



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE LA CALIDAD

PROPUESTA DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CALIDAD BAJO LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA EN EL ÁREA DE SOPORTE
TÉCNICO DE UNA EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO
CERTIFICADA BAJO LA NORMA ISO 9001

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar al
Título de Especialista en Sistemas de la Calidad

Autor: Salazar Montes, José Enrique

Caracas, Agosto de 2006

INDICE GENERAL

	pp
Índice General	I
Índice de Figuras	vii
Índice de Tablas	viii
Resumen	X
Introducción	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
Planteamiento del Problema	4
Justificación	11
Objetivo de la Investigación	11
Objetivo general	11
Objetivos Específicos	12
Alcance	12
Antecedentes	13

	pp
Descripción de la Empresa	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
Bases Teóricas	22
Conceptos Básicos de Calidad y Seis Sigma	22
La Competitividad y la Mejora de la Calidad	22
Calidad y Productividad	23
Medición del desempeño de una empresa	26
Variabilidad	31
Pensamiento Estadístico	33
Conceptos de Probabilidad	35
Experimento Aleatorio	35
Interpretación de la probabilidad	36
Tipos de variables aleatorias	37
Distribución de probabilidad de X	37
Media o valor esperado de una variable aleatoria	38
Distribución Binomial	39
Distribución Geométrica	41
Distribución Hipergeométrica	42
Distribución de Poisson	42

	pp
Distribución Exponencial	43
Distribución Normal	43
Propiedades de la distribución normal	44
Teorema central del límite	45
Cálculo de probabilidades para distribución normal	45
Verificación de Normalidad (Gráficas de Probabilidad)	46
Distribución Ji-Cuadrada	47
Distribución T de Student	48
Distribución F	48
Capacidad de Procesos: Índices de Capacidad y Análisis de Tolerancias	50
Índices de capacidad para proceso de doble especificación	50
Índice Cp	50
Índice Cr	52
Índices Cpk, Cpi, Cps	53
Índice K	55
Índice Z	56
Índice Cpm (Índice de Taguchi)	57
Índices de Capacidad de Largo Plazo: Pp y Ppk	58
Índice de Capacidad para Variables de atributos	60

	pp
Diseño de Tolerancias	61
Estimación de los límites naturales de tolerancia de un proceso	63
Seis Sigma	65
Definición de Seis Sigma	65
Principios de Seis Sigma	65
La Métrica Seis Sigma	71
Calidad Tres Sigma	72
Calidad Seis Sigma	73
Otras métricas Seis Sigma	76
Relación del rendimiento combinado Y_c con el nivel de calidad sigma, Z_{ct}	80
Las etapas de un proyecto Seis Sigma	81
Los equipos y la selección de proyectos (etapa previa)	81
Definir el proyecto (D)	84
Medir la situación actual (M)	85
Analizar las causas raíz (A)	86
Mejorar las VCC (M)	86
Controlar para mantener la mejora (C)	87
Responsabilidades y entrenamiento	88
Glosario	91

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Tipo de Investigación	104
Diseño de la Investigación	104
Operacionalización de las Variables	105
Análisis de Datos	112

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Gestión de la Calidad de la Organización	115
Elementos que conforman la Planificación de la Calidad	118
Política de la Calidad	118
Objetivos de la Calidad	119
Plan de la Calidad	122
Bases de la Organización	124
Visión	124
Misión	124
Valores	127
Mecanismos de Difusión e Implantación	130
Difusión	130
Implantación	132
Mecanismos de Medición y Mejora Continua	132

Medición	132
Mejora Continua	134
Implementación de Seis Sigma	137
Proceso del Área de Soporte Técnico y su factibilidad de implementar Seis Sigma	137
Plan de Implementación del Sistema Seis Sigma en una empresa productora de concreto premezclado.	140
Elementos que deben contener un plan de implementación Seis Sigma	140
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones	155
Recomendaciones	157
Bibliografía	158
Anexo 1: Puntos críticos de la distribución normal estandar ($m = 0$, $s = 1$), $P(Z > z)$	160
Anexo 2: Factor d_2 para la estimación de la desviación estándar (σ)	161
Anexo 3: Factores para el cálculo de límites naturales de tolerancia bilaterales	162

INDICE DE FIGURAS

Fig		pp
1	Variables Críticas para la Calidad (VCC)	23
2	La calidad como valor	24
3	La productividad y sus componentes	26
4	Evolución de los criterios para determinar el desempeño de la empresa	28
5	Las guías clave del negocio	29
6	Metodología DMAMC (DMAIC) para el desarrollo de proyectos Seis Sigma	68
7	Bases de Datos y Herramientas que posee la Organización	131
8	Mecanismos de Mejora Continua	135
9	Fases del Programa de Evaluación de Desempeño del Personal (P&PA)	137
10	Figura 10. Flujograma del proceso del área de Soporte Técnico	139

INDICE DE TABLAS

Tabla	pp
1 Las Cuatro iniciativas de Motorota	15
2 Indicadores para las guías clave del negocio	30
3 Pensamiento estratégico en los tres niveles de la organización	35
4 Propiedades de la Función Probabilidad (Caso Discreto)	38
5 Propiedades de la Función de Densidad de Probabilidades (Caso Continuo)	38
6 Valores del Cp y su interpretación	51
7 Índice Cp en términos de la cantidad de piezas malas (corto plazo)	62
8 Valores de $Z_{\alpha/2}$	64
9 Calidad de corto plazo y largo plazo, en términos del PPM y el nivel de calidad sigma (Z_{ct})	75
10 Relaciones entre niveles de calidad	75
11 Calidad Seis Sigma como una filosofía que rige la actuación de una organización	77
12 Actores y roles en Seis Sigma	89
13 Operacionalización de las Variables	106
14 Elementos que Conforman la Planificación de la Calidad del Departamento de Soporte Técnico	116
15 Bases de la Organización	117
16 Mecanismos de Difusión e Implantación	117
17 Mecanismos de Medición y Mejora Continua	118

Tabla		pp
18	Política de la Calidad de la empresa	119
19	Objetivos de la Calidad de la empresa y su departamento de Soporte Técnico	120
20	Diseño y Ejemplo de Plan de Calidad del Departamento de Soporte Técnico de Cemex Concretos	123
21	Misión de la empresa de concreto premezclado	125
22	Respuestas que da la Misión la Organización	126
23	Valores de la Organización	127
24	Las Creencias de la Organización	128
25	Visión de la Organización que deduce el Autor	129
26	Indicadores de Gestión del Departamento de Soporte Técnico	133
27	Niveles de profundidad para implementar Seis Sigma	141
28	Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado	144

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE LA CALIDAD**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CALIDAD BAJO LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA EN EL ÁREA DE SOPORTE
TÉCNICO DE UNA EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO
CERTIFICADA BAJO LA NORMA ISO 9001**

**INTEGRANTES:
SALAZAR M., JOSÉ E (79197).**

RESUMEN

Este Trabajo Especial de Grado tuvo como objetivo dar un reporte detallado del estudio de campo de tipo cualitativo, que se ha realizado a la planificación de la calidad de una empresa de concreto premezclado, específicamente en su departamento de Soporte Técnico, con la finalidad de determinar si era factible el implementar la Filosofía Seis Sigma y proponer un plan para su adopción. Esta empresa tiene implementando un Sistema de Calidad, el cual programaron auditarlo externamente cada 2 años bajo la norma ISO 9001:2000, por lo que la hizo bastante atractiva para un estudio como el que se programó efectuarse. El Objetivo General de este informe fue Proponer un plan de implementación de un Sistema de Calidad bajo la filosofía Seis Sigma en el área de Soporte Técnico de una empresa de Concreto Premezclado certificada bajo la norma ISO 9001 y los objetivos específicos fueron: Conocer los distintos elementos que componen la filosofía Seis Sigma, Conocer los distintos elementos que componen un plan de implementación, Identificar los elementos que componen la gestión de la calidad de una empresa de concreto premezclado, específicamente en su departamento de Soporte Técnico, Analizar los mecanismos de medición y mejora continua, Determinar si es factible implementar Seis Sigma y Proponer un plan para la implementación del sistema Seis Sigma en el departamento de Soporte Técnico de una empresa de concreto premezclado certificada bajo ISO 9001. La conclusión más importante de este trabajo fue que para implementar un sistema de gestión de la calidad como Seis Sigma se debe obtener un alto compromiso tanto de la alta dirección como de cada uno de los integrantes de la empresa y sobre todo valorar al personal como capital humano de la organización, ya que es este el motor que impulsa a una empresa al éxito o al fracaso.

Palabras claves: Trabajo Especial de Grado, Cualitativo, Compromiso, Capital Humano.

Introducción

El presente Trabajo Especial de Grado tuvo como finalidad presentar una propuesta para un plan de implementación para un sistema de gestión de la calidad bajo la filosofía Seis Sigma en el departamento de soporte técnico de una empresa de concreto premezclado certificada con ISO 9001, el mismo se realiza para optar al título de Especialista en Sistemas de la Calidad.

Seis Sigma es una estrategia de mejora continua que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos de negocios, enfocándose en aquellos aspectos que son críticos para el cliente. La estrategia Seis Sigma se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso; tiene tres áreas prioritarias de acción: Satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. La meta de seis sigma, que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad 6 sigma, es decir, procesos que como máximo generen 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades (DPO).

ISO 9000 de igual forma es un sistema de calidad que tiene como objetivo principal la total satisfacción del cliente y esto se logra a través de la implementación de un sistema bajo el enfoque de procesos y que persigue la mejora continua, es en estos dos puntos principales la similitud de estos sistemas y la necesidad de analizar que tan factible es implementar una estrategia como Seis Sigma en una empresa que ya tiene cierto camino andado en el campo de la mejora continua.

La organización en estudio es una fábrica de concreto premezclado el cual tiene casi 5 años con un Sistema de Calidad certificado bajo la norma ISO 9001, esta

empresa al igual que el resto de las organizaciones en los actuales momentos, entendió la necesidad de mejorar continuamente sus procesos para lograr la total satisfacción de los cliente y por ende ser cada vez más competitivo, clave esencial para lograr mantenerse en un mercado tan competido como el suministro del concreto premezclado.

Dentro de esta organización, se encuentra el departamento de Soporte Técnico, área elegida para el estudio inicial de factibilidad de implementación de Seis Sigma, que tiene como objetivos principales: cumplir con los requerimientos de calidad de productos definidos tanto por los clientes y como los establecidos en su plan de calidad, cumplir con los indicadores de calidad, dentro de los cuales se encuentran fracción defectuosa, desviación estándar y cero costos de calidad debido a reclamos, investigar necesidades de acuerdo a estudios de mercado desarrollando nuevos productos y servicios rentables y que aseguren la satisfacción al cliente y cumplir con los planes y programas de capacitación y nuevas tecnologías para todo el personal.

Este Trabajo Especial de Grado ofrece un reporte detallado del planteamiento del problema del estudio, la justificación del mismo, los objetivos de la investigación (tanto general como específicos) que se trazaron, su alcance, antecedentes de la investigación y las bases teóricas que fueron necesarias para comprender el tema. Adicionalmente a esto, se presentó el marco metodológico que se implementó en el desarrollo de la investigación, el análisis de los resultados obtenidos en la investigación, donde se puede apreciar el plan de implementación definitivo propuesto a la organización que se estudio y finalmente las conclusiones y recomendaciones del tema.

Los primeros puntos descritos (planteamiento del problema, justificación, objetivos, alcance y antecedentes) comprenden el Capítulo 1, bases teóricas en el

Capítulo 2, Marco Metodológico comprendió el Capítulo 3, el Análisis de Resultados se podrá apreciar en el Capítulo 4 y por últimos las Conclusiones y Recomendaciones en el Capítulo 5. Adicionalmente se presenta en conjunto una serie de anexos que ayudan a comprender mejor la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

Vivimos en un mundo en que todo se mide: la vida se mide en años, días, horas y minutos; cuando vamos al médico este mide el peso, estatura, presión sanguínea, etcétera, para evaluar nuestro estado de salud. En las escuelas los profesores miden el desempeño de sus alumnos para ayudarles a mejorar. La diferencia entre practicar por sí solo un deporte y hacerlo dentro de una competencia, es que en esta última hay reglas que miden el desempeño. Las organizaciones han aprendido a medir aquello que le es fundamental mejorar. Las carencias de buenas mediciones y el análisis de éstas se han convertido en un obstáculo importante para mejorar la competitividad o el buen desempeño de las mismas.

En la actualidad una gran cantidad de organizaciones han ido cambiando paulatinamente la concepción del término Calidad, en otras palabras han pasado de la época en que la calidad era un costo que se tenía que incurrir para detectar los errores que se habían cometido en el proceso y que era responsabilidad de un departamento de la empresa, a la nueva concepción de Calidad Total, que no es más que un sistema estructurado a todo lo ancho de la organización, documentado efectivamente, integrado por procedimientos técnicos y administrativos para guiar y coordinar las acciones de la gente, las máquinas y la información de la compañía con los mejores y más prácticos métodos para asegurar la satisfacción de los clientes mediante calidad y bajo costo.

En la década del ochenta Philip Crosby popularizó el concepto de Cero Defecto como orientación para el control de calidad. Este enfoque establece la meta de resultados que carezcan de errores al 100 por ciento. Crosby sostiene que si se establece un nivel aceptable de defectos, ello tiende a provocar que dicho nivel, o uno más alto, se conviertan en una profecía que se cumple; si los empleados saben que está “bien” trabajar dentro de un nivel determinado de errores, llegarán a considerar que ese nivel es la “norma”. Es evidente que dicha “norma” está por debajo de lo óptimo. Crosby sostiene que a las personas se le establecían estándares de desempeño mucho más holgados en sus trabajos que lo que regían sus vidas personales. Ellos esperaban hacer las cosas bien, cuando se trataba de sostener a un bebé, de pagar las facturas o de regresar temprano a la casa correcta. En cambio, en los negocios se les fijaban “niveles aceptables de calidad”, márgenes de variación y desviaciones.

La competitividad de una empresa y la satisfacción del cliente están determinadas por la calidad del producto, el precio y la calidad del servicio. Se es más competitivo si se puede ofrecer mejor calidad a bajo precio y en menor tiempo.

En algunas empresas se sigue creyendo que mejorar la calidad implica necesariamente un precio más alto y mayor tiempo de elaboración. La calidad la define el cliente, es el juicio que este tiene sobre un producto o servicio, el cual por lo general es la aprobación o el rechazo.

Cuando se tiene mala calidad en las diferentes actividades, hay equivocaciones y fallas de todo tipo, por ejemplo:

- Reprocesos, desperdicios y retrasos en la producción.

- Costos por elaborar productos malos.
- Paros y fallas en el proceso.
- Inspecciones excesivas para tratar que los productos de mala calidad no salgan al mercado.
- Reinspección y eliminación de rechazo.
- Más capacitación, instrucciones y presión a los trabajadores.
- Costos por fallas en el desempeño del producto y por devoluciones.
- Problemas con proveedores.
- Más servicios de garantías.
- Clientes insatisfechos y pérdidas de ventas.
- Problemas, diferencias y conflictos humanos en el interior de la empresa.

En este sentido, la mala calidad no solo trae como consecuencia clientes insatisfechos sino también mayores costos y en consecuencia no se puede competir ni en calidad ni en precios y mucho menos en tiempo de entrega. Un proceso de mala calidad es errático e inestable y no se puede predecir.

Muchas de las empresas tienen un nivel de calidad menor o igual a 3 veces sigma (3σ), eso implica tener costos por mala calidad entre 15 y 25 % de sus ingresos por ventas. Cuando una empresa mejora al nivel 6 veces sigma (6σ) esos costos bajan a solo 5 %. Seis Sigma ha recorrido un largo camino desde sus raíces, como una forma de reducir defectos. Es una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose hacia aquellos aspectos que son críticos para el cliente. La estrategia Seis Sigma se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa orientada a mejorar la calidad del producto o del proceso con tres áreas prioritarias de acción: Satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos.

La meta es lograr con calidad Seis Sigma, es decir procesos que como máximo generen 3,4 defectos por millón de oportunidades. Esta meta se alcanza mediante un programa vigoroso de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización, en el que se desarrollan proyectos Seis Sigma a lo largo y ancho de la empresa con el objetivo de mejorar y remover defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones.

La empresa de finales de los ochenta parece haber encontrado su nuevo credo: el de la calidad total. Las empresas que se limitaban a hacer el control a posteriori de su única calidad presentaron la quiebra una tras otra. Las empresas de hoy sí quieren sobrevivir, deben trabajar para sus clientes más que para sí misma.

Existen seis motivos por las cuales es importante la adopción de la calidad total y Seis Sigma como proyecto de gestión:

Economía globalizada: La irrupción de competidores nuevos en el juego económico mundial hace caducar a las empresas no competitivas y obliga a todas aquellas que quieran sobrevivir a apoyar de ahora en adelante su actividad sobre una vigilancia meticulosa, atenta y permanente del mercado para ajustar siempre mejor la calidad de la respuesta que se le pide.

Mayor oferta vs. Demanda estable: El segundo motivo en el que se basa el carácter inevitable de la calidad total es la súbita inversión en los países industrializados de la relación de fuerzas entre una demanda menos creciente y una oferta múltiple, desde mediados de los años setenta, por la explosión de Japón y de los nuevos países industrializados. He aquí que los consumidores y clientes ante múltiples ofertas se vuelvan más exigentes y reclamen siempre mejor calidad a precios siempre más bajos.

Cambio de la cultura Occidental: En occidente se ha ido observando un menor compromiso de los trabajadores para con la empresa. Es menester un cambio de actitud si se quiere conservar los puestos de trabajo frente a culturas con mano de obra mucho más comprometida y disciplinada.

Necesidad de cambio de las empresas taylorianas: El cuarto motivo está dado por la incapacidad de la empresa tayloriana para reducir costos de no-calidad. Fraccionada en grandes funciones auto-centradas, generadora de la empresa fantasma, más preocupada en “hacer más” que en “hacer mejor”, en controlar y corregir que en prevenir, esta empresa, sobrecargada de costes inútiles y de recursos ocupados en “fabricar nada”, pierde rápidamente terreno en la competición económica y se condena a muerte a corto plazo. La calidad total constituye su única tabla de salvación.

Desperdicio de Inteligencia de las empresas taylorianas: el quinto motivo alude también a la organización tayloriana y al desperdicio de inteligencia que ha podido permitirse tolerar en la empresa, mientras la relación entre la oferta y la demanda era la inversa de la de hoy día. De ahora en adelante, no se puede dejar más en un punto muerto a todas estas inteligencias puestas en barbecho en todos los niveles y, particularmente, en los niveles de ejecución, en el de los obreros y empleados. La batalla de la calidad es demasiado difícil para que se tenga a toda esta inteligencia apartada del combate.

Occidente vs. Oriente: el sexto motivo es que desde que existe un proceso de calidad total y que ciertas economías lo han adoptado, todas aquellas que no lo han hecho han visto abrirse a toda velocidad un abismo en su competitividad. Y lo que es cierto para las economías lo es también para la empresa. Para ello es menester tomar en cuenta que el coste de la no-calidad en las economías occidentales está en el orden del 20% de su facturación, en tanto que en la economía japonesa se encuentra en el 12%. No reducir rápidamente esta brecha y ante el crecimiento económico de países como China, Tailandia, Malasia y otros países del sudeste asiático preanuncian inevitables derrotas.

En Venezuela existen empresas de fabricación de concreto premezclado que han entendido la necesidad de tener sistemas de gestión de calidad que ayuden a lograr la total satisfacción de los clientes y mejorar continuamente sus procesos como estrategia para mantener su alta competitividad en el mercado de la construcción venezolana que se ha caracterizado por ser muy vulnerable al entorno económico y social del país. Estos sistemas son certificados bajo la norma ISO 9001 el cual se caracteriza por describir la organización en 4 grandes procesos: Dirección, Gestión de Recursos, Realización del Producto y Medición y Análisis, todo esto enmarcado bajo

la filosofía PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) lo cual garantiza una mejora continua de los procesos.

Sin embargo estas empresas manejan márgenes aceptables de error en el producto que están contempladas en las normas de criterios de aceptación y rechazo, es por ello la necesidad de analizar la factibilidad de implementar y proponer un Sistema de Seis Sigma para este tipo de empresas como estrategia para garantizar una absoluta satisfacción de los clientes y ser cada día más competitivo, para ello se debe realizar una investigación documental y de campo que ayude a responder las siguientes interrogantes:

1. ¿Cómo se aplican los conocimientos relacionados con Seis Sigma en la gestión de calidad en una organización?
2. ¿Qué elementos deben ser considerados en la elaboración de un plan de implementación de Seis Sigma?
3. ¿Es factible implementar Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado certificada bajo la norma ISO 9001?
4. ¿Qué beneficios trae la implementación de Seis Sigma en una empresa de este tipo?

Para resolver estos planteamientos, se analizaron diversas fuentes secundarias que tratan con detalle el tema en estudio y una investigación documental y de campo que fue realizada en el Departamento de Soporte Técnico de una empresa de premezclado.

Justificación

Desde el punto de vista académico el plantear una propuesta de implementación del sistema Seis Sigma en el departamento de Soporte Técnico en una empresa de concreto premezclado certificada con ISO 9001, ayudó a consolidar eficazmente los conocimientos adquiridos durante la carrera de Especialización para el adecuado establecimiento de un sistema de calidad que logre una total satisfacción de los clientes y una mejora continua de los procesos de la organización, el cual tiene un gran impacto positivo sobre la calidad del producto, eficacia operativa y desempeño financiero y en consecuencia sobre la satisfacción y confianza de las partes interesadas (organización, clientes y proveedores). Desde el punto de vista organizacional, es importante el estudiar la factibilidad de implementar un Sistema basado en la filosofía Seis Sigma, ya que integra los procesos de las mejoras prácticas con herramientas diseñadas para ayudar a los líderes a impulsar su estrategia de negocios y lograr buenos resultados en corto plazo y además construir capacidad futura sustentable, para lo cual se debe tener claro los pilares fundamentales de toda Organización: Visión, Misión y Principios o Valores de la organización, los cuales deben estar implementados a lo largo y ancho de la misma y sobre todo tener el compromiso activo de todos los integrantes en hacer cumplir estos lineamientos.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Proponer un plan de implementación de un Sistema de Calidad bajo la filosofía Seis Sigma en el área de Soporte Técnico de una empresa de Concreto Premezclado certificada bajo la norma ISO 9001.

Objetivos Específicos

1. Conocer los distintos elementos que componen la filosofía Seis Sigma.
2. Conocer los distintos elementos que componen un plan de implementación.
3. Identificar los elementos que componen la gestión de la calidad de una empresa de concreto premezclado, específicamente en su departamento de Soporte Técnico.
4. Analizar los mecanismos de medición y mejora continua que posee una empresa de concreto premezclado certificada bajo ISO 9001.
5. Determinar si es factible implementar Seis Sigma en el departamento de Soporte Técnico en una empresa de concreto premezclado certificada bajo ISO 9001.
6. Proponer un plan para la implementación del sistema Seis Sigma en el departamento de Soporte Técnico de una empresa de concreto premezclado certificada bajo ISO 9001.

Alcance

Este Trabajo Especial de Grado comprende el estudio de la gestión de la calidad y propuesta para la implementación de Seis Sigma en el departamento de Soporte Técnico de una empresa de concreto premezclado certificada bajo la norma ISO 9001, el cual pretende identificar los elementos que la componen y analizar los

mecanismos que utilizan en la organización para la difusión, implementación, medición y mejora continua del Sistema de Gestión actual, para luego determinar si es factible la implementación de este nuevo Sistema de Calidad (Seis Sigma) y proponer un plan para esta actividad. El mismo no abarca la implementación del nuevo sistema de calidad.

Antecedentes

A continuación se presenta una cronología de cómo se desarrolló Seis Sigma en las empresas pioneras de este Sistema de Calidad:

1970: A principios de esta década Motorola se había establecido como el líder mundial en productos de comunicación inalámbrica y peleaba con Texas Instruments e Intel por el primer lugar en ventas de semiconductores.

1974: Cinco de los ocho principales fabricantes de semiconductores eran estadounidenses y tres eran europeos; pero la competencia en el mercado de semiconductores se tornó feroz rápidamente.

1979: Dos de los ocho principales fabricantes de chips eran japoneses y comenzaron a erosionar el liderazgo de Motorola en el mercado de paging en Estados Unidos. Estas dificultades fueron previstas en 1973, cuando Motorola, encontrándose incapaz de competir en el mercado de productos de consumo, vendió su división electrónica de consumo a una compañía japonesa. El reto para el futuro de la compañía estaba claro en el horizonte; sin embargo, la mayoría de los líderes más antiguos de Motorola ignoraron las señales de advertencia.

En este mismo año, bajo el liderazgo de Bob Galvin (CEO, Ejecutivo Comandante en Jefe), se desarrolló una fuerza de tarea como plan para la renovación y crecimiento de Motorola, paralelamente Art Sundry, el vicepresidente más antiguo de ventas del grupo realizó una retroalimentación que recibió de clientes y usuarios de productos de comunicaciones de Motorola, donde obtuvo como conclusión que la calidad de sus productos era deficiente.

1980: Con la fuerza de trabajo de Galvin y la investigación de Sundry se creó un plan de cuatro puntos con el ánimo de asegurar el liderazgo global de Motorola, el cual puede ser observado en la tabla 1. Galvin seleccionó altos ejecutivos para impulsar cada una de estas cuatro iniciativas y les pidió reportar sus logros directamente a su oficina.

La meta de mejora de calidad 10X realizó un cambio significativo en cada unidad de negocio, sin embargo, en esa época los esfuerzos de mejora de calidad estaban enfocados exclusivamente en la función de manufactura, porque la sabiduría tradicional dictaba que la manufactura era el origen de la mayoría de los problemas y tenía la posibilidad de mejorarse.

