se conoce como desagregar tareas, como por ejemplo, el diseño y la construcción, los recursos se estiman para cada tarea y estas se agrupan en las actividades. Estas actividades son por tanto ordenadas en una secuencia lógica y se asignan a los jefes de equipos o líderes. Finalmente, estas actividades son monitorizadas en contra de su calendario y recursos asignados.



5.2.- Lean Six Sigma

Compartiendo una similar filosofía y objetivo, ambas metodologías estaban abocadas a unirse. Lean Six Sigma combina la estructura metodológica y herramientas de análisis de datos de Six Sigma con las herramientas de proceso y principios Lean. Los papeles tradicionales de Black Belt y Green Belt del mundo de Six Sigma y los de especialista en Lean se combinan en un mismo líder de mejora continua, que acerca a los proyectos y los equipos las herramientas más adecuadas en cada caso.

Así pues, Lean Six Sigma es un concepto evolucionado de Six sigma que se concentra en la mejora de procesos pero enfocándose en las soluciones prácticas claras y rápidas de implementar que surgen de un análisis de procesos y actividades que agregan valor.

5.3.- EL Camino Hacia “Lean Six Sigma Construction”

Es evidente que Lean Construction y Six Sigma han traído beneficios a la industria de la construcción, pero pese a ello, estos todavía tienen distintas limitaciones. Por ejemplo, en Lean Construction no se muestra claramente el mecanismo subyacente de la forma de medir el nivel de defectos en los procesos de trabajo. En Lean Construction tampoco se puede establecer una meta cuantitativa para mejorar el flujo de trabajo mediante la eliminación de las causas fundamentales de los defectos en la variabilidad del proceso. Este es un tema muy sensible en la industria de la construcción, debido al hecho de que la cantidad de defectos en los procesos de construcción es en gran parte causada por el flujo de trabajo poco fiable, cuando las fuentes de variabilidad en el proceso están involucradas. Por lo tanto, Lean Construction es capaz de hacer frente a los efectos de la variabilidad, pero no ayudan a eliminar o reducir la variabilidad mediante la eliminación de las causas fundamentales de la totalidad. Por otro lado, Six Sigma se centra en reducir la variación y mejora del proceso. Sin embargo, Six Sigma no siempre se ocupa de la forma en que el flujo del proceso debe ser optimizado. Por lo tanto, **Six Sigma es ideal para problemas que son difícil de encontrar pero fácil de solucionar, mientras**



Lean Construction puede trabajar mejor con los problemas que son fáciles de encontrar, pero difíciles de resolver.

Ambos llevan a cabo un considerable énfasis en la identificación de una serie de criterios que son controlados dentro de los límites acotados por los clientes y en comprender los problemas que conducen a la satisfacción del cliente a través del valor añadido en servicios y productos.

5.4.- Six Sigma para Construir

Llegado este punto, nos encontramos ante el reto de encontrar un modo de establecer que consignas son las necesarias para aplicar Six Sigma en el sector de la construcción.

No es la intención de esta investigación la de realizar un método o un formato universal para la implementación, si no el estudio de los procesos y los agentes que intervienen en la construcción de acuerdo a una filosofía que pretende la eliminación de los errores.

Para ello, vamos a analizarlos desde dos puntos de vista, por un lado, en que modo realizan sus trabajos o ejercen sus atribuciones, y por otro, de que modo se relacionan con el resto de intervinientes.

Por ejemplo, si elegimos un jefe de obra, de una obra genérica, con un equipo estándar, deberemos analizar como debería relacionarse con su equipo, con la dirección facultativa, con los diferentes departamentos de su empresa, con sus inmediatos superiores, con los industriales, etc., y por otro lado, desarrollaremos como debería ejercer su trabajo, como planificar, como controlar las distintas tareas, como evaluar los costes, en fin, todos aquellos trabajos que componen el día a día de sus tareas.

No cabe duda de que implementar Six Sigma en cualquier compañía, sea del sector que sea, es un proceso largo y costoso, conseguir un nivel eficiente mediante la utilización de las herramientas específicas que hemos definido no es cuestión banal que se consiga sin esfuerzos. Por ello, el análisis que se realiza a continuación tiene como pretensión establecer que **la adecuación** de



cualquier compañía **a la filosofía Six Sigma SI es posible**, puesto que no se van a realizar planteamientos utópicos, sino simplemente, cambios en el comportamiento, en la mentalidad o en la forma de trabajar.

No debe confundirse una nueva filosofía de trabajo con la implantación de una herramienta para facilitarla. Un cambio de filosofía obliga a modificar las estructuras de decisión, balancear las preferencias en los sistemas de responsabilidad, hay que penalizar la improvisación, la decisión por intuición, el individualismo y todos aquellos factores que influyen en La Variabilidad.

5.4.1.- Agentes Intervinientes/Involucrados.

Primeramente, recordar, que en una implementación total de Six Sigma, el equipo de proyecto debe ser totalmente independiente de los agentes que intervienen propiamente en la construcción. Por tanto, no vamos a fijarnos en este equipo, más bien en los agentes ya existentes.

