ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

"APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA ENTREGA OPORTUNA DE FACTURAS POR CONSUMO DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN TELEFÓNICA ECUADOR"

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD

ROBERTO GAVINO HEREDIA PACHACAMA

Roberto.Heredia@telefonica.com.ec

DIRECTOR: MAT. GUSTAVO HERRERA, MSc.

Gustavo.Herrera@epn.edu.ec

QUITO, DICIEMBRE 2011

© Escuela Politécnica Nacional 2011

Reservados todos los derechos de reproducción.

DECLARACIÓN

Yo Roberto Gavino Heredia Pachacama, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

_____

Roberto Heredia

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Roberto Gavino Heredia Pachacama, bajo mi supervisión.

_____

Mat. Gustavo Herrera MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

RESUMEN ..... **I**

INTRODUCCIÓN ..... **II**

1. PARTE TEÓRICA **1**

1.1 METODOLOGÍA SEIS SIGMA 1

1.1.1 Definición de Seis Sigma 1

1.1.2 Significado estadístico de Seis Sigma 2

1.1.3 Filosofía y aplicación de Seis Sigma 4

1.1.4 Objetivos de Seis Sigma 5

1.1.5 Variabilidad 6

1.1.6 Proceso Seis Sigma 7

1.1.7 Estructura del proyecto Seis Sigma 14

1.1.8 Herramientas Claves de Seis Sigma 16

2. PARTE EXPERIMENTAL **24**

2.1 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO 24

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 26

2.2.1 Identificar los factores críticos de satisfacción (CTS´s). 26

2.2.2 Determinación de las características críticas de calida CTQ´s 27

2.2.3 Definición del proceso. 28

2.2.4 Determinación de la capacidad del proceso 29

2.3 MEDICIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS DEL PROCESO. 29

2.3.1 Selección de las variables de respuesta “Y” 30

2.3.2 Determinación de los factores críticos “X”. 31

2.3.3 Selección de los factores “X” 32

2.4 DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES SIGNIFICATIVOS 33

2.5 MEJORAMIENTO DEL PROCESO. 34

2.6 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO MEJORADO 35

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **36**

3.1 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO 36

3.2 ESTRUCTURA DEL PROYECTO 36
3.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 37
3.3.1 Identificación de los CTS´s y CTQ´s 37
3.3.2 Determinación de la principal característica crítica de calidad y de la variable de respuesta "Y" 40
3.3.3 Establecimiento del proceso 41
3.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO 43
3.4.1 Determinación de la capacidad actual del proceso 43
3.4.2 Determinación del objetivo de mejora del proceso 46
3.5 EVOLUCIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS. 49
3.5.1 Identificación de los factores críticos 49
3.5.2 Estado de los factores críticos. 50
3.6 ANÁLISIS DE LOS FACTORES CRÍTICOS 53
3.6.1 Análisis de causas especiales 53
3.6.2 Análisis de los factores críticos. 54
3.7 MEJORAMIENTO. 63
3.7.1 Identificación de las causas especiales 63
3.7.2 Determinación de los niveles apropiados de operación para los factores significativos 65
3.8 ESTADO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO 68
3.9 CONTROL DE LA VARIABILIDAD DEL PROCESO 69
3.9.1 Control de las variables críticas 69
3.9.2 Control de la variable de respuesta 70

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72

4.1 CONCLUSIONES 72
4.2 RECOMENDACIONES 73

BIBLIOGRAFÍA 74

ANEXOS 75

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

FIGURA 1: CICLO DE MEJORAMIENTO CONTINUO PLANIFICAR, HACER, VERIFICAR, ACTUAR. VI
FIGURA 2: METODOLOGÍA SEIS SIGMA 1
FIGURA 3: SIGNIFICADO ESTADÍSTICO DE SEIS SIGMA 2
FIGURA 4: NIVEL 3 SIGMA 3
FIGURA 5: DISTRIBUCIÓN DE UN PROCESO DE NIVEL 6 SIGMA 3
FIGURA 6: RELACIÓN ENTRE NIVEL Z Y PPM. 4
FIGURA 7: APLICACIÓN DE SEIS SIGMA EN LAS DIFERENTES ÁREAS 5
FIGURA 8: FUENTES DE VARIACIÓN DE UN PROCESO 7
FIGURA 9: ETAPAS DEL PROCESO SEIS SIGMA 8
FIGURA 10: ETAPA 1, DEFINICIÓN 8
FIGURA 11: ETAPA 2, MEDICIÓN 9
FIGURA 12: ETAPA 3, ANÁLISIS 10
FIGURA 13: IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS POR FASE DEL PROYECTO 11
FIGURA 14: ETAPA 4, MEJORAMIENTO 11
FIGURA 15: ETAPAS 4, CONTROL 12
FIGURA 16: GRÁFICO DE CONTROL DE FACTORES 13
FIGURA 17: CRITERIOS PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD 14
FIGURA 18: ORGANIZACIÓN DE UN PROYECTO SEIS SIGMA 15
FIGURA 19: ROLES DEL CAMPEÓN SEIS SIGMA 15
FIGURA 20: ROLES DEL MASTER BLACK BELT 16
FIGURA 21: HERRAMIENTAS CLAVES DE SEIS SIGMA 17
FIGURA 22: MATRIZ QFD 18
FIGURA 23: EJEMPLO QFD 19
FIGURA 24: EJEMPLO FMEA 20
FIGURA 25: MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO 21

FIGURA 26: PRUEBAS DE HIPÓTESIS 22
FIGURA 27: PRUEBAS ANOVA 22
FIGURA 28: DISEÑO DE EXPERIMENTOS 23
FIGURA 29: ORGANIGRAMA DEL PROYECTO SEIS SIGMA 24
FIGURA 30: FACTORES CRÍTICOS DE SATISFACCIÓN CTS´S 26
FIGURA 31: ANÁLISIS DE PARETO PARA IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE SATISFACCIÓN 27
FIGURA 32: IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE RESPUESTA 27
FIGURA 33: PROCESO SIPOC 28
FIGURA 34: CAPACIDAD POTENCIAL DEL PROCESO CP 29
FIGURA 35: MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 30
FIGURA 36: SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE RESPUESTA "Y". 30
FIGURA 37: MATRIZ DE DESPLIEGUE DE CALIDAD QFD 31
FIGURA 38: DEFINICIÓN DE FACTORES X 32
FIGURA 39: MÉTODO DE SELECCIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS "X". 32
FIGURA 40: HERRAMIENTAS PARA IDENTIFICAR FACTORES POTENCIALES, CRÍTICOS Y VITALES. 33
FIGURA 41: FACTORES VITALES RELACIONADOS AL 80% DEL PROBLEMA. 34
FIGURA 42: MODELO DE EXPERIMENTO 2^K 34
FIGURA 43: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO SEIS SIGMA "FACTURA OPORTUNA" 36
FIGURA 44: ORGANIGRAMA FUNCIONAL EL PROYECTO 37
FIGURA 45: RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE IMPORTANCIA DE LOS FACTORES CRÍTICOS DE SATISFACCIÓN CTS´S. 38
FIGURA 46: RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE CALIDAD DE LA FACTURA CTQ´S. 39
FIGURA 47: RESULTADOS DE PREFERENCIA DE PLAZO OPORTUNO DE ENTREGA DE FACTURAS. 41
FIGURA 48: MAPA DEL PROCESO DE FACTURACIÓN. 42
FIGURA 49: TIEMPOS DEL PROCESO DE FACTURACIÓN POR ETAPA. 43
FIGURA 50: EXPLORACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS TIEMPOS DE CICLO DE FACTURACIÓN. 45
FIGURA 51: CAPACIDAD INICIAL DEL PROCESO. 46

FIGURA 52: CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO DE FACTURACIÓN EN CUANTO A ENTREGA OPORTUNA 46
FIGURA 53: OBJETIVO DEL PROYECTO 47
FIGURA 54: EXPLORACIÓN DE DATOS ENERO-MARZO. 50
FIGURA 55: COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES CORTE, DÍA DE CORTE Y CIUDAD VS VARIABLE DE RESPUESTA. 51
FIGURA 56: COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES CRÍTICOS VERSUS EL PROMEDIO. 52
FIGURA 57: EVOLUCIÓN DE FACTORES CRÍTICOS. 52
FIGURA 58: IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS SIGNIFICATIVOS. 62
FIGURA 59: CAUSAS ESPECIALES MODO DE FALLA. 63
FIGURA 60: PARETO DE MOTIVOS DE DEVOLUCIÓN DE FACTURAS. 65
FIGURA 61: PARETO DE CLIENTES EN LAS CIUDADES PRINCIPALES. 67
FIGURA 62: RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 68
FIGURA 63: ESTADO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO DESPUÉS DE LAS MEJORAS. 69
FIGURA 64: CONTROL DE LOS FACTORES VITALES 70
FIGURA 65: CONTROL DE LA VARIABLE DE RESPUESTA. 70

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

TABLA 1: PROJECT CHARTER..... 25
TABLA 2: ESCALA DE CALIFICACIÓN DEL GRADO DE NO-CONFORMIDAD. 28
TABLA 3: CRITICAL FLOW DOWN DE FACTURA. 40
TABLA 4: PROJECT CHARTER PROYECTO FACTURACIÓN..... 48
TABLA 5: MATRIZ QFD - FACTORES CRÍTICOS..... 49
TABLA 6: MATRIZ DE ANÁLISIS DE MODO DE FALLA. 54
TABLA 7: PLANES DE ACCIÓN MODO DE FALLA..... 64
TABLA 8: NIVELES DE FACTORES CRÍTICOS..... 66
TABLA 9: NIVELES DEL EXPERIMENTO..... 66
TABLA 10: DISEÑO DEL EXPERIMENTO..... 67

Índice de Anexos

PÁGINA

ANEXO I: DATOS DE LOS TIEMPOS DE FACTURACIÓN 75
ANEXO II: DATOS DE LA CAPACIDAD INICIAL DEL PROCESO 76
ANEXO III: DATOS LA EVOLUCIÓN DE FACTORES E HIPÓTESIS 77
ANEXO IV: DATOS DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO MEJORADO 82

RESUMEN

En el presente trabajo se describe la aplicación de la metodología Seis Sigma para la entrega oportuna de facturas por consumo de servicios de telecomunicaciones en Telefónica Ecuador.

En la Parte Teórica se establece el contexto en el que se define y desarrolla el mejoramiento de procesos a partir de los conceptos de calidad, variabilidad y capacidad de los procesos. Se define la filosofía y evolución de la metodología Seis Sigma, asimismo se presentan las etapas que cumple un proyecto Seis Sigma y su estructura. En cada una de las etapas se presentan las herramientas estadísticas y de calidad empleadas para la identificación del problema, la medición, el análisis, la mejora y el control de los procesos.

En la Parte Experimental se describen los métodos específicos aplicados en el desarrollo del proyecto de entrega oportuna de facturas. Para la identificación del problema se emplean encuestas específicas para establecer las características claves de satisfacción de los clientes, estas características se analizan y relacionan con los factores del proceso. Se realizan mediciones de los factores y de la variable de respuesta, a partir de las mediciones se determinan las causas especiales y comunes de variación. Con esta información se realizan pruebas de hipótesis para identificar los pocos factores vitales que tienen una influencia significativa sobre las variables de respuesta. Sobre los factores vitales se realizan experimentos para establecer los niveles óptimos de operación que deben mantenerse.

Finalmente se presentan los resultados obtenidos en cada una de las etapas del proyecto así como las mejoras implementadas en el proceso para eliminar las causas especiales y reducir la variabilidad del proceso.

Al concluir el proyecto se comprobó la aplicación de la Metodología Seis Sigma permite mejorar la capacidad de entrega oportuna de las facturas de consumo de servicios de telecomunicación al cliente.

.

INTRODUCCIÓN

CALIDAD EN EL PROCESO

La relación de las personas con el entorno natural y social da como resultado un comportamiento, que responde a los estímulos que percibe.

Estos estímulos son combinaciones de atributos que dan lugar a un hecho, que, al interactuar con una persona genera una respuesta de satisfacción o desagrado. En estas condiciones los estímulos determinan el nivel de preferencia hacia un estimulo, en función del grado con el que cubre las necesidades o gustos temporales del individuo. Este comportamiento se torna, cada vez, más exigente y busca nuevas soluciones. La calidad entonces puede definirse como el nivel de preferencia hacia un estímulo que cumple las condiciones esperadas por un individuo. Esto significa que cuando existen dos estímulos similares diseñados para cubrir las mismas necesidades, la selección está dada, por la preferencia manifiesta del individuo hacia uno u otro producto.

EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD

La corriente de la calidad puede remontarse a sus raíces, en la Europa medieval, donde artesanos comenzaron a organizarse en sindicatos llamados gremios, en el siglo XIII.

Hasta principios del siglo XIX, la fabricación en el mundo industrializado mantenía este modelo de artesanía. El sistema de fabricación con énfasis en la inspección de los productos, comenzó en el Reino Unido a mediados de 1750 y a inicios de siglo XIX se convirtió en la Revolución Industrial.

En el siglo XX los fabricantes comenzaron a incluir la calidad en sus procesos de producción.

Cuando los Estados Unidos entró en la Segunda Guerra Mundial, la calidad se convirtió en un componente crítico de la guerra: por ejemplo, las balas fabricadas en un Estado tenían que ser consistentes con los fusiles fabricados en otro. Inicialmente las fuerzas armadas inspeccionaban prácticamente cada unidad de producto; y posteriormente para simplificar y acelerar este proceso sin

comprometer la seguridad, los militares comenzaron a utilizar técnicas de muestreo para inspección, apoyados por la publicación de las normas militares, especificaciones y cursos de capacitación en técnicas de control estadístico de procesos por Walter Shewhart.

El nacimiento de la Calidad Total en los Estados Unidos llegó como una respuesta directa a la Revolución de la Calidad, en Japón, tras la Segunda Guerra Mundial. Los japoneses acogieron con entusiasmo a los norteamericanos Joseph M. Juran y W. Edwards Deming y en lugar de concentrarse en inspección, se enfocaron en el mejoramiento de todos los procesos de la organización.

Por la década de 1970, en los Estados Unidos sectores industriales tales como automóviles y electrónica, habían sido sorprendidos por la competencia de alta calidad de Japón. La respuesta de Estados Unidos fue enfatizar el uso de las estadísticas y en enfoques que abarcan toda la organización, este modelo fue conocido como Administración de la Calidad Total (TQM).

A finales de la década de los 90 la Administración de la Calidad Total (TQM) fue considerada como una moda por muchos empresarios estadounidense.

Aunque el uso del término TQM se ha desvanecido un poco, particularmente en los Estados Unidos, sus prácticas se mantienen.

En el siglo XXI el movimiento de calidad ha madurado y los nuevos sistemas de calidad han evolucionado más allá de los cimientos aportados por Deming, Juran y los primeros profesionales japoneses de calidad.

En 2000 la serie ISO 9000 de normas de gestión de calidad fue revisada para aumentar el énfasis en la satisfacción del cliente.

A comienzos de 1995, el Premio Nacional de calidad de Malcolm Baldrige añadió un criterio de resultados de negocio a sus medidas de éxito del solicitante.

Seis Sigma, una metodología desarrollada por Motorola para mejorar sus procesos de negocio al minimizar los defectos, evolucionó hasta convertirse en un enfoque organizativo que ha logrado adelantos y resultados. Cuando Motorola recibió un premio de Baldrige en 1988, compartió sus prácticas de calidad con los demás.

La implementación de la función de calidad fue desarrollada por Yoji AKAO como un proceso para centrarse en lo que el cliente desea o necesita en el diseño o rediseño de un producto o servicio.

Las versiones de sectores específicos de la serie ISO 9000 de normas de gestión de calidad fueron desarrolladas para la industria automotriz (QS-9000), aeroespacial (AS9000), de las telecomunicaciones (TL 9000 e ISO/TS 16949) y para la gestión ambiental (ISO 14000).

La Calidad ha ido más allá de la industria manufacturera en ámbitos tales como los servicios, la asistencia sanitaria, la educación y el Gobierno.

FILOSOFÍA DE CALIDAD Y MEJORAMIENTO CONTINÚO

La filosofía de calidad reconoce que la satisfacción depende del grado con el que las características de un producto o servicio se ajusta a las necesidades del cliente cuando lo recibe y utiliza, por lo tanto si un proceso genera defectos, el cliente recibe productos o servicios que no cumplen con sus necesidades y cuando la frecuencia de los defectos se incrementa, la satisfacción de los clientes se reduce significativamente, con esto es posible afirmar que la calidad tiene relación directa con la variabilidad de las características del producto.

Cuando se define a la calidad como el cumplimiento de los requisitos del cliente y de este modo conseguir la satisfacción de estos clientes, a menudo no se considera si la calidad se consigue de una forma eficiente. En la mayoría de casos las organizaciones generan demoras, re-procesos y desperdicios los cuales al no ser detectados terminan declarándose como costos estándar, costos fijos, etc., como consecuencia de no contar con una estructura de costos que permita identificar y controlar todos estos desperdicios (Porter, 2000).

La función de calidad fundamentalmente tiene tres objetivos:

- Reducción de costos
- Eficiencia de procesos
- Mejora de imagen

Desde este punto de vista, no es factible pensar que la calidad es cara, sino todo lo contrario evita pérdidas, que en condiciones normales no son detectables.

Los productos tiene características que describen su funcionamiento relativo a los requisitos y expectativas del cliente, características como el consumo de combustible de un vehículo, el peso de un paquete o el cereal del desayuno, son ejemplos de las características que le interesan a un cliente en uno u otro momento.

La calidad de los productos se mide en relación con estas características. La calidad se relaciona con la pérdida que un producto causa a la sociedad durante su ciclo de vida. Un verdadero producto de alta calidad será el que causa la mínima pérdida a la sociedad durante su ciclo de vida. Las pérdidas para el cliente puede tener muchas formas, pero en general se trata de la pérdida de funcionamiento del producto o sus propiedades. Otras pérdidas pueden ser tiempo, contaminación o ruido (Ross, 1995). El único evaluador de la calidad del producto es el cliente.

Las organizaciones deben asegurar que sus procesos mejoren continuamente para cumplir con los requisitos del cliente y anticiparse a sus expectativas y necesidades futuras. En este sentido, la organización debe sistematizar su ciclo de mejoramiento y la administración de los conocimientos de tal forma que posibilite el uso continuo de métodos y sistemas para incrementar la calidad de sus productos o servicios y los beneficios de la organización. Los ciclos de mejoramiento cumplen con las siguientes etapas:

- Planificar: Establecer objetivos, métodos, procesos, etc.
- Hacer: Realizar los planes de acción, actividades, mediciones, etc.
- Verificar: Revisar resultados, gráficos de control estadístico, auditorias, etc.
- Actuar: Corregir las desviaciones entre los ejecutado y lo declarado; decidir e implementar acciones de mejora.

En la figura 1 se presenta el contexto del ciclo de mejoramiento continuo PHVA.