Tabla 1. Las Cuatro iniciativas de Motorola

INICIATIVA	DESCRIPCIÓN
Competitividad Global	Asegurar la superioridad de mercado y producto comparado (benchmarking) la empresa contra sus competidores globales: diseñar productos para distribución global y romper barreras comerciales que mantenían a los productos de Motorola fuera de Japón y otros mercados internacionales.
Administración participativa	Establecer en la filosofía tradicional de la administración de Calidad Total, para adaptar los principios y metodología de los círculos de calidad a la cultura Motorola, que se compartan las mejoras en resultados con todos los empleados.
Mejora de calidad	Establecer metas de mejora de calidad 10 veces (10X) en un plazo de cinco años y colocar las metas de mejora de calidad en los paquetes de incentivo de todos los ejecutivos; esta iniciativa sembró la semilla de Seis Sigma.
Centro de entrenamiento y educación Motorola	Creando al precursor de la Universidad Motorola, que actuó sobre el hecho de que los fuertes cambios requeridos en los procesos de calidad y estilos de administración crearían una incompetencia en la fuerza de trabajo, no por falta de inteligencia sino debido a la falta de información que recibían acerca de cómo cumplir los requerimientos del nuevo trabajo.

Fuente: Barney, Matt. La nueva Seis Sigma

1984: Con la premisa descrita anteriormente, la compañía estableció el Instituto Motorola de Manufactura, bajo la dirección de un antiguo vicepresidente de manufactura, Carlos Braun. Inicialmente se realizó un programa de dos semanas para gerentes experimentados de manufactura, enfocado en desarrollar y compartir metas

de mejora de calidad. Al retroalimentarse, los primeros grupos de gerentes que completaron el programa, comentaban que la meta de calidad 10X nunca podría lograrse si se enfocaba solamente en función de manufactura, ellos estaban convencidos de que se necesitaba involucrar todas las funciones y particularmente la ingeniería de diseño. Estos señalamientos ayudaron a realizar mejores cursos y el Instituto considerara no sólo la manufactura sino todos los aspectos de la administración. Debido a esto el Instituto fue renombrado como Instituto Motorola de Administración, el cual representó todas las funciones de un negocio en cada clase y sirvió como catalizador importante para superar los huecos que existían entre las funciones.

Las mejoras de calidad junto con las reducciones de costo y tiempos de ciclo solo se lograrían involucrando a todos lo que impactaban o eran impactados por el desarrollo de nuevos productos y servicios de Motorola. Como resultado, clientes y proveedores empezaron a involucrarse en el diseño de la siguiente generación de productos. Todo esto sirvió para que Motorola se diera cuenta que todas las partes del negocio impactaban en el logro de resultados estratégicos y todos los esfuerzos debían alinearse hacia la mejora de resultados para lograr metas de mejora de calidad y satisfacción del cliente.

1985: Aún faltaba una métrica común para compartir y comparar las iniciativas de mejora, esta deficiencia constituía una importante barrera para alinear toda la organización, es por ello que a finales de este año el ingeniero de calidad Bill Smith, frustrado por el rechazo de sus asociados a sus ideas de medición de calidad, programó una junta con Bob Galvin, quién después de escuchar el punto de vista de Smith, instruyó a Jack Germain, Vicepresidente Corporativo de Calidad, para trabajar con base en las ideas de Smith. Esto trajo como resultado un programa de tres días llamado “Diseño para Facilitar la Manufacturabilidad” (DFM).

El DFM definió los “Seis Pasos para Seis Sigma”, que se convirtió en el primer programa de entrenamiento obligatorio para todo el personal técnico en todo el mundo. Otro ingeniero de Motorola, Craig Fullerton, desarrolló y enseñó la “Metodología para Diseño Seis Sigma” (MDSS), hoy llamada Diseño para Seis Sigma (DSS). La metodología para Diseño Seis Sigma se enfocó en diseñar productos ganadores. Ahora alineaba todos los esfuerzos alrededor de un proceso común de medición y las metas impulsaban a los equipos en todo el mundo. El éxito de Seis Sigma llevó a los gerentes de Motorola a fijar metas aún más ambiciosas, de calidad 10X a 100X.

Los participantes de la implantación inicial del programa de Diseño para facilitar la manufacturabilidad consideraron que todas las funciones, no sólo empleados técnicos, necesitaban utilizar la metodología Seis Sigma. Partiendo de esta necesidad la organización realizó una jornada de concientización a través de un curso de un día llamado “Entendiendo Seis Sigma”, el cual se le impartió a todos los empleados no técnicos en todo el mundo, esto trajo como consecuencia que se comenzara a utilizar Seis Sigma en todo, desde la medición de defectos en entrenamiento hasta la efectividad financiera. En este punto, Motorola tuvo dos de los principales componentes de la mejora continua bien colocados. Todos los esfuerzos de mejora de calidad estaban ahora alineados alrededor de los conceptos de Seis Sigma y los empleados fueron movilizados por metas de Seis Sigma y sistemas de recompensas comunes. Gracias a todo esto Motorola recibió el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige por parte del Gobierno de Estados Unidos.

1990: Motorola presionaba para aplicar Seis Sigma en todo lo que hacía, sin embargo parecía estar estancada en 5.4 Sigma. Es por ello que Bill Wiggenhorn, presidente de la Universidad Motorola, propuso establecer un Instituto de Investigación Seis Sigma (IISS) para reunir a los ingenieros y estadígrafos líderes,

con objeto de encontrar nuevas maneras de acelerar el logro Seis Sigma y más allá. Este instituto se convirtió en una alianza de IBM, Texas Instruments, Kodak y otros, quienes proveyeron recursos que impulsaron la investigación de nuevas ideas de mejora de calidad. El resultado fue la adopción de nuevas y poderosas herramientas de programas de cómputo (software) necesarias para analizar grandes cantidades de datos generados por los proyectos Seis Sigma. La base de este trabajo fue encontrar la raíz de los problemas y reducir las fuentes de variaciones. Otro concepto clave que se originó del IISS fue el de “cinta negra”.

Los cintas negras fueron creados originalmente como expertos en mejoras que dirigían a los equipos para asegurar alta probabilidad de éxito, pero luego se decidió que para lograr el reconocimiento de cinta negra, los candidatos debían demostrar habilidades estadísticas, de equipo y de negocios, así como tener impacto en el negocio.

El trabajo de definición del cinta negra del IISS fue compartido tanto con las compañías originalmente aliadas como con las no aliadas y fue así como General Electric se convirtió en uno de los primeros miembros no aliados que logró la metodología Seis Sigma.

Para institucionalizar y acelerar aún más la nueva cultura de mejora, Motorola construyó nuevos procesos de negocios y adoptó un nuevo estándar de aprendizaje: “Aprendizaje de Acción”, este proceso de aprendizaje-acción-retroalimentación aceleraba el cambio a una velocidad sin precedentes, incorporándose a las unidades de negocio mediante el desarrollo de equipos de Satisfacción Total del Cliente (STC). El desarrollo del Comité de Manejo de cintas negras, el Comité de Manejo de Calidad Corporativa y un proceso global de Revisión de Sistemas de Calidad (RSC) impulsaron mucho más allá la institucionalización de la cultura de calidad.

Motorola había aprendido que mantener y aún ir más allá de Seis Sigma requería un fuerte liderazgo comprometido con el desarrollo e implementación de procesos: alinear, movilizar, acelerar y gobernar. Estos conceptos facilitan crear nuevas culturas o cambiar las existentes dentro y a través de todas las funciones del negocio. La mejora continua requiere cambio continuo, el cual a su vez requiere aprendizaje continuo.

Descripción de la Empresa

Esta organización en 1943 inicia sus operaciones en Venezuela. Desde sus comienzos se caracterizó por mantener altos niveles de excelencia en procesos, productos y sus recursos humanos, consolidándose como líder en el mercado nacional y por ser la principal empresa exportadora de cemento y clínker de Venezuela.

Desarrollo Histórico

1943-. Fundación por un grupo de empresarios venezolanos liderizado por Eugenio Mendoza Goiticoa.

1945-. Comienza operaciones en la ciudad de Barquisimeto, con una capacidad instalada de clínker de 15.000 toneladas métricas anuales.

1947-. Se inaugura su ubicada en Maracaibo, Estado Zulia, con una capacidad instalada de clínker de 100.000 toneladas métricas anuales.

1949-. Comienza operaciones en Pertigalete, con una capacidad instalada de clínker de 100.000 toneladas métricas anuales.

1954-. Primera exportación de cemento: 67.500 sacos desde Pertigalete hacia Aruba.

1956-. Se inician operaciones en el terminal marítimo de Catia La Mar.

1957-. Comienza la producción de cemento blanco.

1973-. Se inaugura una segunda planta en Pertigalete, con una capacidad instalada de 810.000 toneladas métricas de clínker.

1976-. Funda una empresa de transportes, para la distribución de cemento en Venezuela.

1977-. El Ministerio de Fomento concede a esta organización y a sus subsidiarias la autorización para el uso de la marca Norven.

1979-. Funda su empresa para el manejo de las operaciones de concreto premezclado.

1993-. Adquiere la totalidad de las acciones de Cementos Guayana.

1994-. La Corporación es adquirida por una organización trasnacional, la empresa cementera más grande de América y la tercera del mundo.

1996-. Se inaugura un terminal fluvial de cemento en Manaus, Brasil, con una capacidad de almacenamiento de 15.000 toneladas métricas de cemento.

1998-. Se adquieren operaciones de cemento y concreto premezclado en República Dominicana.

2005-. Adquiere a una de las principales concreteras con operaciones a nivel mundial, con sede en Alemania.

Esta organización ha estado presente en la construcción de grandes obras de infraestructura como son la línea 1 del Metro de Caracas, Criogénico de Jose y el Sistema Ferroviario Nacional y en la actualidad tiene 4 plantas de concreto (2 en la Gran Caracas, 1 en el estado Aragua, 1 en Carabobo y 1 en Anzoátegui) con su Sistema de Gestión de la Calidad certificado bajo la norma ISO 9001:2000.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Bases Teóricas

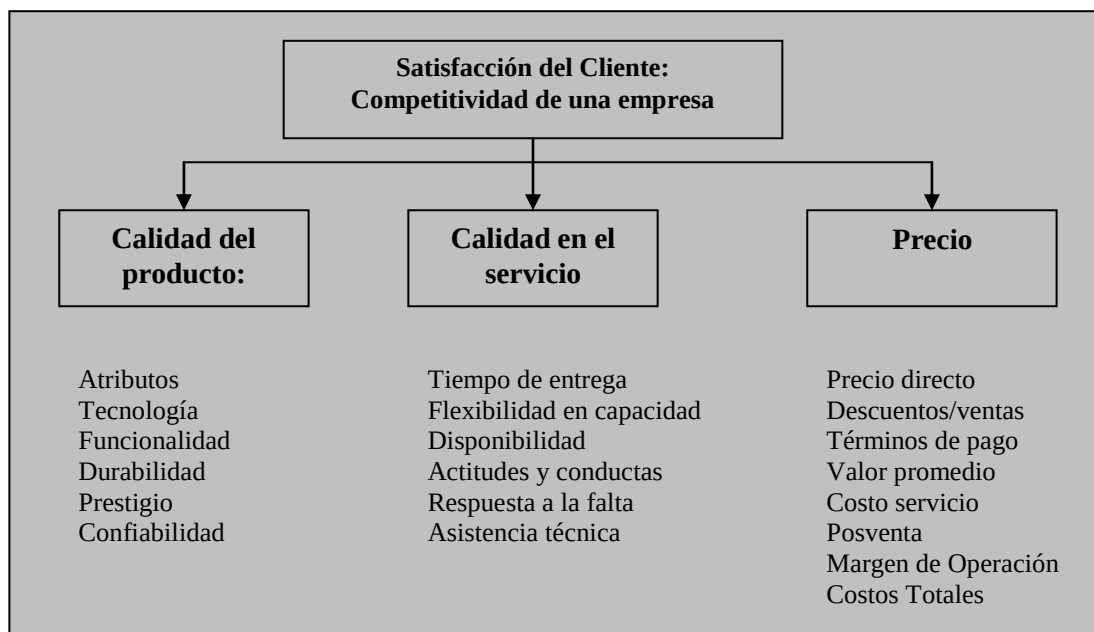
Conceptos Básicos de Calidad y Seis Sigma

La Competitividad y la Mejora de la Calidad

La competitividad de una empresa y la satisfacción del cliente están determinadas por la calidad del producto, el precio y la calidad del servicio. Se es más competitivo sí se puede ofrecer mejor calidad, a bajo precio y en menor tiempo. En la figura 1 se muestran los diferentes aspectos críticos de la calidad para cada uno de los factores de la competitividad. Como se aprecia uno de los componentes más importantes de calidad en el servicio es el tiempo de la entrega de sus productos o servicios. El tiempo de entrega está bastante relacionado con el tiempo de ciclo.

De esta forma el tiempo de ciclo refleja en gran medida la eficacia y coordinación que se da a lo largo del proceso, por lo que es un factor que influye en los costos de producción y en los plazos de entrega que la empresa pueda soportar. Todo proyecto de mejora Seis Sigma debe definir cuales son las variables críticas de la calidad que se pretenden mejorar mediante el proyecto. De aquí que el desglose de la figura 1 será de utilidad para ello. De esa manera que un proyecto Seis Sigma se puede ver como un esfuerzo para mejorar la competitividad de la organización.

Figura 1. Variables Críticas para la Calidad (VCC)



Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Calidad y Productividad

Respecto a la calidad existen varias definiciones, en este apartado se expresó una definición alternativa que sintetiza la idea de enfocar la empresa hacia los clientes:

La calidad es la creación continua de valor para el cliente y este valor podemos observarlo como el cociente de la figura 2, donde intervienen en el numerador los atributos del producto, la imagen y las relaciones de la empresa. El primer aspecto se refiere a las características del producto mismo que influye en su funcionamiento y estética. La imagen de la empresa es el prestigio actual de la organización según la percepción y opinión del cliente, es el resultado de la historia de la empresa a los ojos

del mercado que atiende. Por último, en el numerador también están las relaciones que se determinan por la calidad en el servicio y en general por la calidad de las relaciones que la empresa mantiene con los diferentes actores o factores externos, como clientes, cadena de distribución, proveedores, comunidad, otros competidores, oficinas gubernamentales, etcétera. Los tres aspectos anteriores se suman y se dividen entre el precio que el cliente paga por el producto, para así obtener el valor que el cliente percibe por lo que él pagó. Además estos cuatro factores no son independientes: un mal producto afecta desfavorablemente la imagen y las relaciones.

Figura 2. La calidad como valor

$$\text{Valor} = \frac{\text{Atributos del producto} + \text{Imagen} + \text{Relaciones}}{\text{Precio}}$$

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Cada actividad que se realice a lo largo del proceso de producción y servicio debe estar justificada en función del valor que agrega para el cliente, de lo contrario no tiene razón de ser. Así, crear valor es generar aquello que es valioso para el cliente, en otras palabras maximizar la ecuación del valor. Lo deseable es que el valor sea mayor que uno, lo que indicará que el cliente recibe más de lo que paga por el producto. Hay cuatro formas de maximizar el valor para el cliente:

1. Reducir el precio del producto.
2. Incrementar los atributos de calidad y funcionalidad del producto.
3. Mejorar la imagen de la empresa y trabajar por un mejor servicio.

4. Tener unas relaciones adecuadas con el mundo que interactúa con la empresa.

Estas cuatro formas para crear valor para el cliente deben ser atendidas de manera simultánea, ya que si una de ellas se descuida, el cliente percibirá que el producto no tiene valor suficiente, y en consecuencia será un cliente insatisfecho, con las consecuencias correspondientes. Para atender lo antes descrito se pueden seguir dos estrategias: mejorar la funcionalidad del actual sistema de producción, en otras palabras mejorar la productividad o mediante estrategia de innovación, donde se generen propuestas de naturaleza diferente para atender los cuatro componentes de la ecuación del valor. Estos componentes pueden ser atendidos mediante la estrategia de Seis Sigma, en donde a través de proyectos de mejora o innovación se van dando pasos decisivos para mejorar la organización.

La productividad, por otra parte, se define como el mejoramiento continuo del actual sistema. Es decir, mientras que calidad es ver la empresa hacia fuera, productividad es ver hacia dentro y analizar la forma en que funciona el actual sistema. En general, la productividad se mide por el cociente: resultados logrados entre recursos empleados. La productividad vista así tiene dos componentes: eficiencia (tiempo útil y tiempo desperdiciado) y eficacia (unidades producidas por hora trabajada), con lo que se contiene en la figura 3.

Esta figura sugiere dos programas para aumentar la productividad:

1. Mejorar la eficiencia: en este punto lo que se busca es reducir los tiempos desperdiciados por paros de equipos, falta de materiales, desbalance de capacidades, retrasos en los suministros y en las órdenes de compra y por mantenimiento y reparaciones.

2. Mejorar eficacia: se busca mejorar la productividad del equipo, los materiales, procesos y las personas, mediante la disminución de los productos con defectos, las fallas en arranques y en operación de procesos, bajar las deficiencias en materiales, diseños y equipos; además de incrementar y mejorar las habilidades del personal y generar programas que le ayuden a la gente a hacer mejor su trabajo.

Figura 3. La productividad y sus componentes

Productividad: mejoramiento continuo del sistema

Más que producir rápido, producir mejor

Productividad = Eficiencia * Eficacia

$$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total}} = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo total}} * \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo útil}}$$

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Medición del desempeño de una empresa

La competitividad de una organización tiene que ver con la calidad del producto, precio y calidad en el servicio, pero más allá de esto, está la idea de cómo medir la salud o desempeño de una organización. Un aspecto fundamental en una organización es decidir qué y cómo se va a medir su salud o desempeño; debido a que la elección de lo que un negocio o un área mide y analiza, comunica valor, encauza el pensamiento de los empleados y fija las prioridades. Las medidas son un medio sistemático para convertir las ideas en acción. Esto es uno de los aspectos esenciales en el control estadístico y en la estrategia de mejora Seis Sigma.

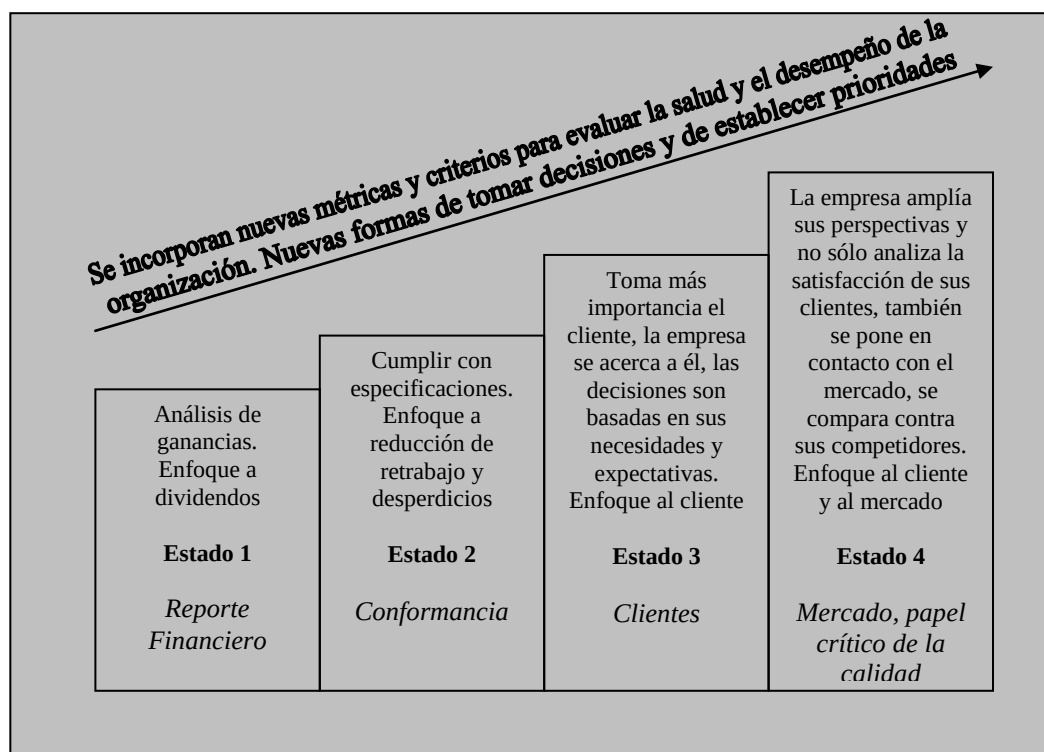
Lo que es importante y clave en los procesos para mejorar la competitividad de una organización es medir los resultados que se quieren mejorar. La siguiente frase sintetiza lo que se desea comunicar en este aparte: dime qué mides y cómo lo analizas y te diré qué es importante para tu área y para tu empresa.

En el contexto de una estrategia Seis Sigma una tarea vital para el líder y su equipo es establecer el sistema de medición del desempeño de la organización, de forma que se tenga claro cuales son los signos vitales de salud de la organización y con base en ellos se pueden encauzar el pensamiento y la acción (mejora) a lo largo del ciclo de negocio en los diferentes procesos. En este sentido, hoy se sabe que los reportes de los resultados financieros no son suficientes para medir la salud actual y futura de la organización.

En la figura 4 se muestra un esquema de cómo ha evolucionado lo que se mide y como se administra una organización. Donde se aprecia que se parte desde el reporte financiero, pasando por medir calidad y la no calidad de una empresa, hasta utilizar la calidad como factor clave en la administración del valor para el cliente.

A partir de la figura 4 se aprecia que ya no es suficiente analizar el reporte financiero mensual, trimestral o anual para saber la salud de una organización. Ahora las diferentes operaciones deben cumplir con las especificaciones. Pero pronto esto ya no fue suficiente y hay que preguntarle al cliente cómo evaluaba el desempeño de la organización. La última etapa que refleja la figura 4 es enfocar la empresa al mercado, donde además de basarse en el reporte financiero, los criterios de conformancia se enfocan en resultados de evaluación a los propios clientes; ahora también hay que preguntarles a los clientes de los competidores y en general preguntarle al mercado como percibe la empresa.

Figura 4. Evolución de los criterios para determinar el desempeño de la empresa

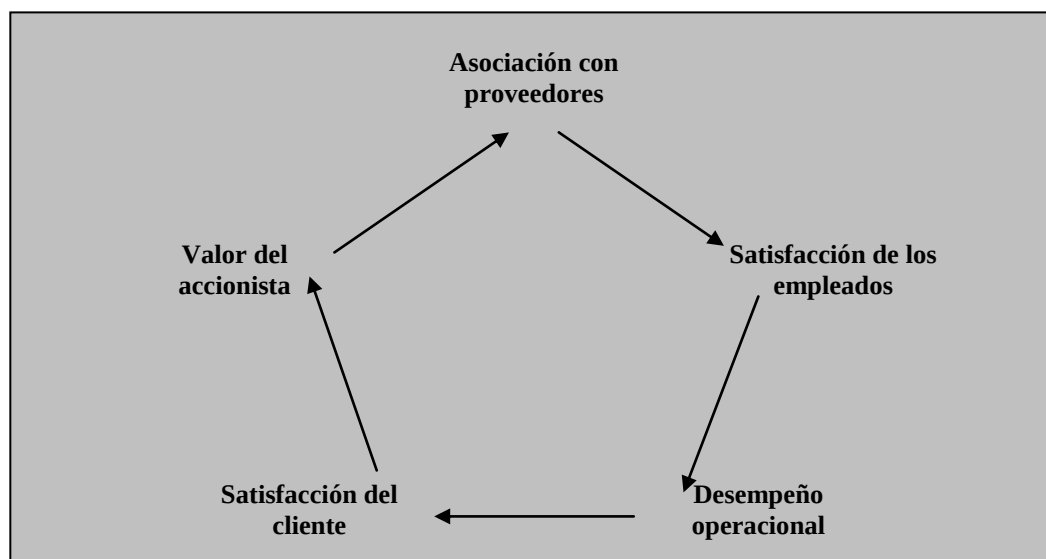


Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

En los años recientes se han ampliado las guías para el negocio. En la actualidad, se sabe que la satisfacción del cliente externo está relacionada en forma directa con la satisfacción del empleado y además no se puede soportar el éxito de una empresa si no se cuenta con los proveedores adecuados. De esta forma, las claves para evaluar el desempeño de una organización se pueden observar de forma esquemática en la figura 5, en la cual se aprecia la relación entre diferentes guías para el negocio. El éxito de una organización se debe procurar desde la selección de proveedores y seguimiento de lo que sucede en el proceso de los proveedores, siguiendo por lo que pasa con los empleados de la empresa, ningún éxito duradero se puede fincar en estos tiempos en empleados insatisfechos, atemorizados y que no

están creciendo como personas. La siguiente guía la proporcionan la calidad de los resultados operacionales, evaluaciones de calidad, productividad, etcétera. Estas tres guías se reflejan y retroalimentan con lo que aporta la cuarta guía: la satisfacción del cliente. Por último, la quinta guía son los resultados para el accionista, que es en gran parte la consecuencia del resto de las guías y es por eso que de esta información se puede basar que el reporte financiero llega demasiado tarde (es la última guía del negocio) como para fundamentar la dirección de una empresa sólo con esta guía. Es necesario ir más atrás y obtener indicadores que reflejen en forma más preventiva la salud de la empresa.

Figura 5. Las guías clave del negocio



Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

En la tabla 2 se muestran algunos de los indicadores que conforman cada una de las guías clave del negocio. Es importante que los datos de cualquier indicador que es clave para el negocio sean realistas, mensurables, procesables, fiables, rápidamente

actualizables y de fácil acceso a quienes lo requieren. El sistema de medición del desempeño debe proporcionar una orientación clara para las diferentes áreas y para los individuos en todos los niveles, de manera que sepan si su desempeño es satisfactorio y qué aspectos es necesario mejorar. El sistema de medición con los indicadores que se muestran en la tabla 2, es balanceado y refleja en buena medida los diferentes intereses en la empresa (gerencia, empleados, accionistas, clientes externos y proveedores).

Tabla 2. Indicadores para las guías clave del negocio

Evaluación del desempeño: guías fundamentales				
Proveedores	Empleados	Calidad operacional	Clientes	Accionistas
* Resultados de Auditorías. * Índices de calidad (por mes). * Selección. * Clasificación. * Capacidades. * Calidad. * Volumen. * Entrega. * De costos y precios	* Tendencias de la producción. * Actividad de los equipos. * Tendencias de premios y reconocimientos. * Estudios de satisfacción de los empleados. * Crecimiento y desarrollo	* Tiempo de Ciclo. * Rotación de inventarios. * Eficiencia. * Horas de retrabajo. * Fiabilidad del proceso industrial. * Evaluación de calidad (defectos, retrabados, desperdicios, etc.). * Proyectos de mejora.	* Evaluaciones de calidad. * Quejas del cliente. * Calidad de la entrega (servicio). * Análisis del mercado. * Análisis de competitividad.	* Retorno sobre activos. * Utilidades. * Costos operativos. * Inversiones comerciales. * Costos de servicio posventa.