Del mismo modo, dentro de una organización que quiere seguir una filosofía, todos los intervinientes deben actuar siguiendo los mismos principios, por lo que aunque asignemos a los distintos agentes ciertas atribuciones o responsabilidades, los criterios de funcionamiento serán válidos para todos indistintamente. Por ello, aunque a continuación se destaquen las que más se adecuan a cada agente, es importante ver que todas son aplicables indistintamente.

I. La Dirección.

Se entiende por dirección, aquellas personas que están al mando de la compañía constructora. Las que tienen realmente el poder de decisión sobre el devenir de la empresa y las que marcan las directrices para todo el personal.

Para este caso, entenderemos como Dirección, todos los directores existentes hasta llegar al Jefe de Obra, sin incluirlo, de modo que no diferenciaremos grandes compañías con gran staff directivo, de una pyme donde todas las atribuciones pueden concentrarse en una sola persona.



Así pues, de ellos depende primeramente el arranque del cambio. Aunque la idea proceda de clientes externos o departamentos internos, ellos son quienes deben tomar la decisión de encauzar la compañía hacia la nueva filosofía. La administración de los recursos, la capacidad de mando, la visión global de la empresa y un sinfín de características intrínsecas de La Dirección, son las que dejan en su mano el comienzo de esta nueva filosofía de gestión.

Las Fases. Si Six Sigma se basa precisamente en el desarrollo de unas fases (DMAIC) de todo proceso, puede equipararse el proceso con la forma en que debe involucrarse la dirección, es decir, por qué no actuar del mismo modo que lo haría un equipo de implantación real.

Así pues, La Dirección debería primeramente Definir sus necesidades en cuanto a la implantación. La mejor manera de involucrar a La Dirección sería comenzar con la definición de las metas que se pretenden alcanzar, cuales son los objetivos y los alcances de dicha implementación.

Medir correspondería con la estimación de costes, económicos y humanos, evidentemente La Dirección debe conocer que inversiones debe realizar, desgraciadamente, siempre es un factor que puede pesar en un balance o una cuenta de resultados. Opuestamente, obtendremos unos beneficios, al fin y al cabo, es el objetivo de toda actividad empresarial.

Analizar. Ya hemos obtenido unos costes y unas contraprestaciones, es el momento de realizar una puesta en común y analizar sus ventajas y desventajas. La evaluación debe inclinar la balanza hacia uno de los lados, es obvio que debería ser hacia los beneficios.

Entramos en la fase de mejorar, tal vez el análisis no ha sido todo lo optimista que cabía esperar, esta es la oportunidad para La Dirección de tomar las decisiones que corrijan los defectos encontrados y comenzar realmente con la mejora. Realizar los cambios necesarios para mejorar y llegar a un punto sin errores.



Por último, Controlar, las modificaciones, cambios o transformaciones que hayamos realizados deben tener un seguimiento que informe de las mejoras y el valor aportado.

En el DMAIC, como proceso cíclico, debemos entender que no existe solución de continuidad, por tanto, nos situaremos al inicio comenzando de nuevo. Aquí es donde subyace realmente la mejora continua y donde se aporta valor añadido a la empresa y consecuentemente a los clientes.

La Variabilidad. La descripción de ésta en el entorno de La Dirección para la aplicación de la filosofía Six Sigma en la construcción puede resultar un poco confusa, pero sin duda alguna, se basa en los mismos criterios que en cualquier empresa de distintos sectores. Los criterios por los que debe regirse el comportamiento de un directivo no son diferentes por cambiar de gremio, La gestión, conocimientos específicos a parte, no debe variar sustancialmente.

A partir de esto, reducir la variabilidad en un equipo de dirección se basará en llevar una gestión eficiente, como pueda ser interactuar correctamente con todos los subordinados, delegar responsablemente, comunicación vertical en ambas direcciones, toma de decisiones racional, unificación de criterios, continuidad en el desarrollo de los procesos. Como se puede observar, nada que no sea conocido y que marcará el camino hacia los cero errores.

II. La Jefatura de Obra.

El Jefe de Obra es el máximo responsable de una obra, o al menos, esa pretensión debe tener la empresa constructora que así lo nombra, independientemente de las características de la obra, tamaño o presupuesto.

Datos y hechos. La recogida de datos útiles y necesarios, medir, es lo que permite al Jefe de Obra el control del proceso, el análisis exhaustivo de los datos que se recogen de la obra son los que nos ofrecen las soluciones a los problemas antes de que surjan y no como resultado de defectos.

Una planificación estricta y minuciosa, basada en datos reales y no imaginarios permiten su posterior seguimiento y adecuación a factores externos que puedan alterar las previsiones. Realizar la contratación de un



industrial, que de antemano sabemos que va a incumplir plazos o cualquier otro requisito, es echar ladrillos al propio tejado, el ahorro de costes que pueda existir suele ser pura utopía. Este mismo hecho aumenta **La Variabilidad**, y no nos cansamos de repetir que Six Sigma lucha contra ella.

Reincidiendo en el ciclo **DMAIC**, y pese a no ser necesario utilizar las herramientas estadísticas para realizar un cambio de filosofía, sirve como base para afrontar cualquier tarea, proceso o gestión. Definir, que se quiere hacer. Medir, tomar datos, cuanto más, mejor, volver a tomar datos. Analizar, estudiar esos datos. Mejorar, si existen los datos y se han analizado correctamente, hay que ser capaces de mejorar el proceso. Controlar, realizar su seguimiento. Y por su carácter cíclico vuelve a comenzarse desde el inicio.