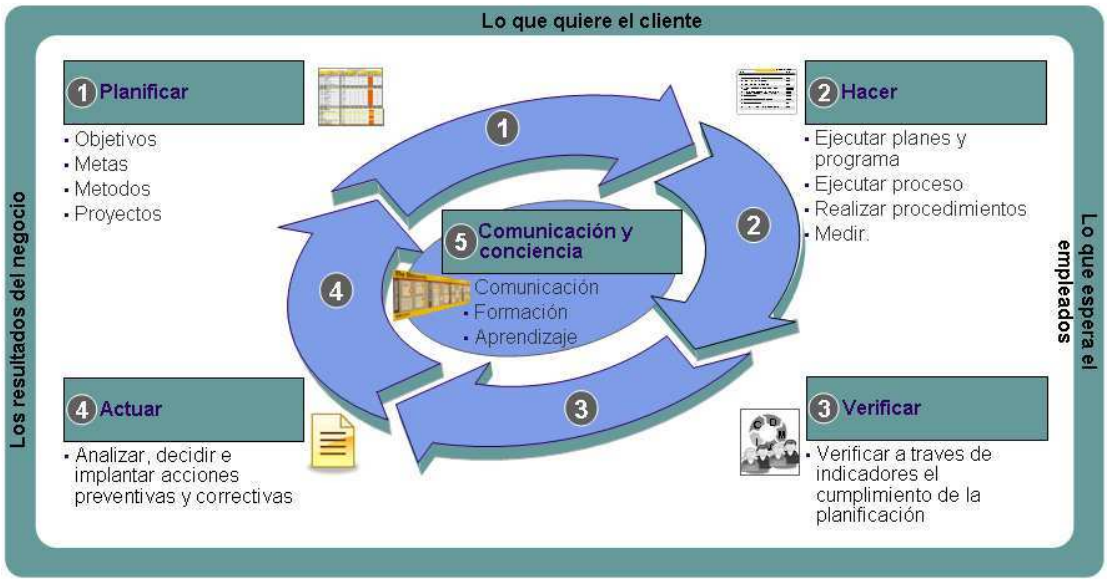

Figura 1: Ciclo de Mejoramiento Continuo Planificar, Hacer, Verificar, Actuar.

El ciclo de mejoramiento promueve la toma de decisiones con base en hechos para corregir las desviaciones entre lo ejecutado versus lo planificado. Este ciclo se cumple en los procesos y sistemas para asegurar el aprendizaje de la organización.

1. PARTE TEÓRICA

1.1 METODOLOGÍA SEIS SIGMA

1.1.1 DEFINICIÓN DE SEIS SIGMA

Seis Sigma es un método y una estrategia para mejorar, mediante la investigación y eliminación de las causas de los defectos de los procesos del negocio con un enfoque hacia las características críticas para el cliente. Seis Sigma también se enfoca en la mejora de la productividad, el rendimiento y la reducción de los tiempos de ciclo de los procesos. (Snee, 2004)

Como resultado se obtiene el incremento en el desempeño del proceso y en los ingresos de la organización.

Seis Sigma es un estricto proceso analítico para resolver problemas porque no solo utiliza la experiencia adquirida, sino que también utiliza las herramientas de estadística para tomar las decisiones correctas y efectivas.

Con la implementación de Seis Sigma, todos los datos de los problemas aparecidos son capturados y a través de pruebas se realiza el análisis estadístico de las causas que originan dichos problemas, como se indica en la figura 2.

Figura 2: Metodología Seis Sigma

1.1.2 SIGNIFICADO ESTADÍSTICO DE SEIS SIGMA

La población es la cantidad total de observaciones y el parámetro es la característica numérica de la población. La muestra es una cantidad seleccionada entre las observaciones y la estadística es la característica numérica de la muestra.

Para conocer las características de una población es conveniente tomar muestras que representan de toda la población, de tal manera que permita deducir el comportamiento de toda la población, como se indica en la figura 3.

Figura 3: Significado estadístico de Seis Sigma

La capacidad del proceso representa la cantidad de desviaciones estándares que existen desde la media hasta el límite superior de la especificación y desde la media hasta el límite inferior de la especificación.

En este caso, el nivel 3 sigma, se refiere a que existen 3 desviaciones estándar en torno a la media de la población.

Si se suma la probabilidad de defectos de ambos lados de la distribución se determina que la probabilidad de defectos es de 6.68% que equivalen a 67000 ppm (SONG, 2002), como se presenta en la figura 4.

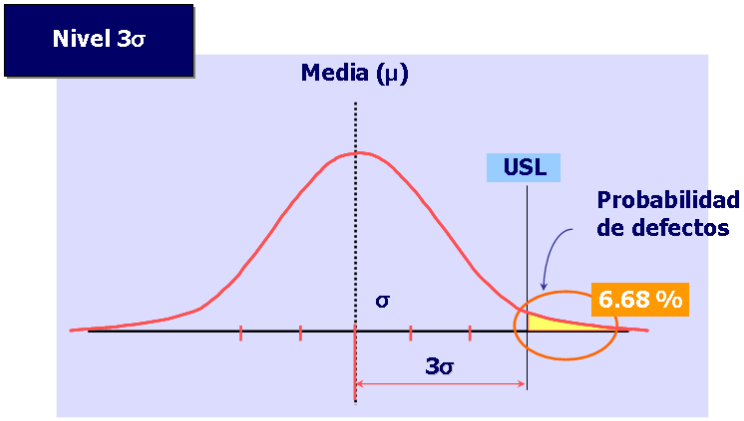

Figura 4: Nivel 3 sigma

La capacidad del proceso Seis Sigma al igual que la capacidad del proceso 3 sigma, también se puede representar por Z, la diferencia con el nivel 3 sigma es que la probabilidad de defectos en ambos lados de la curva es de 3.4 ppm.

Como se muestra en la figura 5, el nivel Seis Sigma solo permite tener 3,4 defectos por un millón de productos buenos; por consiguiente se puede ver que en cuanto más alto sea la capacidad del proceso se tienen menos defectos (Wortman 2007), como se muestra en la figuira (SONG, 2002).

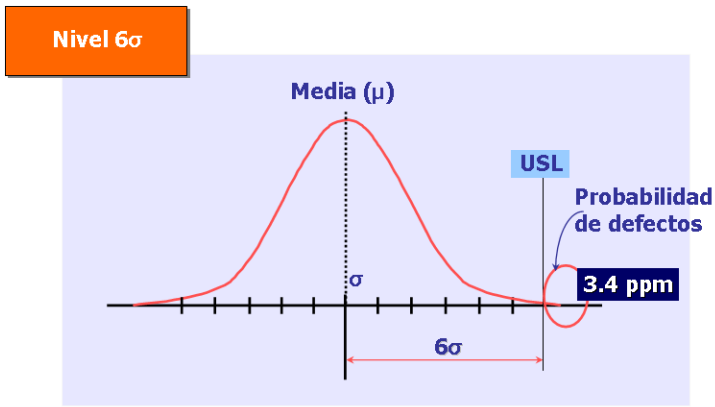

Figura 5: Distribución de un proceso de nivel 6 sigma

En la figura 6, se presenta la equivalencia de ppm de acuerdo con el nivel Z.

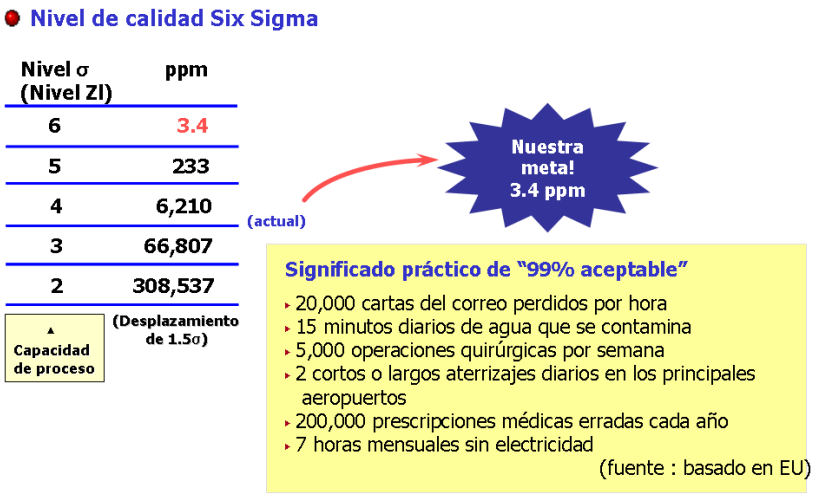

Figura 6: Relación entre nivel Z y ppm.

Mientras más alto sea el nivel Z, la cantidad de defectos se reduce.

En términos reales, que un procesos se aceptados al 99% significa 20000 cartas perdidas por hora, 15 minutos diarios de agua que se contamina, 5000 operaciones quirúrgicas por semana, 2 cortos o largos aterrizajes diarios en los principales aeropuertos, 200000 prescripciones médicas erradas cada año, 7 horas mensuales sin electricidad, esto deja mucho que pensar (Park, 2003).

1.1.3 FILOSOFÍA Y APLICACIÓN DE SEIS SIGMA

La implementación de Seis Sigma requiere que la organización cambie de las declaraciones a las acciones, de los eslóganes a los datos, de las opiniones a la experimentación y el control. La estrategia de Seis Sigma establece los indicadores del programa, los planes de acción y los métodos de mejoramiento, asimismo señala la necesidad de mediciones confiables en los siguientes aspectos:

- Satisfacción del cliente
- Recursos humanos
- Calidad

Seis Sigma se aplica para la optimización de todas las áreas del negocio a través de la utilización de herramientas estadísticas, el análisis de todos los factores potenciales que originan el problema, la identificación de los pocos factores vitales

para la reducción de los defectos, el incremento del rendimiento y la satisfacción del cliente (Kim, 2005).

Seis Sigma se aplica a todas las áreas del negocio, en el área de Investigación y desarrollo, el enfoque es garantizar la finalización del diseño basado en una tolerancia razonable a través del análisis de la capacidad y así seleccionar la adecuada característica critica de la calidad (CTQ) para la satisfacción de nuestros clientes.

En el área de manufactura, el principal enfoque es asegurar la calidad de nuestros procesos y en el área transaccional el enfoque es maximizar las ventas y el servicio, como se muestra en la figura 7 (SONG, 2002).

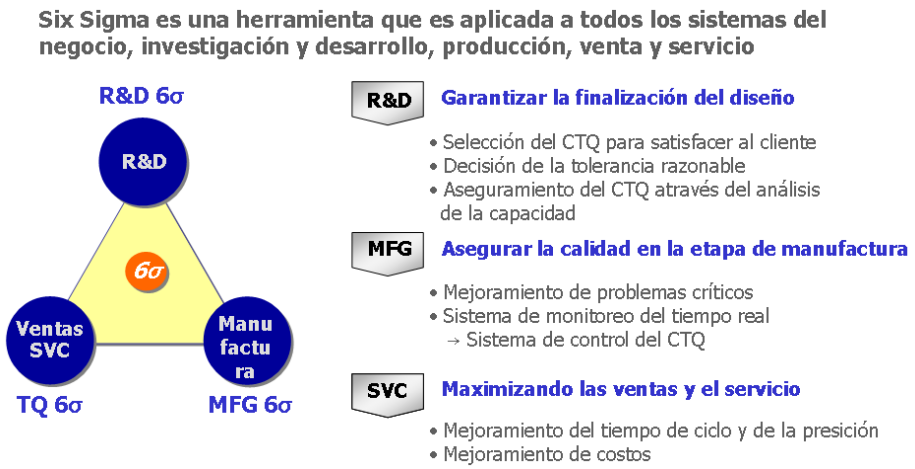

Figura 7: Aplicación de Seis Sigma en las diferentes áreas

1.1.4 OBJETIVOS DE SEIS SIGMA

Seis Sigma resuelve los problemas del negocio (no los problemas de calidad); es decir, promueve la rentabilidad y el crecimiento. Los requerimientos del mercado se reflejan en programas diseñados para transformar a la empresa en una organización enfocada a obtener beneficios.

Seis Sigma reduce la variación, mejora la calidad de los productos, reduce los tiempos de desarrollo de productos, acelera las transacciones y mejora los servicios. Algunos de los beneficios son:

- Mejora significativamente el desempeño de los procesos

- Mejora la línea base
- Alinea los esfuerzos de los colaboradores a objetivos de la organización.
- Genera ciclos de mejora sistemáticos para resolver problemas y mantener los resultados en el tiempo
- Administra proyecto de alto impacto para la organización
- Promueve el desarrollo de competencias de los colaboradores
- Enfatiza la medición y los resultados
- Promueve el uso del análisis estadístico
- Desarrolla productos focalizados
- Mejora la participación de mercado
- Mejora la retención de clientes.

1.1.5 VARIABILIDAD

Uno de los objetivos claves del control estadístico y de Seis Sigma es reducir la variabilidad del proceso, por lo tanto es clave entender los motivos de variabilidad de un proceso que están relacionados con las 6M:

- Materiales
- Máquinas
- Mano de obra
- Mediciones
- Métodos
- Medio Ambiente

En la figura 8 se observa que en un proceso cada aspecto aporta con su propia variación al resultado generado (Gutiérrez, 2009).

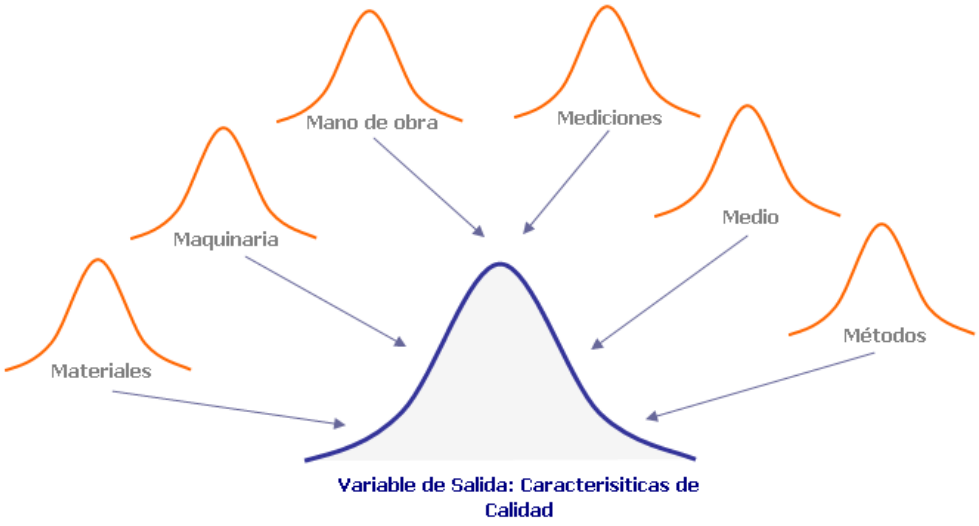

Figura 8: Fuentes de variación de un proceso

Para controlar la variabilidad de los procesos es necesario medirla y tomar acciones para eliminar las causas especiales de variación y mejorar las condiciones propias del proceso reflejadas como causas comunes.

Seis Sigma mide estadísticamente la capacidad del proceso para operar libre de defectos o fallos. Por ejemplo, se fabrican 340 m de manguera, se trabajara a un nivel tres sigma, se esperaría que aproximadamente 1 m de manguera podría quedar defectuosa, si la misma manguera se fabricara a un nivel de Seis Sigma, únicamente 1 mm podría quedar defectuoso. Todo esto porque el Seis Sigma se basa específicamente en la distribución normal, donde en $\mu \pm 6\sigma$ se encuentran el 99.99% de las observaciones, lo que supone un porcentaje de error inferior al 0.01%, o sea, que el proceso trabaja libre de fallos.

1.1.6 PROCESO SEIS SIGMA

La metodología Seis Sigma consiste en la definición, medición, el análisis, mejoramiento y control. En la figura 9 se muestran las etapas del proceso Seis Sigma (SONG, 2002).

Figura 9: Etapas del proceso Seis Sigma

1.1.6.1 DEFINIR

En la etapa de definición, se determina el problema real que afecta al costo de la empresa en función de la voz del cliente. En esta etapa, el problema se identifica a partir de las características crítica para la calidad y se establece la meta cuantitativa y cualitativa del proyecto. Seis Sigma se enfoca en las causas que afectan al problema como se presenta en la figura 10.

Figura 10: Etapa 1, Definición

Para iniciar un proyecto de Seis Sigma se deben seleccionar los temas según el peso que tengan estos, en relación con los costos de falla, los temas que valen la pena iniciar son los que provienen de la interacción que existe entre la parte que da y la parte que recibe. Es decir el proveedor y el cliente, respectivamente, así

como por ejemplo, la reducción del tiempo de ciclo, de los costos, de los defectos y el mejoramiento del tiempo de entrega, del precio y de la calidad.

1.1.6.2 MEDIR

En la etapa de medición, se recolectan todos los datos posibles para identificar las causas potenciales que pudieran afectar al problema, se establece el sistema de medición y se determina la capacidad del proceso. En la figura 11 se puede observar la medición de los defectos respecto a las especificaciones del cliente.

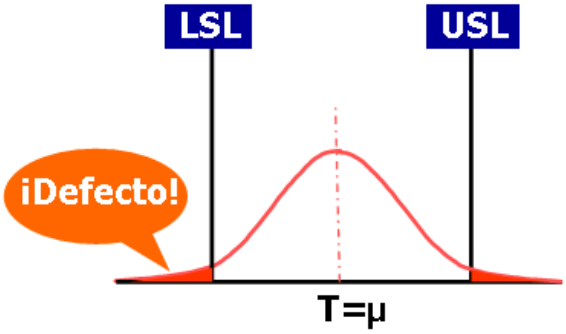

Figura 11: Etapa 2, Medición

1.1.6.3 ANALIZAR

En la etapa del análisis, se buscan los factores potenciales que causan el problema y se determinan los factores vitales que generalmente significan el 20% de las causas que generan el 80% del problema. En la figura 12 se puede observar el método para identificar los pocos factores vitales que afectan el problema.

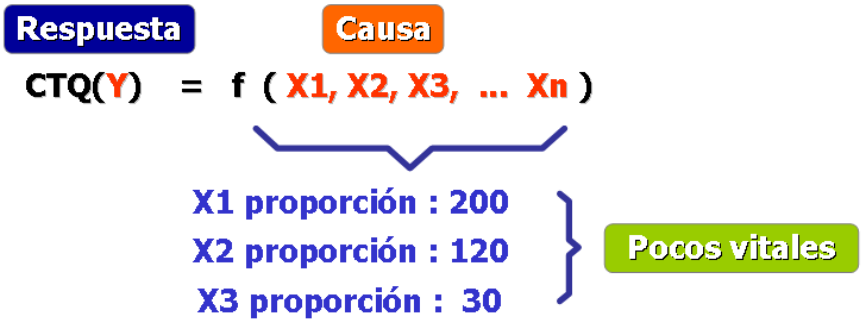

Figura 12: Etapa 3, Análisis

1.1.6.4 MEJORAMIENTO

Con la aplicación de la Metodología Seis Sigma es posible aplicar diferente herramientas de análisis en función de la información y mediciones que existen acerca del proceso, esto permite decidir e implementar mejoras inmediatas a lo largo de las etapas del proyecto para reducir o eliminar las causas especiales de variación del proceso.