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Es finalidad de este trabajo determinar la forma de medir y analizar el desempeño de procesos, así como las técnicas para comprobar si el proceso cumple con especificaciones (capacidad de procesos), la forma de monitorear el desempeño tanto de procesos como de sistemas de medición y otras medidas del rendimiento del proceso de uso frecuente en el contexto de Seis Sigma.

Variabilidad

En un proceso industrial interactúan materiales, máquinas, mano de obra (gente), mediciones, medio ambiente y métodos. Estos seis elementos (las 6 M's) determinan de manera global todo proceso y cada uno aporta algo a la variabilidad (y a la calidad) de la salida del proceso. El resultado de todo proceso se debe a la acción conjunta de las 6 M's, por lo que si hay un cambio significativo en el desempeño del proceso, sea accidental u ocasionado, la razón de tal cambio se encuentra en una o más de las 6 M's.

En un proceso cada una de las 6 M's tiene y aporta su propia variación y a través del tiempo ocurren cambios frecuentes en las 6 M's, por lo que es necesario monitorear los signos vitales de un proceso o en general de un negocio, por ejemplo: medir las características claves de los insumos, las condiciones de operación de los equipos y las variables de salida de los diferentes subprocesos, etcétera. Sin embargo, no todos los cambios en las 6 M's se reflejan en un cambio significativo en los resultados del proceso, ya que habrá ciertos cambios o variaciones que pueden ser inherentes al funcionamiento del proceso mismo (causas comunes) y habrá otros cambios que se deben a una situación particular y atribuible (causas especiales). Por ello es necesario que el monitoreo se realice en forma objetiva y eficaz y una forma de hacerlo es apoyándose en las técnicas de control estadístico, para decidir cuál es la reacción o acción adecuada de acuerdo al tipo de cambio, que puede ser desde no

hacer ningún cambio o ajuste, realizar cambios menores o de plano generar un proyecto de mejora para lograr los resultados deseados. Es parte de este trabajo determinar los efectos en los costos, los defectos y en la satisfacción del cliente al tener mucha variación, como también los beneficios que trae para una empresa reducir la variabilidad de sus procesos hasta alcanzar una calidad Seis Sigma.

En los esfuerzos permanentes que hoy en día es necesario realizar para mejorar la calidad y la productividad de un proceso, como lo contempla la estrategia Seis Sigma, resulta indispensable apoyarse en las técnicas y el pensamiento estadístico, debido a que proporcionan metodologías que facilitan la planeación, análisis y toma de decisiones. En la mejora continua y en Seis Sigma las técnicas estadísticas son de gran utilidad en todo tipo de empresas y en gran diversidad de situaciones, básicamente son útiles para:

- Identificar dónde, cómo, cuándo y con qué frecuencia se presentan los problemas (regularidad estadística).
- Analizar los datos procedentes de las guías clave del negocio, para así identificar las fuentes de variabilidad, analizar su estabilidad y pronosticar su desempeño.
- Detectar con rapidez, oportunidad y a bajo costo anomalías en los procesos y sistemas de medición (monitoreo eficaz).
- Ser objetivos en la planeación y toma de decisiones y evitar frases como “yo siento”, “yo creo”, “mi experiencia” y el abuso de poder en la toma de decisiones.

- Expresar los hechos en forma de datos y evaluar objetivamente el impacto de acciones de mejora.
- Enfocarse a los hechos vitales; a los problemas y causas realmente importantes.
- Analizar lógica, sistemática y ordenadamente la búsqueda de mejoras.

Pensamiento Estadístico

El pensamiento estadístico es una filosofía de aprendizaje y acción que relaciona la forma en que la gente toma una información del proceso y también la manera en que responde a esto. En otras palabras, si se utiliza en forma adecuada se puede conocer y aprender de la realidad, pero esto no debe quedar ahí, sino que se debe actuar en consecuencia a ese nuevo aprendizaje.

El pensamiento estadístico esta basado en los siguientes principios:

Primer principio: todo el trabajo ocurre en un sistema de procesos interconectados.

En este principio se habla de procesos interconectados para enfatizar que los procesos no operan de manera aislada, más bien interactúan con el resto del sistema. De manera que si no se toma en cuenta la manera en que se relaciona un proceso con el resto del sistema, la optimización de una de las partes puede tener un efecto desastroso para el resto del sistema.

Segundo principio: la variación existe en todos los procesos y entender y reducir la variación son claves para el éxito.

Este segundo principio reconoce que los resultados de todos los procesos son variables y reducirlo es uno de los objetivos para lograr una calidad Seis Sigma.

El gran reto es que una empresa logre profundizar en la filosofía del pensamiento estadístico y Seis Sigma, ya que esto ayuda a conocer la realidad tal como es, pero también permite direccionar mejor los esfuerzos de mejora. En la Tabla 3 se muestra la forma en que el pensamiento estadístico puede ayudar en los diferentes niveles de una organización.

Tabla 3. Pensamiento estratégico en los tres niveles de la organización

Problema	Nivel de la organización	Acciones
¿A dónde se dirige la organización?	Estratégico	* Crea estrategia y la comunica. * Usa datos de varias fuentes. * Desarrolla e implementa sistemas de medición para dirigir el progreso. * Estimula a empleados a experimentar nuevas formas de hacer su trabajo.
Procesos administrativos para guiar la organización	Directivo	* Desarrolla proyectos estructurados. * Fija metas (sabe que hay variación). * Se centra en los procesos y no reclama a los empleados por su variación.
Ambiente en que el trabajo se está haciendo	Operacional	* Conoce la variación. * Grafica datos de los procesos. * Identifica medidas clave y oportunidades de Mejora.

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Conceptos de Probabilidad

Experimento Aleatorio

Es aquel que puede proporcionar diferentes resultados aun cuando se repita siempre de la misma manera. Por ejemplo, la medición de las piezas fabricadas por un mismo proceso, la cantidad de llamadas que recibe un conmutador en un mismo lapso de tiempo. La probabilidad y la estadística estudian modelos (abstracciones de la realidad) que permiten variaciones en la salida de un sistema, aun cuando las variables que se controlan no cambien a propósito durante el estudio. Estos modelos

se emplean para comprender, describir y cuantificar aspectos importantes del sistema y predecir la respuesta del sistema a diversas entradas.

Para modelar y analizar un experimento aleatorio, primero debe comprenderse el conjunto de resultados posibles del experimento. Este conjunto se conoce como espacio muestral aleatorio (S). Un evento es un subconjunto del espacio muestral de un experimento aleatorio.

Interpretación de la probabilidad

Es útil cuantificar la posibilidad de que se presente cierto resultado de un experimento aleatorio. $P(A)=20$, es una afirmación que refleja una creencia sobre la posibilidad de que ocurra. Para ello se asigna un número del intervalo $[0,1]$, o un porcentaje del 0 al 100%. Entre más grande sea el número, mayor la posibilidad del resultado. $P(B)=0$ y $P(C)=1$, son el resultado imposible y el seguro. Así la probabilidad puede interpretarse como el grado de creencia de ocurra el resultado.

En algunos experimentos aleatorios las descripciones de los resultados son suficientes, pero en otros es útil asociar un número con cada resultado del espacio muestral. Ya que el resultado del experimento no se conoce con anticipación, ocurre lo mismo con el valor (número) que toma la variable. A la asociación de un número con cada resultado de un experimento aleatorio se le conoce como variable aleatoria. Si la variable se denota con X , y sus valores por x . el conjunto de los posibles valores de la variable aleatoria X , recibe el nombre de rango de X .

Tipos de variables aleatorias

Una variable aleatoria discreta, es una variable con un rango finito (o infinito numerable). Por ejemplo, el número de tornillos defectuosos en una muestra aleatoria de tamaño 15 o el número de errores de un operador industrial. Si el rango de una variable aleatoria X contiene un intervalo (finito o infinito) de números reales, entonces X es una variable aleatoria continua. Ejemplos de variables continuas son pesos, volúmenes, longitudes, voltajes, resistencia, ángulos, espesor, entre otros.

Distribución de probabilidad de X

El evento que está formado por todos los resultados para los que $X=x$, se denota por $\{X=x\}$ y la probabilidad de éste por $P(X=x)$. La distribución de probabilidad de X o distribución de una variable aleatoria X es una descripción del conjunto de valores posibles de X (rango de X), junto con la probabilidad asociada a cada uno de estos valores. La distribución se representa a través de una tabla que relacione resultados con probabilidades, o bien por medio de una fórmula.

En el caso discreto, la función $f(x) = P(X=x)$ que va del rango de X al intervalo $[0,1]$ recibe el nombre de función de probabilidad y cumple con las propiedades expresas en la tabla 4.

En el caso continuo, estas mismas propiedades se enuncian de la forma siguiente: Si $f(x)$ es una función de densidad de probabilidades de la variable aleatoria continua X , entonces, para cualquier intervalo de números reales $[x_1, x_2]$, se cumple lo expresado en la tabla 5.

Tabla 4. Propiedades de la Función Probabilidad (Caso Discreto)

Propiedad	Descripción
1.- $f(x) = P(X=x)$	La probabilidad la da la función $f(x)$
2.- $f(x) \geq 0$ para toda x	No hay probabilidades negativas
3.- $\sum_x f(x) = 1$	La suma de las probabilidades de todos los posibles valores de X , es uno.

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Tabla 5. Propiedades de la Función de Densidad de Probabilidades (Caso Continuo)

Propiedad	Descripción
1.- $f(x) \geq 0$	
2.- $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$	Área bajo la curva es 1.
3.- $P(x_1 \leq X \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(u)du = 1$	La probabilidad es igual al área bajo la curva entre x_1 y x_2 .

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Media o valor esperado de una variable aleatoria

Si una distribución es un buen modelo, entonces a través de ella se encuentran las principales características del sistema (población o proceso), tales como su tendencia central y variabilidad. La media μ de una variable aleatoria discreta está dada por:

$$\mu = E(X) = \sum_x xf(x) = \sum_x xP(X = x) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Es decir $E(X) = x_1p(x_1) + x_2p(x_2) + \dots + x_np(x_n)$, donde n es el número total de valores que puede tomar X . Mientras que su varianza se puede definir en términos del valor esperado como:

$$\begin{aligned} V(X) &= E(X - \mu)^2 = E(X^2) - \mu^2 = \sigma^2 \\ \sigma^2 &= E(X - \mu)^2 = \sum_x (x - \mu)^2 f(x) \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 2})$$

La función de distribución acumulada de una variable aleatoria discreta X , denotada por $F(x)$, es:

$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} f(x_i) \quad (\text{Ecuación 3})$$

En el caso continuo, se tiene que:

$$E(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx \quad (\text{Ecuación 4})$$

Distribución Binomial

Es frecuente que en control de calidad se den variables del tipo pasa, no pasa. Por ejemplo, un artículo cumple con especificaciones o no, una pieza resiste cierta fuerza o no, una lámpara está buena o no. Un experimento aleatorio donde el

resultado de cada ensayo es uno de dos: “éxito” o “fracaso”, se conoce como experimento de Bernoulli. Un experimento aleatorio que consiste de una secuencia de n ensayos Bernoulli tales que:

1.- Los ensayos son independientes.

2.- La probabilidad de éxito en cada ensayo, denotada por p , permanece constante.

Sí cumplen con las características antes descritas el experimento se define como binomial. La variable aleatoria X que es igual al número de ensayos donde el resultado es un éxito, tiene una distribución binomial (n,p) . La función de probabilidad de X es:

$$f(x; n, p) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}, x = 0, 1, 2, \dots, n$$

donde:

(Ecuación 5)

$$\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

La segunda parte de la ecuación 5 es el número de combinaciones de n elementos tomados de x en x . Aquí p es generalmente la proporción promedio de artículos defectuosos.

Si X es una variable aleatoria con distribución binomial (n,p) entonces:

$$\begin{aligned}\mu &= E(X) = np \\ \sigma^2 &= V(X) = np(1-p)\end{aligned}\quad (\text{Ecuación 6})$$

Es más adecuado para propósitos de interpretación trabajar con la proporción (X/n) , en lugar de con el número X (de artículos defectuosos). Sea $\hat{p} = X/n$, entonces su distribución acumulada esta dada por:

$$P\left(\hat{p} \leq r\right) = P\left(\frac{X}{n} \leq r\right) = P(X \leq nr) = \sum_{x=0}^{[nr]} \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde $[nr]$ es igual al entero más grande que es menor a nr . La media de $\hat{p}$ es p y su varianza es $p(1-p)/n$. Esta distribución y sus correspondientes media y varianza son las que se utilizan para calcular los límites de control de una carta p .

Distribución Geométrica

Es una serie de ensayos Bernoulli independientes, con probabilidad constante p de éxito, sea la variable aleatoria X el número de ensayos realizados hasta la obtención del primer éxito. Entonces X tiene distribución geométrica con parámetro p y la función descrita en la ecuación 8.

$$f(x, p) = (1-p)^{x-1} p, x=1,2,\dots \quad (\text{Ecuación 8})$$

La media de esta distribución es igual a $1/p$ y la varianza $(1-p)/p^2$.

Distribución Hipergeométrica

Ésta aplica en ciertos tipos de experimentos Bernoulli, en los que la probabilidad de éxito no se mantiene constante. Por ejemplo, un conjunto de N objetos contiene: K de ellos clasificados como éxitos y $N-K$ como fallas. Se extrae una muestra aleatoria (sin reemplazo) de tamaño n de tal conjunto, $n \leq N$. Sea X el número de éxitos en la muestra, entonces X tiene una distribución hipergeométrica y cuya función, media, probabilidad y varianza se pueden apreciar en la ecuación 9.

$$f(x; N, K, n) = \frac{\binom{K}{x} \binom{N-K}{n-x}}{\binom{N}{n}}; x = 0, 1, 2, \dots, \min(K, n)$$

$$\mu = np; p = K/N$$

$$\sigma^2 = np(1-p) \left[\frac{N-n}{N-1} \right]$$

(Ecuación 9)

Distribución de Poisson

Una situación frecuente en control de calidad es evaluar variables como las siguientes: número de defectos por artículo, número de defectos por metro cuadrado de tela, número de defectos por unidad de áreas, número de impurezas en un líquido, número de errores de un trabajador. Todos los casos anteriores se pueden resumir así: número de eventos que ocurren por una unidad (área, volumen, tiempo, etcétera). Es

frecuente que este tipo de variables tengan una distribución de Poisson, cuya función de distribución de probabilidad esta dada por la ecuación 10.

$$f(x; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}; x = 0, 1, 2, \dots$$

$$\mu = \lambda$$

$$\sigma^2 = \lambda$$

(Ecuación 10)

Distribución Exponencial

Una variable aleatoria continua tiene distribución exponencial si su función de densidad de probabilidades está dada por la ecuación 11.

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \text{ para } 0 \leq x \leq \infty$$

$$\mu = 1/\lambda$$

$$\sigma^2 = 1/\lambda^2$$

(Ecuación 11)

Esta distribución se utiliza frecuentemente para modelar tiempos. En particular el tiempo (o distancia) entre ocurrencias sucesivas de un proceso poisson sigue esta distribución.

Distribución Normal

La distribución normal es probablemente la distribución continua más importante, tanto en estadística teórica como aplicada. Si X es una variable aleatoria normal, entonces su función de densidad de probabilidades está dada por la ecuación 12.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \text{ con } -\infty < x < \infty \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde μ es su media y σ su desviación estándar. Al graficar la función $f(x)$ se obtiene una gráfica simétrica y unimodal y tiene una forma similar a una campana. El centro de ésta coincide con μ y la amplitud la determina σ .

Propiedades de la distribución normal

Si X es una variable aleatoria con distribución normal (μ, σ) , entonces se cumple:

1. $P(\mu - \sigma < X < \mu + \sigma) = 0.6827$
2. $P(\mu - 2\sigma < X < \mu + 2\sigma) = 0.9545$
3. $P(\mu - 3\sigma < X < \mu + 3\sigma) = 0.9973$
4. $P(X=a) = 0$, para cualquier número a .

Estas propiedades señalan la proporción de la distribución normal que se localiza en torno a la media μ . Por ejemplo, entre más menos una desviación estándar de la media se ubica el 68.27% del área. De hecho éstas son las propiedades que se utilizan para calcular los límites de control en una carta de medias e inspiran la forma que se calcula los límites en las otras.

Teorema central del límite

Una de las razones por las que la distribución normal es tan importante es por este teorema, que en un caso particular afirma: sea $x_1, x_2, \dots, x_n$ una muestra aleatoria de cualquier población y sea $\bar{X}$ la media muestral, entonces, independientemente de cómo sea la distribución de la población de donde se extrajo la muestra, la distribución de $\bar{X}$ se aproxima a la normal conforme n crece. Cuando la distribución de donde proviene la muestra no sea radicalmente distinta a la normal, entonces la aproximación empieza a ser buena para tamaños de muestra mayores o iguales que $n=4$. En caso de que sea muy diferente se requieren tamaños de muestra mayores.

Cálculo de probabilidades para distribución normal

Si una variable aleatoria X se distribuye normal con media μ y desviación estándar σ y se quiere encontrar la probabilidad de que esta variable tome valores entre dos números cualesquiera, a y b , entonces lo que se tiene que hacer es calcular el área bajo la curva entre a y b . Lo que se puede hacer mediante métodos numéricos, ya que la integral de la función de distribución no tiene solución analítica. Cuando es una distribución normal $\mu = 0$ y $\sigma^2 = 1$, entonces a la distribución se le conoce como distribución normal estándar.

Si se tiene una distribución normal con $E(X) = \mu$ y $V(X) = \sigma^2$, entonces se puede obtener una variable estandarizada y su distribución normal estándar tal como aparece en la ecuación 13.

$$P(X \leq x) = p\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \leq \frac{x - \mu}{\sigma}\right) = P(Z \leq z) \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

De esta forma basta tener una tabla para la distribución normal estándar, para con base en ella calcular probabilidades para cualquier distribución normal. En el anexo 1 está tabulada la probabilidad acumulada para diferentes valores del rango de una variable aleatoria Z con una distribución normal estándar.

Verificación de Normalidad (Gráficas de Probabilidad)

Existen muchas pruebas para verificar normalidad, entre ellas se pueden mencionar: Ji-cuadrada para bondad de ajuste, Kolmogorov, Shapiro-Wilks, Anderson-Darling. Casi cualquier sistema computacional estadístico incluye una o varias de estas pruebas.

En particular uno de los métodos gráficos de mayor uso, sobre todo en diseño de experimentos, confiabilidad y en Seis Sigma, es la gráfica de probabilidad ó papel logarítmico.

La gráfica de probabilidad es un procedimiento que permite determinar en forma visual si los datos muestrales se ajustan a una distribución específica. La gráfica de probabilidad es una gráfica del tipo X-Y cuyas escalas son determinadas en función de la distribución elegida.

Si la distribución propuesta describe de manera adecuada los datos, los puntos en la gráfica tenderán a ubicarse a lo largo de una línea recta y si los puntos se desvían significativamente de la línea recta, entonces eso será evidencia de que los datos no siguen tal distribución. El hecho de que los datos sigan una línea recta es una decisión subjetiva, pero cuando la desviación de la distribución propuesta es fuerte da resultados adecuados.

Distribución Ji-Cuadrada

Sean $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$ variables aleatorias independientes, con distribución normal estándar ($\mu=0$ y $\sigma^2=1$), entonces la variable aleatoria $X^2 = Z_1^2 + Z_2^2 + \dots + Z_k^2$, sigue una distribución de ji-cuadrada con k grados de libertad, y su función de densidad de probabilidad esta dada por la función que se puede apreciar en la ecuación 14.

$$f(x) = \frac{1}{2^{k/2} \Gamma(k/2)} x^{(k/2)-1} e^{-x/2} \text{ para } x > 0$$

donde $\Gamma(\cdot)$ es la función gama, que esta definida por (Ecuación 14)

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

Si α es un número entero, entonces $\Gamma(\alpha) = (\alpha-1)!$. La media y varianza de una distribución ji-cuadrada con k grados de libertad están dadas por, $E(X)=k$ y $\sigma^2=2k$. De particular relevancia es la distribución ji-cuadrada para hacer inferencias sobre la desviación estándar, σ , de una población con distribución normal, ya que si se obtiene una muestra de tamaño n , entonces el estadístico $X^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2}$ tiene una distribución ji-cuadrada con $n-1$ grados de libertad (S^2 , es la varianza muestral).

Distribución T de Student

Sea Z una variable aleatoria con distribución normal estándar y sea V una variable aleatoria con distribución ji-cuadrada con k grados de libertad. Si Z y V son independientes, entonces la variable aleatoria $T = \frac{Z}{\sqrt{V/k}}$ tiene una distribución T con k grados de libertad, cuya función de densidad de probabilidad esta dada por la ecuación 15.

$$f(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)}{(\pi k)^{1/2} \Gamma(k/2) \left(1 + \frac{x^2}{k}\right)^{(k+1)/2}} \text{ con } -\infty < x < \infty \quad (\text{Ecuación 15})$$

La media y Varianza de una distribución T de Student con k grados de libertad están dadas por $E(x)=0$ y $\sigma^2=k(k-2)$ para $k>2$. Una de las principales aplicaciones de la distribución T de Student es fundamentar las inferencias sobre una media de una población, μ . Debido a que si se obtiene una muestra aleatoria de tamaño n de una población cuya distribución es normal, entonces el estadístico $T = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}}$ tiene una distribución T con $n-1$ grados de libertad.

Distribución F

Sean W y Y variables aleatorias ji-cuadrada independientes con u y v grados de libertad, respectivamente. Entonces el cociente $F = \frac{W/u}{Y/v}$ tiene una distribución F

con u grados de libertad en el numerador y v en el denominador, cuya función de densidad de probabilidad esta dada por la ecuación 16, de igual manera se puede apreciar la media y varianza de esta distribución.

$$f(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{u+v}{2}\right)\left(\frac{u}{v}\right)^{u/2} x^{(u/2)-1}}{\Gamma\left(\frac{u}{2}\right)\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)\left[\left(\frac{u}{v}\right)x+1\right]^{(u+v)/2}}, 0 < x < \infty$$

$$E(x) = \frac{v}{v-2} \text{ para } v > 2 \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$\sigma^2 = \frac{2v^2(u+v-2)}{u(v-2)^2(v-4)}, \text{ para } v > 4$$

Una de las razones de la importancia de la distribución F es que es de especial utilidad para hacer inferencia cuando se comparan varianzas. Ya que si se tienen dos poblaciones con distribución normal y varianzas σ_1^2 y σ_2^2 , respectivamente y se toman muestras aleatorias de cada población, de tamaño n_1 y n_2 , respectivamente.

Entonces la variable aleatoria formada por el cociente $F = \frac{S_1^2 / \sigma_1^2}{S_2^2 / \sigma_2^2}$ sigue una

distribución F con n_1 y n_2 grados de libertad en el numerador y denominador, respectivamente. Donde S_1^2 y S_2^2 son las varianzas muestrales.

Capacidad de Procesos: Índices de Capacidad y Análisis de Tolerancias

Índices de capacidad para proceso de doble especificación

Los procesos industriales tienen variables de salida o respuesta, las cuales deben cumplir con ciertas especificaciones para así considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria. Sea una característica de calidad de un producto o variable de salida de un proceso, donde para considerar que hay calidad las mediciones deben ser igual a cierto valor nominal o ideal, o al menos tienen que estar dentro de cierta especificación inferior y superior. Para garantizar que un proceso industrial cumpla con lo antes descrito se utilizan los índices de capacidad, quienes son lo que indican si el proceso ha estado cumpliendo con las especificaciones, a continuación se presentan los más utilizados en el área de calidad y su relación con Seis Sigma.

Índice C_p

El índice de capacidad potencial del proceso, C_p , se define a través de la ecuación 17.

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso y ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Este índice compara el ancho de las especificaciones o variación tolerada para el proceso con la

amplitud real del proceso. Se dice que 6σ es la variación real, debido a las propiedades de la distribución normal, en donde se afirma entre $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra el 99.73% de los valores de una variable con distribución normal.

Para que el proceso pueda considerarse potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones, se requiere que la variación real siempre sea menor que la variación tolerada, en otras palabras que C_p sea siempre mayor que 1. En la tabla 6 se puede observar los distintos valores que pueden tomar este índice y su respectiva interpretación.

Tabla 6. Valores del C_p y su interpretación

Valor del índice C_p (Corto Plazo)	Clase o categoría de proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
$C_p > 1.33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado. Requiere de un control estricto
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Un aspecto que es necesario destacar es que la interpretación de este índice se fundamenta en tres supuestos: que la característica de calidad se distribuye normal; que el proceso es estable y que se conoce la desviación estándar del proceso, es decir, la desviación estándar no es una estimación con base en una muestra. La violación de alguno de estos supuestos, sobre todo los últimos dos, afecta sensiblemente la interpretación de los índices.

Si al analizar el proceso que su capacidad para cumplir especificaciones es mala, existen tres opciones: modificar el proceso, mejorar su control, mejorar el sistema de medición, modificar tolerancias o inspeccionar el 100% de los productos. Por el contrario, si hay capacidad excesiva, ésta se puede aprovechar, por ejemplo: con la venta de la precisión, del método, reasignando productos a máquinas menos precisas, acelerar el proceso y reducir la cantidad de inspección.

Índice C_r

Un índice menos conocido que el C_p , es el que se conoce como razón de capacidad, C_r , el cual está definido por la ecuación 18.

$$C_r = \frac{6\sigma}{ES - EI} \quad \text{(Ecuación 18)}$$

Como se puede apreciar, este índice es el inverso del primer índice descrito en este aparte, ya que compara la variación real contra la variación tolerada. Con este índice se quiere que el numerador sea menor que el denominador, es decir, lo deseable son los valores de C_r pequeños (menores que 1). La ventaja de este índice sobre el anterior, es que tiene una interpretación un poco más intuitiva, a saber: el

valor del índice C_r representa la proporción de la banda de especificaciones que es ocupada por el proceso. Por ejemplo, si el $C_r = 0.60$, querrá decir que la variación del proceso abarca o cubre solo el 60% de la banda de especificaciones.