Orientación al Cliente. Cumplir las expectativas de nuestro cliente debe centrar nuestros esfuerzos, a día de hoy no se puede prescindir de este, por lo que resulta inconcebible que la Jefatura de Obra tenga una lucha constante con él o con su representante, personificada en la Dirección Facultativa. Aportar valor añadido al cliente debe ser la pretensión del Jefe de Obra, mediante la eliminación de errores o defectos se consigue este objetivo que cuando se mide representa siempre muchísimo más que el ahorro de coste en una mala contratación.

Proactividad. Hay que adelantarse a los problemas, aunque sea redundar en los mismos principios. Ninguna Jefatura de Obra puede estar sentado en la caseta esperando a que lleguen los problemas. **Controlar**, la obra, el tajo, el equipo, todo aquello que nos permita ver los acontecimientos antes de que ocurran.

III. Los Departamentos.

Muchas de las empresas constructoras de hoy en día están formadas por infinidad de departamentos que trabajan en diferentes partes del proceso constructivo. Desde la producción hasta la administración, pasando por contratación, prevención, calidad, estudios, planificación, así hasta que se desmenuce todo lo que se quiera el proceso. Sea cual fuere la estructura de la



compañía, siempre nos encontraremos que los objetivos son comunes, y por tanto, involucrarse en la filosofía Six Sigma, es idéntico en todos los casos.

Trabajo en equipo. Six Sigma debe derribar barreras y obstáculos entre departamentos, que las metas definidas sean las mismas da a entender la necesidad de una colaboración total entre todos. La comunicación y el flujo de información debe ser absolutamente abierto y necesario. La contratación de una unidad de obra no puede realizarse a cien kilómetros de donde va a ejecutarse sin la colaboración de los que conocen la idiosincrasia de la obra. Recursos humanos no puede dotar un puesto de trabajo sin la información de las necesidades reales del departamento donde se pretende cubrir.

Consecuentemente alcanzamos un objetivo común, a la vez que debe ahorrarse recursos invertidos en burocracia interna.

Fijación en el proceso. La colaboración entre departamentos no debe confundirse con la intromisión. La especialización de los departamentos debe permitir alcanzar la perfección en sus procesos, no en los del departamento contiguo. Realizar la mejora continua del proceso ayudará, como no, a la satisfacción del cliente.

Y la mejora continua se obtiene mediante la metodología Six Sigma, DMAIC, dentro del proceso, definir el objetivo, medir, analizar los datos, proponer las mejoras y control de seguimiento, y por supuesto con el fin de alcanzar la total satisfacción del cliente, porque aunque estos departamentos no suelen tener comunicación directa con este, el éxito de su trabajo si repercutirá directamente en el producto final.

IV. La Producción.

Se ha llamado producción al equipo de personal que sirve de base o apoyo a la jefatura de obra. Habitualmente existe un encargado de obra, y dependiendo del volumen de obra, nos encontramos con jefes de producción, oficina técnica, jefes de instalaciones y capataces por poner algunos ejemplos.



Ellos son los responsables de determinadas unidades de obra. Ejecución, plazos, calidad y un largo etcétera, son asumidas a pequeña escala dentro del todo que conforma la obra.

Así pues, todas las funciones de la jefatura de obra se delegan en el equipo de producción, repartidas en lo que se podría llamar especialidades, de modo que todo lo descrito para el Jefe de Obra serviría completamente para el equipo de producción.

Pero se ha querido añadir algunos detalles más, entre ellos el **trabajo en equipo**. Sobre todo, en conjunción con el jefe de obra, la comunicación vertical adquiere aquí muchísima importancia. Nos encontramos otra vez con una distribución departamental, que no debe impedir la comunicación en todas las direcciones. La recopilación de datos y su análisis debe gestionarse desde un punto de vista global que aglutine todos los procesos de la Producción, de modo que no se produzcan duplicidades en los errores que tanto se lucha por eliminar.

Y al igual que se ha señalado en el punto de los Departamentos, la Producción tiene que fijarse altamente en el proceso. Las ventajas que se obtienen de las especializaciones de los distintos componentes, deben aprovecharse para la mejora continua en el proceso. La metodología **DMAIC** adquiere mayor importancia en tanto en cuanto existe un conocimiento de los procesos pormenorizado, que permite una recogida de datos, análisis y seguimiento mucho más cercano. De modo que eliminar los errores debe convertirse en un objetivo necesario para la consecución final de aportar valor al cliente.

V. **La Ejecución.**

Por último, dentro de los agentes intervinientes dentro del proceso constructivo, se ha querido nombrar a La Ejecución, entendiendo como esta a todos los operarios que conforman la mano de obra.

Involucrar a estos dentro del cambio de filosofía de una empresa parece una tarea bastante ardua, por varios motivos. El primero y principal, corresponde con que la mayoría de las veces estos operarios no pertenecen a la propia empresa, ya que son parte de subcontratas que participarán en la obra



durante un periodo limitado de tiempo. La segunda razón, es mayoritariamente, la reticencia a modificar los métodos de trabajo de este tipo de empleados, "su experiencia suele avalar sus conocimientos" y "nadie sabe tanto como ellos a la hora de realizar su trabajo". Como última traba significativa, aunque existen seguramente muchas más, nos encontramos con las condiciones laborales. El destajo o las condiciones salariales actuales, impiden a estos operarios mantener un compromiso de implicación que permita alcanzar la excelencia tan deseada.