En la etapa de Definición se establece el Mapa de Proceso en el cual se pueden identificar mejoras inmediatas relacionadas con la organización del proceso, estructura funcional, re-procesos, flujos de información, métodos de trabajo, tiempos de espera. También se realiza un análisis de Pareto para identificar los principales motivos de retrasos en el proceso. Con los resultados obtenidos se rediseño el proceso y se implementaron los cambios decididos para mejorar los tiempos del proceso.

El la figura 13 se muestran el tipo de mejoras que se implementas a lo largo del proyecto:

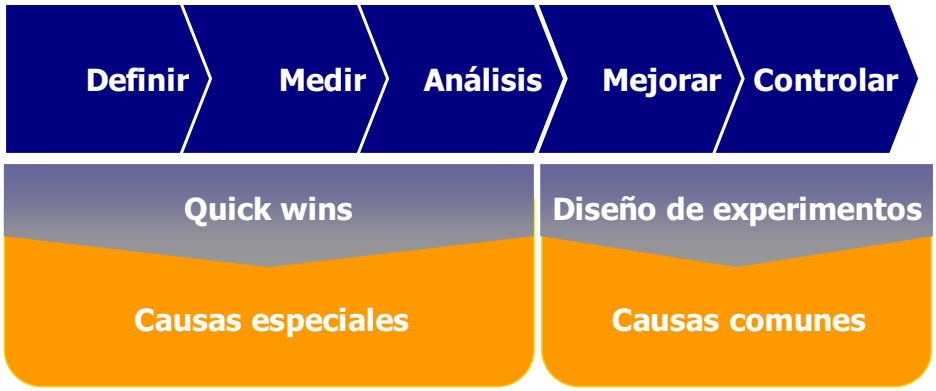

Figura 13: Implementación de mejoras por fase del proyecto.

En la etapa del mejoramiento, se determinan los factores vitales que causan el problema y se establece la relación que existe entre ellos. Posteriormente se realizan experimentos para encontrar los niveles óptimos de operación para alcanzar el objetivo del proyecto, como se indica en la figura 14 (SONG, 2002).

Figura 14: Etapa 4, Mejoramiento

1.1.6.5 CONTROL

En la etapa del control se determinan el método de control del proceso y el programa de auditorías para monitorear la condición mejorada del proceso y así prevenir posibles problemas. En esta etapa se debe confirmar si en realidad se ha reducido el costo de falla a través del proyecto. En la figura 15 se puede observar el sistema de medición del proceso.

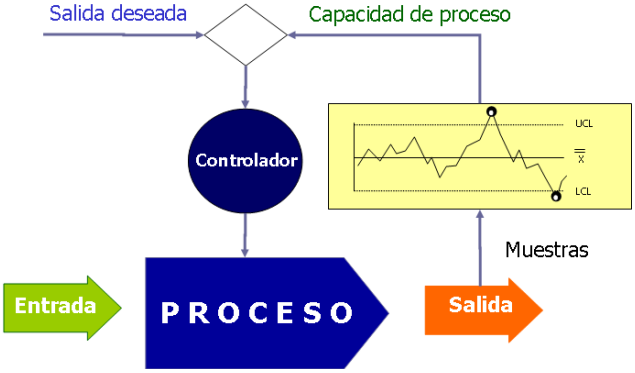

Figura 15: Etapas 4, Control

En general el proceso de control tiene las siguientes etapas:

- Decidir las características a controlar.
- Seleccione el tipo de gráfico de control.
- Decidir el plan de muestreo.
- Decidir el tamaño de la muestra.
- Decidir el período de muestreo.
- Decidir el momento de recoger los datos.
- Decidir el método de medición y los criterios.
- Recoger los datos del proceso inicial.
- Decidir la escala de gráfico de control.
- Calcular la media y límites de control.
- Evaluar el problema de la capacidad del proceso.
- Ampliar los límites de control.
- Tomar medidas correctivas para las desviaciones.
- Iniciar el entrenamiento.

Un proceso es estable si la salida del proceso es consistente con las causas comunes, la media y el rango se encuentran dentro de los límites de control y no hay evidencia de que la variación se atribuye a causas especiales.

Si hay algún punto fuera de los límites de control, entonces debemos aceptar que el proceso no es estable.

Un Gráfico de Control debe identificar las variaciones del proceso; puntos extremos, tendencias o comportamientos cíclicos que sean estadísticamente significativos:

Como se indica en la figura 16, en los gráficos de control se determina estadísticamente el Limite Superior de Control USL, el Límite Inferior de Control LSL y la línea central. También se indican las variaciones significantes del proceso.

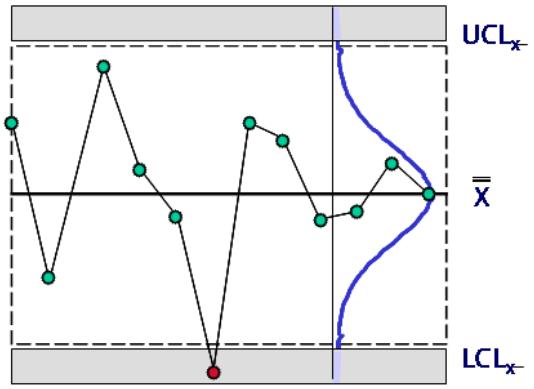

Figura 16: Gráfico de control de factores

La línea central de gráfico de control corresponde a la media del proceso y a partir de la cual se determinará los límites de control UCL y LCL como la media + / - 3 desviación estándar, por tanto un proceso es estable si se mantiene dentro de estos parámetros de control.

Los límites de control son los límites de variación no límites de aceptación. Los límites de especificación no parecen en las cartas de SPC.

Existen criterios para determinar si el procesos esta fuera de control que se aplican a los datos de los gráficos.

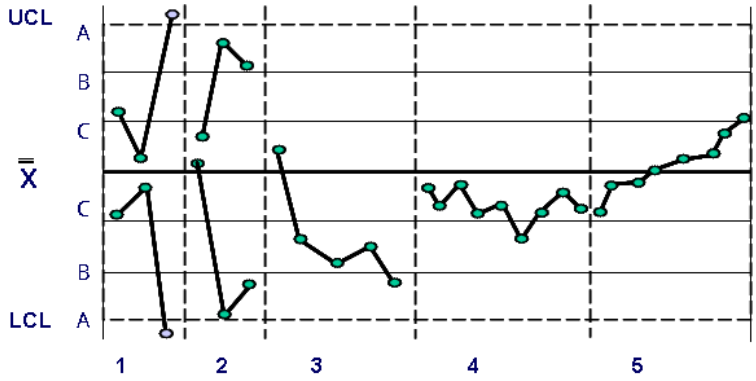

Figura 17: Criterios para determinar la estabilidad

En la figura 17 las zonas A, B y C representan más y menos de uno, dos y tres zonas de la sigma promedio del proceso global:

- Un solo punto por encima o por debajo de un límite de control.
- Dos de cada tres puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central, en la zona A o más allá.
- Cuatro de cada cinco puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central, en la zona B o más allá.
- Al menos ocho puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central, en la zona C.
- Al menos ocho puntos consecutivos con tendencia en un sentido

1.1.7 ESTRUCTURA DEL PROYECTO SEIS SIGMA

La estructura de un proyecto Seis Sigma está conformada por el Campeón que es la persona que está a cargo del negocio. El Campeón establece la visión del negocio y determina las direcciones para el involucramiento de todas las áreas en las actividades de Seis Sigma. El Campeón debe impulsar y apoyar los proyectos de mejoramientos.

El Master Black Belt es la persona especialista en Seis Sigma cuyo objetivo principal es alcanzar la meta de Seis Sigma, a través de capacitaciones, revisiones, coordinación y fuerte apoyo a los proyectos.

El Black Belt es el líder técnico que coordina y apoya las actividades de Seis Sigma y el Green Belt es el que aplica las herramientas de Seis Sigma para la

ejecución de los proyectos. En la figura 18 se muestra la estructura de un proyecto Seis Sigma (SONG, 2002).

Figura 18: Organización de un proyecto Seis Sigma

Las actividades de Seis Sigma son de tipo descendentes el Campeón es la persona que debe establecer la direccione de Seis Sigma, se involucra en todas las actividades de mejoramiento y apoya fuertemente a todos los proyectos.

En la figura 19 se indican los roles del Campeón.

Figura 19: Roles del Campeón Seis Sigma

El Master Black Belt es el especialista en Seis Sigma que ha concluido el curso de Master y ha obtenido la certificación, se dedica tiempo completo a los proyectos de Seis Sigma.

El Master Black Belt debe tener la habilidad para liderar a los Black Belt y Green Belt, dar las direcciones correctas y apoyar a los proyectos. En la figura 20 se muestran los roles principales del Master Black Belt.

Figura 20: Roles del Master Black Belt

1.1.8 HERRAMIENTAS CLAVES DE SEIS SIGMA

A lo largo de la implementación del proyecto Seis Sigma se utilizan diferentes herramientas de análisis, que en algunos casos son más sofisticadas. A continuación se presenta un esquemas de las herramientas utilizadas en cada etapa (Snee, 2004).

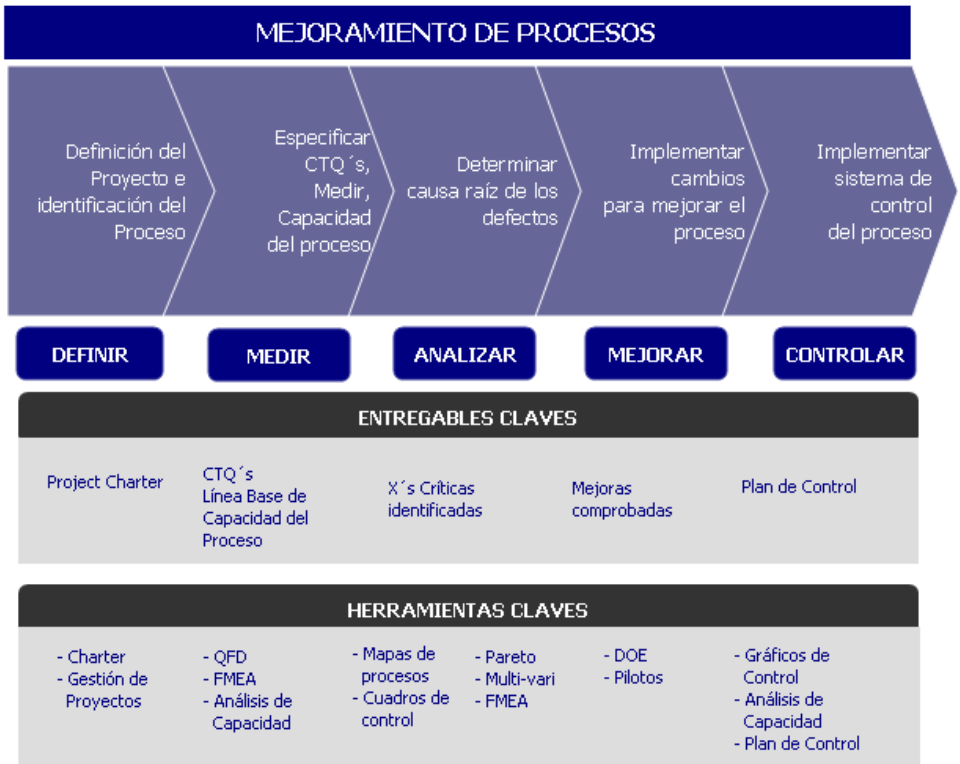

Figura 21: Herramientas claves de Seis Sigma

En la figura 21 se indican las diferentes herramientas que se emplean en cada etapa de un proyecto Seis Sigma.

1.1.8.1 CTQ : CRITICAL TO QUALITY

CTQ es la abreviación de Critical to Quality que significa crítico para la calidad. El CTQ es un valor característico crítico para la calidad del producto, proceso o servicio que afecta a la satisfacción del cliente.

El CTQ se puede extraer de la voz del cliente, a través de encuestas, entrevistas, mapeo de procesos, entre otras herramientas:

- Encuesta a clientes
- Entrevista enfocada a grupos
- Mapeo de requerimientos del cliente
- Despliegue de la función de la calidad (QFD)
- Conocimiento del mercado
- Árbol lógico
- Diagrama de Pareto

Por ejemplo se puede determinar como crítico para la calidad a lo siguiente:

- Especificaciones de partes especiales
- Asunto colectivo y confiable de cuentas
- Tiempo necesario de reparación
- Amabilidad

1.1.8.2 QFD: QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT, DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD

La matriz QFD se utiliza para enlazar los requerimientos del cliente a los requerimientos técnicos y partes potenciales.

Los factores críticos de satisfacción CTS´s tienen Característica Critica de Calidad CTQ´s que se define como una dimensión o carácter de partes o especificación qué se trata estadísticamente y sirve para entregar la satisfacción al cliente. En términos de proceso las características críticas de calidad se asocian a variables de respuesta “Y” en función de las cuales se determinan las especificaciones del cliente. En la figura 22 se muestra la relación entre CTS´s, CTQ´s y variables de respuesta “Y”.

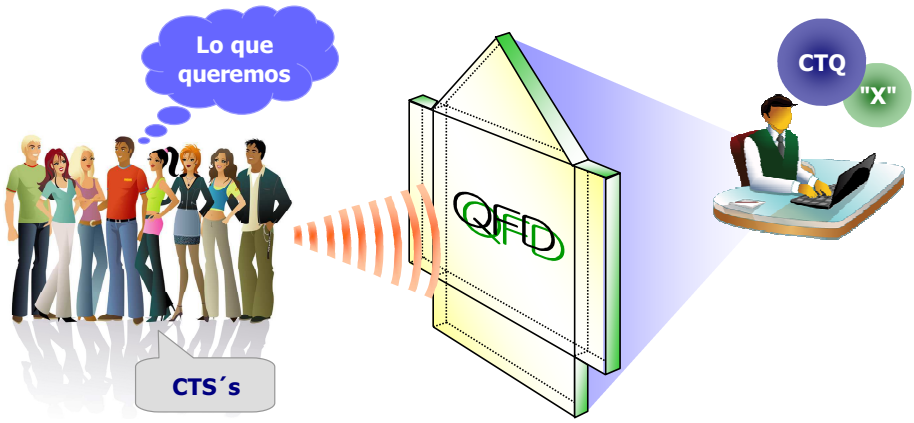

Figura 22: Matriz QFD

En la figura 23 se muestra un ejemplo de QFD (SONG, 2002).

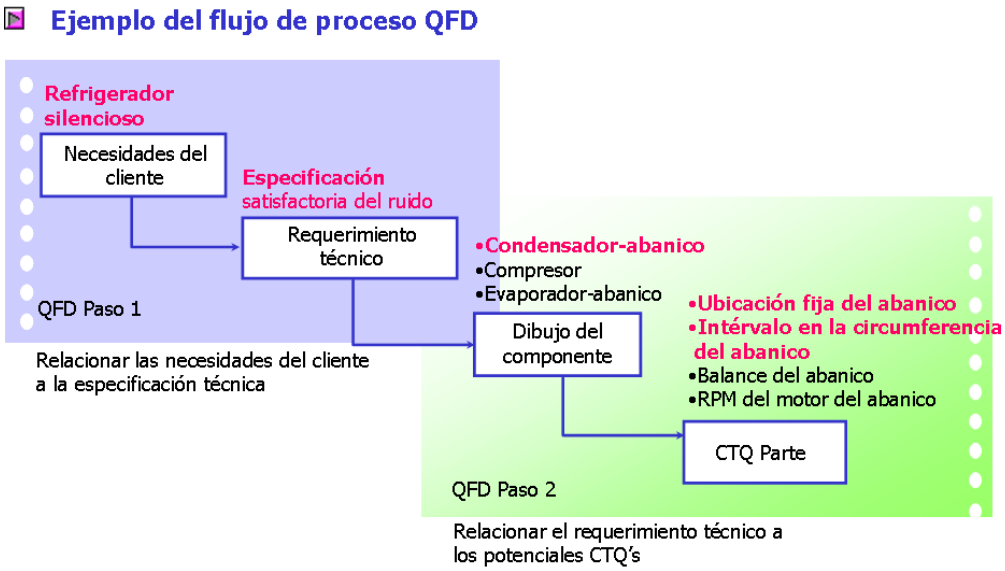

Figura 23: Ejemplo QFD

En el ejemplo la necesidad del cliente es un refrigerador silencioso, y a partir de esto se identifican los elementos técnicos relacionados con el ruido que genera el refrigerador y finalmente se determinan los factores constructivos específicos que tienen influencia sobre el ruido del refrigerador.

1.1.8.3 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA FMEA

Proviene del las iníciales en inglés Faillure Mode & Effect Analysis, el modo de falla y el análisis del efecto se utilizan para identificar los riesgos en el diseño de un producto y establecer las contramedidas para asegurar. La confiabilidad del producto en la etapa del desarrollo.

El FMEA se utiliza para asegurar el diseño y el proceso del producto, las expectativas del FMEA son establecer las contramedidas para el aseguramiento de la confiabilidad del producto, seleccionar el CTQ para controlar y mantener el nivel de calidad y reducir el tiempo y el costo de desarrollo. (Pande,2002)

En la figura 24 se muestra un ejemplo de utilización de la FMEA (SONG, 2002).

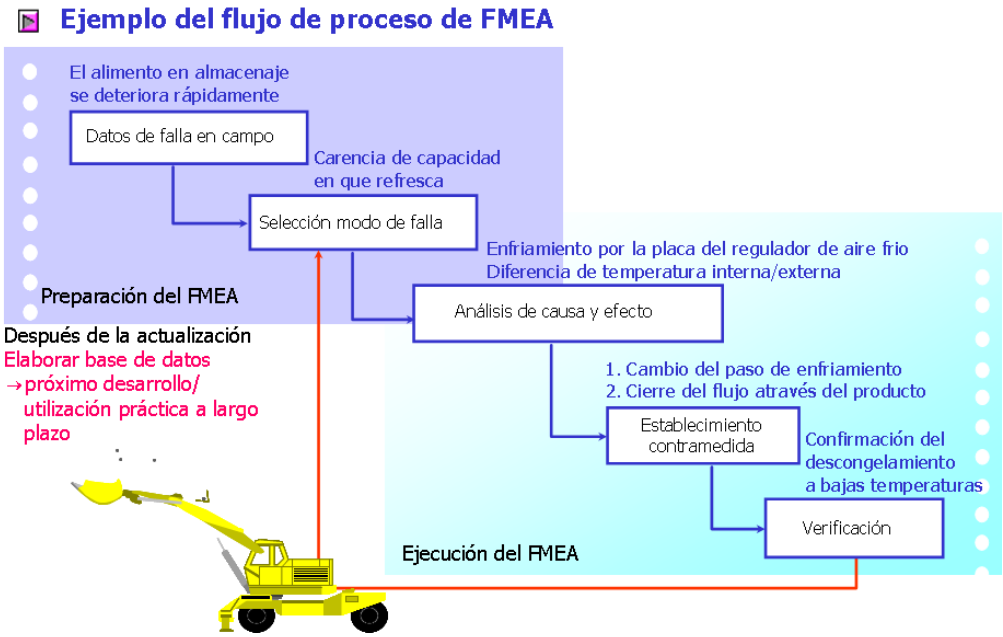

Figura 24: Ejemplo FMEA

1.1.8.4 CAPACIDAD DEL PROCESO

La capacidad del proceso nos permite conocer si el proceso produce con una calidad uniforme en función de las especificaciones del cliente.