Índices C_{pk} , C_{pi} , C_{ps}

La desventaja de los índices antes descritos, es que no toman en cuenta el centrado del proceso. Por ejemplo, en sus definiciones nunca interviene la media del proceso, μ . Puede suceder un proceso cuyos índices C_p y C_r estén por encima de 1 y sin embargo estar muy descentrado y por lo tanto no cumpla con una de las especificaciones. Para superar esta desventaja se debe calcular otros índices, uno de ellos el llamado índice de capacidad real (C_{pk}). Para calcularlo hay varias formas equivalentes, una de ellas consiste en calcular un índice de capacidad para la especificación inferior, C_{pi} , y otro para la superior, C_{ps} , tal como se muestra en la ecuación 19.

$$\begin{aligned} C_{pi} &= \frac{\mu - EI}{3\sigma} \\ C_{ps} &= \frac{ES - \mu}{3\sigma} \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 19)}$$

Como se observa en la ecuación 19, estos índices si toman en cuenta la media del proceso y evalúan la capacidad para cumplir con la especificación inferior y superior, respectivamente. La distancia de la media del proceso a una de las especificaciones representa la variación tolerada para el proceso de un solo lado de la media. Por eso se divide entre 3σ , en lugar de entre 6σ . Los índices unilaterales se interpretan en forma más o menos similar al índice C_p , como se aprecia en la tabla 6.

De aquí que entre más grandes sean estos índices, mejor se cumplirá con la correspondiente especificación.

El índice C_{pk} está definido por el valor más pequeño de entre C_{pi} y C_{ps} , es decir, es igual al índice unilateral más malo, por lo que si el valor del C_{pk} es satisfactorio, eso indicará que el proceso en realidad es capaz. Si no es satisfactorio, no cumple con por lo menos una de las especificaciones. Algunos elementos adicionales para la interpretación del índice C_{pk} son los siguientes:

- El índice C_{pk} siempre va ser menor o igual que el índice C_p . Cuando sean muy próximos, eso indicará que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones.
- Si el valor del índice C_{pk} es mucho más pequeño que el C_p , nos indicará que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones, lo que indica que el proceso está muy descentrado y por lo tanto produce un margen considerable de defectuosos.
- De acuerdo con la tabla 6, cuando los valores de C_{pk} sean mayores a 1.25 o 1.45, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria.
- Valores del C_{pk} igual a cero o negativos, indican que la media del proceso está fuera de especificaciones.

Índice K

El índice de descentrado de proceso o índice de localización, K, es una medida especializada para evaluar el centrado del proceso, ya que mide en términos relativos y porcentuales que tan descentrada o alejada está la media de un proceso con respecto al valor nominal, N, para la característica de calidad. Este índice se calcula utilizando la ecuación 20.

$$K = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} * 100 \quad (\text{Ecuación 20})$$

De esta forma el índice K es igual a la media del proceso μ menos el valor nominal para la característica de calidad N, dividida entre la mitad de la distancia de las especificaciones. Es decir, el índice K mide que tan descentrado está el proceso en función de la mitad de la amplitud de las especificaciones, y al multiplicar por 100 se convierte en una medida porcentual.

La interpretación de los valores de K es como sigue:

- Si el signo del valor K es positivo significa que la media del proceso es mayor que el valor nominal y será negativo cuando μ sea menor que N.
- Valores de K menores a 20% en términos absolutos se pueden considerar como aceptables, pero a medida que el valor absoluto sea más grande que 20%, indica un proceso muy descentrado, lo que puede contribuir de manera

significativa a que la capacidad del proceso para cumplir especificaciones es baja.

- El valor nominal, N, es la calidad objetivo y óptima; para cualquier desviación respecto a este valor lleva un detrimento en la calidad. Por ello cuando un proceso este descentrado de manera significativa se deben hacer esfuerzos serios para centrarlo, lo que regularmente no es tan difícil.

Índice Z

Otra forma de medir la capacidad de proceso es mediante el índice Z, el cual consiste en calcular la distancia entre la especificaciones y la media μ del proceso en unidades de la desviación estándar, σ . De esta manera, para un proceso con doble especificación se tiene Z superior, Z_s , y el Z inferior, Z_i , definidos en la ecuación 21.

$$\begin{aligned} Z_s &= \frac{ES - \mu}{\sigma} \\ Z_i &= \frac{\mu - EI}{\sigma} \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Tomando en cuenta la forma que se estandariza una variable con distribución normal, el índice Z se distribuye normal con media 0 y desviación estándar 1. Por ello, entre más grande sea el valor de Z mejor será la capacidad del proceso. También se puede observar que hay una relación directa entre los índices Cps y Cpi con el estadístico Z, ya que $3Cps=Z_s$ y $3Cpi=Z_i$, por tanto su interpretación se debe hacer de acuerdo con esta relación.

El índice Z es la métrica más utilizada en los procesos seis sigma, ya que éste mide el número de sigmas con el que se desempeña un proceso, siendo la meta que sean seis sigmas.

Índice Cpm (Índice de Taguchi)

Con los primeros índices descritos en este aparte, lo más importante es reducir la variabilidad y cumplir con las especificaciones. Sin embargo, desde el punto de vista de G. Taguchi, cumplir con especificaciones no es sinónimo de buena calidad y la reducción de la variabilidad de darse en torno al valor nominal (calidad óptima). Es decir, la mejora de un proceso según Taguchi debe ser orientada a reducir su variabilidad alrededor del valor nominal, N, y no sólo orientada a cumplir con especificaciones.

En función a esto Taguchi propuso en 1986 una definición alternativa de los índices de capacidad del proceso, el cual se fundamenta en lo que denominó función de pérdida. Este índice se denota con Cpm y toma en cuenta en forma simultánea el centrado y la variabilidad del proceso y está definido en la ecuación 22.

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

donde (Ecuación 22)

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$$

Y N es el valor nominal de la característica de calidad; EI y ES son las especificaciones inferior y superior. El valor de N generalmente es igual al punto

medio de las especificaciones. Se puede notar en la ecuación 22 que el índice Cpm compara el ancho de las especificaciones con 6τ , pero τ no sólo toma en cuenta la variabilidad del proceso, a través de σ^2 , sino que también toma en cuenta el centrado a través de $(\mu - N)^2$. De esta forma, si el proceso está centrado, es decir, si $\mu=N$, entonces el Cp y el Cpm son iguales.

Cuando el índice Cpm es mayor que uno, entonces quiere decir que el proceso cumple con las especificaciones, y en particular que la media del proceso está dentro de la tercera parte media de la banda de las especificaciones. Si Cpm es mayor que 1.33, entonces el proceso cumple con especificaciones, pero además la media del proceso está dentro de la quinta parte media del rango de especificaciones.

Índices de Capacidad de Largo Plazo: Pp y Ppk

La capacidad de corto plazo es calculada a partir de muchos datos tomados durante un periodo suficientemente corto para que no haya influencias externas sobre el proceso, por ejemplo: cambios importantes de temperatura, turnos, operadores, de embarques de materia prima, etcétera. Por lo tanto, esta capacidad representa el potencial del proceso, lo mejor que se puede esperar del mismo, mientras que la capacidad de largo plazo se calcula con muchos datos de un periodo de tiempo suficientemente largo para que los factores externos puedan influir en el desempeño del proceso. Lo anterior tiene impacto en la forma que se estima la desviación estándar del proceso.

Hay dos formas de calcular la desviación estándar, una considera sólo la variación dentro de las muestras a través del rango de las muestras, mediante la ecuación 23.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde $\bar{R}$ es el promedio de los rangos de las muestras y la constante d_2 depende del tamaño de muestra o subgrupo y está tabulado en el anexo 2. Esta forma de calcular la desviación estándar no considera los desplazamientos del proceso a través del tiempo que también influyen en la variación total del proceso, por lo que suele llamarse variación de corto plazo del proceso. Normalmente los índices de capacidad se calculan sólo considerando la variación de corto plazo, por lo que se habla de capacidad de corto plazo.

La otra manera de calcular la desviación estándar del proceso es considerando la variación entre muestras y dentro de muestras, lo que se hace calculando la desviación estándar directamente de todos los datos obtenidos a lo largo del tiempo, de esta forma, si se tienen en muchos datos de un tiempo suficientemente amplio entonces se tendrá una idea de la capacidad del proceso a largo plazo. Los índices calculados a largo plazo se les designan con P en vez de C, por ejemplo P_p en vez de C_p .

La capacidad de corto plazo evaluada a través de C_p y por el índice Z (que en este caso puede designarse con Z.ct) representa la tecnología del proceso. Mientras que la capacidad de largo plazo medida por P_p y por el estadístico Z (que en este caso puede designarse con Z.lt) representa la tecnología del proceso combinada con el control de la tecnología.

La diferencia entre la capacidad de corto plazo y largo plazo se conoce como desplazamiento o movimiento del proceso y se puede medir a través del índice Z, la manera expresada en la ecuación 24.

$$Z_{mov} = Z.ct - Z.lt \quad (\text{Ecuación 24})$$

El índice Z_{mov} representa la habilidad para controlar la tecnología. Hay estudios que ponen en manifiesto que con la medida de un proceso puede desplazarse a través del tiempo hasta 1.5 sigmas del valor nominal, es decir, que el valor del índice Z_{mov} puede ser de hasta 1.5 en procesos con un control pobre. Por lo general este 1.5 se utiliza de la siguiente manera: si se puede calcular Z_{mov} , entonces si éste es menor que 1.5; eso se interpretará como que el proceso tiene un mejor control que el promedio de los procesos con pobre control y si es mayor que 1.5, entonces el control es muy malo. Si no se conoce Z_{mov} , entonces puede asumirse un valor de 1.5. De aquí que si no se conoce el desplazamiento del proceso, la relación entre capacidad de corto y largo la da con la ecuación 25.

$$Z.ct = 1.5 + Z.lt \quad (\text{Ecuación 25})$$

Índice de Capacidad para Variables de atributos

Todas las fórmulas descritas en los puntos anteriores para los índices de capacidad están orientadas para las variables de tipo continuo, en las que para cada producto, muestra o pieza inspeccionada se obtiene una medición numérica que refleja su calidad. Por ello, para otro tipo de variables como las de atributo, por ejemplo, donde lo que se hace es ver si el producto pasa o no pasa, o contar el número de defectos, no es posible calcular en forma directa los índices de capacidad.

Sin embargo, si se quiere medir la calidad de un proceso que tiene variables de salida de atributos, en términos de los índices Cp o Cpk, entonces lo que se debe hacer es estimar el porcentaje promedio de defectos o el porcentaje promedio de artículos defectuosos del proceso y con el apoyo de la tabla 7 convertir este porcentaje al correspondiente índice Cp.

Algunas variables de atributos en lugar de medirse en porcentajes de defectos, se miden en número de partes con defectos por cada millón de oportunidades (PPM). Para este caso también se puede apreciar en la tabla 7 como estimar el Cp en función de este valor.

Diseño de Tolerancias

Un paso en el desarrollo de un producto es la conversión de las características del producto a características dimensionales, químicas, eléctricas y otras. Para cada característica del tipo valor nominal el diseñador debe especificar el promedio deseado o valor nominal y los límites de especificación o límites de tolerancia arriba y abajo del valor nominal que deben cumplir los componentes individuales del producto.

Para fijar los límites de especificación, se deben tomar en cuenta dos aspectos: las necesidades funcionales del producto y lo que el proceso de producción realmente puede realizar. Estos dos aspectos muchas de las veces son antagónicos, ya que desde la perspectiva de las necesidades funcionales (calidad) del producto, entre más estrechos sean los límites de especificación mejor. Pero desde la perspectiva del proceso de producción, entre más estrechos sean estos límites más difícil será cumplir

tales exigencias. Por tanto, la tarea del diseñador cuando establece los límites de especificaciones será conciliar estas dos perspectivas.

Tabla 7. Índice Cp en términos de la cantidad de piezas malas (corto plazo)

Valor del índice (corto plazo)	% fuera de las dos especificaciones	Partes por millón fuera
0.2	54.8506%	548 506.130
0.3	36.8120%	368 120.183
0.4	23.0139%	230 139.463
0.5	13.3614%	133 614.458
0.6	7.1861%	71 860.531
0.7	3.5729%	35 728.715
0.8	1.6395%	16 395.058
0.9	0.6934%	6 934.046
1.0	0.2700%	2 699.934
1.1	0.0967%	966.965
1.2	0.0318%	318.291
1.3	0.0096%	96.231
1.4	0.0027%	26.708
1.5	0.0007%	6.802
1.6	0.0002%	1.589
1.7	0.0000%	0.340
1.8	0.0000%	0.067
1.9	0.0000%	0.012
2.0	0.0000%	0.002

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Lo ideal sería que el diseñador contara con la información de las necesidades funcionales y sobre la capacidad del proceso. Sin embargo, por lo general los diseñadores no dispondrán de la información sobre la capacidad de los procesos. Su problema será obtener una muestra de los datos del proceso, calcular los límites pueden cumplir y comparar estos con los límites de tolerancia propuestos.

A continuación se estudian las formas en que con base en los datos de un proceso el diseñador puede establecer los límites de tolerancia.

Estimación de los límites naturales de tolerancia de un proceso

La capacidad real del proceso es un aspecto a tomar en cuenta cuando se quiere fijar especificaciones para una característica de calidad, de particular interés en estos casos es estimar los límites naturales de tolerancia de un proceso. Los límites naturales de tolerancia de un proceso son aquellos que contienen un cierto porcentaje de la distribución, es decir un $(1-\alpha)*100$. Por tanto, si la distribución del proceso es normal (μ, σ) , entonces los límites naturales están dados por la ecuación 26.

$$\mu \pm Z_{\alpha/2} \sigma \quad (\text{Ecuación 26})$$

Donde $Z_{\alpha/2}$ es el $(1-\alpha)*100$ percentil de la distribución normal estándar, en la tabla 8 se puede observar los distintos valores $Z_{\alpha/2}$ para los valores de α normalmente utilizados. Estimar los límites naturales de un proceso no tienen mayor problema, bajo el supuesto de distribución normal y que se conoce su media, μ , y su desviación estándar, σ . El supuesto distribucional se cumple con frecuencia, y el que se conozca la media y desviación estándar es relativamente fácil en un proceso que ya está en

operación, ya sea porque actualmente se tiene evidencia del valor de μ y σ o porque es relativamente fácil estimarlos con buena precisión.

Tabla 8. Valores de $Z_{\alpha/2}$

Valores de α	Valores de $Z_{\alpha/2}$
0.05	1.96
0.01	2.576
0.0027	3.0

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Sin embargo, cuando el diseñador requiere establecer tolerancias, por lo general aún el proceso no está en operación o no produce el producto de interés, por lo que en estos casos es difícil que se conozcan μ y σ , y también es difícil aplicar métodos de estimación de estos valores. Por ello será necesario estimar μ y σ con bases en muestras, casi siempre pequeñas, y en consecuencia si los límites naturales se calculan con $\bar{X}$ y S , de la forma que aparece en la ecuación 27.

$$\bar{X} \pm Z_{\alpha/2} S \quad (\text{Ecuación 27})$$

Entonces el porcentaje de cobertura ya no será el mismo que si se usan parámetros poblacionales. De hecho, el porcentaje de la distribución que será cubierto por tales límites será menor que el indicado antes, y además dependerá del tamaño de la muestra.

Sin embargo, es posible determinar una constante K tal que en un gran número de muestras un porcentaje, γ , de intervalos de la forma, que aparece en la ecuación 28:

$$\bar{X} \pm K_{(\gamma, \alpha)} S \quad (\text{Ecuación 28})$$

Incluyan por lo menos $(1-\alpha/2)*100$ de la distribución del proceso. En el anexo 3 se dan valores de $K_{(\gamma, \alpha)}$ para valores de n entre 5 y 1000, $\gamma = 90\%$, 95% y 99% y $\alpha = 0.10$, 0.05 y 0.01.

Seis Sigma

Definición de Seis Sigma

Seis Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos de negocios, enfocándose en aquellos aspectos que son críticos para el cliente. La estrategia Seis Sigma se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso; tiene tres áreas prioritarias de acción: Satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. La meta de seis sigma, que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad 6 sigma, es decir, procesos que como máximo generen 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades (DPO).

Esta meta se pretende alcanzar mediante un proceso vigoroso de mejora diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización, en el que se

desarrollan proyectos seis sigma a lo largo y ancho de la organización con el objetivo de lograr mejoras, eliminar defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones. La metodología en la que se apoya Seis Sigma está definida y fundamentada en las herramientas y pensamiento estadístico.

Principios de Seis Sigma

A continuación se presentan los principios que caracterizan a Seis Sigma como una estrategia de mejora continua:

Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo: Seis Sigma es una estrategia que va desde los niveles más altos de la dirección de la organización hacia todos los niveles inferiores. Empezando por el máximo líder de la organización, el líder ejecutivo de la iniciativa y siguiendo por los líderes locales. Si estos líderes de la organización no encabezan Seis Sigma de manera entusiasta y comprometida, esta estrategia se convertirá probablemente en un intento más de mejora. Por ello los campeones (champions) del programa se designan entre los líderes de cada negocio. Ellos son los responsables de garantizar el éxito de la implementación de Seis Sigma en sus propias áreas de influencia.

Seis Sigma es una iniciativa de tiempo completo: Seis Sigma no es una actividad marginal y complementaria, por el contrario, el liderazgo de Seis Sigma a nivel negocio y en proyecto recae, tradicionalmente, en master black belts MBB'S (maestros cinta negra) y black belts BB'S (cinta negra). Estos líderes se dedican a tiempo completo a Seis Sigma y sus responsabilidades son establecer objetivos de calidad para el negocio, monitorear el progreso del cumplimiento de estos objetivos, selección de proyectos Seis Sigma y supervisión del entrenamiento a los equipos de

proyectos. Para el éxito de la iniciativa Seis Sigma es fundamental el tipo de líderes que se seleccione y la seriedad que se le dé a su entrenamiento y acreditación.

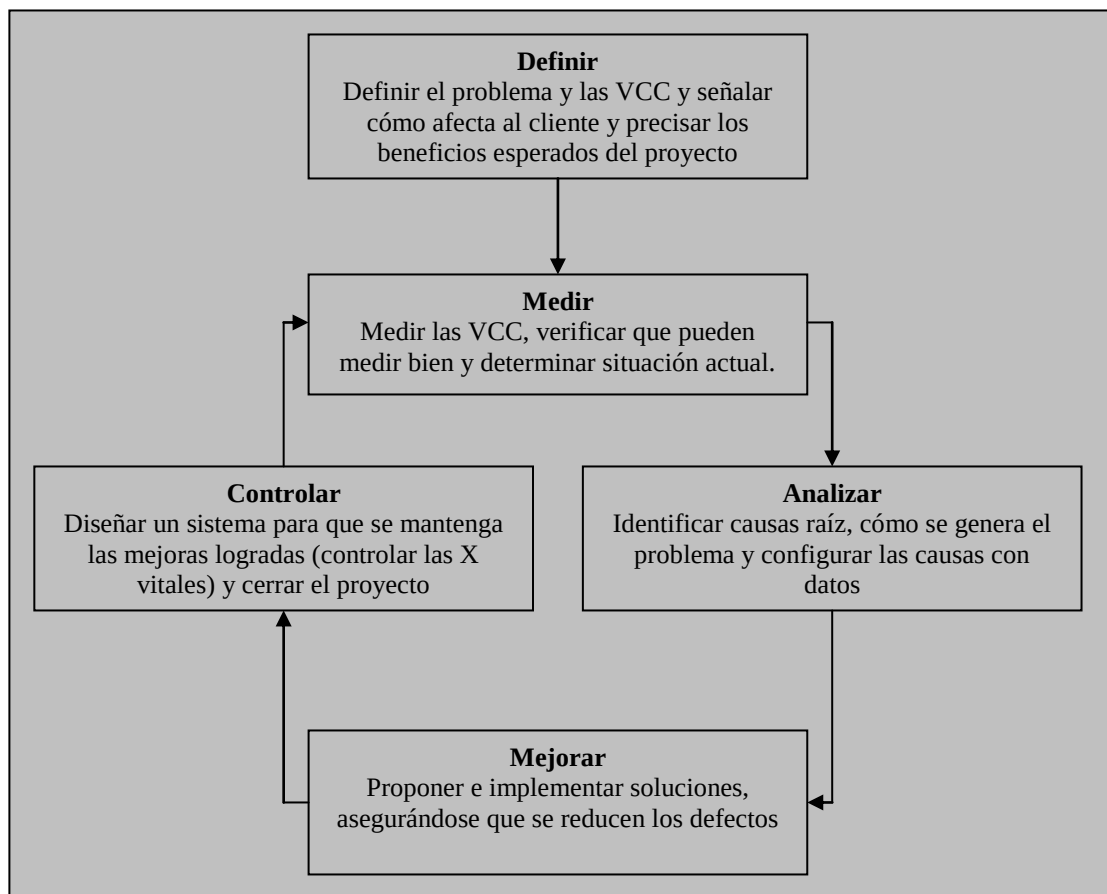
Orientada al cliente y se enfoca en procesos: Seis Sigma busca que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (cantidad o volumen, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma. De aquí que al desarrollar esta estrategia en una organización se tenga que profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades y para responder a ello, hay que revisar críticamente los procesos de la organización; a partir de aquí establecer prioridades y trabajar para desarrollar nuevos conceptos, procesos, productos y servicios que atiendan y excedan las expectativas del cliente.

Seis Sigma se dirige con datos: Los datos y el pensamiento estadístico orientan los esfuerzos en la estrategia Seis Sigma, ya que los datos son necesarios para identificar las variables críticas de la calidad (VCC) y los procesos o áreas a ser mejoradas. Las mejoras en calidad no pueden ser implementadas al azar, por el contrario, el apoyo a los proyectos son asignados cuando a través de datos se puede demostrar que con la ejecución del proyecto la diferencia será percibida y sentida por el cliente.

Seis Sigma se apoya en una metodología robusta: Los datos por sí solos no resuelven los problemas del cliente y del negocio, por ello es necesaria una metodología. En Seis Sigma los proyectos se desarrollan en forma rigurosa con la metodología de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (en inglés DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control). En la figura 6 se muestran estas etapas, que a continuación se describen brevemente.

- (D) Definir el proyecto: En esta fase se debe tener una visión y definición clara del problema que se pretende resolver mediante un proyecto Seis Sigma. Por ello, será fundamental identificar las variables críticas para la calidad (VCC), esbozar metas, definir el alcance del proyecto, precisar el impacto que sobre el cliente tiene el problema y los beneficios potenciales que se esperan del proyecto.

Figura 6. Metodología DMAMC (DMAIC) para el desarrollo de proyectos Seis Sigma



Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

- (M) Medir la situación actual: En esta segunda etapa se miden las VCC del producto o servicio (variables de salida, las Y's). En particular se verifica que pueden medirse en forma consistente; se mide la situación actual (baseline) en cuanto al desempeño o rendimiento del proceso; y se establecen metas para las VCC.
- (A) Analizar las causas raíz: La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema o situación (identificar las X's vitales), entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos.
- (M) Mejorar las VCC: En esta cuarta etapa se tiene que evaluar e implementar soluciones que atiendan las causas raíz, asegurándose que se reducen los defectos (la variabilidad).
- (C) Controlar para mantener la mejora: Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema para que mantenga las mejoras logradas (controlar las X's vitales) y se cierra el proyecto.

Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos: El programa Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos sobre la metodología DMAMC y sus herramientas relacionadas. Generalmente la capacitación se da sobre la base de un proyecto que se desarrolla de manera paralela al entrenamiento, lo que le da un soporte práctico.

Los proyectos realmente generan ahorros o aumento en ventas: Un aspecto que ha caracterizado a los programas Seis Sigma exitosos, es que los proyectos DMAMC realmente logran ahorros y/o incremento en ventas. Esto implica varias

cosas: se seleccionan proyectos claves que realmente atienden sus verdaderas causas, se generan soluciones de fondo y duraderas y se tiene un buen sistema para evaluar los logros de los proyectos.

El trabajo por Seis Sigma se reconoce: Seis Sigma sostiene a lo largo del tiempo reforzando y reconociendo a los líderes en los que se apoya el programa y a los equipos que logran proyectos DMAMC exitosos. De esta manera la estrategia debe diseñar formas específicas en las que se van a reconocer esfuerzos y éxitos por Seis Sigma. Existen cuatro niveles y formas de reconocer el trabajo de otros en una organización, llamadas las cuatro P's, las cuales se describen a continuación:

La primera P (Palmadita): El directivo da una palmadita, una nota o un elogio a quien desea reconocer, con ello señala que está enterado y satisfecho con lo hecho.

La Segunda P (Presentación): Esta P es más importante que la primera, en la cual a quienes se desea reconocer se exponen ante colegas y superiores los hechos y logros obtenidos.

La Tercera P (Pago): En este nivel el reconocimiento se refleja en una compensación monetaria.

La Cuarta P (Puesto): En este nivel se reconocen los esfuerzos y logros y se encomienda una responsabilidad con mayor jerarquía en la organización; por lo general para que se dé esta última P, tuvieron que darse antes, varias veces, las otras P's previas. Se recomienda involucrar en Seis Sigma a los empleados que se les ve más futuro dentro de la organización.

Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años, por lo que no desplaza otras iniciativas estratégicas, por el contrario, se integra y las refuerza: Ésta es una iniciativa que debe perdurar y profundizarse a lo largo de varios años. Por ello cuando se inicia Seis Sigma puede cuestionarse sobre qué va a pasar con las iniciativas estratégicas que actualmente se venían trabajando. La respuesta es que la iniciativa Seis Sigma debe integrarse al resto de las iniciativas estratégicas vigentes en la organización. La experiencia dice que esto puede ser relativamente fácil, ya que Seis Sigma es un enfoque muy poderoso para orientar y alinear los recursos para resolver los problemas críticos del negocio. Seis Sigma se puede ver como la forma en que medimos, aprendemos y actuamos; a través de las variables críticas para la calidad (VCC) y la metodología DMAMC. Entonces Seis Sigma se integra a las otras iniciativas, para que estas continúen y se vean fortalecidas con la forma de trabajar Seis Sigma.