La Búsqueda de la Perfección es, dentro de la filosofía Six Sigma, el principio que más se puede echar en falta dentro de la Ejecución. Su bajo nivel de auto exigencia viene regulado por la creencia de suficiencia y la necesidad de abarcar mayores rendimientos. La solución para luchar contra estos condicionantes puede comenzar por dar continuidad a los operarios dentro de la empresa constructora, mediante plantillas propias que entiendan y compartan la filosofía de la empresa o fidelizando a proveedores, ejerciendo el mismo efecto en estos. El aumento teórico de coste resultante debería paliarse, como siempre, en el ahorro de defectos y en el valor aportado al cliente.

Se trata en definitiva, de concienciar a los profesionales de los distintos trabajos que se ejecutan en una obra, que hacer bien las cosas muchas veces no es suficiente, se necesita hacerlas perfectas. Marcándose esta meta, incluso haciendo uso de la metodología de ciclo Six Sigma, se podrá alcanzar la excelencia en el producto final. Al fin y al cabo, son esta parte del proceso constructivo, la ejecución, quien dará la última pincelada, pese a la poca responsabilidad que puedan asumir.

Es hora de que se modifique el pensamiento de sector artesanal, sin la necesaria atribución de responsabilidades de la parte ejecutora, el control policial que se ejerce ahora no puede abarcar el éxito de Six Sigma.

El trabajo proactivo por parte de los operarios involucrados a pie de obra puede lograr mejores alternativas a lo comúnmente establecido. Ellos tienen la opción de ser los primeros en adelantarse a los problemas.



Por tanto, aunque pueda parecer distinto, **se logrará el objetivo, cuando sea la base piramidal de una obra la que empiece con la consecución del cambio filosófico hacia Six Sigma.**

5.4.2.- Procesos de la Construcción.

Del mismo modo que hemos desglosado los agentes intervinientes, se realizará un análisis en base a los procesos que integran la construcción. Evidentemente, existen muchos más de los que se van a citar, pero estos cinco puntos abarcan mayoritariamente las tareas que se realizan en una obra.

Consecuentemente, la mayoría de los procesos aparentan estar en manos de la Jefatura de Obra que ya se ha mencionado anteriormente, pero es esta la que suele asumir la casi totalidad de las responsabilidades en la obra. Un mayor infraestructura hará que las tareas se diversifiquen en un mayor número de responsables, pero independientemente de quien asuma dichas responsabilidades, los procesos deben realizarse con el mismo empeño y siguiendo las mismas directrices que nos lleven hacia Six Sigma.

I. La Planificación.

Se entiende por La Planificación, la función de organizar todas las tareas que se realizan durante la vida de una obra, incluso antes de comenzarla y después de finalizarla. Y por organizar se debe entender cuantificar temporal y económicamente, ordenar las tareas, enlazarlas, acotarlas y como no, valorarlas.

Resulta evidente pues, la importancia de no cometer errores en este proceso constructivo. Aquí **La Variabilidad** alcanza una transcendencia ilimitada, pues el hecho de realizar la planificación a base de estimaciones es lo que provoca que se sufran desviaciones desde el mismo momento del comienzo de cualquier obra.

En la definición de Six Sigma se habla de lograr un estándar, este debe alcanzarse en La Planificación mediante el uso de datos rigurosos, obtenidos a base de mediciones repetitivas, lo que conduce otra vez al ciclo **DMAIC**. En un entorno Six Sigma, La Planificación debe actualizarse constantemente,



analizado los datos obtenidos, proponiendo mejoras, controlando su evolución y consecuentemente incorporándose a la mejora continua.

Por último, destacar en la obtención de datos, **Medir**, la necesidad del "Boundarylessness", trabajar en equipo derribando las barreras entre departamentos para que la información fluya en todas las direcciones. No pueden perderse datos entre departamentos por falta de comunicación, toda la experiencia acumulada por una empresa constructora puede perderse en el cajón del departamento de estudios o contratación, sin que llegue a usarse en La Planificación. Disponer de esta es un claro ejemplo de valor añadido para la satisfacción del cliente a la que no se debe renunciar.

II. La Contratación.

Dentro de los procesos que conforman la construcción se ha querido dar cierta importancia a La Contratación, entendiendo como tal, la relación existente con las empresas subcontratistas desde que se realiza el primer contacto con ellas hasta que queda firmado un contrato que servirá como base para la realización de los trabajos o suministros en obra.

Se hace especial mención dentro de los procesos de la construcción a La Contratación, debido a la multitud de problemas que suelen sucederse entre la empresa principal y las subcontratistas dentro de una obra. No tiene ningún sentido el hecho de que la mayoría de las empresas vayan rotando sus subcontratas debido, precisamente, a mal entendidos o problemas surgidos por una mala contratación.

Por lo tanto, un primer paso, debe ser también involucrar a los subcontratistas en la filosofía Six Sigma, hay que mostrarle que el objetivo es la **Orientación al Cliente**, puede tomar la opción de ver a la empresa constructora como su cliente o la de entender que el cliente final es el mismo para él que para la empresa que lo contrata, y que su satisfacción final es la razón de La Contratación.