La variable de respuesta "Y" es el parámetro sobre el cual se establecen las especificaciones del cliente en función de las necesidades del cliente y de las necesidades de la empresa.

Cuando se trata de servicios la determinación de las especificaciones puede resultar compleja debido a que se tratan de variables relacionadas con la percepción del cliente. En este caso es posible aplicar encuestas para conocer las expectativas del cliente en cuanto a una característica crítica de calidad y a partir de ello establecer las especificaciones que sirven de referencia para determinar la capacidad del proceso.

Cuando el proceso está bajo control, el CP representa la variación de la salida, compara la capacidad de proceso con el límite de especificación. Se utiliza el rango ± 3s (6s) para calcular la capacidad de proceso.

En general cuando el proceso es centrado y el objetivo coincide con la media del proceso, la capacidad potencial Cp está dada por la siguiente fórmula general:

La capacidad del proceso es la unidad que refleja el grado de uniformidad de producción y su análisis convierte un problema práctico a uno estadístico (SONG, 2002) como se indica en la figura 25.

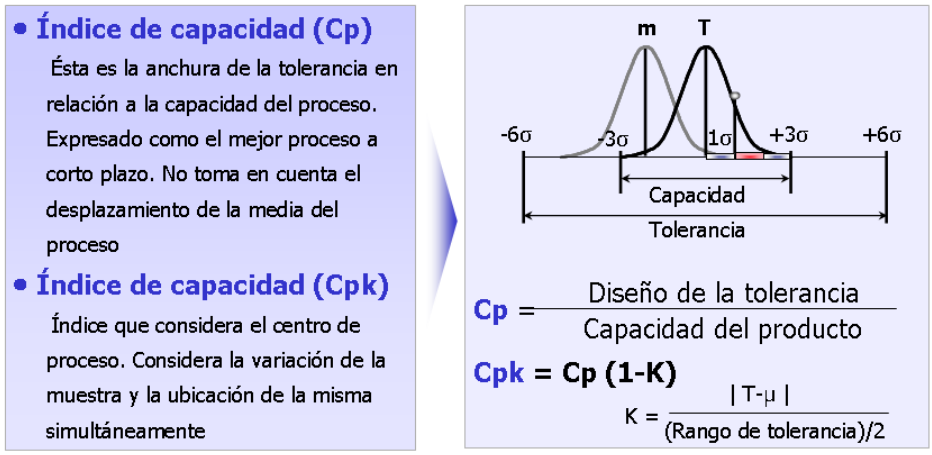

Figura 25: Medición de la capacidad del proceso

1.1.8.5 PRUEBAS DE HIPÓTESIS

Las pruebas de hipótesis conducen a establecer que la información sobre las decisiones de las poblaciones esté basada en resultados estadísticos (Webster 2000).

Se utilizan muestras para estimar los parámetros de la población. Existe la oportunidad en la que se puede tomar una decisión inadecuada, por lo tanto se debe tener cuidado al seleccionar las muestras. En la figura 26 se indican los tipos de pruebas de hipótesis para datos discretos y continuos.

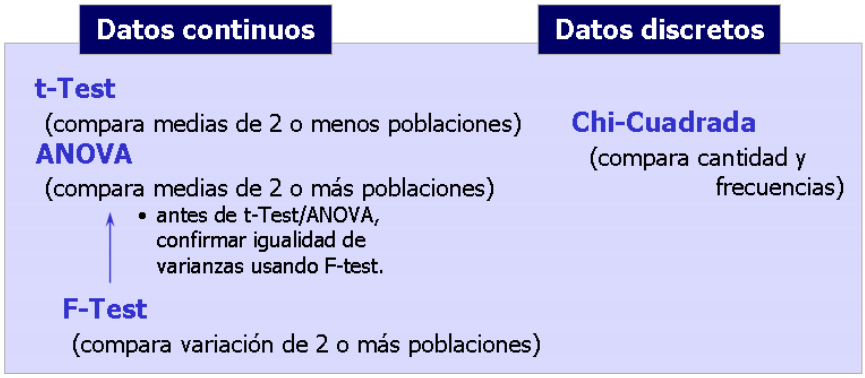

Figura 26: Pruebas de Hipótesis

1.1.8.6 ANOVA

ANOVA se utiliza para determinar si la variación media entre los niveles (SSB) es mayor de lo que se puede esperar de la variación presente dentro de la muestra (SSW) (SONG, 2002). En la figura 27 se indica el método de cálculo de ANOVA.

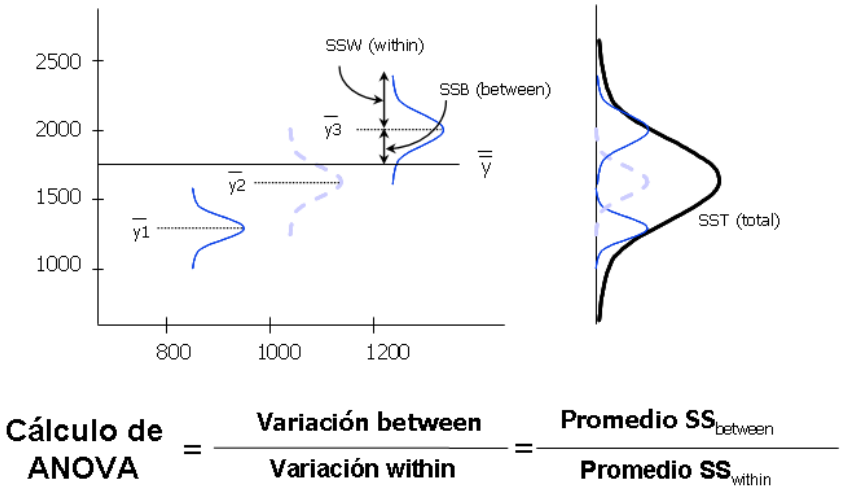

Figura 27: Pruebas ANOVA

1.1.8.7 DISEÑO DE EXPERIMENTOS DOE

El diseño de experimentos conocido por DOE se realiza para determinar estadísticamente que factores e interacciones son los que influencian a la respuesta para encontrar la condición óptima. (Montgomery, 2003)

A través del DOE se define la relación que existe entre las variables (X's) y las respuestas (Y's) y se determinan los factores vitales (SONG, 2002), como se muestra en la figura 28.

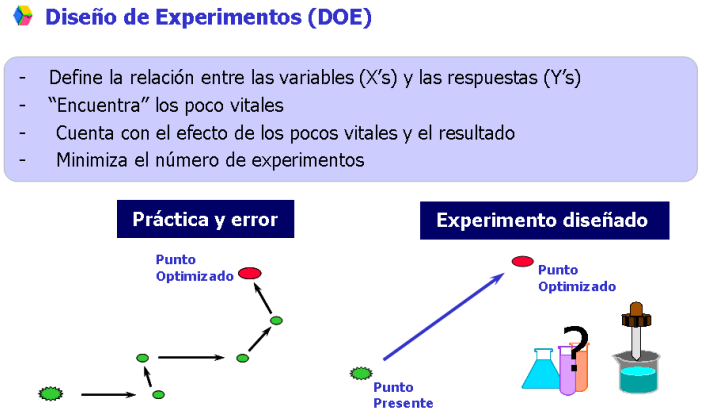

Figura 28: Diseño de experimentos

2. PARTE EXPERIMENTAL

Para la aplicación de la Metodología Seis Sigma se determinaron las etapas del proyecto y las herramientas utilizadas en el desarrollo de la metodología.

2.1 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para el desarrollo del proyecto se estableció un cronograma de trabajo para establecer las etapas, actividades y plazos en los que se ejecutó el proyecto. Asimismo se definió la estructura del proyecto con el Sponsor, Black Belt, Green Belt y miembros del equipo de trabajo.

En la figura 29 se muestra el organigrama del proyecto:

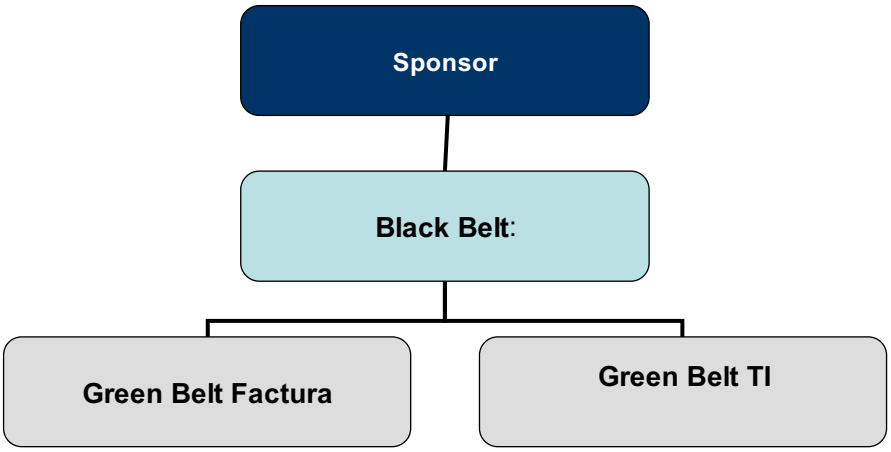

Figura 29: Organigrama del proyecto Seis Sigma

La declaración del objetivo y alcance del proyecto se estableció en un Project Charter que se convirtió en la hoja de ruta del proyecto como se presenta en la tabla 1.

Tabla 1: Project Charter.

Project Charter						
Product or Service Impacted		**Expected Project Savings ($)**				
Black Belt or Green Belt		**Business Unit**				
Champion		**Phone Number for Belt**				
Master Black Belt		**Email for Belt**				
Start Date		**Target Completion Date**			**2008-06-28**	
Element	**Description**	**Team Charter**				
1. Process:	The process in which opportunity exists.					
2. Project Description: what is the "Practical Problem"	Problem and goal statement (project's purpose)					
3. Objective:		**Project Y's**	**Baseline**	**GOAL**	**Entitlement**	**Units**
4. Business Cases:	Expected financial improvement, or other justification.					
5. Team members:	Names and roles of team members?					
6. Project Scope:	Which part of the process will be investigated and excluded.					
7. Benefit to External Customers:	Who are the **final** customers, what are their key measures, and what benefits will they see?					
8. Schedule:	Give the key milestones/dates.	Project Start				
	M- Measurement					
	A- Analysis					
	I- Improvement					
	C- Control					
9. Support Required:	Will any special capabilities, hardware, trials, etc be needed?					

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para la definición del problema se consideró a la satisfacción de los clientes como uno de los factores principales de diferenciación que asegura la fidelidad de los clientes y en consecuencia los ingresos de la organización.

2.2.1 IDENTIFICAR LOS FACTORES CRÍTICOS DE SATISFACCIÓN (CTS´S).

Para la organización de identificaron factores que tenían influencia directa sobre la satisfacción de los clientes, los que se muestran en la figura 30.

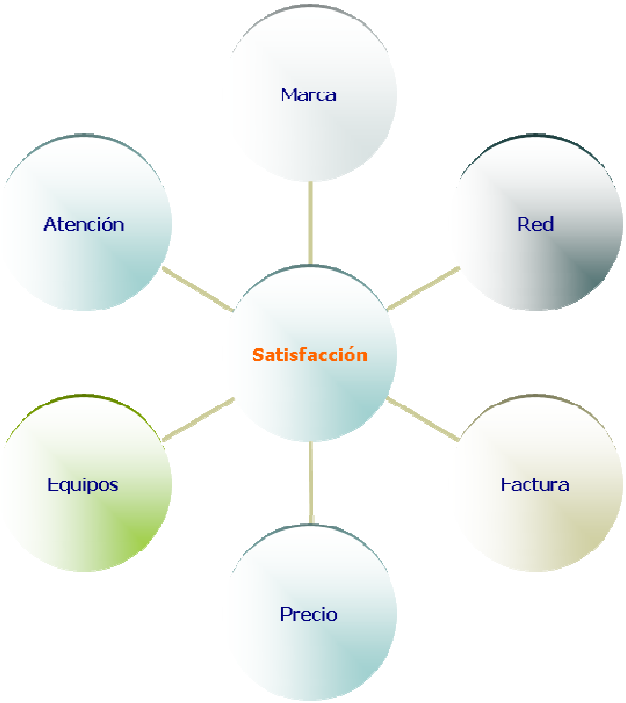

Figura 30: Factores críticos de satisfacción CTS´s

Se determinó el grado de importancia que tiene cada uno de los CTS´s mediante la aplicación de encuestas a los clientes, con lo cual la organización mediante el análisis de Pareto, enfocó sus esfuerzos sobre los factores más importantes.

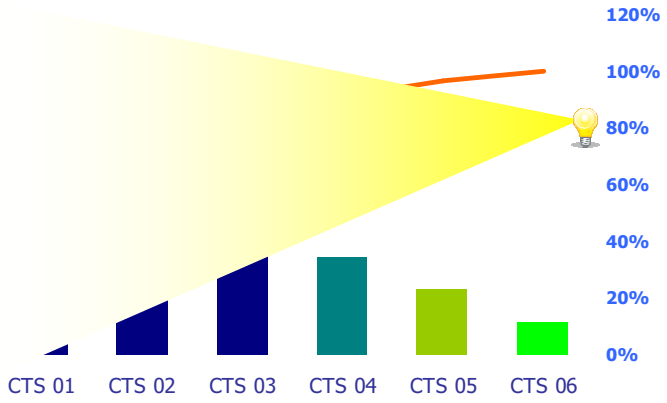

Figura 31: Análisis de Pareto para identificar las características críticas de satisfacción

En la figura 31 se presenta el esquema de identificación de las características criticas de satisfacción del cliente.

2.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE CALIDA CTQ´S

Se utilizó el método del Critical to Flowdown para determinar el Índice de Prioridad IPQ, que tienen los CTQ´s en función de la importancia para el cliente y del Grado de No-Conformidad GNC. En la figura 32 se presenta el método para identificar las variables de respuesta.

IPQ = IIC * GNC

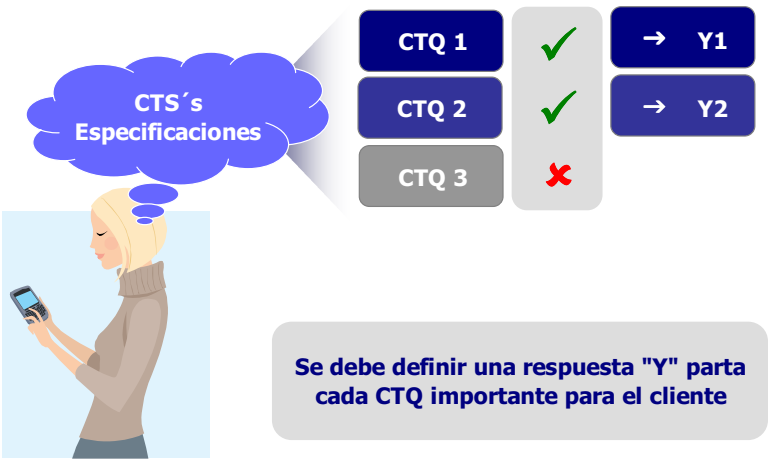

Figura 32: Identificación de variables de respuesta

Luego se determinó las variables de respuesta "Y" asociadas a las Características Críticas de Calidad CTQ´s que tienen mayor índice de prioridad.

El Índice de Importancia IIC se determinó directamente con los clientes a través de encuestas que se calificaron en una escala de 1 a 10, con 10 al de mayor importancia.

El Grado de No-Conformidad GNC se calificó en función a la probabilidad de falla del proceso respecto a la CTQ como se indica en la taba 2.

Tabla 2: Escala de calificación del grado de no-conformidad.

Probabilidad de Falla	Ratas Posibles de Fallas	Cpk	Ranking
Muy Alta: Falla es casi inevitable	≥ 1 en 2	< 0.33	10
	1 en 3	≥ 0.33	9
Alta: Generalmente asociada con procesos similares a procesos previos que han fallado frecuentemente.	1 en 8	≥ 0.51	8
	1 en 20	≥ 0.67	7
Moderada: Generalmente asociados con procesos similares a procesos previos que han experimentado fallas ocasionales, pero no en proporciones significativas	1 en 80	≥ 0.83	6
	1 en 400	≥ 1.00	5
	1 en 2,000	≥ 1.17	4
Baja: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	≥ 1.33	3
Muy Baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi identicos	1 en 150,000	≥ 1.5	2
Remota: Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi identicos	≤ 1 en 1,500,000	≥ 1.67	1

2.2.3 DEFINICIÓN DEL PROCESO.

Para definir el procesos se utilizó el método SIPOC en el que se determinaron a los proveedores, factores de entrada "X", las principales actividades del proceso, las variables de salida "Y" y los clientes como se indica en la figura 33.

Figura 33: Proceso SIPOC

El mapa de procesos se estableció con los miembros del equipo del proyecto y fue revisado por Black Belt del proyecto

En esta etapa las entradas del proceso se definieron como Factores Potenciales "X" y se clasificaron en cinco categorías importantes: mano de obra, material, máquinas, métodos y ambiente.

2.2.4 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

Para conocer si el proceso produce con una calidad uniforme en función de las especificaciones del cliente se analizó la capacidad del proceso.

Las especificaciones se establecieron en función de las necesidades del cliente que fueron identificadas como variables de respuesta "Y". En la figura 34 se observa el cumplimiento de las especificaciones del cliente en un proceso normal.

Figura 34: Capacidad potencial del proceso Cp

2.3 MEDICIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS DEL PROCESO.

La etapa de medición se realizó de acuerdo con las etapas indicadas en la figura 35 y los resultados obtenidos sirvieron de línea base para los factores críticos "X" que tienen influencia significativa sobre las variables de respuesta "Y" asociadas a las características críticas de calidad CTQ´s.