Seis Sigma se comunica: Los programas Seis Sigma se fundamenta en un programa intenso de comunicación que genera comprensión, apoyo y compromiso, tanto en el interior de la organización como en el exterior (proveedores, clientes clave). Esto permitirá afianzar en toda la organización esta nueva filosofía, partiendo de explicar qué es Seis Sigma y por qué es necesario trabajar por ella. Los resultados que se obtengan con Seis Sigma deben ser parte de este programa de comunicación.

La Métrica Seis Sigma

A continuación se presenta el proceso de medición de la calidad Seis Sigma y la diferencia que presenta con su predecesor, la calidad Tres Sigma.

Calidad Tres Sigma

Tener un proceso Tres Sigma, significa que los límites reales de su variable de salida coincidan con las especificaciones de calidad de tal variable. Para lograr esto se espera que la media del proceso coincida con la calidad nominal y que los límites reales sean iguales a las especificaciones, esto bajo condiciones de estabilidad y que la característica de calidad siga una distribución normal, se espera que el área bajo la curva normal que cae dentro de especificaciones sea de 99.73%. De esta forma 99.73% de los productos cumplirían con especificaciones y sólo 0.27% no. En este caso, los índices C_p y C_{pk} serían igual a 1.

El estadístico Z, es la métrica que establece el número de sigmas de un proceso y mide la capacidad de un proceso calculando la distancia entre las especificaciones y la media μ del proceso en unidades de la desviación estándar, σ . De esta manera, para un proceso de doble especificación se tiene dos distancias, tal como se vio en secciones anteriores (ver índice Z). Por tanto para un proceso cuyo C_p sea igual a 1, tenemos que el estadístico Z será igual 3, en otras palabras, el estadístico Z es igual al nivel de calidad medido en término de sigmas. Además se tiene que la diferencia entre la capacidad de corto plazo, Z_{ct} y largo plazo, Z_{lt} , está dada por $Z_{ct} = 1.5 + Z_{lt}$.

De acuerdo a lo anterior, a primera vista un proceso Tres Sigma podría parecer que es muy bueno. Sin embargo, para las exigencias actuales de calidad no es suficiente por dos razones:

- El 0.27% de artículos defectuosos, implica 2 700 partes con fallas por cada millón de oportunidades (PPM). En un mundo donde las cifras de consumo

anual para muchos productos es de varios millones, esa cantidad de defectos es demasiada. Por ejemplo, una empresa fabricante de aparatos telefónicos hace más de 10 millones de aparatos por año, por lo que con calidad Tres Sigma implicaría 27 000 consumidores a los que su aparato nuevo no funcionó, esto es un lujo que, en medio de competitividad global, una empresa no puede darse. En suma, calidad Tres Sigma implica demasiados defectos.

- Lo anterior se agrava si se considera la diferencia entre capacidad de corto y largo plazos, en donde la media de un proceso puede desplazarse a través del tiempo hasta 1.5 sigmas del valor nominal. Es decir, que el índice Z puede tener cambio o movimiento hasta de 1.5 ($Z_{\text{mov}} = 1.5$), por lo que si esto ocurre a largo plazo en lugar de tener una calidad de Tres Sigma, $Z_{\text{ct}} = 3$, se tiene una calidad de 1.5 sigmas, $Z_{\text{lt}} = 1.5$.

Todo esto hace a la calidad Tres Sigma poco satisfactoria. Por esto se requiere tener una meta de calidad más elevada y esa meta se llama calidad Seis Sigma.

Calidad Seis Sigma

Tener calidad significa diseñar productos y procesos que logren que la variación de las características de calidad sean tan pequeñas, que la campana de la distribución quepa dos veces dentro de las especificaciones. En otras palabras, los límites dados por $\mu \pm 6\sigma$ están dentro o coinciden con las especificaciones. En este caso se tendría una tasa de defectos de 0.002 PPM, lo que en términos equivale a un proceso con cero defectos. Tener calidad Seis Sigma en un proceso significaría reducir la desviación estándar un 50% respecto a la calidad 3σ . En términos del

índice C_p , un proceso Seis Sigma equivale a que el proceso tenga un $C_p = C_{pk} = 2.0$ y $Z_s = Z_i = 6.0$.

Con un proceso Seis Sigma, si llegara a ocurrir a largo plazo que la media del proceso se moviera hasta 1.5σ veces a partir del valor nominal, hacia la especificación superior, el índice de Capacidad a largo plazo (P_{pk}) se ubicaría alrededor de 1.5 y el índice de largo plazo, Z_{lt} , se ubicaría en 4.5 sigmas, esto corresponde una tasa de calidad de 3.4 defectos por cada millón de unidades producidas (3.4 PPM). Con lo que en la práctica, calidad Seis Sigma, a pesar de los posibles desplazamientos, es un proceso prácticamente cero defectos y por tanto una meta para procesos de clase mundial. Todo lo anterior queda resumido en la Tabla 9, en donde en la parte izquierda se aprecia el nivel de calidad de corto plazo, sin desplazamiento del proceso y en la parte derecha representa calidad de largo plazo donde se incluye un desplazamiento del proceso de 1.5σ . En general, si se conocen las partes por millón fuera de especificaciones de largo plazo, PPM, entonces el nivel de calidad en sigmas (de corto plazo) se obtiene con la ecuación 29, propuesta por Schmidt y Launsby en 1997.

$$\text{Nivel de calidad en } \sigma (Z_{ct}) = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 * \ln(PPM)} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Donde $\ln$ es el logaritmo natural. De la misma manera si se conoce Z_{ct} es posible obtener las PPM que esperan a largo plazo, usando la ecuación 30.

$$PPM_{lt} = \exp \left[\frac{29.37 - (Z_{ct} - 0.8406)^2}{2.221} \right] \quad (\text{Ecuación 30})$$

Los niveles de calidad medidos en sigmas no sólo son números enteros, sino cualquier otro número. Además, de pasar de un nivel de calidad sigma al siguiente superior no es tarea sencilla que se logre con unos cuantos proyectos. Ya que a partir de la información de la tabla 9 se puede apreciar las relaciones en cuanto a reducción de defectos de un nivel de sigma al siguiente, el cual se puede observar en la tabla 10.

Tabla 9. Calidad de corto plazo y largo plazo, en términos del PPM y el nivel de calidad sigma (Z.ct)

Cp	Z.ct	% dentro de especificaciones	PPM fuera de especificaciones	Z.lt	% dentro de especificaciones	PPM fuera de especificaciones (DPMO)
0.33	1	68.27	317 300	-0.5	30.23	697 700
0.67	2	95.45	45 500	0.5	69.13	308 700
1.00	3	99.73	2 700	1.5	93.32	66 807
1.33	4	99.9937	63	2.5	99.379	6 210
1.67	5	99.999943	0.57	3.5	99.9767	233
2.00	6	99.9999998	0.002	4.5	99.99966	3.4

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Tabla 10. Relaciones entre niveles de calidad

Pasar de	A	Implica una reducción de defectos	Reducción porcentual
2 σ (308 537 PPM)	3 σ (66 807 PPM)	5	78%
3 σ (66 807 PPM)	4 σ (6 210 PPM)	11	91%
4 σ (6 210 PPM)	5 σ (233 PPM)	26	96%
5 σ (233 PPM)	6 σ (3.4 PPM)	68	99%

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

Con esta relación queda claro que llegar a tener una empresa Seis Sigma no es una labor que termine en un año, por el contrario, requiere una labor decidida de varios años.

En cada avance significativo en la dirección de Seis Sigma se va consolidando su filosofía. Efectivamente, además de la diferencia cuantitativa entre calidad Tres y Seis Sigma, atrás de esta diferencia está en una filosofía con la que operan las organizaciones con los correspondientes niveles de calidad. En la Tabla 11 se resume la diferencia entre empresas Tres y Seis Sigma.

Otras métricas Seis Sigma

En este apartado se describe algunas métricas utilizadas en el contexto de programas Seis Sigma, como son rendimiento, DPU, DPO, entre otros; para esto es necesario identificar los siguientes conceptos.

Unidad: Se entiende como unidad a las partes, productos o ensambles que son producidos por un proceso y por tanto es posible inspeccionar o evaluar su calidad.

Oportunidad: Cualquier parte de la unidad que puede medirse o probarse que es adecuada.

Defecto: Es cualquier no conformidad o desviación de calidad especificada de un producto.

En este contexto surge el DPU (defectos por unidad) que es una métrica que mide el nivel de no calidad de un proceso que no toma en cuenta las oportunidades de error y se obtiene con el cociente descrito en la ecuación 31.

Tabla 11. Calidad Seis Sigma como una filosofía que rige la actuación de una organización

Empresa Tres Sigma	Empresa Seis Sigma
1.- Gasta de 15 a 25% de sus ingresos por ventas, en costos de fallas (costos de no calidad).	1.- Gasta sólo 5 % de sus ingresos por ventas, en costos de fallas (costos de no calidad).
2.- Produce 66 807 defectos por cada millón de oportunidades.	2.- Produce 3.4 defectos por cada millón de oportunidades.
3.- Confía en sus métodos de inspección para localizar defectos.	3.- Confía en procesos eficaces que no generan fallas.
4.- Cree que la mejor calidad (calidad de clase mundial) es muy cara.	4.- Reconoce que el productor de alta calidad es el productor de costos bajos.
5.- No tiene sistema disciplinado para coleccionar y analizar datos y para actuar en consecuencia.	5.- Utiliza la metodología DMAMC.
6.- Considera que 99% es lo suficientemente bueno.	6.- Establece su propia referencia (Benchmark) contra el mejor a nivel mundial. Considera que 99% no es aceptable.
7.- Define internamente las variables críticas para la calidad (VCC)	7.- Define sus críticos para la calidad.
	8.- Define las VCC de manera externa, escucha la voz del cliente.

Fuente: Humberto Gutiérrez (2004)

$$DPU = \frac{d}{U} \quad (\text{Ecuación 31})$$

Donde d es el número de defectos observados y U es el número de unidades producidas; ambas referidas a un lapso de tiempo.

Una desventaja del DPU es que no toma en cuenta el número de oportunidades de error en la unidad. Por ejemplo, no es lo mismo tener un producto que sólo tiene 20 componentes a otro que tiene 1 000. Por ello, para tomar en cuenta la complejidad de la unidad o producto, se utiliza el índice DPO (defectos por oportunidad); este mide la no calidad de un proceso y se obtiene según la ecuación 32.

$$DPO = \frac{d}{U * O} \quad (\text{Ecuación 32})$$

Donde O es el número de oportunidades por error de unidad. Nótese que al comparar la ecuación 32 con la 31 podemos decir que el $DPO = DPU/O$ y por lo tanto este indicador siempre va ser menor o a lo sumo igual al DPU, ya que O siempre va ser mayor o igual a 1.

Otra métrica de Seis Sigma es el DPMO (defectos por millón de oportunidades); este índice mide los defectos esperados en un millón de oportunidades de error y se calcula tal como aparece en la ecuación 33.

$$DPMO = 1000000 * DPO \quad (\text{Ecuación 33})$$

Cabe comentar el índice PPM (número de partes defectuosas por cada millón) se utiliza en lugar del DPMO cuando se está evaluando variables del tipo pasa – no pasa, en donde no se cuenta el número de defectos por unidad, simplemente se decide si la unidad tiene una calidad aceptable o no. Por lo tanto el índice PPM está más relacionada con variables continuas que deben cumplir con especificaciones y con variables que tienen una distribución binomial. Mientras que el índice DPMO está más relacionado con variables que tienen una distribución de Poisson.

Otro índice importante es el rendimiento combinado Y_c , el cual se interpreta como la probabilidad de que una unidad esté libre de defectos a lo largo del proceso, desde la primera hasta la última etapa del proceso. Para el cálculo de este índice se puede observar la ecuación 34.

$$Y_c = Y_1 * Y_2 * \dots * Y_k$$

donde cada

$$Y_i = \frac{\text{Número de unidades que pasan a la primera vez la etapa } i}{\text{Número de unidades probadas en la etapa } i}$$

(Ecuación 34)

Otra forma de cuantificar el rendimiento del proceso es calcular cuántas partes por millón son desperdiciadas a la primera en cada etapa del proceso e ir sumando esto a lo largo del proceso, para al final obtener cuántas partes por millón son desperdiciadas a lo largo del proceso. Para calcular el índice Y_c se puede utilizar el índice DPU, viendo a este como la intensidad media de falla en una distribución de Poisson (ver apartado de distribuciones de probabilidades). De esta manera Y_c se puede calcular a través de la ecuación 35.

$$Y_c = e^{-DPU}$$

De esta ecuación también se aprecia que : (Ecuación 35)

$$DPU = \ln(Y_c)$$

Relación del rendimiento combinado Y_c con el nivel de calidad sigma, Z_{ct}

En los apartes anteriores se presentó la evaluación del nivel de calidad de un proceso en términos del número de sigmas, que lo daba el estadístico Z_{ct} , donde la meta es tener calidad Seis Sigma. La medición de la calidad a través del nivel de sigmas está inspirado en mediciones de tipo continuo y bajo el supuesto de normalidad. Sin embargo, es posible trasladar un rendimiento combinado obtenido a partir de datos de atributos al número de sigmas de un proceso, esto se logra a través de lo que se conoce como rendimiento promedio normalizado, Y_{PN} , que se obtiene a través de la ecuación 36.

$$Y_{PN} = (Y_c)^{1/k} \quad (\text{Ecuación 36})$$

Donde Y_c es el rendimiento combinado y k es el número de etapas (oportunidades) o pasos en el proceso. El número de sigmas de largo (Z_{lt}) para un proceso se obtiene encontrando el valor Z en una tabla de distribución normal estándar que da una probabilidad acumulada a Y_{PN} .

Como Y_{PN} es igual a Z_{lt} , podemos concluir que Z_{ct} se puede calcular a través la ecuación 37.

$$Z.ct = 1.5 + Z_{\gamma PN}$$

donde (Ecuación 37)

$Z_{\gamma PN}$ = número de sigmas de largo plazo para el proceso

También se puede calcular PPM.lt conociendo Y_{PN} , a través de la ecuación 38.

$$PPM.lt = (1 - Y_{PN}) * 1000000 \quad (\text{Ecuación 38})$$

Las etapas de un proyecto Seis Sigma

En esta sección están con detalles las etapas de la metodología DMAMC que se aplica en un proyecto de mejora Seis Sigma. También se describen aspectos relativos a la formación del equipo y a la selección del proyecto.

Los equipos y la selección de proyectos (etapa previa)

Un aspecto fundamental en el éxito de un programa Seis Sigma es la selección adecuada de proyectos y la formación del equipo que atenderá cada proyecto. Es importante seleccionar proyectos adecuados y asignar la gente apropiada.

Seleccionar un buen proyecto Seis Sigma: el primer paso para lograr un proyecto exitoso será su selección adecuada, que por lo general es responsabilidad de los champions y/o de los Black Belt, términos que más adelante serán definidos en la sección de Responsabilidades y entrenamiento. A continuación se listan algunas de las características que debe reunir un buen proyecto:

- El proyecto está conectado con las prioridades del negocio; ligado a los planes estratégicos y a los planes operativos anuales de la organización.
- El problema tiene gran importancia para la organización. Representa una mejora importante en el desempeño del proceso y en lo financiero.
- El proyecto tiene un alcance razonable (se puede realizar en un tiempo de tres a seis meses). Es frecuente que el apoyo a los proyectos venga a menos después de seis meses, un alcance demasiado ambicioso se corre el riesgo de no tener el apoyo para concluirlo.
- Para medir el éxito del proyecto se definen métricas cuantitativas claras. Se evalúa la situación al inicio del proyecto (línea base) y se definen con precisión las metas y el nombre o título del proyecto.
- La importancia del proyecto es clara para la organización. La gente apoyará un proyecto que entiende y que lo percibe como algo importante.
- El proyecto tiene el apoyo y la aprobación de la dirección o gerencia de la empresa. Este apoyo es necesario para conseguir recursos, eliminar barreras y sostener el proyecto hasta su conclusión.

Formación del equipo: Una vez que se tiene identificado el proyecto, lo que sigue es seleccionar la gente que integrará el equipo que lo desarrollará. Esta tarea por lo general es de los champions (campeones o padrinos) es un directivo que supervisa un proyecto Seis Sigma y es responsable frente al consejo directivo de su éxito. El rol del champion es bastante delicado; debe orientar al equipo de mejora del proyecto sobre el camino a seguir y ayudarlo a superar cualquier obstáculo que pueda encontrar en la organización para continuar con su trabajo, con el apoyo de los Black Belt. Su labor empieza por la selección de un líder del equipo, que puede ser un Black Belt, Green Belt o un candidato a estas categorías, quien debe tener un conocimiento operativo del problema, pero no sospeche que es parte del problema. Sus funciones son parecidas a las de un tutor, pero limitadas a un solo equipo.

El resto de los miembros del equipo son elegidos, de forma habitual, por su trabajo en el proceso que se está revisando. Ellos proporcionan el cerebro y los músculos para la recolección de datos y su posterior análisis necesarios para la mejora del proceso.

Algunos de los criterios a tener en cuenta para elegir buenos miembros de equipo son:

- Amplios conocimientos del proceso, del producto y del cliente.
- Acceso a la información sobre el problema o el proceso.
- Voluntad de trabajar y cooperar con los demás miembros.
- Posibilidad de dedicar tres o cuatro horas a la semana a recoger datos y asistir a las reuniones del equipo.
- Capacidad para cuestionar lo establecido.

Es importante mantener el número de componentes del equipo en una cifra manejable: cuatro o cinco personas además del jefe de equipo suele ser lo ideal.

Establecer el marco del proyecto: Un elemento vital que debe desarrollarse para cada proyecto por parte de los líderes de la organización (campeones) es un marco o compromiso en el que se establece por escrito lo que se espera del proyecto, la necesidad de que el equipo se mantenga concentrado en el mismo y la importancia de

que el equipo este acorde con las prioridades de la organización. Esto es responsabilidad de los campeones elaborar un marco preliminar, con los elementos señalados antes y que sirva de carta de compromiso entre los líderes de la organización y el equipo. Este marco se contemplará con la definición del proyecto que será generada por el equipo y consultada con el campeón.

Definir el proyecto (D)

En esta fase se debe tener una visión y definición clara del problema que se pretende resolver mediante un proyecto Seis Sigma. Por ello será fundamental identificar las variables críticas para la calidad, establecer metas, definir el alcance del proyecto, precisar el impacto que sobre el cliente tiene el problema y los beneficios que se esperan del proyecto. Todo lo anterior se hará con base en el conocimiento que el equipo tiene sobre las prioridades del negocio, de las necesidades del cliente y del proceso que necesita ser mejorado.

Para cumplir con los objetivos de la etapa de definición del proyecto es importante desarrollar las siguientes actividades:

1. Dar una descripción general del problema: donde se explique en que consiste el problema y por qué es importante resolverlo.
2. Hacer un diagrama de flujo del proceso completo y una narración general o un mapeo de proceso: con la idea de tener un panorama completo del problema es importante realizar un diagrama de flujo en el que se muestre los subprocesos u operaciones principales del proceso completo donde se presenta el problema.

3. Seleccionar las variables críticas para la calidad (VCC): por ejemplo tiempo de ciclo, costos, calidad de alguna variable de salida, quejas, productividad, etc. Estas variables deben estar ligadas a la satisfacción del cliente o en general al desempeño del negocio y por tanto se debe garantizar que se está escuchando al cliente. En cuanto a la prioridad que tendrá cada variable en el proyecto, esta debe tener una valoración entre 1 y 5, siendo 5 la más alta prioridad y se debe desprender de la situación actual y de qué tan relacionada esté con el problema bajo análisis.
4. Delimitar el problema: es importante que el objetivo se pueda cumplir en un lapso de entre cuatro y seis meses. Esto ayudara a definir de una forma más precisa las VCC. De hecho se recomienda un horizonte de cuatro meses.
5. Proponer una buena primera definición del problema: con base en las actividades anteriores se está en posibilidades de elaborar una frase que defina el problema, el alcance y los objetivos. Esta frase será la carta de presentación del proyecto, por lo que deberá ser elaborada con sumo cuidado. La definición del problema debe integrarse al marco del proyecto, que es la carta compromiso entre líderes de la organización y el equipo que desarrolla el proyecto.

Medir la situación actual (M)

En esta segunda etapa se verifica que las variables críticas para la calidad (VCC) puedan medirse en forma consistente, se mide su situación actual (baseline) y se establecen metas para las VCC. Esta es una etapa importante porque se da continuidad a la anterior, se realiza un estudio R&R (Repetibilidad y

Reproducibilidad), y se elabora un estudio de capacidad y estabilidad de las VCC, para saber con mayor precisión la magnitud del problema actual y generar bases para encontrar la solución.

Analizar las causas raíz (A)

La meta de esta fase es identificar las causas raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Las herramientas que son de utilidad en esta fase son muy variadas, entre algunas de ellas: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, Pareto de segundo nivel, estratificación, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco porqués, diseño de experimentos, prueba de hipótesis, diagrama de dispersión, etc.

El equipo debe asegurarse que realmente encontró las causas de fondo del problema y que además ha identificado el porqué de esas causas.

Mejorar las VCC (M)

Con lo hecho en la etapa previa se está listo para que en ésta se proponga, implemente y evalúe las soluciones que atiendan las causas raíz, detectadas antes.

Una vez identificadas y confirmadas las causas raíz es necesario generar diferentes soluciones para cada una de ellas, apoyándose en algunas de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, etc. La clave es pensar en soluciones que ataquen la fuente del problema (causa) y no el efecto.

Una vez que se generaron diferentes alternativas de solución es importante evaluarlas con base en una matriz que refleje los diferentes criterios o prioridades sobre los que se debe tomar la solución. Para implementar la solución es importante elaborar un plan en el que se especifiquen las diferentes tareas, su descripción (en que consiste, como se va a hacer, donde se ha implementar) las fechas para cada una, los recursos monetarios que se requieran, las personas responsables y participantes en cada tarea.

Para evaluar la solución se debe comparar el estado del proceso antes y después de las acciones tomadas, es decir, volver a realizar un estudio de capacidad y estabilidad para las VCC.

Controlar para mantener la mejora (C)

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto.

En otras palabras el objetivo de esta etapa es que el equipo Seis Sigma desarrolle un conjunto de actividades con el propósito de mantener el estado y desempeño del proceso a un nivel que satisfaga las necesidades del cliente y esto sirva de base para buscar la mejora continua. Es necesario mantener un sistema de control para:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir (mantener las ganancias).

- Impedir que las mejoras y los conocimientos obtenidos se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar la mejora continua.

Además de difundir el proyecto, se debe mantener acciones de control en tres niveles:

1. Procesos.
2. Documentación.
3. Monitoreo.

Responsabilidades y entrenamiento

El éxito de Seis Sigma recae en integrar líderes del negocio, líderes de proyectos, expertos y facilitadores. Algunos roles que desempeñan en Seis Sigma han sido tomado de las artes marciales, que de alguna manera reflejan el nivel de compromiso y dedicación. Los roles que usualmente se reconocen dentro de los programas Seis Sigmas: líder, champion (campeones o patrocinadores), master black belt (maestro cinta negra ó asesor senior), black belt (cinta negra), green belt (cinta verde) y yellow belt (cinta amarilla). En la tabla 12 se puede apreciar el rol de cada uno de estos cargos, sus características, la capacitación que deben recibir y la acreditación que deben tener.

Tabla 12. Actores y roles en Seis Sigma

Tabla 12 (cont)

Glosario

Acciones preventivas: Son aquellas que se implementan para eliminar la causa de una potencial inconformidad u otra situación potencial indeseable.

Acciones Correctivas: Son aquellas orientadas a eliminar la causa de una inconformidad que se ha detectado. Se orientan a prevenir recurrencias.

Calidad: Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. En otras palabras, conjunto de características de un ente las cuales le confiere la capacidad de satisfacer necesidades expresadas o implícitas.

Calidad Seis Sigma: Nivel de calidad y/o desempeño de un proceso en el que su distribución cabe dos veces dentro de especificaciones, $C_p = 2$ y a largo plazo $PPM = 3.4$.

Capacidad: Aptitud de una Organización, Sistema o Procesos para realizar un producto que cumple los requisitos para ese producto.

Capacidad de corto plazo: Es la que se calcula a partir de datos tomados durante un periodo corto con objeto de que no exista influencia externa.

Capacidad de largo plazo: Se calcula de datos tomados en un periodo largo con objeto de que los factores externos influyan en el proceso.

Competitividad: Es la capacidad de una empresa para generar valor para el cliente y sus proveedores de mejor manera que sus competidores.

Conformancia: Es cumplir con especificaciones de calidad y enfocarse a reducir el retrabajo y los desperdicios.

Cuatro P's: Es una estrategia que pretende reconocer esfuerzos y éxitos logrados por Seis Sigma; consiste en: palmadita, presentación, pagos y puestos.

Curriculum de un Black Belt (BB): Es un entrenamiento o curso de capacitación equivalente a un diplomado en ingeniería para la calidad, en el cual el alumno aprende temas relativos a mejorar la calidad y lo aplica en la práctica.

Defectos por millón de oportunidades (DPMO): Índice que mide los defectos esperados en un millón de oportunidades de error, es igual a $1\,000\,000 * DPO$

Defectos por oportunidad (DPO): Índice que es igual al número de defectos entre el total de oportunidades de error al producir una cantidad dada de productos.

Defectos por unidad (DPU): Índice que es igual al número de defectos entre las unidades producidas, sin tomar en cuenta las oportunidades de error.

Eficacia: Grado con el cual las actividades planeadas son realizadas y los resultados planeados son logrados. Se atiende mejorando resultados de equipos, materiales y en general del producto.

Eficiencia: Relación entre los resultados logrados y los recursos empleados. Se mejora reduciendo tiempos desperdiciados por paros de equipo. Falta de material, retrasos, etcétera.

Especificación para una variable: Son el rango de valores que una variable de salida de un proceso puede tomar a fin de que el desempeño del mismo sea satisfactorio.