Una vez logrado esto, el siguiente muro que hay que derribar es el de realizar contrataciones sin la necesaria colaboración entre departamentos. El departamento que realice La Contratación debe conocer perfectamente



cuales son las necesidades de la obra, **Trabajo en Equipo**, mediante un enfoque, al igual que reza Six Sigma, basado en datos y hechos. Al fin y al cabo, estamos ante un proceso y como tal lo trataremos. **DMAIC**, como en todos los procesos que pretendan funcionar según esta filosofía. Permitiendo así el poder ir eliminando **La Variabilidad** que tanto repite en el proceso de La Contratación. Alcanzar un estado de no-errores reside en la gestión del proceso adecuada y eficientemente logrando añadir valor al cliente.

La **Búsqueda de la Perfección** en La Contratación no es una utopía, ni siquiera son necesarios contratos con decenas de cláusulas que no dejan satisfechos a nadie, se trata, en definitiva, de conocer concienzudamente la razón de nuestro trabajo y el entender que las relaciones deben basarse en la confianza y la exploración en busca de un objetivo común.

III. La Ejecución.

Anteriormente se ha definido La Ejecución dentro de los agentes intervinientes, como proceso, se define como las tareas llevadas a cabo por dichos agentes. Así pues una vez concienciados de cual debe ser su forma de actuar, deben analizarse los resultados de dichas actuaciones.

Quizás, el principio de Six Sigma que más se debe intentar inculcar en este proceso sea el de **Orientación al Cliente**. Realizar un ejercicio tan sencillo como ponerse en el lugar de nuestro cliente hace que la ejecución sea mucho más exquisita. Si se presupone que el operario es capaz de realizar su trabajo correctamente, él debe ser consciente que esa capacidad debe demostrarla continuamente, y que el nivel de exigencia debe alcanzar el máximo de su capacidad en cada tarea que desarrolle.

Cada unidad ejecutada que no cumple con las condiciones exigidas por el cliente, provoca un coste añadido que cuando se cuantifica, es siempre muy superior a la peor de las previsiones, además del incalculable valor que supone la insatisfacción del cliente.

Del mismo modo, no debe extenderse la creencia de que solo determinadas unidades de obra, habitualmente los acabados, son las que deben ejecutarse perfectamente por ser las que aprecia nuestro cliente. Todas las unidades de



una obra son igual de importantes. Por poner algunos ejemplos, una mala colocación de armaduras provoca asientos no deseados y sus correspondientes fisuras, un tabique mal ejecutado provoca puentes acústicos muy desagradables, y un largo etcétera que redundan siempre en la insatisfacción del cliente.

La **Búsqueda de la Perfección** debe ser por tanto el objetivo de La Ejecución y la filosofía Six Sigma debe centrar sus esfuerzos en la concienciación de este principio. Entender que **La Ejecución sin errores no es un coste si no un ahorro** es un paso importante dentro de la implementación, Six Sigma tiene un enfoque empresarial basado en **Datos y Hechos**, consecuentemente, medir vuelve a ser primordial dentro del ciclo del proceso, para mostrar la verdadera magnitud del valor aportado por una ejecución sin errores.

IV. El Control de Ejecución.

Otro de los procesos en los que se ha querido enfatizar en este estudio es el del Control de Ejecución, entendiéndolo como los procesos o tareas que realizan la vigilancia sobre la propia ejecución de la obra.

En un entorno ideal, no sería necesario este control, pues al no cometerse errores tampoco tendría sentido su seguimiento, pero evidentemente estamos lejos de dicho estado y es preceptivo que exista un control por parte de todos los agentes intervinientes, cada uno dentro de su cometido.

En este caso, se quiere analizar solamente el control que realiza la propia empresa constructora, pues el Control de Calidad, ejercido habitualmente por la Dirección de Ejecución Material, aun siendo inherente al proceso constructivo, suele realizarse de forma totalmente independiente para mantener su objetividad respecto a la empresa constructora.

Así pues, se está ante un proceso que históricamente se ha maltratado por existir otros órganos que realizaban la misma tarea posteriormente, no entendiéndose por parte de la empresa constructora las ventajas del control propio, sobre todo por el desencuentro que se sucedía con dichos organismos en los casos no positivos.



Fijación en el Proceso, este debe ser el precepto que debe guiar el Control de Ejecución, la metodología que es usada hoy en día puede calificarse de cualquier forma excepto rigurosa, dando como resultado el gran porcentaje de defectos que trascienden a posteriori. El criterio a seguir tiene que ser tan sencillo como adecuarse al ciclo DMAIC. Paso a paso, una vez elegida la inspección que quiera realizarse, toma de datos eficiente para su análisis y aportación de mejoras con su posterior seguimiento de control.

La Orientación al Cliente, reside en poder aportar el valor que se produce como resultado de un seguimiento eficiente, que impida que los posibles defectos lleguen a sus manos, pero no como resultado de su enmienda, sino como resultado de un **trabajo proactivo** que permita adelantarse a ellos y su evolución hacia la mejora continua.