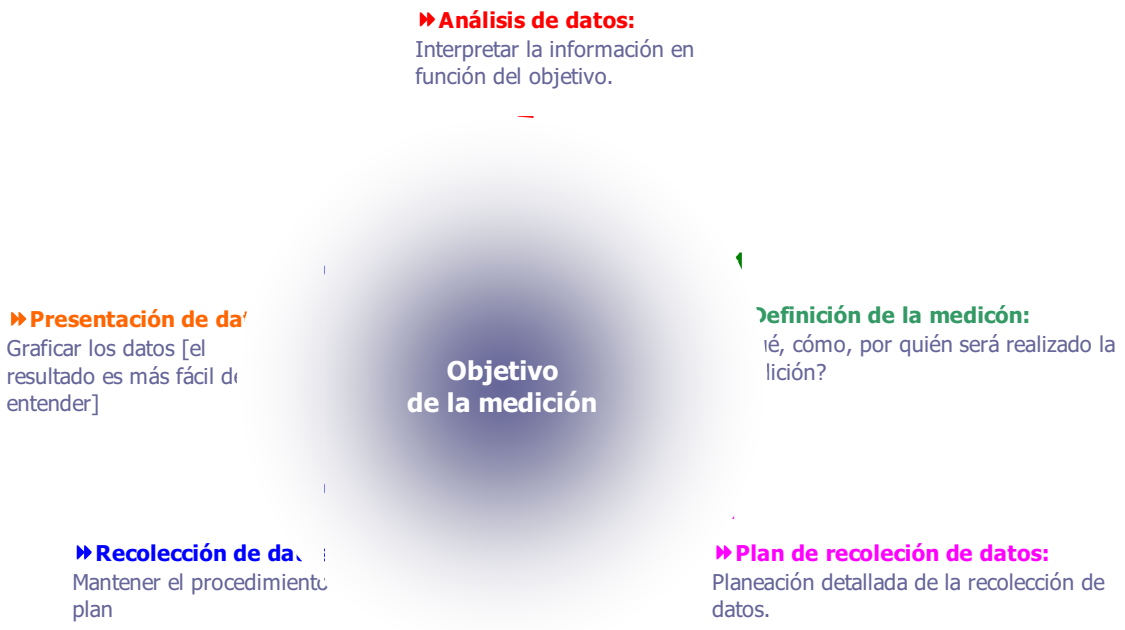

Figura 35: Método de recolección de datos

Las mediciones se realizaron durante el proyecto y posteriormente para el Control Estadístico del proceso.

2.3.1 SELECCIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA "Y"

La variable de repuesta "Y se seleccionó en de acuerdo con el objetivo del proyecto y se utilizó como criterio la prioridad en función de la importancia para el cliente y el desempeño del proceso.

En la figura 36 se indica el método que se utilizó para seleccionar las variables de respuesta "Y".

Figura 36: Selección de los factores de respuesta "Y".

Antes de iniciar la medición se validó con la factibilidad de obtener los datos necesarios y determinar si la medición será al 100% o sobre una muestra definida de acuerdo con las condiciones del proceso.

2.3.2 DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS "X".

Los factores críticos se determinaron a partir de los factores potenciales que tiene mayor relación con las características de calidad. Se utilizó la Matriz de despliegue de la función de calidad QFD para identificar los factores críticos en función de la importancia de la relación entre los factores potenciales "X" las CTQ´s. En la figura 37 se muestra la forma en que la Matriz QFD traduce la voz del cliente a factores críticos "X" del proceso.

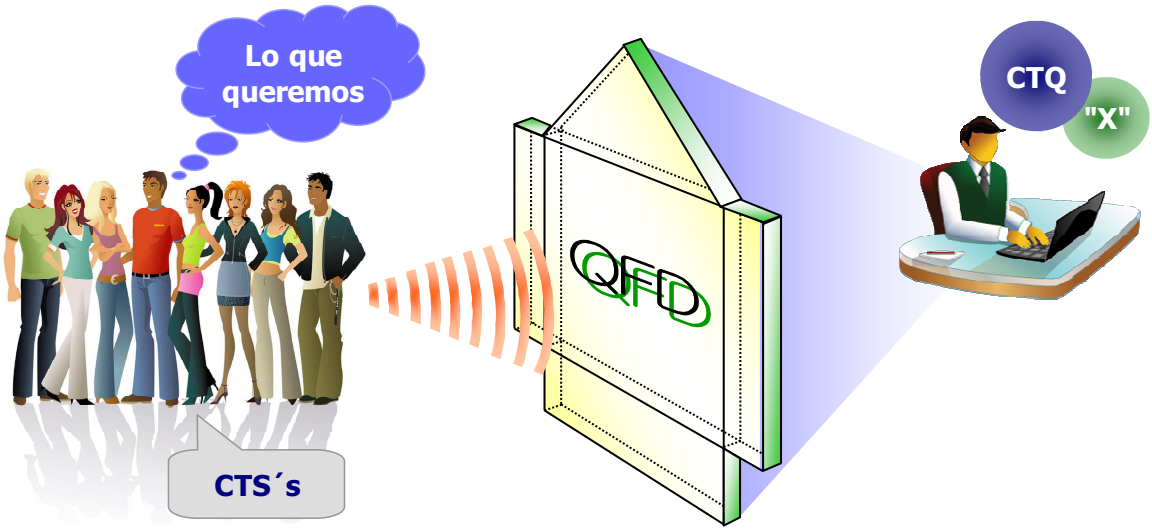

Figura 37: Matriz de despliegue de calidad QFD

Se estableció el grado de relación entre los factores potenciales "X" identificados en el Mapa de Proceso y las CTQ, a través de una escala que asigna valores de acuerdo con la intensidad de la relación: 1 = Débil, 5 = Moderada, 9 = Fuerte.

El índice de criticidad de los factores "X" se calculó de acuerdo con lo indicado en la figura 38.

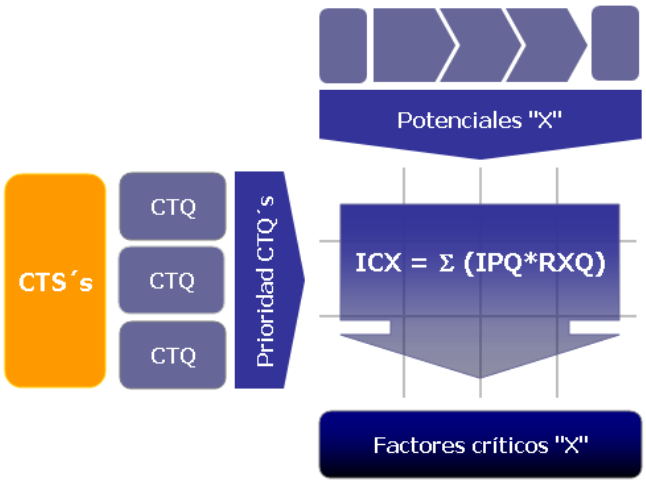

Figura 38: Definición de factores X

Donde,

ICX = Índice de criticidad “X”.

IPQ = Índice de prioridad del CTQ.

RXQ = Grado de relación entre X y CTQ.

Para determinar los factores críticos se utilizó el análisis de Pareto.

2.3.3 SELECCIÓN DE LOS FACTORES “X”

La selección de los factores de entrada “X” que se midieron se realizó en función de los resultados de la Matriz QFD y fueron los que en conjunto cubren el 80% de la evaluación de criticidad, como se indica en la figura 39.

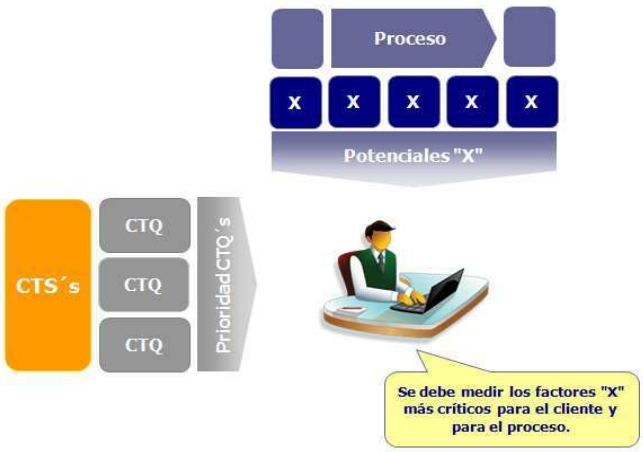

Figura 39: Método de selección de los factores críticos “X”.

Es importante considerar que el equipo que realiza la evaluación debe conocer las necesidades del cliente y el comportamiento del proceso ya que de ello depende la certeza para determinar los factores sobre los cuales se enfocará el análisis y mejora de los procesos.

2.4 DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES SIGNIFICATIVOS

Luego de identificar los factores potenciales se analizó mediante pruebas de hipótesis y se determinaron los pocos factores vitales que tenían influencia significativa sobre la variable de respuesta, como se indica en la figura 40.

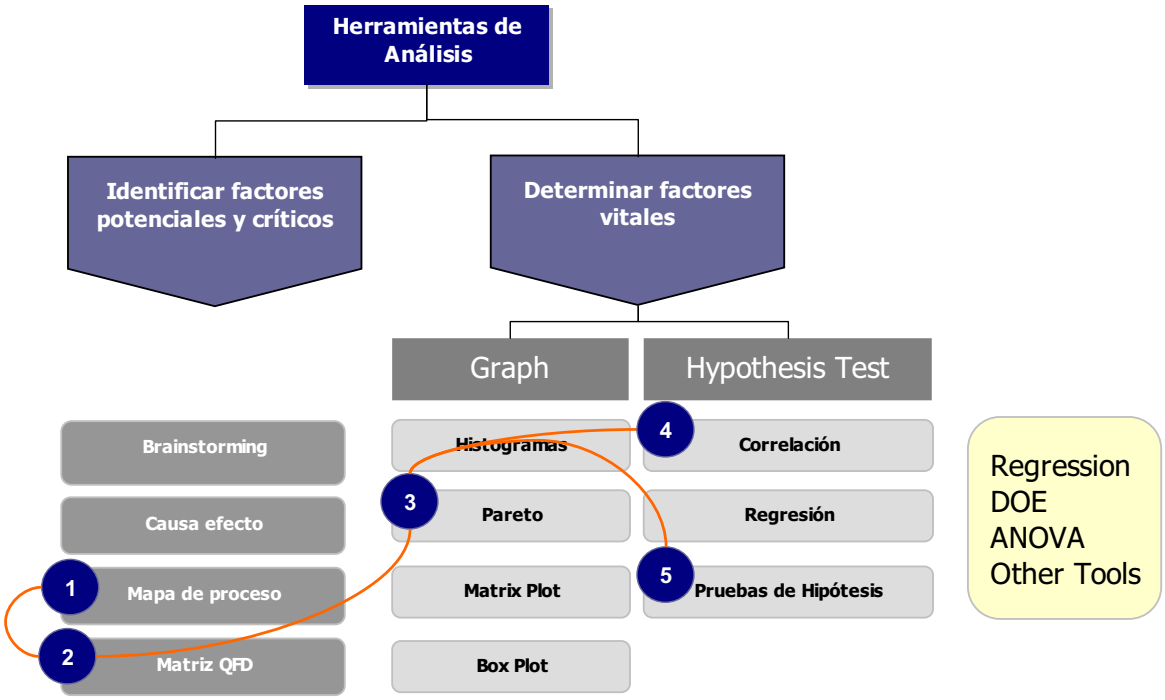

Figura 40: Herramientas para identificar factores potenciales, críticos y vitales.

A media que se realizaron los análisis se depuraron los factores potenciales identificados hasta determinar únicamente los pocos vitales. Como se muestra en la figura 41 el 80% del problema se debió al 20% de los factores del proceso.

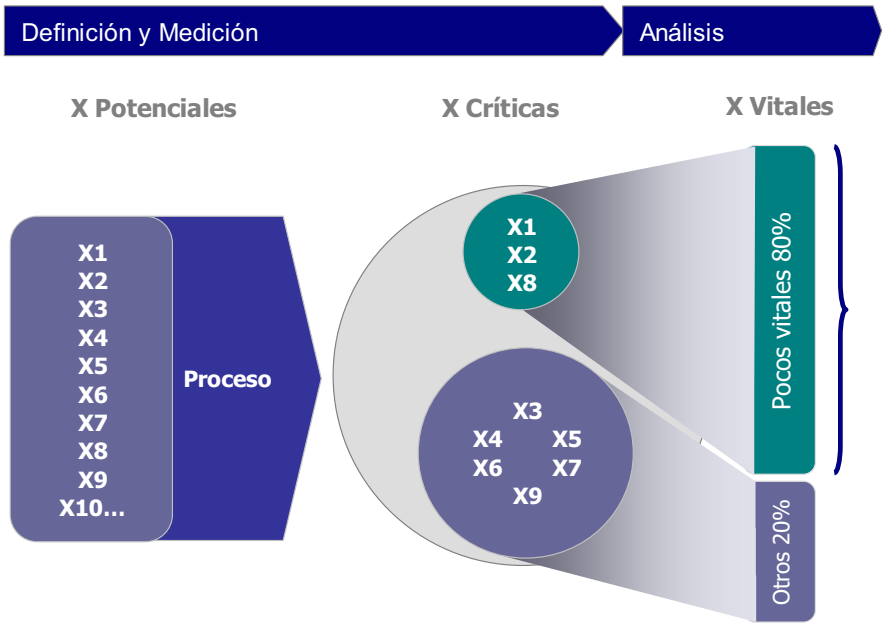

Figura 41: Factores vitales relacionados al 80% del problema.

2.5 MEJORAMIENTO DEL PROCESO.

Durante la etapa de Análisis se depuraron los factores que no tienen una influencia directa sobre la variación del proceso sin embargo se trabajo sobre aquellos factores que se identifican como críticos y que no han sido considerados para realizar experimentos. Para estos factores que en el análisis de Correlación o Pruebas de Hipótesis presentan cierta influencia se determinaron acciones de mejora inmediatas para atacar las causas especiales de variación del proceso.

Para los factores vitales se decidió el tipo de experimento que se aplicó de acuerdo con el alcance de los cambios propuestos, costos, complejidad, tecnología y formación del personal.

Para el proyecto en particular se identificaron tres factores con dos niveles y se determinó para el experimento un **Diseño de Experimento 2^k**, como se muestra en la figura 42.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3$$

Figura 42: Modelo de experimento 2^k

Luego se planificó la ejecución del experimento de acuerdo con las condiciones del proceso y los recursos necesarios para realizar el experimento. Durante la ejecución del experimento se verificó que no existan cambios en la ejecución del proceso para no afectar los resultados del experimento.

Se analizaron los resultados obtenidos del experimento y se determinaron los niveles óptimos de cada factor en los que la variable de respuesta presentó los mejores resultados en cuanto al objetivo del proyecto.

Posteriormente se definió el nuevo proceso y se estableció la estrategia de implementación de los cambios.

2.6 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO MEJORADO

Luego de identificar los factores que tienen influencia significativa sobre la variable de respuesta se realizar el seguimiento y control de su comportamiento de tal manera que permitió identificar las desviaciones e implementar acciones de mejora oportunamente para reducir la variabilidad en los resultados del proceso.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para iniciar el proyecto se estableció el método de aplicación de Seis Sigma y las herramientas que se utilizaron en cada una de las etapas, posteriormente se la planificó y se documentó cada una de las actividades realizadas y los resultados obtenidos.

A continuación se describe la parte experimental realizada para la aplicación de la Metodología Seis Sigma para la entrega oportuna de facturas por consumo de servicios de telecomunicaciones en Telefónica Ecuador:

3.1 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se ejecutó de acuerdo con el cronograma establecido en el que se definieron las etapas, actividades y plazos como se indica en la figura 43.

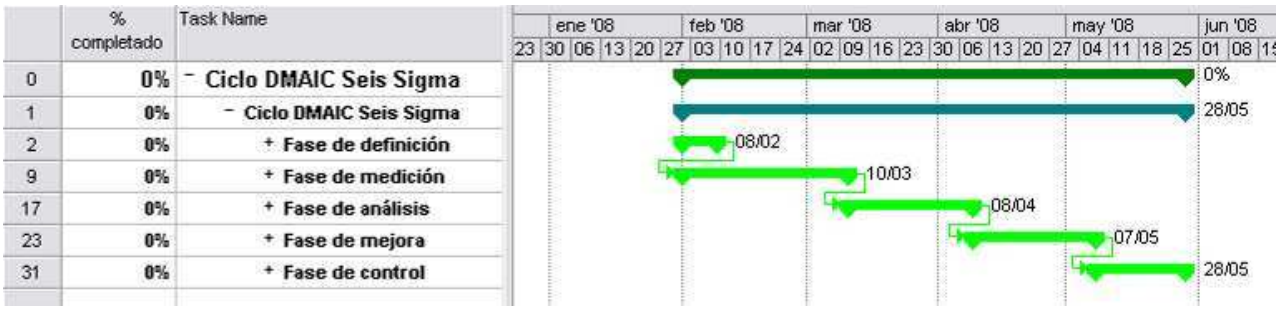

Figura 43: Cronograma de actividades del proyecto Seis Sigma "Factura Oportuna"

3.2 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El equipo del proyecto fue conformado con los responsables del proceso a partir del nivel directivo de la organización hasta el nivel operativo del proceso, con ello se logró la implicación y los recursos necesarios para la implementación de las mejoras identificadas durante el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto.

La estructura definida para gestionar el proyecto se indica en la figura 44:

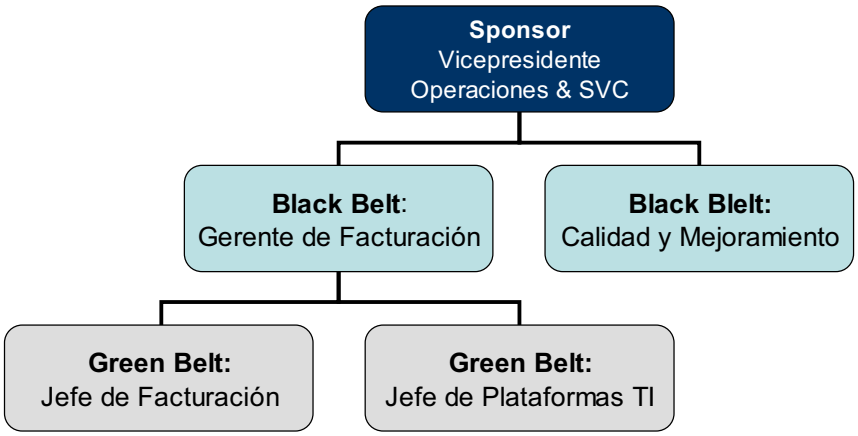

Figura 44: Organigrama funcional el proyecto

Durante la etapa de planificación de proyecto también se determinaron las herramientas informáticas que se utilizaron para realizar el análisis estadístico. Para el presente proyecto se utilizó el Software estadístico MINITAB 14.

3.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS CTS´S Y CTQ´S

Como resultado de las encuestas realizadas se estableció que la factura es uno de los aspectos importante para la satisfacción de los clientes y que para la organización era un medio de contacto permanente con ellos, en este sentido se debia asegurar claridad, precisión y oportunidad en estas comunicaciones así como la información complementaria que les pueda interesar. El objetivo fue que los clientes perciban que las facturas son fiel reflejo de los servicios que han contratado, así como que sean capaces de comprenderlas y recibirlas cuando sea conveniente. En este sentido el proyecto se enfocó a mejorar la satisfacción de los clientes y al tratarse de un intangible no se consideró realizar el análisis del impacto financiero.