Estadístico Z: Es la métrica de Seis Sigma y mide la capacidad de un proceso calculando la distancia entre las especificaciones y la media del proceso en unidades de la desviación estándar.

Estrategias: Definición de metas básicas y objetivos a largo plazo de la empresa, la adopción de líneas de conducta y la asignación de recursos necesarios para lograrlos. Desde el punto de vista corporativo las estrategias son decisiones que se adoptan para:

- Determinar, configurar y revelar sus metas y propósitos.
- Elaborar políticas y los planes principales para el logro de esas metas.
- Definir los negocios en los cuales la compañía desea participar, el tipo de organización económica y humana.

Las estrategias no tienen que estar escritas de manera formal en ningún documento. Esto significa que todas las organizaciones tienen una estrategia, aunque

no dispongan de planes estratégicos o enunciados formales de la misma. De igual manera, tampoco es preciso que una empresa realice planificación estratégica para que tenga una estrategia.

Evaluación competitiva: Es un estudio en el que se analiza y compara la competitividad de varias empresas. Generalmente se toma en cuenta la opinión del cliente.

Imagen de la empresa: Es su prestigio según la percepción y opinión del cliente.

Liderazgo de arriba hacia abajo: Tipo de liderazgo y convencimiento por Seis Sigma que va desde los niveles más altos de la dirección de la organización hacia todos los niveles inferiores.

Misión: Es el establecimiento o formulación de los límites de las actividades de una Organización. La misión de una organización debe responder las siguientes interrogantes:

- ¿Qué clientes atiende?
- ¿Qué necesidades satisface?
- ¿Qué productos ofrece?
- ¿Qué funciones desempeña la Organización?

- ¿Por qué existe la Organización?

Objetivos: Son propósitos a corto, mediano y largo plazo hacia cuyo alcance se esfuerza una organización. Los objetivos deben ser:

- Claros y específicos.
- Formulados por escrito (Documentados).
- Ambiciosos pero realistas.
- Congruentes entre sí.
- Susceptibles de medición cuantitativa.
- Formulados para un determinado período.

Los objetivos se pueden jerarquizar, de acuerdo a la amplitud (espacio organizacional) y horizonte (tiempo) en tres niveles:

- Estratégicos.
- Tácticos.

- Operativos (Operacionales).

Objetivos de la Calidad: algo ambicioso, pretendido, relacionado con la calidad. Los objetivos de la calidad generalmente se basan en la política de calidad de la organización. Generalmente se especifican para los niveles y funciones pertinentes de la organización. A un nivel operativo, los objetivos de la calidad deben ser cuantitativos.

Oportunidad: Cualquier parte de la unidad que puede medirse o probarse que es adecuada.

Organización: Conjunto de factores estructurales y de unidades de acción que comparten objetivos.

Pensamiento estadístico: Filosofía de aprendizaje y acción que establece la necesidad de un análisis adecuado de los datos de un proceso, como una acción indispensable para mejorar su calidad (reducir su variabilidad).

Plan: Consiste en la determinación de algunos objetivos precisos y de los medios que deben emplearse para alcanzarlos en un tiempo determinado. Los planes identifican los recursos necesarios, las tareas que se deben ejecutar, las acciones que se deben emprender y los tiempos que se deben seguir.

Planificar: Establecer los objetivos y procesos para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.

Planificación: Proceso continuo y sistemático de análisis y discusión para seleccionar una dirección que conduzca hacia un cambio situacional y generar acciones que lo hagan visible, tomando en consideración y venciendo la resistencia de las tendencias que se oponen. La planificación no es más que un proceso que integra el diseño de planes, proyectos y programas, los cuales orientan una acción futura dirigida al logro de ciertos objetivos, utilizando métodos y estrategias y partiendo de un diagnóstico previo.

Para que la planificación sea efectiva, se deben definir los objetivos o metas de la organización, establecer una estrategia general para alcanzar esos objetivos o metas y desarrollar una jerarquía completa de planes para integrar y coordinar actividades.

La planificación se puede realizar de dos maneras:

Previsión: Se planifica del presente hacia el futuro (perspectiva). La previsión consiste en tomar ciertas acciones y medidas en el presente, para resolver con anticipación, algunos problemas que pudieran surgir en el futuro, trabajando con base en tendencias del evento, las cuales han sido determinadas a través de estudios predictivos.

Prospectiva: Se planifica del futuro hacia el presente. La prospectiva requiere que el planificador diseñe o construya un futuro deseable (ya no sólo probable) y se ubique en él, como si ya existiera. La prospectiva consiste en determinar el punto de partida y el objetivo terminal. Una vez especificado este último, el planificador retrocede, etapa por etapa, desde el futuro hacia el presente, diseñando las acciones, estrategias, objetivos y requerimientos de cada una de las etapas.

La planificación es muy importante en una organización porque ayuda a:

- Contrarrestar la incertidumbre y el cambio.
- Fijar la atención en los objetivos.
- Minimizar los costos.
- Facilitar el control

Planificación de la Calidad: Parte de la Gestión de la Calidad enfocada al establecimiento de los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de la calidad. El establecimiento de los planes de la calidad puede ser parte de la planificación de la calidad.

Políticas: Son guías generales de acción y orientación para la toma de decisiones. Las políticas se establecen para que las personas hagan elecciones y tomen decisiones semejantes en situaciones semejantes. Ellas definen los límites y fronteras dentro de los cuales las personas pueden tomar sus decisiones.

Las políticas son líneas de acción elaboradas al más alto nivel para guiar la organización, señalando metas a alcanzar y apuntando caminos a seguir; dentro de un criterio flexible que permita correcciones de rumbo acorde a las circunstancias. Las políticas se caracterizan por:

- Marcar directrices generales, no líneas rectas.
- Guías generales para la acción.
- Dar consistencia y estandarización a las operaciones de la organización.
- Restringir y programar la conducta del personal.
- Representar supuestas constantes para planificar y tomar decisiones.

Políticas de la Calidad: Intenciones globales y orientación de una organización relativas a la calidad como es expresado formalmente por la alta dirección. Generalmente la política de la calidad es coherente con la política global de la organización y proporciona un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de la calidad.

Procedimientos: Secuencia de etapas o pasos necesarios para la ejecución de un plan. Los procedimientos pueden estar documentados o no.

Proceso Tres Sigma: Nivel de calidad y/o desempeño de un proceso en el que los límites reales de su variable de salida coinciden con las especificaciones ($C_p = 1$) y a largo plazo PPM = 66 807.

Producto: Es el resultado de un proceso en el que participan varias actividades interrelacionadas.

Productividad: Es la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos. Se incrementa mediante el mejoramiento continuo del actual sistema de producción.

Satisfacción del Cliente: Es la percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos. Las quejas de los clientes son un indicador habitual de una baja satisfacción del cliente, pero la ausencia de las mismas no asegura necesariamente una elevada satisfacción del cliente. Incluso, cuando los requisitos del cliente se han acordado con el mismo y éstos han sido cumplidos, esto no asegura necesariamente una elevada satisfacción del cliente.

Seis M's: Son los materiales, mano de obra, mediciones, medio ambiente, máquinas y métodos que conforman un proceso.

Seis Sigma: Estrategia de mejora continua del negocio enfocada al cliente que busca encontrar y eliminar las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos.

Sistema: Conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan. Es un todo que consta de dos ó más partes, cada una de las cuales es importante para el desempeño o propiedades del sistema y todas ellas cumplen sus funciones interactuando entre sí, por lo cual el todo no puede ser dividido en subgrupos independientes; sus partes pueden ser o no esenciales para el funcionamiento. Estos pueden ser clasificados según su funcionamiento en:

Mecánicos: Su funcionamiento está regularizado por su estructura interna y las leyes de la naturaleza. No tienen propósito propio sino sirven a una entidad

ajena a él. Pueden ser abiertos (interactúan con el entorno) o cerrados (no interactúan con el entorno) y sus partes pueden ser esenciales o no.

Organísmicos: Funcionan dentro de un entorno, cuyas variables afectan su operatividad, por tanto, son sistemas abiertos y deben ser comprendidos, necesariamente, en relación a su entorno. Tienen propósito propio, pero no así sus partes, las cuales sí tienen funciones que sirven al propósito del todo.

Sociales: Son sistemas abiertos con propósito propio, en los cuales, algunas de sus partes esenciales tienen su propósito propio. Ellos a su vez, pueden formar parte de sistemas más amplios con propósitos propios.

Sistema de Gestión: Sistema para establecer la política y los objetivos y para lograr dichos objetivos. Un sistema de gestión de una organización puede incluir diferentes sistemas de gestión, tales como un sistema de gestión de la calidad, un sistema de gestión financiera o un sistema de gestión ambiental.

Sistema de Gestión de la Calidad: Sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad.

Sistema de medición del desempeño: Se refiere a cuantificar los signos vitales de la organización y con base en ellos encauzar el pensamiento de los empleados y fijar prioridades.

Táctica: Son los medios por los cuales se realizan las estrategias. Son cursos de acción más específicos y pormenorizados que las estrategias y abarcan períodos de tiempo más breves.

Tiempo de ciclo: Es el tiempo que transcurre desde que el cliente inicia un pedido que se transforma en órdenes de compra para proveedores, órdenes de producción, de materiales y sub-ensambles hasta que todo esto se transforma en un producto en manos del cliente.

Unidad: Son las partes, productos o ensambles que son producidos por un proceso.

Valores: Son los principios guías que sustentan las actitudes y orientan las acciones de los miembros de una organización.

Variabilidad: Se refiere a la diversidad de resultados de una variable o de un proceso.

Variables continuas: Son las que al medirse sus resultados se ubica en una escala continua que corresponde a un intervalo de los números reales.

Variables discretas: Son elementos que pueden cuantificarse con la simple observación.

Variables críticas de la calidad (VCC): Son aquellas en las que se reflejan el desempeño y/o resultados de un proceso. Son las que realmente le interesan al cliente e incluyen las características de calidad del producto.

Variables de entrada del proceso: Son las que definen las condiciones de operación del proceso e incluyen a las variables de control del proceso y aquellas, aunque no controladas, influyen en el desempeño del mismo.

Variables de salida: Son las características en las que se reflejan los resultados obtenidos por un proceso.

Visión: Es la descripción de un claro sentido del futuro y de la comprensión de las acciones necesarias para conseguir el éxito. Es el establecimiento de una identidad común en los propósitos de la organización para orientar el comportamiento de sus miembros frente al futuro que desea construir.

Tabla 12: Actores y roles en Seis Sigma

Nombre	Rol	Características	Capacitación a recibir	Acreditación
Líder	Es el ejecutivo de más alto rango y es responsable de desarrollar, encauzar y pernear la estrategia Seis Sigma	Visión, liderazgo y autoridad	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico y entender el programa Seis Sigma y de su metodología (DMAMC)	-
Líder de implementación	Dirección ejecutiva de la iniciativa Seis Sigma, suele tener una jerarquía sólo por abajo del líder	Profesional con experiencia en la mejora empresarial, en calidad y respetado en la estructura directiva		-
Champions y/o patrocinadores	Gerente de planta y gerentes de área, son los dueños de los problemas, y establecen problemas y prioridades. Responsables de garantizar el éxito de la implementación de Seis Sigma en sus áreas de influencia	Dedicación, entusiasmo, fe en sus proyectos, capacidad para administrar		Aprobar examen teórico-práctico sobre las generalidades de Seis Sigma y el proceso DMAMC
Master black belt	Dedicado 100% a Seis Sigma, realiza asesoría y tiene la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la empresa, dirigen o asesoran proyectos claves. Son mentores de los BBS	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos	Requieren amplia formación en estadística y en los métodos Seis Sigma (de preferencia maestría en estadística o calidad) y recibir el entrenamiento BB	Haber dirigido al menos un proyecto exitoso y asesorado 20. Aprobar examen teórico práctico sobre curriculum BB y aspectos críticos de SS

Tabla 12: Actores y roles en Seis Sigma (cont)

Nombre	Rol	Características	Capacitación a recibir	Acreditación
Black belt (BB)	Gente dedicada de tiempo completo a Seis Sigma realizan y asesoran proyectos	Capacidad de comunicación. Reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos. Gente con futuro en la empresa	Recibir el entrenamiento BB, con una base estadística sólida	Haber dirigido dos proyectos exitosos y asesorado 4. Aprobar el examen teórico-práctico sobre curriculum BB y aspectos críticos de Seis Sigma
Green belt	Ingenieros, analistas financieros, expertos técnicos en el negocio, atacan problemas de sus áreas, dedicados de tiempo parcial a Seis Sigma. Participan y lideran equipos	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos (DMAMC), capacidad para dar seguimiento	Recibir el entrenamiento BB	Haber sido el líder de dos proyectos exitosos. Aprobar examen teórico-práctico sobre curriculum BB
Yellow belt	Personal de piso que tiene problemas en su área	Conocimientos de los problemas, motivación y voluntad de cambio	Cultura básica de calidad y entrenamiento en herramientas estadísticas básicas, DMAMC y en solución de problemas	Haber participado en un proyecto. Aprobar el examen teórico-práctico sobre el entrenamiento básico que recibe

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de Investigación

Es una Investigación de Campo bajo un enfoque cualitativo, ya que fue ejecutada en una organización en específico (La organización escogida fue el departamento de Soporte Técnico de una empresa de concreto premezclado certificada bajo la norma ISO 9001) y la recolección de datos fue realizada sin medición numérica, en este caso el método de recolección consistió en observaciones de tipo no participantes.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación fue No Experimental Transeccional Descriptivo, es decir, tuvo como objetivo ubicar, categorizar y proporcionar una visión de la comunidad, en este caso la comunidad fue el departamento de Soporte Técnico de una empresa de concreto premezclado con certificación ISO 9001. El procedimiento básicamente consistió en ubicar a grupos de personas, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, en una variable o concepto y proporcionar su descripción.

Operacionalización de las Variables

En la Tabla 13 se puede observar la definición de las distintas variables y su operacionalización, para de esta manera establecer el plan de acción para poder cumplir los objetivos propuestos:

VER ARCHIVO: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VER ARCHIVO: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VER ARCHIVO: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VER ARCHIVO: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VER ARCHIVO: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VER ARCHIVO: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Análisis de Datos

El análisis de datos fue bajo el enfoque cualitativo, para lo cual se establecieron siete pasos:

1. Revisión del material.

Consistió en revisar que los datos hayan sido preparados en forma adecuada para el análisis; en otras palabras, que se encuentren organizados y clasificados por un criterio lógico, además de ser legibles y que estén completos. Para ello se contó con equipos adecuados para realizar esta tarea, como computadoras con software apropiado para la investigación (Lotus Notes, Microsoft Office).

2. Establecimiento de un plan de trabajo inicial.

Consistió en establecer un plan preliminar de trabajo que incluye: revisión de los datos, definición del método para análisis de los datos, definición de los programas computacionales que se usaron y las fechas tentativas para la realización del análisis.

3. Codificación de los datos en un primer plano.

La codificación de los datos en un primer nivel, consistió en clasificar y asignar unidades de análisis a categorías de análisis, en otras palabras una categorización.

4. Codificación de los datos en un segundo plano.

La codificación de los datos en un segundo plano consistió en refinar la codificación y la interpretación del significado de las categorías obtenidas en el primer nivel. La meta en este nivel fue integrar las categorías en temas y subtemas, basándose en sus propiedades.

5. Interpretación de los datos.

Este nivel comprendió:

- a) Las descripciones de cada categoría: Ofrecer una descripción completa de cada categoría y ubicarla en el fenómeno que se estudió.
- b) Los significados de cada categoría: Analizar el significado de la categoría para los sujetos.
- c) La presencia de cada categoría: La frecuencia con la cual aparece en los manuales que se analizaron.
- d) Las relaciones entre categorías: Encontrar vinculaciones, nexos y asociaciones entre categorías. Las relaciones más comunes entre categorías son: temporales, causales y de conjunto-subconjunto.

6. Descripción de contextos, eventos, situaciones, y personas sujetos de estudio; ubicación de patrones, explicación de sucesos, hechos y construir teoría.

Una vez descritas las categorías y los temas, así como su frecuencia, significado y relaciones se enmarcó el contexto, la situación y el evento en el cual ocurren.

7. Retroalimentación.

En este nivel se verificó si se cumplieron los objetivos y en general con las expectativas sobre el estudio, en otras palabras, se vio si las conclusiones obtenidas respondieron el planteamiento del problema inicialmente propuesto, todo esto en aras del avance del conocimiento.

Tabla 13: Operacionalización de las Variables

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SEIS SIGMA EN EL DEPARTAMENTO DE SOPORTE TÉCNICO EN UNA EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO CERTIFICADA CON ISO 9001					
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE	DIMENSIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Conocer los distintos elementos que componen la Filosofía Seis Sigma.	Seis Sigma	Metodología Estructurada que incrementa la Calidad a través de la mejora continua de los procesos involucrados en la producción de un bien o de un servicio, tomando en cuenta todos los aspectos importantes de un negocio: administrativo, servicio de entrega, diseño, producción, y satisfacción del cliente.	Calidad	Observación no participante	Registros
			Mejora Continua		
			Procesos		
			Bien o Servicio		
			Negocio		
			Satisfacción del Cliente		

Tabla 13: Operacionalización de las Variables (Continuación)

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SEIS SIGMA EN EL DEPARTAMENTO DE SOPORTE TÉCNICO EN UNA EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO CERTIFICADA CON ISO 9001					
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE	DIMENSIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Conocer los distintos elementos que componen un plan de implementación.	Plan de implementación	Consiste en la determinación de algunos objetivos precisos y de los medios que deben emplearse para alcanzarlos en un tiempo determinado. Los planes identifican los recursos necesarios, las tareas que se deben ejecutar, las acciones que se deben emprender y los tiempos que se deben seguir.	Objetivos	Observación no participante	Registros
			Medios		
			Tiempo		
			Recursos		
			Tareas		
			Acciones		

Tabla 13: Operacionalización de las Variables (Continuación)

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SEIS SIGMA EN EL DEPARTAMENTO DE SOPORTE TÉCNICO EN UNA EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO CERTIFICADA CON ISO 9001					
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE	DIMENSIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Identificar los elementos que componen la Gestión de la Calidad de una empresa concreto premezclado, específicamente en su departamento de Soporte Técnico.	Planificación de la Calidad del Departamento de Soporte Técnico en una empresa de concreto premezclado	Actividades que establecen los objetivos y los requisitos para la calidad, así como los requisitos para la aplicación de los elementos del Sistema de Calidad. Esta planificación abarca: la planificación del producto, la administrativa y operativa, y la preparación de planes de la calidad.	Visión	Observación no participante	Registros
			Misión		
			Valores		
			Políticas de Calidad		
			Objetivos de la Calidad		
			Plan de Calidad		

Tabla 13: Operacionalización de las Variables (Continuación)

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SEIS SIGMA EN EL DEPARTAMENTO DE SOPORTE TÉCNICO EN UNA EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO CERTIFICADA CON ISO 9001					
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE	DIMENSIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Analizar los mecanismos de medición y mejora continua que posee una empresa de concreto premezclado certificada bajo ISO 9001.	Medición de los indicadores de Gestión	Conjunto de operaciones que permiten determinar el valor de una magnitud (ISO 9000:2000)	Resistencia Obtenida	Observación no participante	Registros
			Eficiencia de Cemento		
			Índice de Muestreo		
			Fracción Defectuosa		
			Concreto Desperdiciado		
			Reclamos		
			Desviación		
	Proceso de mejora continua del Departamento de Cemex Concretos	Actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir requisitos (ISO 9000:2000)	Encuestas de Satisfacción al Cliente	Observación no participante	Registros
			Programas de Evaluación del Desempeño del Personal		

Tabla 13: Operacionalización de las Variables (Continuación)

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SEIS SIGMA EN EL DEPARTAMENTO DE SOPORTE TÉCNICO EN UNA EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO CERTIFICADA CON ISO 9001					
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE	DIMENSIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Determinar si es factible implementar Seis Sigma en el Departamento de Soporte Técnico en una empresa de concreto premezclado certificada bajo ISO 9001.	Factibilidad	Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados, la factibilidad se apoya en 3 aspectos básicos: operativo, técnico y económico.	Factibilidad operativa	Observación no participante	Registros
			Factibilidad técnica		
			Factibilidad económica		

Tabla 13: Operacionalización de las Variables (Continuación)

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SEIS SIGMA EN EL DEPARTAMENTO DE SOPORTE TÉCNICO EN UNA EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO CERTIFICADA CON ISO 9001					
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE	DIMENSIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Proponer un plan para la implementación del Sistema Seis Sigma en el Departamento de Soporte Técnico de una empresa de concreto premezclado certificada bajo ISO 9001.	Plan de implementación	Consiste en la determinación de algunos objetivos precisos y de los medios que deben emplearse para alcanzarlos en un tiempo determinado. Los planes identifican los recursos necesarios, las tareas que se deben ejecutar, las acciones que se deben emprender y los tiempos que se deben seguir.	Objetivos	Observación no participante	Registros
			Medios		
			Tiempo		
			Recursos		
			Tareas		
			Acciones		

Fuente: José E. Salazar (2006)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Gestión de la Calidad de la Organización

Después de revisar el Manual de Gestión de la Calidad de la empresa, su Manual de Soporte Técnico y las normas ISO 9000:2000, 9001:2000 y 9004:2000, se logró tener una visión global de la Gestión de la Calidad en las organizaciones y en particular la del departamento de Soporte Técnico de una empresa de concreto premezclado.

Tomando en cuenta lo que se describió en el Capítulo II, con respecto a la Planificación de la Calidad, parte fundamental de la Gestión de la Calidad, esta investigación se enfocó en ubicar en el departamento en estudio, cada uno de los elementos que conforman este proceso y de alguna manera ver si concuerda con lo que teóricamente se entiende cómo planificación de la calidad, que no es más que la parte de la Gestión de la Calidad enfocada al establecimiento de los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de la calidad.

Para ello se plantearon los objetivos de la Investigación (General y específicos), descritos en el Capítulo I, los cuales guiaron de manera correcta el presente estudio, se realizó una operacionalización de las variables (Capítulo III) que sirvió de herramienta para tener una mejor noción acerca de los elementos que debieron buscarse en esta investigación, para finalmente obtener una visión global del proceso que tiene la organización en cuestión y así poder determinar la factibilidad que tiene este tipo de empresas de implementar la filosofía Seis

Sigma, que no es más que una cultura que busca como meta final cero defectos, para finalizar con una propuesta de implementación de este Sistema de Calidad.

Para el estudio de la Planificación del Departamento de Soporte Técnico, se acordó ubicar y definir los términos que se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Elementos que Conforman la Planificación de la Calidad del Departamento de Soporte Técnico

ELEMENTO	UBICACIÓN	DEFINICIÓN
Política de la Calidad	Manual de Gestión de la Calidad	Ver Tabla 18
Objetivos de la Calidad	Manual del Departamento de Soporte Técnico	Ver Tabla 19
Plan de la Calidad	Manual del Departamento de Soporte Técnico	Ver Tabla 20
Fuente: José E. Salazar (2006)		

Tomando en cuenta que previo a cualquier planificación, la organización debe tener claro cual es su razón de ser, cómo se ve en el futuro (visión) y con que valores cuenta para lograr lo anteriormente descrito, se consideró pertinente el estudio de estos elementos y localizar su ubicación en el departamento de Soporte Técnico de la empresa, los cuales se pueden ver en la Tabla 15.

Tabla 15. Bases de la Organización

ELEMENTO	UBICACIÓN	DEFINICIÓN
Visión de la Organización	No aplica	No aplica
Misión de la Organización	Código de Ética de la empresa	Ver Tabla 21
Valores de la Organización	Código de Ética de la empresa	Ver Tabla 22

Fuente: José E. Salazar (2006)

Adicional a esto, se consideró conveniente estudiar que mecanismos de Difusión e Implantación (ver tabla 16) y de medición y mejora continua (ver tabla 17) cuenta la Organización en su proceso de Planificación de la Calidad.

Tabla 16. Mecanismos de Difusión e Implantación

MECANISMOS	COMPONENTES
Difusión	Charlas
	Intranet
	Periódico de la Organización
Implantación	Jornadas
	Charlas
	Adiestramiento del Personal

Fuente: José E. Salazar (2006)

Tabla 17. Mecanismos de Medición y Mejora Continua

MECANISMOS	ELEMENTOS
Medición	Resistencia Obtenida
	Desviación Estándar
	Índice de Muestreo
	Fracción Defectuosa
	Concreto Desperdiciado
	Reclamos
	Eficiencia de Cemento
Mejora Continua	Encuestas de Satisfacción al Cliente
	Programas de Evaluación del Desempeño del Personal (P&PA)
	Reuniones Mensuales de Gestión
	Auditorias Internas
Fuente: José E. Salazar (2006)	

Elementos que conforman la Planificación de la Calidad

Política de la Calidad

La organización en estudio, conciente de su rol como integrante de una organización cementera, líder del mercado venezolano, ha implantado en la organización un Sistema de Gestión de la Calidad, certificado a través de la Norma ISO 9001:2000, basado en su política de la calidad, la cual esta definida tal como se aprecia en la Tabla 18.

En esta política de la calidad se pudo observar que la organización, a través de la alta dirección, define la unidad de negocio, el compromiso que se tiene desde la alta dirección de cumplir con los requisitos del producto a través de un

Tabla 18. Política de la Calidad de la empresa

POLÍTICA DE LA CALIDAD
<i>“COMERCIALIZAMOS, PRODUCIMOS Y DISTRIBUIMOS CONCRETO PREMEZCLADO CON EL COMPROMISO DE CUMPLIR LOS REQUISITOS DEL PRODUCTO MEDIANTE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD EFICAZ QUE PERMITE EL MEJORAMIENTO CONTINUO DE LOS PROCESOS Y QUE GARANTIZA EXCELENTE PRODUCTOS Y SERVICIOS, PARA ASÍ LOGRAR LA TOTAL SATISFACCIÓN DE NUESTROS CLIENTES”</i>
Fuente: Manual de Gestión de la Calidad de la empresa (2006)

Sistema de Gestión de la Calidad y por último el objetivo final de la organización: la total satisfacción de los clientes.

En conclusión se confirma a través de este ejemplo tomado de la empresa, que la política de la calidad son intenciones globales y directrices de una organización relativas a la calidad como es expresado formalmente por la alta dirección.