V. La Gestión de la Obra.

Como último punto, y quizás como resumen de todos los vistos anteriormente dentro del proceso constructivo, se ha querido dar un especial énfasis a la Gestión de la Obra, entendiendo esta como un todo que aglutina todas las acciones encaminadas hacia el correcto desarrollo y finalización del propio proceso constructivo.

Así pues, La Gestión de la Obra, consiste en la agrupación de todos los quehaceres de los agentes intervinientes ya nombrados, con las relaciones entre ellos y con los elementos externos. Por tanto desde un punto de vista Six Sigma, debemos ser capaces de aunar todos sus principios en los que se basa como estrategia empresarial. Al fin y al cabo, implementar una filosofía consiste en el seguimiento de unos principios que son los que le dan forma y sentido.

Orientación al Cliente. Todos y cada uno de los agentes y sus atribuciones deben estar enfocadas hacia el cliente. La satisfacción del cliente y el valor añadido que se le aporta es la base del éxito empresarial.

Tener al Cliente como el fin por el que se realiza cualquier gestión debe ser recordado constantemente y ser el principal centro de atención. Los



beneficios o los salarios no son el objetivos, puesto que el origen de estos procede de la satisfacción del cliente.

Enfoque Basado en Datos y Hechos. Para la correcta evolución de los procesos deben recogerse la mayor cantidad de datos útiles que sea posible. El conocimiento del proceso se basa primeramente en la capacidad de información absorbible, que permita posteriormente su análisis.

Toda gestión que se incluya dentro del proceso constructivo necesita de una información que capacite para su realización.

Fijación en el proceso. La mejora continua se consigue a través de la gestión del proceso. Su evolución mediante el análisis y las propuestas de mejora que de este surgen nos lleva a dicha mejora. Por tanto, el proceso debe ser la guía para cada una de las tareas que se suceden en la Gestión de la Obra.

Adecuar el proceso al ciclo **DMAIC** es un paso importantísimo para llevar a cabo la implantación de la filosofía Six Sigma.

Trabajo Proactivo. Adelantarse a los problemas y acontecimientos, mediante hábitos, incentivos y sobre todo priorizando objetivos.

Nuevos tiempos, nuevas formas, no es que lo hecho hasta ahora ya no sirva, pero debemos replantearlo todo en la búsqueda de alternativas mejores que puedan existir.

Trabajo en equipo. Todos deben buscar el mismo objetivo, departamentos diferentes, escalafones superiores e inferiores, operarios, directivos, mandos intermedios, todos, a partir de ahí, comunicación entre ellos, colaboración y flujo de conocimientos.

Eliminar burocracia en lo obra no significa no documentar todo lo necesario, es la pretensión "LEAN" de eliminar trabajo que no aporta valor.

Búsqueda de la Perfección. Y como colofón a los principios de la filosofía Six Sigma, realizar todas las gestiones buscando la perfección, eliminando defectos, alcanzando la mayor calidad posible y realizar las modificaciones necesarias para alcanzar la excelencia a largo plazo.





6.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION

Hasta aquí se ha realizado una extensa exposición de en que consiste la filosofía Six Sigma y cuales son los pasos a seguir si se pretende su implementación en una empresa del sector de la construcción.

Como se ha podido extraer, la implementación de una filosofía consiste en el cambio de mentalidad necesario, para llevar a cabo una transformación en el modo de gestionar las tareas que conforman todo el proceso constructivo.

Y Six Sigma se basa precisamente en enfocar el proyecto que quiera abarcarse, en este caso **La Construcción**, en procesos, de forma que será independiente la naturaleza de la gestión que se quiera transformar.

Además, basándonos en sus principios, se ha recordado que el objetivo de cualquier compañía o empresa, debe ser **El Cliente**, principio y fin de la actividad que se desarrolle, pues de él depende todo nuestro éxito. El valor que seamos capaces de aportarle regirá el devenir de nuestro futuro.

También ha quedado claro que el objetivo de esta filosofía, y por tanto el de la empresa que quiera seguirla, es el de eliminar **La Variabilidad**, alcanzar la perfección, mediante la eliminación de todos los errores o defectos.

Con todo, quien tiene que llevar a cambio esta transformación son **Las Personas**, el grupo, el equipo, comenzando por la dirección hasta llegar al último implicado con el fin de aunar esfuerzos, "Unir el poder de la gente y el poder del proceso", (Chowdury, 2005).

Las crisis económicas son cíclicas, esto no lo pone en duda nadie hoy en día, pero la fase en la que se encuentra el sector de la construcción se está alargando más de lo que auguraban las peores previsiones, y lo que es peor, el futuro es muy incierto y nadie se atreve a acotar un plazo para su conclusión. De hecho, en lo único que coinciden los analistas es en que los tiempos de auge vividos difícilmente se repetirán.



De todo esto se desprende la necesidad de un cambio, al menos en principio, de forma de pensar. Un giro de muchos grados hacia una nueva forma de gestionar el sector, la empresa, la obra en definitiva.

Y este cambio es Six Sigma, quizás no sea la única opción, ni siquiera puede que sea la de más fácil aplicación, pero sin duda alguna, después de lo analizado, es una gran elección para optimizar la gestión y el trabajo dentro del sector de la construcción.