En la figura 45 se muestran los resultados de las encuestas que fueron aplicadas, para determinar el peso que tienen cada componente de satisfacción:

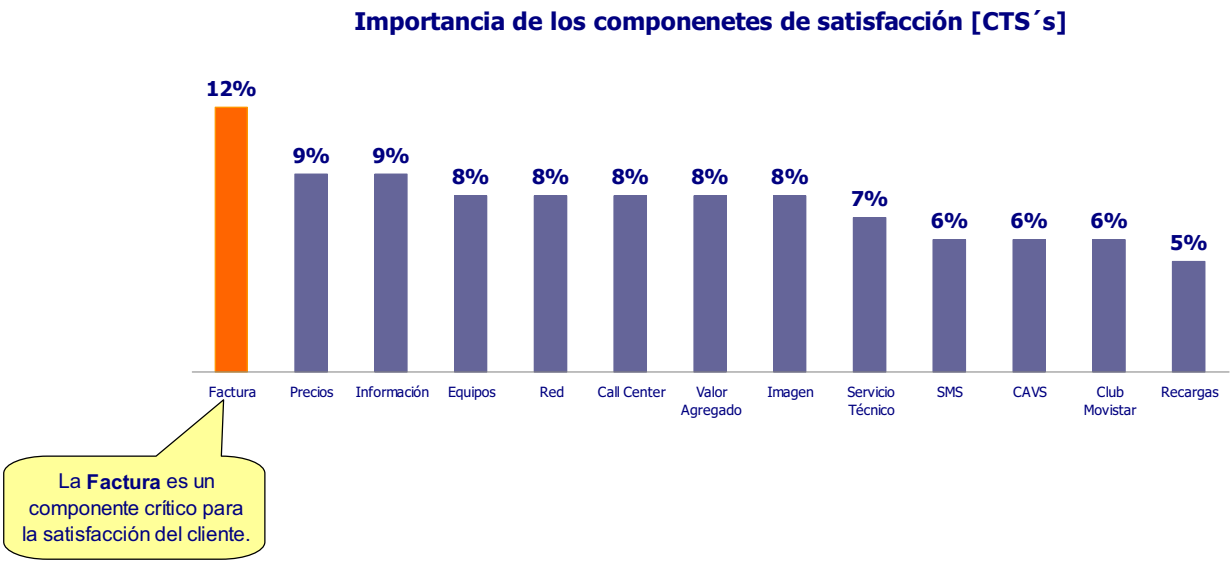

Figura 45: Resultados de la encuesta de importancia de los factores críticos de satisfacción CTS´s.

Para los clientes la factura representaba un componente muy importante para su satisfacción ya que a través de ella se hace tangible el servicio que recibe de la empresa, por lo tanto las características de la factura se convierten en características de calidad que le interesan al cliente.

A través de las encuestas se identificaron las siguientes características de calidad para la factura:

- Oportunidad de recepción y pago: Es el tiempo de anticipación, respecto a la fecha de pago, dentro del cual se entrega la factura al cliente.
- Factura correcta: Se refiere a la precisión en los valores calculados para el cobro de los servicios prestados por la organización.
- Información suficiente: La factura debe contar con la información que facilite la identificación de los rubros cobrados e incluir información adicional acerca del estado de cuenta respecto a pagos pendientes o saldos a favor del cliente.
- Facilidad para entender: La factura debe presentar la información en un formato que facilite la comprensión de los valores cobrados.

- Variedad de opciones de pago: La organización dispone de canales para el pago de la factura: bancos, ventanillas directas, débitos automáticos, tarjetas de crédito, etc.
- Posibilidad de consulta telefónica: Se refiere a la disponibilidad de realizar consultas del valor de la factura vía telefónica o a través de otros medios virtuales.

En la figura 46 se muestran los resultados de las encuestas aplicadas respecto a las características de calidad de la factura:

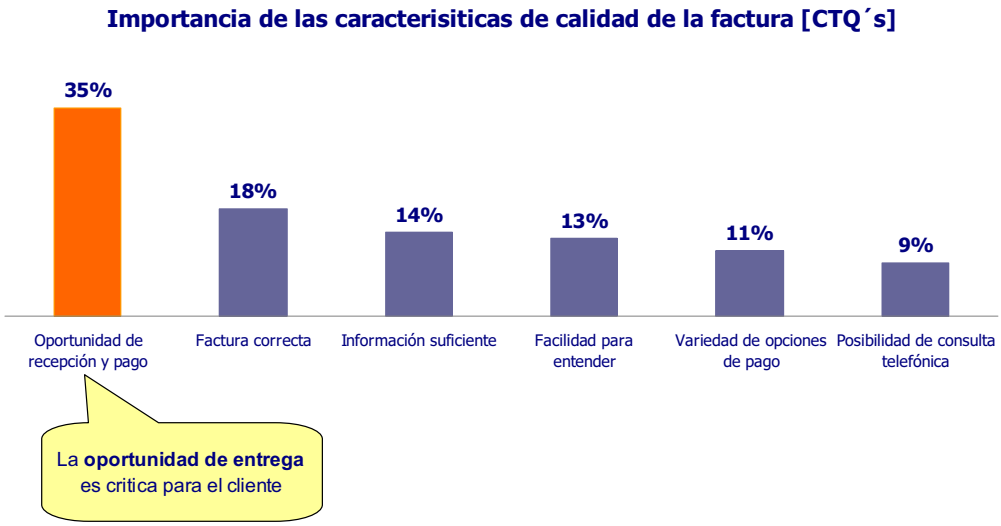

Figura 46: Resultados de la encuesta de las características críticas de calidad de la factura CTQ´s.

Como se ha observado en los resultados, la oportunidad con la que recibe las facturas el cliente tiene un peso del 35% esto se justifica dado que cuando el cliente no recibe la factura previo a la fecha de vencimiento no realiza el pago de la factura y en consecuencia se corta el servicio. Esto genera un doble problema de insatisfacción ya que el cliente percibe la ineficiencia del proceso y la falta de servicio a pesar de su disponibilidad para cumplir con sus obligaciones de pago.

Adicionalmente se determinó que la factura correcta y la información suficiente son características que deben considerarse para mejorar la satisfacción del cliente.

3.3.2 DETERMINACIÓN DE LA PRINCIPAL CARACTERÍSTICA CRÍTICA DE CALIDAD Y DE LA VARIABLE DE RESPUESTA "Y"

A partir de la identificación de la factura como un componente crítico de satisfacción y de sus características más relevantes para el cliente, se determino la variable de respuesta que debemos controlar para mejorar la satisfacción del cliente.

A través del Critical to Flow Down, se asocia la Factura con sus correspondientes características críticas de calidad y se evalúa la prioridad respecto al cliente. Para la evaluación de importancia para el cliente se toman directamente los resultados de las encuestas y para la evaluación interna se realiza con el equipo compuesto por los siguientes participantes: Black Belt, Green Belt, Dueño del Proceso e Ingeniero de Mercadeo. El criterio del Dueño del proceso es muy importante para evaluar el Grado de No-Conformidad de las características de calidad ya que en la etapa de Definición no se disponen de datos suficientes para realizar un análisis objetivo.

En la tabla 3 se presentan los resultados de la evaluación de prioridad de las características de calidad.

Tabla 3: Critical flow down de factura.

	CTQ	IIC	GNC	IIC*GNC	IPQ	Respuesta "Y"
CTS Factura	**Oportunidad de recepción y pago**	35%	8	2.8	**68%**	**Tiempo de ciclo**
	Factura correcta	18%	5	0.9	22%	
	Información	14%	3	0.4	10%	

El índice de prioridad de la Oportunidad de Recepción y Pago es el 68% en consecuencia la variable de respuesta "Y" que debe controlarse es el Tiempo de Ciclo del proceso de Facturación.

La Oportunidad de Recepción y Pago se definió como el tiempo de anticipación, respecto a la fecha de pago; dentro del cual la factura se entrega al cliente. Para

determinar específicamente el requisito del cliente en cuanto a oportunidad, se aplicaron encuestas para elegir el tiempo de anticipación preferido.

En la figura 47 se presentan los resultados de las encuestas aplicadas:

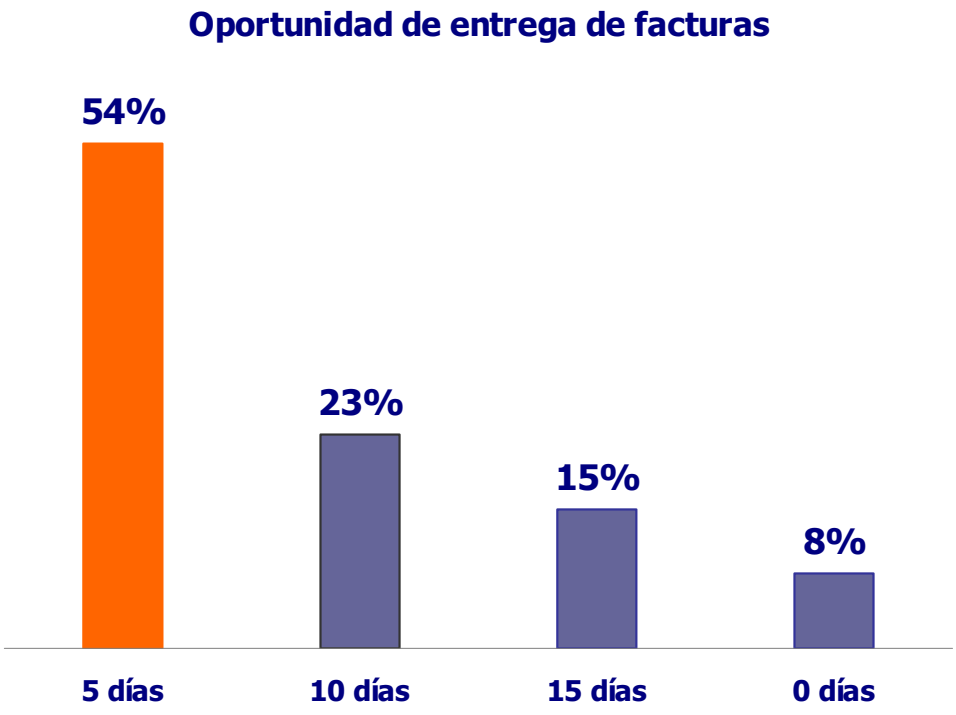

Figura 47: Resultados de preferencia de plazo oportuno de entrega de facturas.

El 54% de los clientes encuestados elige que sus facturas sean entregadas 5 días antes de la fecha de pago, este periodo de anticipación se debe considerar para determinar posteriormente la capacidad del proceso.

3.3.3 ESTABLECIMIENTO DEL PROCESO

En determinó que el proceso de facturación inicia con la Carga de Trafico en la que se registran los datos el las diferentes centrales, estos datos se suben al sistema para que sea valorado de acuerdo con las tarifas asociadas a cada servicio, a continuación se valida si la tasación se realizó dentro de los rangos tolerables de error, luego se realiza el proceso de facturación que consiste en generar la información que se imprimirá en las facturas, cuando el proceso

concluye se verifican si las facturas se procesaron correctamente, finalmente se generan archivos de imagen que contienen las facturas definitivas los cuales se envían en un formato seguro al proveedor de impresión donde se imprimen y revisan físicamente las facturas que posteriormente se entregan por lotes al proveedor de distribución. El proveedor de distribución actualiza las direcciones de los clientes, organiza las rutas y procede a la entrega de las facturas al cliente.

El proceso de facturación se realiza dos veces al mes, el corte 8 con plazo de pago hasta el día 24, el corte 22, con plazo de pago hasta el día 8 del siguiente mes.

En la figura 48 se presenta el Mapa y Flujo del Proceso de Facturación en el que se identificaron los factores potenciales de entrada "X", las etapas y las variables de respuesta del proceso.

Figura 48: Mapa del proceso de facturación.

El tiempo de ciclo del proceso se calculó en función de la fecha de corte y de la fecha de entrega al cliente:

Tiempo de Ciclo (TC) = Fecha de entrega – Fecha de corte

Se estableció la línea base para el Tiempo de Ciclo del proceso e identificó cuales son las etapas de mayor duración como se indica en la figura 49.

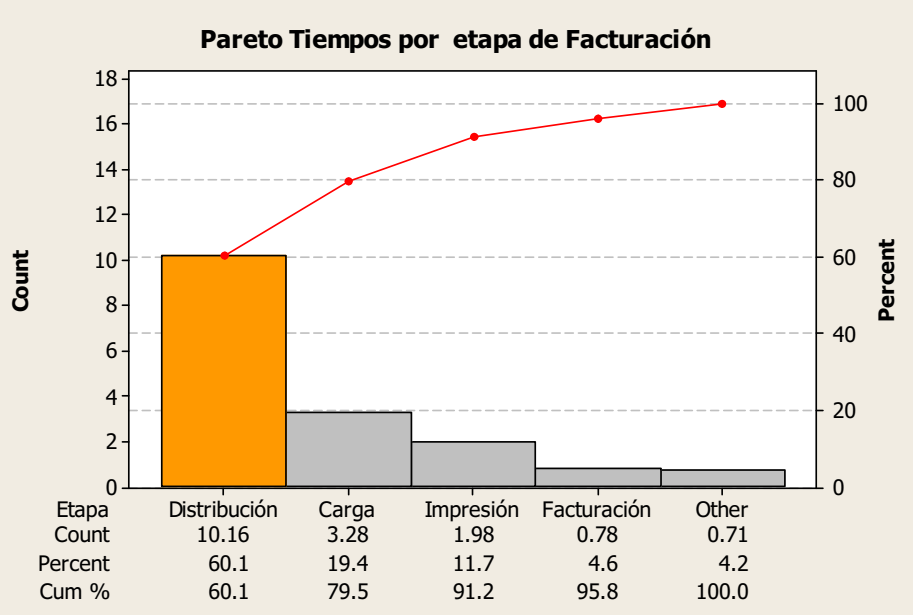

Figura 49: Tiempos del proceso de facturación por etapa.

El 60% del tiempo de ciclo se utiliza en la etapa de distribución, por lo que es necesario analizar los factores que afectan esta etapa del proceso de facturación.

3.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

3.4.1 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO

La capacidad del proceso se determinó en función de las especificaciones del cliente establecidas respecto a la variable de respuesta “Y”. Las especificaciones determinan el rango y los límites dentro de los cuales deben encontrarse los valores que toma la variable de respuesta para que sea aceptada por el cliente.

En términos del proceso, para cumplir con la entrega de facturas 5 días antes de la fecha de pago, se debe establecer el Limite Superior de Especificación LSE en función de Tiempo de Ciclo del proceso de Facturación “Y”

LSE = Plazo de pago – Fecha de corte – 5 días

LSE = 24 – 8 – 5 días

LSE = 11 días

En este caso, no fue necesario especificar el mínimo tiempo de ciclo o Límite Inferior de Especificación LIE, pues mientras menor sea el tiempo de ciclo, el % de entregas oportuna será mayor.

Luego de establecer las especificaciones para el requisito del cliente se determinó la línea base de capacidad del proceso mediante el cálculo del tiempo de ciclo de la totalidad de entregas correspondiente a los meses de noviembre y diciembre del año anterior.

Tiempo de Ciclo (TC) = Fecha de entrega – Fecha de corte

A partir de los tiempos de ciclo se realizó la exploración de los datos para conocer las características de la distribución.

En la figura 50 se muestran los resultados de obtenidos a partir del promedio diario de entregas de los meses de de Noviembre y Diciembre.

Como se observa, la población total de Noviembre y Diciembre es N = 33 mediciones, el promedio de tiempo de ciclo de facturación es de 12 días, con una desviación estándar de 3.75 días y el P-Value es menor que 0.69, por lo tanto el comportamiento del proceso sigue una distribución normal.

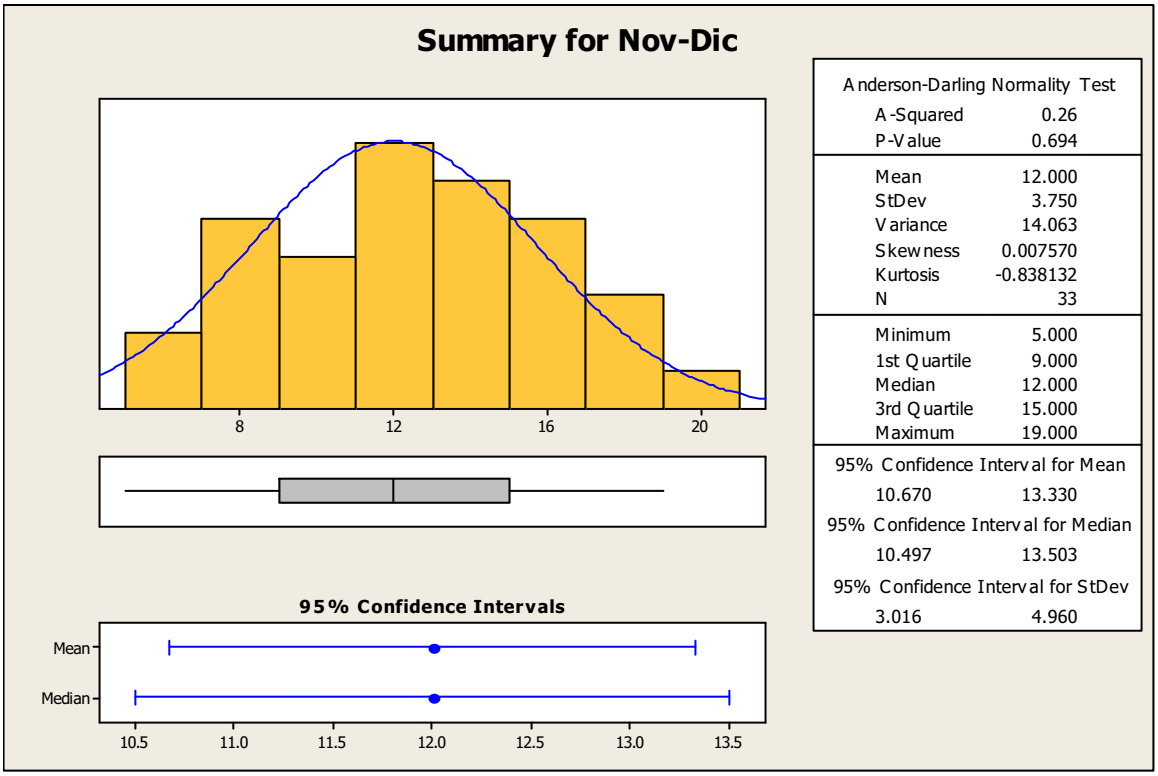

Figura 50: Exploración estadística de los tiempos de ciclo de facturación.