Objetivos de la Calidad

Para lograr el cumplimiento de la política de la calidad y satisfacer los requisitos para el producto, la alta dirección de la organización ha establecido objetivos, ver tabla 19, los cuales están para todas las áreas de la empresa y cada una de ellas han fijado objetivos específicos y medibles para las funciones y niveles pertinentes que dan cumplimiento a los lineamientos establecidos en la

política de la calidad, es el caso del departamento de Soporte Técnico, el cual estableció sus objetivos de la calidad.

Tabla 19. Objetivos de la Calidad de la empresa y su departamento de Soporte Técnico

EMPRESA DE CONCRETO PREMEZCLADO	DEPARTAMENTO DE SOPORTE TÉCNICO
1.- Cumplir con el Presupuesto Anual de Operaciones.	1.- Cumplir con los requisitos de la calidad de productos definidos tanto por los clientes y como los establecidos en el Plan de Calidad.
2.- Cumplir con el Plan Anual de Inversiones.	2.- Cumplir con las metas de los indicadores de calidad: Eficiencia mayor a 0.80, Fracción Defectuosa menor a 10 %, Desviación Estándar menor a 35 kg/cm ² y cero costos debido a reclamos.
3.- Cumplir con el MOP (Margen de Operaciones) presupuestado, en porcentaje y en flujo.	3.- Investigar necesidades de acuerdo a los estudios de mercadeo desarrollando nuevos productos y servicios rentables y que aseguren satisfacción al cliente.
4.- Cumplimiento de la Planificación de Ventas.	4.- Contribuir con los planes y programas de capacitación y nuevas tecnologías para todo el personal.
5.- Cumplir con los parámetros de calidad de productos requeridos por los clientes.	
6.- Cumplir con los requerimientos legales y otros aplicables al producto.	
7.- Satisfacer los estándares establecidos por el área de Operaciones: puntualidad, Satisfacción al cliente, rendimiento m ³ /camión, rendimiento m ³ /persona.	
8.- Satisfacer los estándares establecidos por el área de Mantenimiento: % de Operatividad,	

Tabla 19. Objetivos de la Calidad de Cemex Concretos y su departamento de Soporte Técnico (Continuación)

CEMEX CONCRETOS	DEPARTAMENTO DE SOPORTE TÉCNICO
Costos de Mantenimiento \$ / m ³ . 9.- Seguimiento de evolución de la Cartera. 10.- Cumplir con el Plan de Capacitación del Personal de la empresa. 11.- Cumplir con los objetivos del área de Abastecimiento. 12.- Implantar y mantener un Sistema de Aseguramiento de la Calidad bajo los requerimientos de la norma COVENIN-ISO 9001 vigente.	
Fuente: Manual de Gestión de la Calidad (2006), Manual de Aseguramiento de la Calidad (2006)	

Al revisar los objetivos de la calidad de la empresa de concreto premezclado y de su departamento de Soporte Técnico, se puede concluir que dichos objetivos abarcan todo el proceso desde el ámbito más global, como es el caso de los objetivos de la organización, hasta los puntos más específicos y cuantificables, como es el caso de los objetivos del departamento de Soporte Técnico. Además, ambos objetivos están alineados con la política de la calidad.

Plan de la Calidad

Dentro de la planificación de la Calidad de la organización, se observó la presencia de planes de calidad en cada una de las áreas que componen la organización. Es el caso del departamento de Soporte Técnico, el cual ha establecido planes de calidad y de calibración y mantenimiento de equipos. En el plan de calidad abarca todo el proceso de producción: evaluación de las fuentes de materias primas (proveedores), evaluación de la materia prima para la fabricación de concreto premezclado, evaluación del producto en proceso y evaluación del producto terminado. Este material por ser de uso confidencial no se pudo extraer de la base de datos electrónica de la empresa, sin embargo al revisar la información se pudo apreciar que el plan comprende: las actividades que se realizan, el tamaño de la muestra y el lugar, lote de control, frecuencia con que se debe hacer la actividad, norma de referencia y método de ensayo, registro, criterio de aceptación ó rechazo, acciones correctivas tipificadas y observaciones. En la tabla 20 se puede observar el diseño del plan de calidad y un ejemplo de cómo se lleva este documento en dicho departamento.

VER ARCHIVO: PLAN DE CALIDAD CEMEX

Bases de la Organización

Visión

Por limitaciones en el acceso a la información, no se logró ubicar, durante el tiempo de la investigación, una visión oficial de la Organización. Esto genera un área de oportunidad para toda la Organización, ya que actualmente no se conoce ningún documento donde se pueda apreciar la Visión y en específico su departamento de Soporte Técnico.

Misión

La Misión de la organización se puede observar en la tabla 21.

Una vez revisada la Misión y basándose en la definición de Misión, ver Capítulo II, se pudo concluir que La Misión de la empresa respondió con cada una de las interrogantes que se deben contestar a la hora de establecer una Misión, en la Tabla 22 se puede apreciar las respuestas de cada una de esas preguntas.

Tabla 21. Misión de la empresa de concreto premezclado

MISIÓN
<i>“LA MISIÓN DE LA EMPRESA ES SATISFACER GLOBALMENTE LAS NECESIDADES DE CONSTRUCCIÓN DE SUS CLIENTES Y CREAR VALOR PARA SUS ACCIONISTAS, EMPLEADOS Y OTRAS AUDIENCIAS CLAVE, CONSOLIDÁNDOSE COMO LA ORGANIZACIÓN CEMENTERA MULTINACIONAL MÁS EFICIENTE Y RENTABLE DEL MUNDO.</i> <i>PARA LOGRAR NUESTRA MISIÓN CONTRIBUIMOS CON NUESTROS CLIENTES A LA CONSTRUCCIÓN DE UN MUNDO MEJOR, SUMINISTRÁNDOLES OPORTUNAMENTE PRODUCTOS Y SERVICIOS DE CALIDAD, CRECIENDO Y POSICIONÁNDONOS MUNDIALMENTE COMO LA MEJOR OPCIÓN PARA NUESTROS GRUPOS DE INTERÉS DENTRO DE LA INDUSTRIA CEMENTERA INTEGRADA.”</i>
Fuente: Código de Ética de la empresa (2000)

Tabla 22. Respuestas que da la Misión la Organización

Pregunta	Respuesta
¿Qué clientes atiende?	Todos los clientes relacionados con el sector de la Construcción.
¿Qué necesidades satisface?	Suministra oportunamente productos y servicios de calidad relacionados con la Industria Cementera Integrada (Cemento, Agregados para fabricar Concreto y Concreto Premezclado).
¿Qué productos ofrece?	Todos aquellos relacionados con la Industria Cementera Integrada (Cemento, Agregados para fabricar Concreto y Concreto Premezclado).
¿Qué funciones desempeña la Organización?	Contribuir con sus clientes a la construcción de un mundo mejor, suministrando oportunamente productos y servicios de calidad.
¿Por qué existe la Organización?	Para satisfacer globalmente las necesidades de construcción de sus clientes y crear valor para sus accionistas, empleados y otras audiencias clave y consolidarse como la organización cementera multinacional más eficiente y rentable del mundo.

Fuente: José E. Salazar (2006)

Valores

En esta organización, buscaron la excelencia en sus resultados y forjaron relaciones perdurables basadas en la Confianza, al vivir con intensidad sus valores esenciales, los cuales están definidos en la Tabla 23.

Tabla 23. Valores de la Organización

Valores	Cómo lo definen en la Organización
Colaboración	Unirse al esfuerzo de los demás, aportando lo mejor de nosotros mismos, para obtener excelentes resultados.
Integridad	Actuar siempre con honestidad, responsabilidad y respeto.
Liderazgo	Visualizar el futuro y orientar el esfuerzo hacia la excelencia en el servicio y la competitividad.
Fuente: Código de Ética de la organización (2000)	

Adicional a esto, en esta empresa consideraron que el éxito de su negocio radicó en ser la mejor opción para cada uno de sus grupos de interés, es por eso que definieron sus Creencias, que describen su manera de ser y ayudan a fortalecer los valores antes descritos, estas creencias se pueden observar en la Tabla 24.

Tabla 24. Las Creencias de la Organización

Valores	Creencia
Liderazgo	Nos esforzamos en desarrollar e implantar estrategias que aseguren nuestro liderazgo en la creación de valor para nuestros clientes, inversionistas, personal, proveedores y comunidades en donde operamos. Tenemos la certeza de que una permanente orientación al servicio efectivo y nuestra competitividad son factores fundamentales para el logro de nuestra Misión.
Integridad	Creemos que nuestro personal, al actuar con integridad, nos da ventajas competitivas. Al desarrollar nuestras actividades con honestidad, responsabilidad y respeto, construimos vínculos perdurables, de confianza y de mutuo beneficio en todas nuestras interacciones. Fomentamos la comunicación clara y directa porque sabemos que la pluralidad de culturas y opiniones nos enriquece.
Colaboración	Estamos convencidos de que la colaboración entre quienes integramos la Organización agiliza nuestra toma de decisiones y nos lleva a alcanzar mejores resultados. Expresamos nuestro profesionalismo mediante una permanente actualización, comunicación efectiva y disposición para compartir nuestro esfuerzo y conocimiento al trabajar en equipo. Buscamos proactivamente y de manera innovadora satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros grupos de interés. Nos gusta mejorar continuamente, adaptarnos al cambio y entregarnos a nuestro trabajo.

Fuente: Código de Ética de la Organización (2000)

La Misión, los Valores y Creencias de la Empresa fueron definidos dentro del marco del Código de Ética de la Organización, el cual es un conjunto de políticas y directrices que deben ser adoptadas por cada uno de los integrantes de esta empresa, de hecho al ingresar un nuevo integrante a la organización, es responsabilidad del departamento de Recursos Humanos entregar este reglamento y verificar continuamente que tanto los nuevos ingresos como el personal en general entienda y se comprometa con lo establecido en este Código de Ética.

La Visión de la empresa, aunque no aparece tácitamente en este Código, se puede deducir al analizar cada uno de los elementos que componen este reglamento, la Visión de la Organización que deduce el autor se puede observar en la tabla 25.

Tabla 25. Visión de la Organización que deduce el Autor

VISIÓN DE LA ORGANIZACIÓN
<i>SER LA ORGANIZACIÓN CEMENTERA MULTINACIONAL MÁS EFICIENTE Y RENTABLE DEL MUNDO, CRECIENDO Y POSICIONÁNDOSE COMO LA MEJOR OPCIÓN PARA SUS GRUPOS DE INTERÉS DENTRO DE LA INDUSTRIA CEMENTERA INTEGRADA.</i>
Fuente: Código de Ética de la organización (2000)

Mecanismos de Difusión e Implantación

Difusión

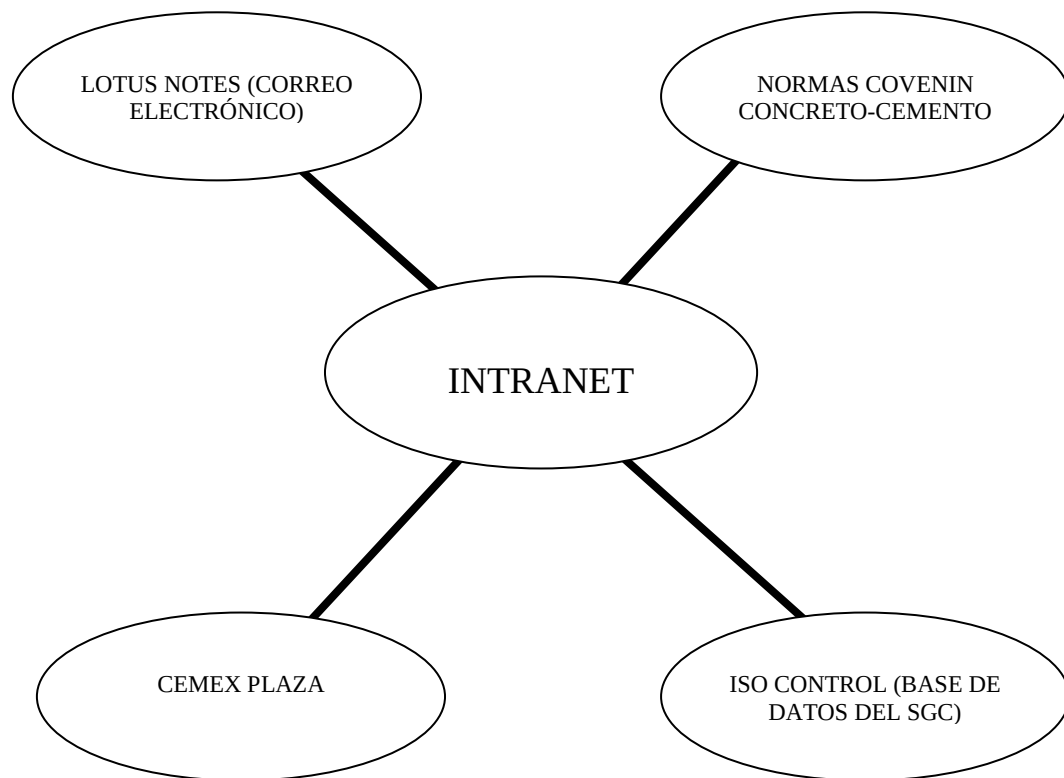
Dentro de los mecanismos de Difusión que cuenta la organización para hacer publico la política de la calidad, los objetivos de calidad, sus planes de calidad, su misión, valores y creencias se encuentran:

Charlas: Todo los integrantes de la organización han asistido a Charlas donde se hablan del Código de Ética y de la importancia que tiene este reglamento en la vida de la organización. Como constancia de haber recibido estas charlas la organización le hace entrega a cada uno de los trabajadores una impresión del código, donde aparece un compromiso formal por escrito, donde la persona certifica haber leído el código y manifiesta que conoce en todos sus términos la Misión, Valores y Pautas de Conducta que rigen la organización, de la misma manera se hace patente que comprendió su alcance y la obligatoriedad de su cumplimiento.

Adicional a esto la organización capacita a su personal en todo lo relacionado con su Sistema de Calidad, creando un equipo de auditores internos que velan por la medición, seguimiento y mejora continua del Sistema de Gestión de Calidad implantado en la empresa.

Intranet: La organización cuenta con una potente Intranet, la cual se utiliza como medio de comunicación y de interacción entre cada uno de los integrantes de la misma. Dentro de ella se pudo evidenciar que existe un gran número de bases de datos y de herramientas que se utilizan para el completo desarrollo de las operaciones, las más utilizadas aparecen en la figura 7.

Figura 7. Bases de Datos y Herramientas que posee la Organización



Fuente: José E. Salazar (2006)

El Lotus Notes es un software de correo electrónico que se utiliza como medio de comunicación dentro de la organización, este programa además tiene la posibilidad de almacenar base de datos para el uso de la empresa, dentro de las bases de datos más utilizadas están las Normas Covenin de criterios de aceptación y rechazo, ensayos que se realizan a la materia prima y el ISO CONTROL, que es una base de datos bajo la herramienta Lotus Notes, el cual sirve para el almacenamiento de la documentación que soporta el Sistema de Gestión de Calidad, el cual está certificado bajo la norma ISO 9001:2000.

Adicional a esto existe el Cemex Plaza, portal de Intranet de la organización que cumple varias funciones, dentro la más importantes se encuentran: Periódico de la organización, plataforma para la ejecución de los software utilizados para la medición y seguimiento de los procesos y de capacitación de personal, medio de comunicación dentro de la organización, plataforma para realizar cursos vía intranet, entre otras.

Implantación

Como mecanismos de implantación, adicional a los descritos como mecanismos de difusión, está el Adiestramiento del Personal, el cual la organización utiliza para Gerenciar el Conocimiento de la Organización.

Trimestralmente, el departamento de Recursos Humanos realiza un Plan de Capacitación, el cual se realiza en función del perfil de cada integrante de la organización y de las necesidades de mejora que requiera la organización. Es política de la empresa mantener su personal en constante adiestramiento, para que esto ayude a la innovación y la proactividad del mismo.

Mecanismos de Medición y Mejora Continua

Medición

Cada área de la organización, al definir sus objetivos de calidad, estableció una serie de indicadores de medición que sirven para llevar un eficaz seguimiento del control de los procesos. Es el caso del departamento de Soporte Técnico, el cual al definir sus objetivos de calidad, estableció sus indicadores de gestión los cuales se pueden observar en la Tabla 26.

Tabla 26. Indicadores de Gestión del Departamento de Soporte Técnico

Indicadores	¿Cómo se Obtiene?
Resistencia Obtenida	Es el promedio de los resultados obtenidos de los ensayos a compresión de los cilindros de concreto, muestreados durante la producción diaria. Este indicador da una noción acerca del cumplimiento de las resistencias exigidas por el cliente. Es objetivo del departamento mantener este indicador por encima de la resistencia nominal de diseño ($f'c$)
Desviación Estándar	Es el promedio de las dispersiones obtenidas en los ensayos a compresión de los cilindros de concreto. Este indicador da una noción del grado de control estadístico que se tiene en el proceso. Es objetivo del departamento mantener este indicador por debajo de 35 kg/cm^2 .
Índice de Muestreo	Es la relación entre la producción mensual y el número de muestras de concreto tomadas durante el mes. Este indicador da una noción acerca del grado de representatividad de las muestras tomadas en el mes. Es objetivo del departamento mantener este indicador por debajo de $40 \text{ m}^3/\text{Toma}$
Fracción Defectuosa	Es la relación porcentual entre el número de muestras de concreto defectuosas entre el número total de muestras tomadas. Este indicador da una noción del grado de cumplimiento de los requisitos del cliente. Es objetivo del departamento mantener este indicador por debajo de 10 %.
Concreto Desperdiciado	Es el volumen de concreto mensual que se pierde por algún problema originado por una situación que es responsabilidad del departamento. Es objetivo del departamento tener en este indicador en 0 m^3 .

Tabla 26. Indicadores de Gestión del Departamento de Soporte Técnico (Continuación)

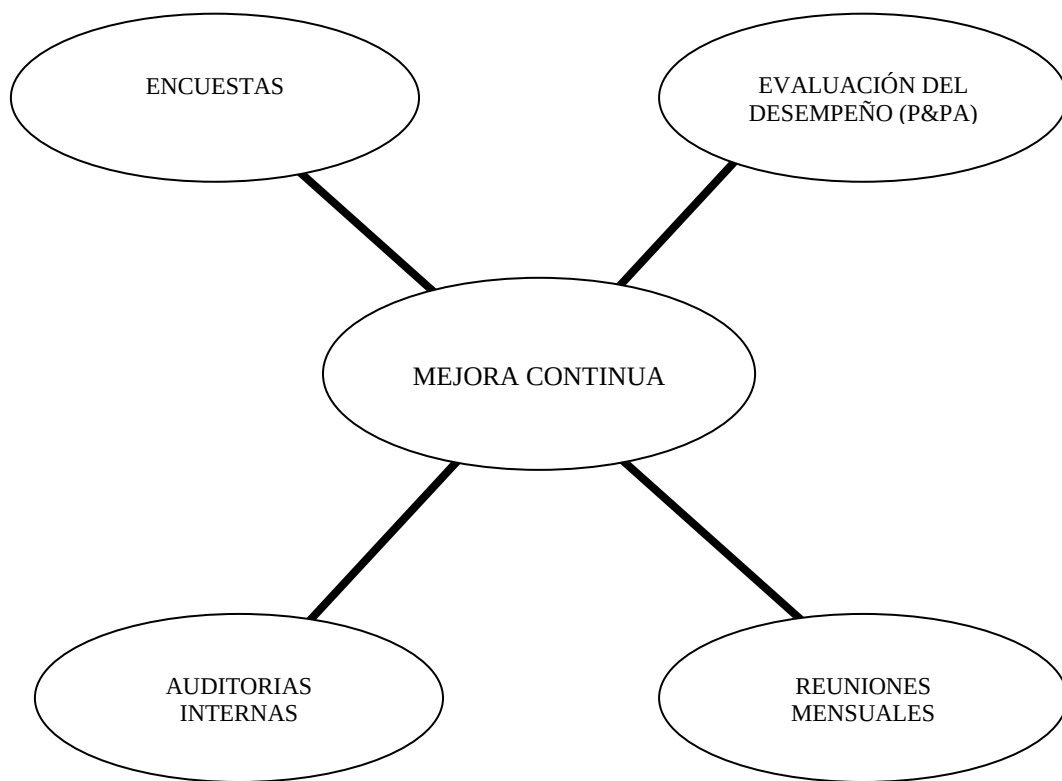
Indicadores	¿Cómo se Obtiene?
Reclamos	Son todos aquellos reclamos hechos por los clientes, por problemas de calidad de producto. Es responsabilidad del departamento mantener este indicador en cero.
Eficiencia de Cemento	Es la relación entre la resistencia promedio obtenida durante el mes y el consumo total de cemento. Este indicador da una noción del grado de aprovechamiento que se tiene de este importante recurso en las operaciones de las plantas de concreto. Es objetivo del departamento mantener la eficiencia de cemento por encima de 0.80.

Fuente: José E. Salazar (2006)

Mejora Continua

Es responsabilidad tanto de la alta dirección, como de cada uno de los integrantes de la organización, mantener un proceso de mejora continua el cual garantice el correcto funcionamiento del Sistema de Gestión de Calidad. Es por ello que la organización ha establecido una serie de mecanismos que garanticen el correcto desarrollo de tan importante proceso, los cuales se pueden observar en la figura 8.

Figura 8. Mecanismos de Mejora Continua



Fuente: José E. Salazar (2006)

Encuestas de Satisfacción al Cliente: La organización ha establecido un programa de evaluación de la satisfacción al cliente, el cual se basa en encuestas realizadas aleatoriamente, donde se averigua el grado de satisfacción de los encargados de las obras a la cual la empresa presta el servicio. Dentro de los puntos que se evalúan están: puntualidad, servicio y calidad del producto.

Estos resultados son revisados periódicamente por los encargados de las plantas de concreto premezclado, los cuales prestan suman atención a esta herramienta en el caso de existir algún tipo de reclamo, evalúan el origen del mismo y se realiza un plan de acciones correctivas para erradicar la causa que lo originó.

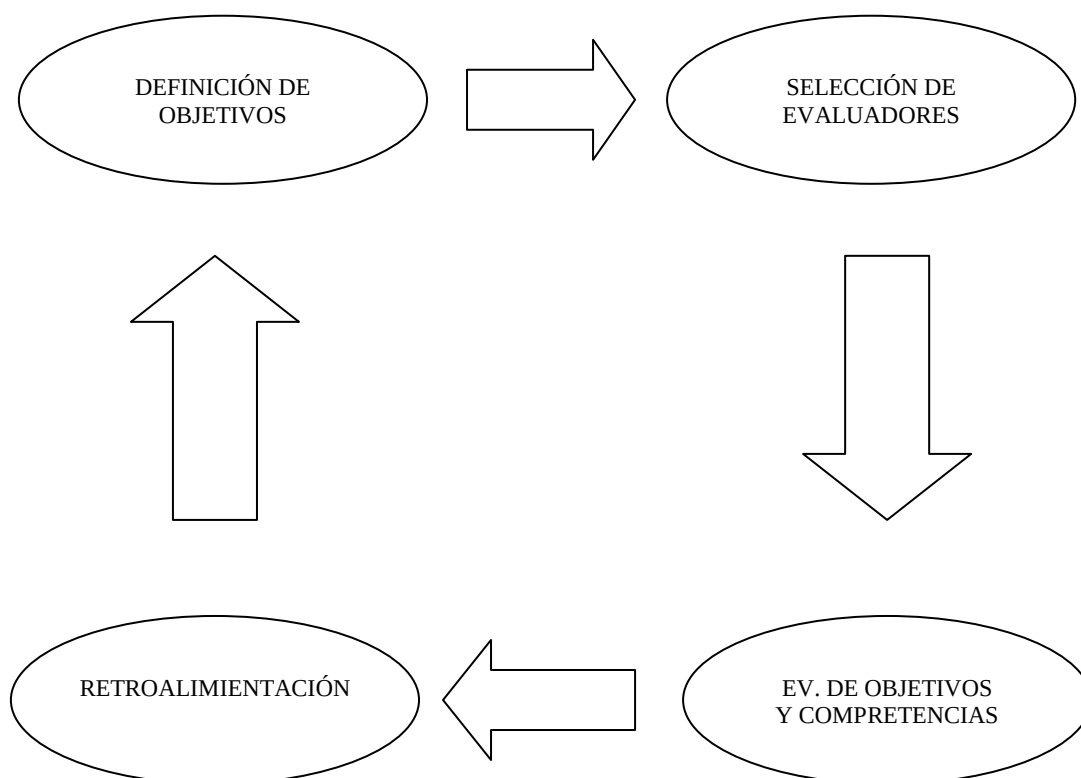
Auditorías Internas: La organización, a través del comité ISO, realiza periódicamente jornadas de auditorías internas, con el objeto de ver el grado de cumplimiento de lo establecido por el Sistema de Gestión de la Calidad, el cual es certificado por la norma ISO 9001. Con este programa de auditorías la organización pretende mantener el Sistema de Gestión de la Calidad y de detectar cualquier área de oportunidad que la empresa necesite desarrollar para mejorar el Sistema.

Reuniones Mensuales de Gestión: Es responsabilidad de la alta dirección, ejecutar reuniones mensuales, para llevar a cabo el seguimiento a los resultados de las operaciones en cada una de las áreas, esto con el objeto de ver el grado de cumplimiento de los objetivos de la calidad de la organización y de cada uno de los departamentos y de determinar y desarrollar las distintas áreas de oportunidad que se presenten durante la Gestión.

Evaluación de Desempeño del Personal (P&PA): La organización ha establecido un programa de evaluación del desempeño del personal, el cual tiene una duración de un año y consta de cuatro fases, las cuales se pueden observar en la figura 9.

El objetivo de este programa es establecer una herramienta que sirva para el desarrollo de las competencias de cada uno de los integrantes de la organización y un ambiente propicio para la mejora continua.