Probablemente, el arranque de la implementación, venga acompañado con dificultades que deben superarse, desde la reticencia de un equipo directivo, hasta la falta de ambición por parte de los operarios más veteranos. Es por ello, que existen posibilidades de combinación, o más bien de sinergias, que harán menos dramática la metamorfosis del sector. Como ya se ha dicho, la unión con el "Lean Thinking" o la evolución desde el TQM pueden tender los puentes necesarios que ayuden a dar el salto hacia la excelencia deseada.

Sea como fuere, es necesario realizar la mutación de las empresas que pretendan sobrevivir la crisis tan acuciada que se está viviendo. Los sectores de manufactura y de servicios nos han tendido un puente de oro con su experiencia en la implementación de Six Sigma, solo nos queda aprovechar su trabajo y creer en él.

Todo éxito requiere mucho esfuerzo y trabajo, pero puede concluirse que Six Sigma compensará con creces la energías empleadas si somos capaces de implicarnos hasta el final de la implementación.

Un paso más. Y después del cambio de filosofía se debe evolucionar, se trata de un sistema de gestión de mejora continua y como tal no podemos quedarnos estancados, el desarrollo no debe terminar nunca.

Y aquí es donde se abre el campo de las futuras líneas de investigación, adentrarse en el campo de la estadística aplicada, la formación de Black Belts para el sector de la construcción, la innovación en el estudio y desarrollo de procesos constructivos y muchas otras posibilidades que deben focalizar una nueva forma de construir.



Mediante la creación de un Plan de Trabajo adecuado, debe desarrollarse todo lo que conforma un sistema de gestión total. Primeramente, se marcarán las directrices que establecerán el equipo, la planificación, la documentación, el alcance y el objeto como estructura básica del estudio. Y posteriormente, su desarrollo, su aplicación y la toma de datos correspondiente que permita su análisis en profundidad.

Esto debería permitir la consecución de un "método" de aplicación global para las empresas del sector, una guía de formación para todos los profesionales que quieran involucrarse en la mejora continua y lograr formar parte de las empresas que sobrevivan felizmente a la guadaña de la crisis.





7.- BIBLIOGRAFIA

Aidico Entidad de Certificación. (15 de Septiembre de 2010). Normas ISO 9000:2008. Valencia, Valencia, España.

Alderete, P., Colombo, P., Di Estefano, A., & Wade, V. (2003). Six Sigma. O de como las pinzas y martillos se tornan tecnología de punta. *XXVI Congreso de Profesores Universitarios de Costos*. Buenos Aires.

Arias Montoya, L., Portilla, L. M., & Castaño Benjumea, J. C. (2008). Aplicación de Six Sigma en las Organizaciones. *Scientia et Technica*. Año XIV, No 38 , 265-270.

Behara, R. F. (1995). Customer satisfaction measurement and analysis using Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 12 No. 3 , 9-18.

Biedry, J. (2001). Linking Six Sigma analysis with human creativity. *Journal for Quality and Participation*, Vol. 24 No. 4 , 36-38.

Centro de la Industria Virtual. (2012). *Centro de la Industria Virtual*. Recuperado el 20 de Enero de 2012, de www.civ.cl

Chae, M. J., Yun, S., Han, S. H., & Kwon, S. W. (2010). A Case Study for Integrating Lean Six Sigma and RFID Applications in Construction Processes through Simulation Approach". *Construction Research Congres. Innovation for Reshaping Construction Practice*. Vol I (pp. 246-255). Banff, Alberta, Canada: American Society of Civil Engineers.

Chowdury, B. (2005). *El Poder Six Sigma*. Madrid: Pearson Educación.

Club Excelencia en Gestión. (2011). *Club Excelencia en Gestión*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2011, de Modelo EFQM de Excelencia. Versión 2010: www.clubexcelencia.es

Davó Abad, F. (2010). *ABC Gestión Empresarial*. Recuperado el 11 de Agosto de 2011, de www.favoabad.es/pagelD_6757843.html

Delsanter, J. (1992). Six Sigma. *Managing Service Quality*, Vol. 2 No. 4 , 203-206.

DMAIC Tools. (2012). *DMAIC Tools. Six Sigma Training Resources*. Recuperado el 20 de Enero de 2012, de www.dmaictools.com

Echevarria Bustamante, L. A. (2010). Aplicación de la Metodología Seis Sigma para el Control de Variación en el Envasado de Pinturas. Guayaquil, Ecuador.



European Foundation Quality Management. (2011). *Ocho Fundamentos de la Excelencia*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2011, de www.efqm.org

Ferng, J., & Price, A. (2005). An exploration of the synergies between Six Sigma, total quality management, lean construction and sustainable construction. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1, N^o. 2. , 167-187.

Gamal Aboelmaged, M. (2010). Six Sigma quality: a structured review and implications for future research. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27 No. 3 , 268-317.

Garret, D. F., & Lee, J. (2010). Lean Construction Submittal Process.- A Case Study. *Quality Engineering*, 23:1 , 84-93.

Han, S. H., Chae, M. J., Im, K. S., & Ryu, H. D. (2008). Six Sigma-Based Approach to Improve Performance in Construction Operations. *Journal of Management in Engineering*, Vol 24, No. 1 , 21-31.

Hardeman, C., & Goethals, P. L. (2011). A case study: applying Lean Six Sigma concepts to design a more efficient airfoil extrusion shimming process. *International Journal Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 6, N^o 3 , 173-196.