En estas condiciones la capacidad del proceso actual se estableció a partir de: LSE = 11 días, que es el tiempo de ciclo máximo para cumplir con la entrega 5 días antes de la fecha de pago. En la figura 51 se muestran los resultados en Minitab:

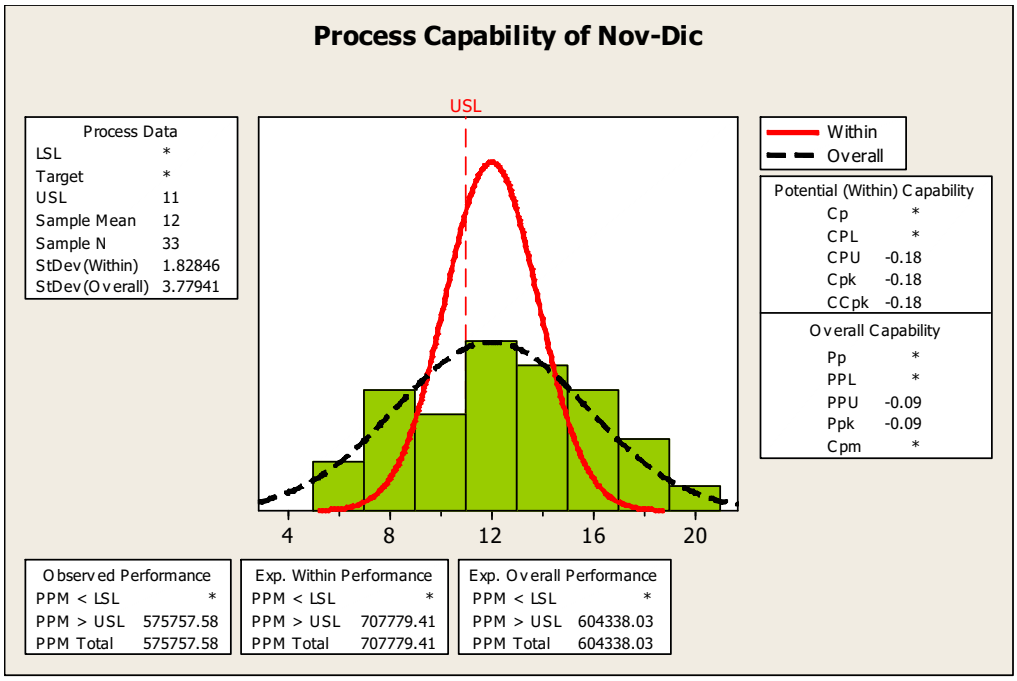

Figura 51: Capacidad inicial del proceso.

Como se indica en la figura 52 el proceso no cumplia con el requisito de entrega de 5 días antes de la fecha de pago, en 575757.58 partes por millón es decir al 57.57% de los clientes no se le entregaba oportunamente sus facturas, por lo tanto únicamente al 42.43% de clientes se cumplía con este requisito.

Figura 52: Capacidad actual del proceso de facturación en cuanto a entrega oportuna

3.4.2 DETERMINACIÓN DEL OBJETIVO DE MEJORA DEL PROCESO

Como regla general al aplicar las herramientas de la Metodología Seis Sigma, es posible reducir el defecto hasta en un 50%, de esta forma para determinar el objetivo del proyecto se establece como línea base la capacidad actual del

proceso para cumplir con las especificaciones del cliente. En la figura 53 se presenta el cálculo para establecer el objetivo del proyecto.

- Objetivo = % de cumplimiento + % no cumplimiento /2
- Objetivo = 42.43% + 57.57%/2
- Objetivo = 71.21%

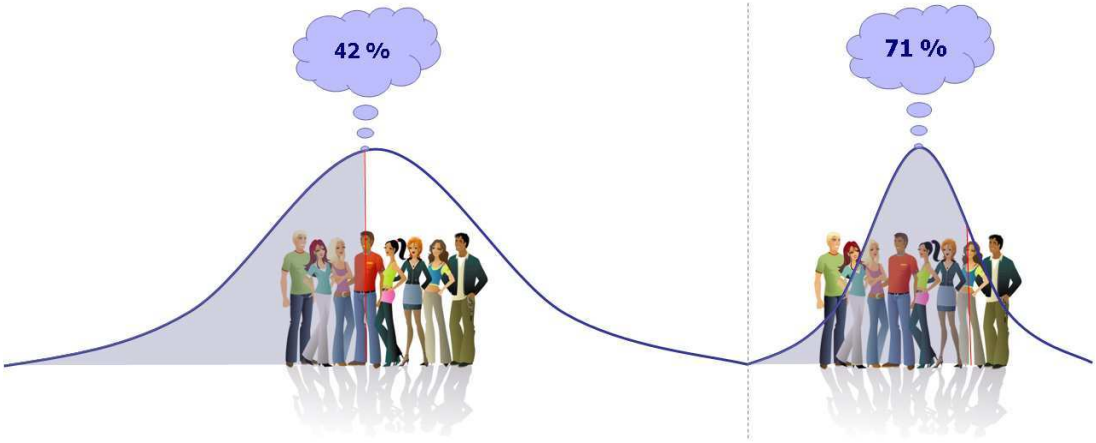

Figura 53: Objetivo del proyecto

Sin embargo de los resultados del cálculo se decide que el objetivo del proyecto es entregar el 80% de las facturas 5 días, antes de la fecha de pago.

Luego se actualizó el Project Charter para establecer formalmente el objetivo del proyecto e iniciar las siguientes etapas, con la información que se presenta en la tabla 4.

Tabla 4: Project Charter proyecto facturación

Project Charter Facturación						
Product or Service Impacted	**Factura**	**Expected Project Savings ($)**			**Incremento de satisfacción del cliente**	
Black Belt or Green Belt	**GG/RH**	**Business Unit**				
Champion		**Phone Number for Belt**				
Master Black Belt	**MCT**	**Email for Belt**				
Start Date	**2008-02-04**	**Target Completion Date**			**2008-06-28**	
Element	**Description**	**Team Charter**				
1. Process:	The process in which opportunity exists.	Generación de factura-entrega al cliente final				
2. Project Description: what is the "Practical Problem"	Problem and goal statement (project's purpose)	Existe un 7% de facturas tienen errores cuando se entregan al cliente. La factura de consumo llega al cliente luego de la fecha de pago.				
3. Objective:	1. Reducir el tiempo de proceso para entregar 5 días antes.	**Project Y's**	**Baseline**	**GOAL**	**Entitlement**	**Units**
		Tiempo de ciclo	**10.604**	**9 días**	**10.66**	**Días**
4. Business Cases:	Expected financial improvement, or other justification.	El proceso tiene variabilidad en los tiempos de ciclo lo que provoca perdida de ingresos por servicios prestados no cobrados e insatisfacción del cliente porque la factura no se entrega antes de la fecha de pago.				
5. Team members:	Names and roles of team members?	Master Black Belt: María del Carmen Trueba Black Belt: German Guaygua Black Belt: Roberto Heredia Green Belt: Lorena Chavez, Santiago Villavicencio, Gabriel Rios				
6. Project Scope:	Which part of the process will be investigated and excluded.	El proyecto cubre el proceso de facturación desde la carga de datos de la central hasta la entrega de las facturas al cliente final.				
7. Benefit to External Customers:	Who are the **final** customers, what are their key measures, and what benefits will they see?	Los clientes pospago recibirán sus facturas de consumo 5 días antes de la fecha de pago.				
8. Schedule:	Give the key milestones/dates.	Project Start		El proyecto inicia con la definición estadística del problema a partir de las encuestas de Mercadeo y mediciones del tiempo de ciclo.		
	M- Measurement	Marzo		Se entregan las mediciones reales de tiempos de ciclo del proceso de facturación y la línea base de la capacidad del proceso.		
	A- Analysis	Abril		Se entregan los resultados del análisis con la identificación de los pocos factores vitales.		
	I- Improvement	Mayo		Se realiza los experimentos y se deciden los cambios en el proceso.		
	C- Control	Julio		Se entregaran los resultados mensuales del comportamiento del proceso Goal vs. Actual y gráficos de control.		
9. Support Required:	Will any special capabilities, hardware, trials, etc be needed?	Se requiere coordinación con los proveedores de impresión y distribución de facturas para la implementación de cambios en el proceso.				

3.5 EVOLUCIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS.

3.5.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS

Se evaluaron los factores potenciales y se seleccionaron como críticos aquellos que tienen mayor índice de importancia en la matriz QFD que relaciona los factores potenciales del proceso con las características críticas de calidad CTQ´s.

Tabla 5: Matriz QFD - factores críticos

Despliegue de calidad				Factores potenciales															
				Tipo de EEBB	Volumen tráfico	**Corte**	**Día de corte**	Tipo de tecnología	**Tipo de Plan**	Tipo de Cliente	**N° archivos enviados**	**N° de entregas a distribución**	**Ciudad**	**Dirección**	Punto de entrega	Zona	**Día de entrega**	**Antigüedad cliente**
	FACTURA	**Oportunidad entrega**	**68%**	1	1	7	7	1	7	1	7	8	8	8	6	4	5	6
		Factura correcta	**22%**	5	5	2	1	4	4	7	2	1	1	2	1	2	1	5
		Información suficiente	**10%**	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	4
			Total	2	2	5.4	5.1	2	5.7	2	5	5.8	5.8	6.1	4	3.4	4	5.6
			IMP	2.9%	2.9%	8.4%	7.9%	2.7%	9.0%	3.6%	8.4%	9.0%	9.0%	9.5%	6.9%	5.2%	5.8%	8.7%

Como se muestra en la tabla 5 los factores seleccionados como críticos son aquellos que tienen una puntuación mayor o igual al 8%:

- Corte
- Día de corte
- Tipo de plan
- N° de archivos de imagen
- N° de envíos a distribución
- Ciudad
- Dirección
- Día de entrega

- Antigüedad del cliente.

3.5.2 ESTADO DE LOS FACTORES CRÍTICOS.

Para estudiar la evolución de los factores críticos se obtiene el registro de entrega de facturas correspondientes a los meses de enero a marzo los cuales se agruparon de acuerdo con los siguientes factores: corte, día de corte, ciudad, N° de archivos de imagen, N° de envíos a distribución, día de entrega, tipo de cliente y antigüedad del cliente.

En la figura 54 se observa que los datos obtenidos muestran un comportamiento normal.

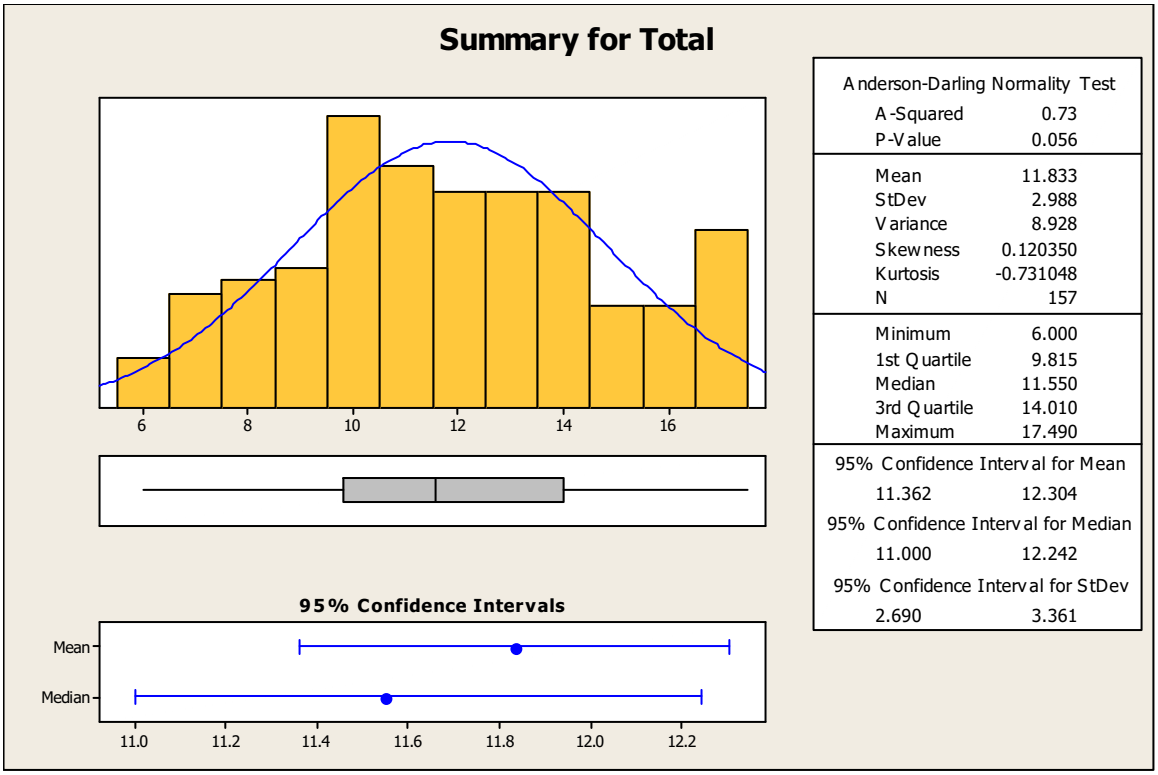

Figura 54: Exploración de datos Enero-Marzo.

A partir de estas mediciones se analizó el comportamiento de cada uno de los factores respecto a la variable de respuesta "Y" Tiempo de Ciclo tal como se muestra en la figura 55.

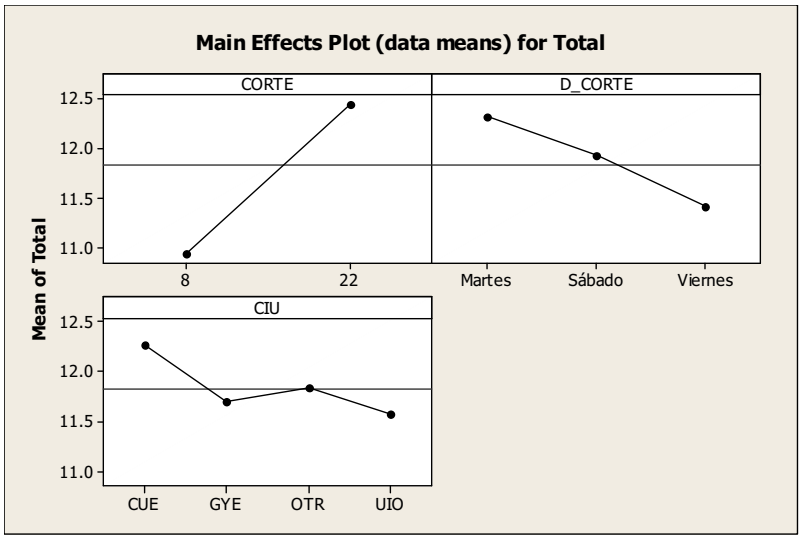

Figura 55: Comportamiento de los factores corte, día de corte y ciudad vs variable de respuesta.

Respecto al corte se observa que el promedio de tiempo de ciclo para el Corte 8 es menor al promedio del corte 22.

En cuanto al día de corte se observa que el promedio de tiempo para los días sábados y viernes es menor, sin embargo este es un factor sobre el cual no es posible intervenir dado que es consecuencia del Corte 8 ó 22.

En el gráfico correspondiente al factor ciudad se observa que para las ciudades de Quito y Guayaquil el menor promedio de tiempo de ciclo del proceso de facturación es menor.

En la figura 56 se observa que el menor tiempo de ciclo, respecto al N° de imágenes corresponde a 9 archivos de imagen. Este es un factor sobre el cual es posible actuar para mejorar el tiempo de ciclo de acuerdo con su comportamiento.

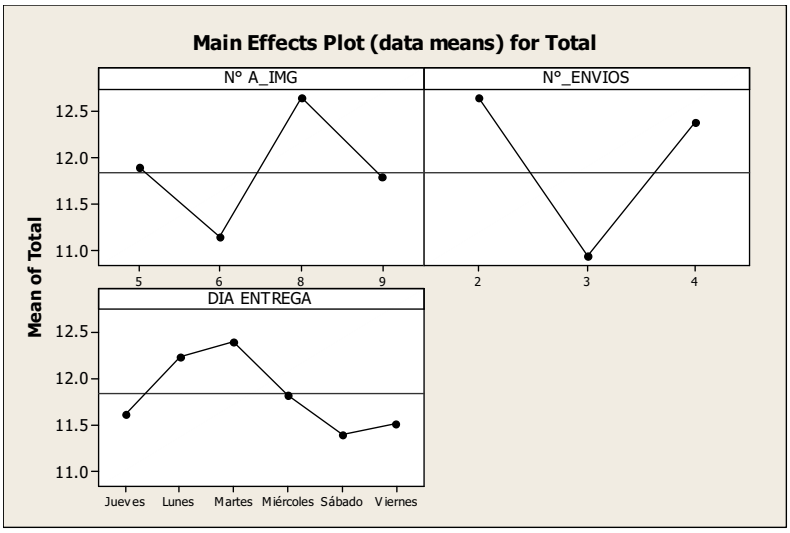

Figura 56: Comportamiento de los factores críticos versus el promedio.

Para el N° de envíos se observa que el tiempo de ciclo es menor cuando se envían tres veces al proveedor de distribución por lo que es posible intervenir de acuerdo con el comportamiento para mejorar el tiempo de ciclo.

En cuanto al día de entrega se observa que toman mayor tiempo las entregas realizadas los días sábados.

Para el caso de los factores: tipo de plan y antigüedad del cliente existen mediciones del mes de marzo.

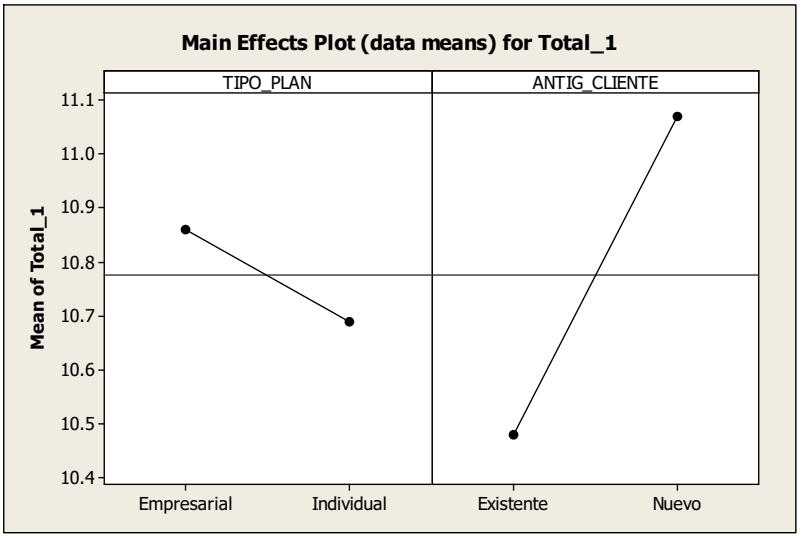

Figura 57: Evolución de factores críticos.