Figura 9. Fases del Programa de Evaluación de Desempeño del Personal (P&PA)



Fuente: José E. Salazar (2006)

Implementación de Seis Sigma

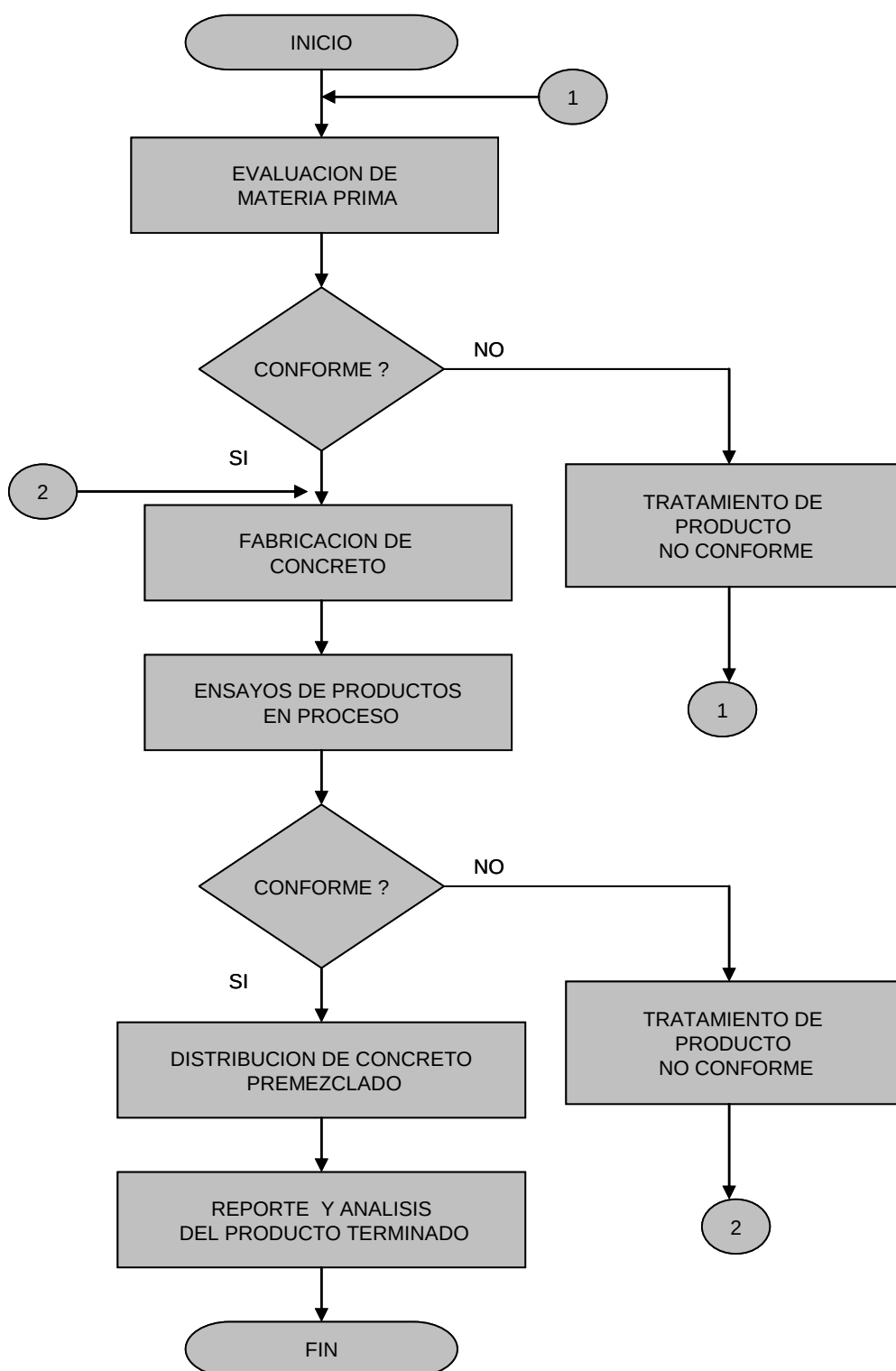
Proceso del Área de Soporte Técnico y su factibilidad de implementar Seis Sigma

A continuación se presenta el proceso del área de soporte técnico de una organización de concreto premezclado, el cual fue tomado para analizar la factibilidad de implementación de un sistema Seis Sigma, ver figura 10. Básicamente el proceso consiste en la evaluación preliminar y rutinaria de la materia prima utilizada para la fabricación de concreto (arena, piedra, cemento,

agua y aditivos que mejoran las características del producto), la fabricación del producto el cual es evaluado antes de ser enviado a su distribución y colocación. En esta fase se evalúa el comportamiento del concreto en estado fresco, el cual es la etapa del producto donde es posible ser manejado y colocado en las estructuras, este se termina cuando el cemento comienza a realizar su proceso de endurecimiento o fraguado, los ensayos que se realizan en este etapa consisten en determinar el grado de fluidez del producto, peso unitario, porcentaje de aire ocluido en el material y tiempo de fraguado. Sin embargo, su característica principal, el cual es la resistencia mecánica del concreto a una edad de 28 días, se evalúa muy posterior a la confección del mismo, es por ello la importancia de tener un Sistema de Gestión de Calidad que nos asegure que el producto final del proceso cumpla con las especificaciones, ya que luego de 28 días, fecha en la cual se constata que la resistencia entregada cumple satisfactoriamente los requisitos del cliente, es muy tarde para retrabajar en caso de que el producto no cumpla con las especificaciones, ya que el concreto se encuentra colocado en las estructuras y su proceso de remoción es demasiado costoso, además que crea una serie de retrasos en la obra e inconvenientes al cliente.

Luego de revisar la planificación del Sistema de Gestión de Calidad de esta organización y su proceso de Soporte Técnico (ver figura 10), se puede determinar que la empresa tiene implementado un Sistema de Gestión de la Calidad maduro que puede servir como base para implementar la filosofía Seis Sigma, y de esta manera conseguir una plena satisfacción de los clientes, ya que se enfocaría a lograr la perfección al obtener cero defectos en sus procesos, meta que se traduce en un ahorro importante para la organización, ya que se reducen los costos por mala calidad de un 25% a un 5% del total de ingresos por ventas, tal como se expresa en el capítulo II al diferenciar la métrica 6 sigma de la métrica 3 sigma.

Figura 10. Flujograma del proceso del área de Soporte Técnico



Fuente: Manual de Gestión de la Calidad de la organización

Plan de Implementación del Sistema Seis Sigma en una empresa productora de concreto premezclado.

Elementos que deben contener un plan de implementación Seis Sigma

Durante esta investigación se ha dicho que Seis Sigma se basa en un liderazgo comprometido de arriba hacia abajo, que era una iniciativa de tiempo completo, que se orienta al cliente y se enfoca a los procesos, se dirige con datos, se apoya en una metodología robusta, se apoya en entrenamiento para todos, donde los proyectos realmente generan ahorros o aumentos en ventas, el trabajo por Seis Sigma se reconoce y no desplaza otras iniciativas estratégicas, por el contrario, se integra y las refuerza. Por tanto, en un plan de implementación se deben buscar lograr esas características y en la medida que el plan se vaya consolidando, las características se convertirán en los principios que sostienen e impulsan el éxito duradero de Seis Sigma. Esta iniciativa no es un esfuerzo con un año de horizontes, sino de más de cinco años.

Para implementar Seis Sigma se puede optar por uno de los tres niveles de profundidad que aparecen en la tabla 27, donde se podrá observar el significado de cada una de estas opciones. En el caso en estudio se tomó como opción el nivel B, Mejora estratégica.

En este caso se optó por el nivel B, mejora estratégica, con miras a pasar al nivel A, Transformación del negocio, una vez que el plan que se proponga para el área de Soporte Técnico se consolide y comience una nueva forma de pensar en las personas del área, que serán luego facilitadores de una nueva implementación del sistema a todo nivel de la organización.

Tabla 27. Niveles de profundidad para implementar Seis Sigma

Nivel de profundidad	Descripción
Transformación del negocio (Nivel A)	La alta dirección marca un nuevo ritmo en la organización, la comunicación será amplia e intensiva. De esta forma queda claro que Seis Sigma no es una estrategia de ingenieros, sino que es una iniciativa que va dirigida a hacer competitiva la organización, enfocándola al cliente y para el cliente. Este nivel llevará a cambio de hábitos.
Mejora estratégica (Nivel B)	En este nivel la estrategia SS se dirige a atender algunas unidades de negocio, algunas áreas funcionales o necesidades críticas y estratégicas que se han detectado en la organización. A los directamente involucrados les parecerá que este nivel requiere tanto esfuerzo que el nivel anterior, sólo que la iniciativa no es tan ambiciosa y extensa. Este nivel ayuda a la empresa a enfocarse en las oportunidades de mayor prioridad y limitar el desafío de dirigir y vender el cambio a toda la organización.
Solución de problemas (Nivel C)	En este nivel la iniciativa se dirige a ciertos problemas persistentes y a menudo ha sido el enfoque de antiguos programas de mejora en las organizaciones que nunca dieron resultados espectaculares. Este nivel es el adecuado para aquellas empresas que no quieren hacer demasiadas olas. Bajo este enfoque existe una alta probabilidad de que sólo unos pocos estarán realmente involucrados en el esfuerzo y que por tanto pase a la historia como una iniciativa o intento más de cambio.

Fuente: José E. Salazar (2006)

Esta decisión se tomo para minimizar los desafíos que se presentan con la resistencia de la gente, el reunir personal adecuado para formar la estructura de apoyo a Seis Sigma y lograr la persistencia para que el sistema no quede como una ocurrencia que apenas llegó a un año, que son muy comunes cuando el proyecto de implementación se realiza de una sola vez con un nivel de profundidad A.

Con respecto al plan de implementación de la filosofía, se concluyó que el mismo debía contener cuatro grandes etapas, las cuales se listan a continuación:

Etapas 1. Diagnóstico Organizacional: Implica que con el apoyo de las características de Seis Sigma se detecten fortalezas y debilidades en una empresa.

Etapas 2. Planeación directiva: La alta dirección debe desarrollar una visión de cómo Seis Sigma puede ayudar a la organización a cumplir con las metas claves del negocio.

Etapas 3. Talleres de mejora Seis Sigma: Son sesiones de trabajo directivo para profundizar el proceso de implementación de Seis Sigma. Permitirán familiarizar a la gente con Seis Sigma, evaluar el estado de procesos claves y seleccionar proyectos y los responsables de estos.

Etapas 4. Evaluación y profundización del cambio: Una vez se finalice la primera generación es importante hacer una evaluación de los resultados, obstáculos y hechos relevantes que permitan reforzar la estrategia.

A continuación tomando en cuenta las etapas antes descritas y la investigación realizada con respecto a lo relacionado con la filosofía Seis Sigma, ver Capítulo II, se presenta el plan propuesto por el autor de esta investigación

para que sea tomado en cuenta para la implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado.

Tabla 20. Diseño y Ejemplo de Plan de Calidad del Departamento de Soporte Técnico de Cemex Concretos

ACTIVIDAD	TAMAÑO DE LA MUESTRA Y LUGAR	LOTE DE CONTROL	FRECUENCIA	NORMA DE REFERENCIA Y MÉTODO DE ENSAYO	REGISTRO DE CALIDAD	CRITERIO DE ACEPTACIÓN Ó RECHAZO	ACCIONES CORRECTIVAS TIPIFICADAS	OBSERVACIONES
AGREGADOS: EVALUACIÓN DE LA FUENTE								
FÍSICOS: Granulometría, Peso Específico, Equivalente de Arena, Desgaste de los Ángeles	AGREGADO GRUESO: 70 kg AGREGADO FINO: 20 kg	1 Muestra cada 500 m3 por tipo de agregado	Cada Nuevo Proveedor	Normas COVENIN	Externo	No Aplica	No Aplica	ESTOS ENSAYOS SE REALIZAN SÓLO COMO EVALUACIÓN PRELIMINAR DE PROVEEDORES
QUÍMICOS: Cloruros y Sulfatos, Materia Orgánica, Disgregabilidad a los Sulfatos			Cada Nuevo Proveedor	Normas COVENIN	Externo	No Aplica	No Aplica	

Fuente: Manual de Aseguramiento de la Calidad Cemex Concretos (2003)

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 1. Diagnóstico Organizacional			
Núcleo Inicial Seis Sigma	Designar un equipo para que se constituya en el núcleo inicial de esta iniciativa	Líderes de la organización que simpatizan con la iniciativa Seis Sigma	A este equipo se le debe encomendar que desarrollen un primer diagnóstico organizacional en el que se detecte cuales son las prácticas y conocimientos que se alejan más de los principios de Seis Sigma.
Capacitación del Núcleo Seis Sigma	Capacitar al grupo con respecto a los principios básicos de la filosofía Seis Sigma para que puedan identificar prácticas y conocimientos relacionados a este sistema de calidad	Líderes pro-Seis Sigma Recursos Humanos	Como base de la capacitación de este personal se recomienda tomar como referencia el Marco Teórico desarrollado en esta investigación, el cual se encuentra en el Capítulo II.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 1. Diagnóstico Organizacional			
Diagnóstico Organizacional	Identificar a través de entrevistas a empleados y líderes de la organización y en otra información disponible en la empresa las prácticas y conocimientos que se alejan más de los principios de Seis Sigma.	Equipo del núcleo inicial Seis Sigma	Detectar si hay un liderazgo comprometido con las mejoras de los procesos y si hay propietarios de esos procesos; investigar que tipo de cosas se miden actualmente y si esas mediciones se convierten en aprendizaje y acción; indagar si hay formas sistemáticas de detección de las necesidades del cliente y una buena retroalimentación con ellos y si se sabe el tipo de calidad que se les está entregando; analizar si se cuenta con una metodología consistente para abordar en equipos los problemas críticos.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 1. Diagnóstico Organizacional			
Análisis de la información	Recabar la información e iniciar un diálogo y discusión en el interior de la organización.	Equipo del núcleo inicial Seis Sigma	La idea de esto es que el equipo logre determinar las divisiones y unidades del negocio a las que podría enfocar en forma prioritaria la iniciativa. También es importante identificar las personas que más simpatizan y apoyan la iniciativa y las áreas donde puede haber más resistencia.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 2. Planeación directiva			
Seminario – taller de planeación estratégica	Durante dos días desarrollar una visión de cómo Seis Sigma puede ayudar a la organización a cumplir con las metas claves del proceso de Soporte Técnico.	Equipo de alta dirección.	En esta reunión se debe contar con la presencia del director general o máximo líder de la organización. Se recomienda que esta reunión arranque con la intervención de esta persona donde enfatice que Seis Sigma será la estrategia y herramienta principal con la que la organización va a satisfacer a sus clientes y al mercado y que además proporcionará un lenguaje común para desarrollar una cultura de mejora continua y para integrar otras iniciativas de negocio.
	Familiarizar a los miembros del equipo de alta dirección con una formación Seis Sigma.	Equipo del núcleo inicial Seis Sigma	Adicional a esto mostrar la retroalimentación del diagnóstico inicial como contraste, se desarrolla y se acuerda una primera aproximación de la visión de cambio.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 2. Planeación directiva			
Seminario – taller de planeación estratégica	Planeación estratégica	Equipo de alta dirección.	Alcanzar acuerdos sobre los beneficios, crecimiento y mejora de satisfacción del cliente que la estrategia debe generar en los siguientes cinco años.
	Debate sobre el diagnóstico organizacional	Equipo de alta dirección.	El equipo también debe discutir el diagnóstico obtenido en la fase anterior, para así identificar las unidades de la organización donde es probable que se alcancen los éxitos iniciales. En este punto se debe decidir en que áreas claves iniciar los esfuerzos, para a partir de ahí valorar las lecciones aprendidas y los beneficios obtenidos, para luego en función a esto último aplicar la estrategia al resto de la organización.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 2. Planeación directiva			
Estrategia de comunicación	Preparar una estrategia de comunicación para grupos clave de accionistas	Equipo de alta dirección.	Esto con el objetivo de buscar su compromiso para el esfuerzo. Se recomienda delinear en conjunto un plan de información y orientación para lograr el convencimiento y acuerdo de los empleados.
Selección de candidatos estructura Seis Sigma	Acordar los criterios para seleccionar los candidatos líderes de la iniciativa.		Es necesario elegir en esta etapa al equipo directivo que implementará la iniciativa entre la gente con mayor talento, experiencia y futuro en la organización y que reúna los perfiles que se comentaron en el Capítulo II, ver tabla 12.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 3. Talleres de mejora Seis Sigma			
Familiarización de Seis Sigma a los líderes de las unidades de negocio	Serie de sesiones de trabajo directivo para iniciar el proceso de implementación	Líder ejecutivo Líderes de las unidades de negocio seleccionadas en la fase anterior	Con estos talleres se familiarizan a la gente con los métodos y estrategias Seis Sigma y cómo serán integrados con los planes de negocio existente.
Situación actual	Evaluar la situación actual de satisfacción de clientes y el estado de los procesos del negocio, así como barreras culturales y otros obstáculos potenciales.	Líderes de las unidades de negocio	A partir de esto se ajusta el plan y el desarrollo de los proyectos de implementación.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 3. Talleres de mejora Seis Sigma			
Identificación de los procesos claves del negocio.	Se identifican los procesos claves del negocio y los líderes de las unidades designan a sus propietarios (candidatos a champions)	Líderes de las unidades de negocio	Son de especial importancia los procesos que proporcionan información sobre el cliente y el mercado. En esta etapa se seleccionan los proyectos iniciales de mejora para la unidad de negocio en función al diagnóstico preliminar sobre el desempeño de cada proceso respecto a sus VCC.
Selección de líderes Seis Sigma	Basado en lo anterior, se selecciona un grupo inicial de candidatos a líderes Seis Sigma (champions, Master Black Belts y Black Belts)		Se debe establecer un plan con fechas, para que estos líderes reciban un entrenamiento apropiado a su responsabilidad (ver tabla 12). Básicamente habrán dos programas de entrenamiento: para campeones y para black belt. Los propietarios de los procesos seleccionados recibirán el entrenamiento para campeones.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 3. Talleres de mejora Seis Sigma			
Designación de líderes	Se designan los líderes de los proyectos para que empiecen a recibir el entrenamiento de black belt	Líderes de las unidades de negocio	Estos líderes deben integrar sus equipos de trabajo que les apoyarán en el proyecto.
Capacitación al equipo Seis Sigma	Programar entrenamiento para todos los miembros de los equipos para que reciban información básica Seis Sigma	Black Belts Recursos Humanos	De esta forma el equipo apoyará con mejor conocimiento de causa a los líderes de los equipos (Black belts)
Reuniones regulares	Realizar reuniones de seguimiento durante toda la fase de los proyectos	Black Belts Líderes de unidades de negocio Equipo de alta dirección	Se deben realizar reuniones regulares, al menos una quincenal, para ver los avances de los proyectos y reforzar ó ajustar las directrices que se han tomado.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 4. Evaluación y profundización del cambio			
Evaluación de resultados	Una vez finaliza la primera generación de proyectos se debe realizar una evaluación de los resultados	Black Belts Líderes de unidades de negocio Equipo de alta dirección	Esta evaluación se puede dar tanto a nivel de negocio como a nivel general en la organización. Con base a esto se afina el plan y se depuran las estrategias y programas.
Segunda generación de proyectos y entrenamientos	Todo lo anterior dará origen a la segunda generación de proyectos y de capacitación.	Líderes de unidades de negocio Equipo de alta dirección	El segundo grupo a entrenar debe verse beneficiado de un programa vitalizado y apegado más a los problemas de la organización. Los proyectos previos deben servir de aprendizaje para este nuevo grupo de líderes (Master Black Belts, Black Belts y Champions)
Generación de Asesores	Los antiguos Black Belts pasan a ser asesores.	Antiguos Black Belts	Los líderes que ya recibieron entrenamiento se avocan a sus proyectos cotidianos y pueden ser asesores de los nuevos líderes.

Tabla 28. Plan de implementación de Seis Sigma en una empresa de concreto premezclado (continuación)

Actividad	Descripción de la actividad	Responsable de la implementación	Observaciones
Fase 4. Evaluación y profundización del cambio			
Mejora Continua	Profundización de medidas	Equipo de alta dirección	Este plan debe continuar al profundizar medidas, acrecentar la estructura de líderes de Seis Sigma, mejorar el entrenamiento de la gente de apoyo, ampliar la comunicación.
	Evaluación de forma periódica	Black Belts Líderes de unidades de negocio	Evaluar que los proyectos se conviertan en mejoras reales de ahorros y satisfacción del cliente.
	Evaluación de forma periódica	Black Belts Líderes de unidades de negocio Equipo de alta dirección	A partir de esta fase, como cualquier sistema, la iniciativa Seis Sigma se deberá evaluar en forma periódica, se recomienda anualmente, para ver si en realidad se logra lo deseado y si la iniciativa ha alcanzado las características que la distinguen, para con base en eso ampliar su profundidad y amplitud.
Fuente: José E. Salazar (2006)			

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La alta competitividad en el entorno empresarial a llevado a las empresas a utilizar mecanismos innovadores que permitan mantenerse en los mercados que comprenden sus negocios, debido a esto, cada vez es más frecuente la implementación de Sistemas de Calidad que ayuden a mantener de manera eficiente y eficaz el negocio.

Fue el caso de esta empresa de concreto premezclado, que desde el año 1999, comenzó a implantar en la Organización un Sistema de la Calidad, el cual fue certificado por la norma ISO 9001:2000. Para el logro de este preciado objetivo la organización tuvo que implantar en su estructura la concepción de la Calidad Total, que es un sistema estructurado a todo lo ancho de la organización, documentado efectivamente, integrado por procedimientos técnicos y administrativos para guiar y coordinar las acciones de la gente, las máquinas y la información de la compañía con los mejores y más prácticos métodos para asegurar la satisfacción de los clientes mediante calidad y bajo costo.

Para el logro de esta implantación la organización realizó una planificación que abarcó la definición de una política de la calidad, unos objetivos de la calidad que abarcaron todo lo relacionado con el proceso operativo de la empresa y desarrollaron planes de calidad que sirvieron de guía para el logro de los objetivos planteados, los

cuales estuvieron alineados con la política de la calidad. En otras palabras, cualquier organización que desee realizar una planificación de la calidad efectiva debe tomar en cuenta cada uno de estos puntos desarrollados por la empresa bajo estudio.

Toda organización debe estar basada en tres pilares fundamentales, los cuales son el soporte de cualquier sistema o desarrollo que cualquier organización desee implantar, estos tres elementos son la Visión, Misión y los Valores de la organización. En esta empresa de concreto premezclado, estos pilares están bien definidos y entendidos por cada uno de los integrantes de la empresa, a excepción de la Visión, que por motivos de tiempo y por limitaciones al acceso de la información, no se pudo determinar de manera oficial, a través de un documento, la misma. Sin embargo, tal como lo describió el autor en el Capítulo IV de Análisis de los Resultados, la organización de manera implícita en sus documentos y declaraciones tiene claro hacia donde quiere llegar, en otras palabras tiene una Visión, más no está declarada como tal.

Adicionalmente, existen mecanismos de Difusión, Implantación, Medición y Mejora Continua, los cuales sirven para mantener informados, comunicados, capacitados y comprometidos con el Sistema de Gestión a cada uno de los integrantes de la Corporación. Fue importante el evidenciar, que sin un comportamiento activo por parte del Capital Humano, ninguno de estos mecanismos tendría un resultado positivo.

Todas las organizaciones que deseen implantar un Sistema de Gestión de Calidad o cualquier otro Sistema de Gestión, deben tener claro que para lograrlo tienen que obtener en primer lugar el compromiso de la alta directiva de la organización, ya que son ellos los líderes que van a guiar al resto del Capital Humano al cambio y a la mejora continua, para ello se debe tomar en cuenta al personal como

un recurso importante a la hora de realizar cualquier acción y que dependiendo del compromiso que se logre de este capital, de ese mismo modo se estará garantizando el éxito de la implantación. Toda empresa o corporación debe entender que todo esto se debe realizar en aras del enriquecimiento del conocimiento de la organización y que la misma se debe asegurar de que llegue a toda la estructura.

Empresas como la estudiada, que poseen un Sistema de Gestión de la Calidad maduros, en el cual tienen definidos claramente sus objetivos, como medirlos y que ya tienen arraigado en su cultura el deseo de la mejora continua, todo esto en pro de la total satisfacción del cliente, tienen un camino ya andado hacia la filosofía Seis Sigma, que no es más que una estrategia de mejora continua del negocio enfocada al cliente que busca encontrar y eliminar las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos.

Un plan de implementación para un Sistema de Gestión de Calidad bajo la filosofía Seis Sigma debe contener cuatro fases para poder garantizar una implementación organizada y orientada bajo esta cultura de cero defectos, las mismas son: Diagnóstico Organizacional, Planeación Directiva, Talleres de mejora Seis Sigma y Evaluación y profundización del cambio.

Recomendaciones

Se recomienda utilizar esta propuesta para implementar Seis Sigma en una organización como la estudiada, en otras palabras ya que tenga cierta madurez en sus procesos de gestión de la calidad, para así determinar la eficacia del plan.

BIBLIOGRAFÍA

ARRACHE, roberto; CONE, gary. Guía de Implementación de Seis Sigma. Primera Edición. Editorial Trillas. México D.F. 2005.

BARNEY, matt; MCCARTY, tom. La Nueva Seis Sigma: Cómo aplicarla y obtener resultados. Primera Edición. Editorial Trillas. México, D.F. 2005.

GUTIÉRREZ, humberto; DE LA VARA, román. Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Primera Edición. Mc Graw Hill. México, DF. 2004.

HERNÁNDEZ, roberto; FERNÁNDEZ, carlos; BAPTISTA, pilar. Metodología de la Investigación. Tercera Edición. Mc Graw Hill. México, D.F. 2003

PANDE, peter; NEUMAN, robert; CAVANAGH, roland. Las Claves Prácticas de Seis Sigma. Primera Edición. Mc Graw Hill. Madrid 2004.

NORMAS ESPAÑOLAS. ISO 9000:2000: Sistema de Gestión de la Calidad-Fundamentos y Vocabulario. España 2000.

NORMAS ESPAÑOLAS. ISO 9001:2000: Sistema de Gestión de la Calidad-Requisitos. España 2000.

CÓDIGO DE ÉTICA DE CEMEX VENEZUELA. Caracas 2000.

MANUAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD CEMEX CONCRETOS. Caracas
2006.