Hild, C., Sanders, D., & Cooper, T. (2000). Six Sigma on continuous processes: how and why it differs. *Quality Engineering*, Vol. 13 No. 1 , 1-9.

Jay, A. (2003). *Six Sigma Simplificado*. México: Panorama.

Kumar, S., & Bauer, K. F. (2010). Exploring the Use of Lean Thinking and Six Sigma in Public Housing Authorities. *Quality Management Journal*. Vol 17, No 1 , 29-46.

Kwak, Y. H., & Anbarib, F. T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Elsevier. Technovation* , 1-8.

Liker, J. (2006). *Las Claves del Exito Toyota*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.

Linderman, K., Schroeder, R., Zaheer, S., & Choo, A. (2003). Six Sigma: A Goal-theoretic Perspective. *Journal of Operations Management* 21 (2) , 193-293.

Matemáticas y Poesía. (2012). *Control Estadístico de Procesos*. Recuperado el 20 de Enero de 2012, de www.matematicasyoesia.com

Ochoa, J. J., Shen, L. Y., & Hao, J. (2009). The use of Six Sigma and Lean Construction for Assessing the Production Planning Process of Sustainable Building Projects? *Construction and Use Through Integrated Design Solutions* , 302-319.

Pande, P. (2002). *Las claves de Seis Sigma*. Colombia: McGrawHill.



- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2004). *Las claves del Seis Sigma*. Madrid: McGrawHill/Interamericana.
- Pérez M., A. (6 de Julio de 2005). *Seis Sigma - Kaizen... Rompiendo Paradigmas*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2011, de Publica Tu Obra. Universidad Nacional Autonoma de México:
www.tuobra.unam.mx/publicadas/050716220917.pdf
- Perez Marqués, M. (2010). *Metodología Seis Sigma a traves de Excel*. San Fernando de Henares, Madrid: RC Libros.
- Pheng, L. S., & Hui, M. S. (2004). Implementing and Applying Six Sigma in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 130, No 4*, 482-489.
- Picard, H. E. (2002). Construction process measurement and improvement. *International Conferences of Lean Construction*. Granado, Brasil: IGLC.
- PPG Consultores. (2011). *Gestión y Cambio Organizacional*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2011, de www.ppg.cl
- Process Quality Associates Inc. (2009). *Process Quality Associates*. Recuperado el 27 de Octubre de 2011, de www.pqa.net/prodServices/SixSigma/W06002009.html
- Rivera Garcia, J. J. (2009 año Marzo). *El Seis Sigma como Herramienta de Calidad en las Organizaciones*. Veracruz, Mejico.
- Ruwanpura, J., Mohamed, Y., & Lee, S. (2010). A case Study for Integrating Lean Six Sigma and RFID Applications in Construction Processes through Simulation Approach. *Construction Research Congress; Innovation for Reshaping Construction Practice, Vol I*. (pp. 246-256). Banff, Alberta: American Society of Civil Engineers.
- Smith, B. (1993). Six Sigma design. *IEEE Spectrum, Vol. 30 No 9*, 43-47.
- Thomas, A., & Barton, R. (2006). Developing and SME based six sigma strategy. *Journal of Manufacturing Technology Management, Vol 17 No. 4, Emerald*, 417-434.
- Tutesigensi, A., & Pleim, V. (2008). Why small and medium construction enterprises do not employ six sigma. *24th Annual ARCOM Conference* (pp. 267-276). Cardiff, UK.: Association of Researchers in Construction Management.
- Valderrey Sanz, P. (2010). *Seis Sigma*. Paracuellos del Jarama, Madrid: StarBook Editorial.



Welch, J. (16 de Marzo de 2001). An Interview with Jack Welch. (C. Rose, Entrevistador)

Wikipedia. (2012). *Wikipedia*. Recuperado el 20 de Enero de 2012, de www.wikipedia.com

Womak, J., & Jones, D. (2005). *Lean Thinking*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.

Yepes, V., & Pellicer, E. (2005). Aplicación de la metodología Seis Sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción. *Actas IX Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*. Malaga.



8.- INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cálculo del nivel Sigma (www.dmaictools.com).....	13
Figura 2. Ciclo Six Sigma (www.dmaictools.com).....	22
Figura 3. Organigrama Proyecto Six Sigma (Elaboración propia).....	31
Figura 4. Diagrama de Flujo (www.dmaictools.com).....	33
Figura 5. Diagrama de Ishikawa (www.dmaictools.com)	34
Figura 6. Diagrama de Pareto (www.dmaictools.com).....	35
Figura 7. Histograma (www.dmaictools.com)	36
Figura 8. Gráfico de Tendencia (www.dmaictools.com).....	36
Figura 9. Gráfico de Correlación (www.wikipedia.com).....	37
Figura 10. Gráfico Regresión Simple (www.wikipedia.com).....	40
Figura 11. Gráfico de Regresión Múltiple (www.wikipedia.com)	40
Figura 12. Gráfico de Serie Temporal (www.civ.cl).....	41
Figura 13. Gráfico de Control Estadístico (www.matematicasypoesia.com)	42
Figura 14. Artículos publicados sobre Six Sigma (Gamal Aboelimged, 2010)...	62