Como se indica en la figura 57 las entregas tienen menor tiempo de promedio cuando se trata de clientes Individuales y de la misma manera cuando se trata de un cliente existente.

A partir del comportamiento de los factores críticos se analizó si las variaciones son significativas de acuerdo con el nivel de cada factor para decidir si se toman acciones específicas de mejora.

3.6 ANÁLISIS DE LOS FACTORES CRÍTICOS

La etapa de análisis tiene por objetivo identificar y comprender las causas especiales comunes que intervienen en el tiempo de ciclo del Proceso de Facturación.

3.6.1 ANÁLISIS DE CAUSAS ESPECIALES

Existen causas especiales en el proceso que generan demoras en el tiempo de ciclo del proceso las cuales deben identificarse y analizarse para determinar la afectación que tienen sobre el proceso.

Estas causas especiales se identifican con el empleo de herramientas cualitativas de calidad descritas anteriormente en el capitulo 2.

3.6.1.1 Análisis de Modo de Falla del proceso.

El análisis se realizó con el equipo del proyecto para determinan la etapas claves del proceso y se ingresó la información a la Matriz de modo de falla, luego se analizó cada una de las actividades descritas y se determinó el “modo de falla” para cada una y los resultados se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Matriz de análisis de modo de falla.

Función del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	SEV	OCC	DET	RPN
Facturación	**Demora toma de muestra**	**No existe método estándar**	**8**	**7**	**5**	**280**
	Falla del sistema	Confiabilidad del procesamiento de datos	8	2	1	16
	Criterios de revisión no claros	Criterio no formales	5	3	2	30
	No aplicación de criterios	Usan muchos módulos No hay accesos a sistemas para validar información.	5	3	2	30
	Conocimiento	**Experiencia** **Rotación personal**	**8**	**6**	**4**	**192**
	Inicio impuntual	Número de analistas Variabilidad fecha y hora de inicio	5	3	2	30
	Falta motivación	Revisión fuera de horarios laborables	4	2	2	16
	Indisponibilidad de sistemas	No hay accesos a sistemas para validar información.	6	2	1	12
	Diferencia de criterios TI	Demora en respuestas de proveedores	2	3	2	12
	No solución de errores	% Errores no solucionados	6	1	1	6
	Criterios liberación no formales	No existe un método	4	3	2	24
	Indisponibilidad de liberadores	No existe back up de liberador para tomar las decisiones.	6	4	2	48
Impresión de factruras	**Archivo no disponibles**	**Día de envio de archivos** **Frecuencia recepcion archivos**	**7**	**5**	**6**	**210**
	Mala impresión	Mala calidad de materiales	4	3	1	12
	Entrega tarde impresiones	Comunicación	3	3	1	9
Distribución de facturas	**Inicio retrasado**	**Día de recepción facturas** **Frecuencia recepción facturas** **Proveedor**	**7**	**6**	**6**	**252**
	No localiza Cliente	**Actualización direcciones** **Cliente nuevo / existente**	**7**	**7**	**6**	**294**
	No tiene cobertura	Ciudad	3	4	1	12

3.6.2 ANÁLISIS DE LOS FACTORES CRÍTICOS.

El objetivo de la etapa de análisis es identificar los factores que tienen una influencia significativa sobre el tiempo de ciclo de facturación y a medida que se analiza la información se definen acciones para mejorar el tiempo de ciclo del proceso de facturación.

A partir de los resultados de evolución de los factores críticos se analizó uno a uno los factores para determinar si tienen influencia significativa sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación.

El análisis se realizó a partir de la agrupación de datos de acuerdo con el factor analizado de los últimos tres meses.

3.6.2.1 Análisis del factor corte

Actualmente existen dos cortes de facturación que se realizan los días 8 y 22 de cada mes, se observa que existe variación entre el promedio de los tiempos de ciclo para cada corte, por lo tanto se debe comprobar si esta diferencia es significativa, para lo cual se establece la siguiente hipótesis:

Ho: El promedio del tiempo de ciclo de facturación es igual para el corte 8 y para el corte 22.

A continuación se indican los resultados de la prueba aplicada Two – Sample T en Minitab:

Two-Sample T-Test and CI: Total, CORTE

```
Two-sample T for Total

CORTE   N   Mean  StDev  SE Mean
 8     64  10.95   2.25     0.28
22     93  12.44   3.28     0.34


Difference = mu ( 8) - mu (22)
Estimate for difference:  -1.49566
95% CI for difference:  (-2.36764, -0.62367)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -3.39  P-Value = 0.001  DF = 154
```

El valor del P-Value es de 0.001 por lo que se concluye que el promedio del tiempo de ciclo de facturación es diferente para el corte 8 y para el corte 22.

3.6.2.2 Día de corte

La fechas de corte 8 y 22 coinciden con diferentes días de la semana, lo cual puede afectar al tiempo de entrega de las facturas al cliente, es necesario comprobar si:

Ho: El promedio del tiempo de ciclo de facturación es igual para cualquier día de la semana en que se realice como corte de facturación.

A continuación se presentan los resultados de análisis realizado:

```
One-way ANOVA: Total versus D_CORTE

Source    DF       SS     MS     F      P
D_CORTE    2    21.23  10.61  1.19  0.306
Error    154  1371.52   8.91
Total    156  1392.74

S = 2.984   R-Sq = 1.52%   R-Sq(adj) = 0.25%


                            Individual 95% CIs For Mean Based on
                            Pooled StDev
Level     N    Mean  StDev  --------+---------+---------+---------+-
Martes   43  12.313  3.054             (------------*------------)
Sábado   52  11.934  2.948         (----------*-----------)
```

```
Viernes  62  11.416  2.966  (----------*----------)
                            --------+---------+---------+---------+-
                                 11.20     11.90     12.60     13.30

Pooled StDev = 2.984
```

El P-Valúe es de 0.306, por lo que se concluye que el Día de Corte tiene una influencia significativa sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación.

3.6.2.3 Ciudad

El proceso de facturación se realiza a escala nacional tanto en ciudades principales como en otras localidades del país por lo que el proceso puede durar más tiempo en función de la ciudad en donde se entregan las facturas, es necesario demostrar si la ubicación afecta al tiempo de ciclo del proceso de facturación, para esto se definió la siguiente hipótesis nula:

Ho: El promedio del tiempo de ciclo de facturación es igual para cualquier ciudad donde se entregan las facturas.

A continuación se presentan los resultados de análisis:

One-way ANOVA: Total versus CIU

```
Source   DF       SS    MS     F      P
CIU       3     9.86  3.29  0.36  0.779
Error   153  1382.88  9.04
Total   156  1392.74

S = 3.006   R-Sq = 0.71%   R-Sq(adj) = 0.00%


                         Individual 95% CIs For Mean Based on
                         Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev --------+---------+---------+---------+-
CUE    33  12.280  2.691          (-------------*-------------)
GYE    42  11.711  3.098    (------------*------------)
OTR    41  11.851  3.069      (------------*-------------)
UIO    41  11.580  3.086  (------------*-------------)
                         --------+---------+---------+---------+-
                              11.20     11.90     12.60     13.30

Pooled StDev = 3.006
```

La Ciudad no tiene influencia significativa sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación ya que el P-Value es 0.799.

3.6.2.4 Número de archivo de imagen

Para la impresión de las facturas se generan varios archivos que contienen las imágenes de las facturas, estos archivo se envían al proveedor de impresión de forma secuencial. Para comprobar si el Número de archivos de imagen tiene influencia sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación se definió la siguiente hipótesis:

Ho: El promedio del tiempo de ciclo de facturación es igual para cualquier número de archivos de imagen enviados para la impresión.

A continuación se presentan los resultados de análisis:

One-way ANOVA: Total versus N° A_IMG

```
Source     DF       SS    MS     F      P
N° A_IMG    3    27.08  9.03  1.01  0.389
Error     153  1365.66  8.93
Total     156  1392.74

S = 2.988   R-Sq = 1.94%   R-Sq(adj) = 0.02%


                          Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled
                          StDev
Level   N    Mean  StDev     +---------+---------+---------+---------
5      19  11.904  1.960           (------------*-------------)
6      25  11.160  2.324     (-----------*----------)
8      24  12.636  3.711                  (-----------*-----------)
9      89  11.790  3.108                (-----*-----)
                             +---------+---------+---------+---------
                          10.0      11.0      12.0      13.0

Pooled StDev = 2.988
```

De acuerdo con los resultados obtenidos el P-Value es 0.389 por lo tanto el Número de archivos de imagen enviados no tiene influencia significativa sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación.

3.6.2.5 Número de envíos a distribución

La impresión de las facturas se realiza de acuerdo con la secuencia de archivos de imagen recibidos y del mismo modo las facturas impresas se entregan por lotes al proveedor de distribución y en función del número de despachos de

facturas impresas se observan variaciones en el tiempo de ciclo del proceso, es necesario demostrar si estas diferencias son significativas a partir de la siguiente hipótesis:

Ho: El promedio del tiempo de ciclo de facturación es igual para cualquier número de despachos al proveedor de distribución.

A continuación se presentan los resultados de análisis:

One-way ANOVA: Total versus N°_ENVIOS

```
Source      DF       SS     MS     F      P
N°_ENVIOS    2    86.02  43.01  5.07  0.007
Error      154  1306.73   8.49
Total      156  1392.74

S = 2.913   R-Sq = 6.18%   R-Sq(adj) = 4.96%


                          Individual 95% CIs For Mean Based on
                          Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev  --------+---------+---------+---------+-
2      24  12.636  3.711              (----------*-----------)
3      64  10.947  2.254  (------*-------)
4      69  12.375  3.139               (------*------)
                          --------+---------+---------+---------+-
                               11.0      12.0      13.0      14.0

Pooled StDev = 2.913


Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of N°_ENVIOS

Individual confidence level = 98.09%


N°_ENVIOS = 2 subtracted from:

N°_ENVIOS   Lower  Center   Upper   --+---------+---------+---------+-------
3          -3.341  -1.689  -0.038   (----------*----------)
4          -1.896  -0.261   1.374            (----------*----------)
                                     --+---------+---------+---------+-------
                                    -3.0      -1.5       0.0       1.5


N°_ENVIOS = 3 subtracted from:

N°_ENVIOS  Lower  Center  Upper   --+---------+---------+---------+-------
4          0.231   1.428  2.626                           (-------*-------)
                                   --+---------+---------+---------+-------
                                  -3.0      -1.5       0.0       1.5
```

El P-Value es de 0.007 por lo que se concluye que el Número de despachos de facturas al proveedor de distribución tiene una influencia significativa sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación. Adicionalmente se determina, a través de la prueba de Tukey; que el promedio del tiempo de ciclo al realizar 3 despachos es significativamente diferente cuando se realizan 2 o 4 despachos. Entre 2 y 4 despachos no existe diferencia significativa.

3.6.2.6 Día de entrega de la factura

La entrega de facturas al cliente se realiza de lunes a sábado por lo que se debe comprobar si el día de la semana en que se entregan las facturas al cliente tiene una influencia significativa sobre el tiempo de ciclo de facturación. Para esto se estableció la siguiente hipótesis:

Ho: El promedio del tiempo de ciclo de facturación es igual para cualquier día de la semana en que se entrega la factura al cliente.

A continuación se presentan los resultados de análisis:

One-way ANOVA: Total versus DIA ENTREGA

```
Source        DF       SS    MS     F      P
DIA ENTREGA    5    19.91  3.98  0.44  0.821
Error        151  1372.83  9.09
Total        156  1392.74

S = 3.015   R-Sq = 1.43%   R-Sq(adj) = 0.00%


                              Individual 95% CIs For Mean Based on
                              Pooled StDev
Level       N    Mean  StDev   -+---------+---------+---------+--------
Jueves     31  11.622  2.820           (---------*----------)
Lunes      28  12.226  3.184                (----------*-----------)
Martes     24  12.396  2.659                 (-----------*-----------)
Miércoles  25  11.824  2.175           (-----------*-----------)
Sábado     17  11.394  3.276   (--------------*-------------)
Viernes    32  11.511  3.648         (---------*----------)
                              -+---------+---------+---------+--------
                             10.0      11.0      12.0      13.0

Pooled StDev = 3.015
```

Como se observa en los resultados del análisis el día de entrega de las facturas al cliente no tiene influencia significativa en el tiempo de ciclo del proceso de facturación ya que el P- Value es 0.821

3.6.2.7 Tipo de plan

Las facturas se emiten para dos tipos de planes: individuales o empresa de acuerdo con el servicio contratado. Se observa que para los clientes individuales el tiempo de ciclo es menor, sin embargo esto debe comprobarse para decidir las acciones de mejora que se aplique. En este sentido se plantea la siguiente hipótesis:

Ho: El promedio del tiempo de ciclo de facturación es igual para cualquier tipo de plan individual o empresas.

A continuación se presentan los resultados de análisis:

Two-Sample T-Test and CI: Total_1, TIPO_PLAN

```
Two-sample T for Total_1

TIPO_CLIENTE   N    Mean  StDev  SE Mean
Empresarial   16  10.861  0.981     0.25
Individual    16  10.689  0.969     0.24


Difference = mu (Empresarial) - mu (Individual)
Estimate for difference:  0.171250
95% CI for difference:  (-0.533504, 0.876004)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.50  P-Value = 0.623  DF = 29
```

El P-Values es igual a 0.623, por lo tanto que tipo de plan individual o empresa no tiene una influencia significativa sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación.

3.6.2.8 Antigüedad del cliente

Continuamente se incorporan nuevos cliente que cada corte se incluyen en el proceso de facturación. Se observa que para lo clientes nuevos el tiempo de ciclo es mayor que cuando se trata de un cliente ya existente, esta diferencia de comprobarse si es significativa a partir de la siguiente hipótesis:

Ho: El promedio del tiempo de ciclo de facturación es igual para clientes nuevos o existentes.

A partir de esta hipótesis se realiza el siguiente análisis:

Two-Sample T-Test and CI: Total_1, ANTIG_CLIENTE

```
Two-sample T for Total_1

ANTIG_CLIENTE   N    Mean  StDev  SE Mean
Existente      16  10.480  0.705     0.18
Nuevo          16   11.07   1.11     0.28


Difference = mu (Existente) - mu (Nuevo)
Estimate for difference:  -0.590000
95% CI for difference:  (-1.267186, 0.087186)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1.79  P-Value = 0.085  DF = 25
```

Si el cliente es nuevo o existente no tiene una influencia significativa sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación dado que el P-Value es 0.085.

La aplicación de las diferentes herramientas de análisis cualitativo y cuantitativo facilitó el tratamiento e interpretación de la información referente a los factores que causan o tiene influencia significativa sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación.

Como se pudo observar las principales causas especiales que demoran el tiempo de ciclo son:

- Demora en toma de muestra
- Conocimiento de criterios para revisión de facturas
- Indisponibilidad de archivos de imagen
- Retraso en el inicio de la distribución
- No localización del cliente

Los factores críticos significativos fueron identificados y analizados como se muestran en la figura 58.

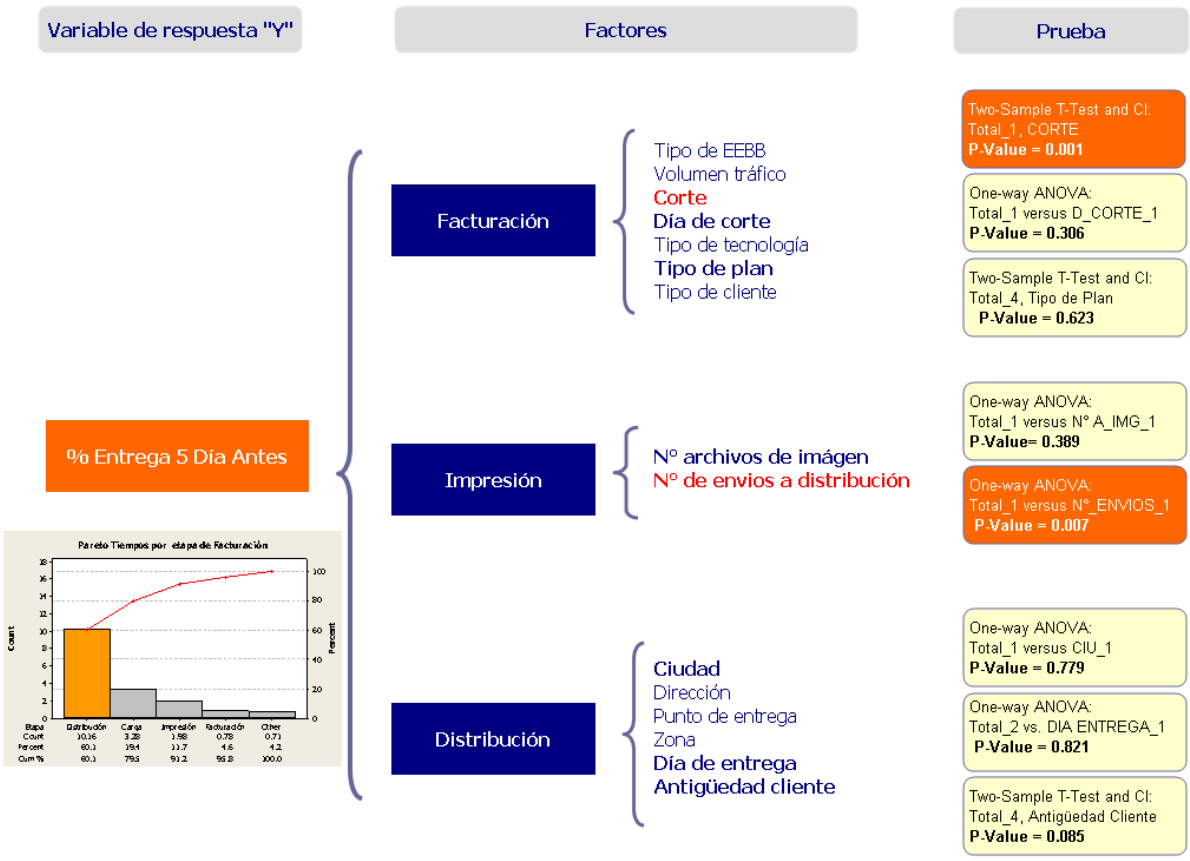

Figura 58: Identificación de los factores críticos significativos.

A partir de las causas especiales y factores significativos identificados en la etapa de análisis se definieron e implementaron acciones que mejoren el tiempo de ciclo del proceso las cuales fueron implementadas en la fase de Mejoramiento y se describen en el siguiente numeral.

3.7 MEJORAMIENTO.

El objetivo de esta etapa es proponer e implementar acciones que minimicen las causas especiales que provocan demoras en el tiempo de ciclo de facturación y establecer los niveles apropiados de operación de los factores significativos que afectan al tiempo de ciclos de facturación.

3.7.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS ESPECIALES

Como resultado del análisis de modo de falla del proceso de facturación se determinó que en las etapas de revisión de facturas, impresión y distribución los aspectos más importantes se indican en la figura 59.

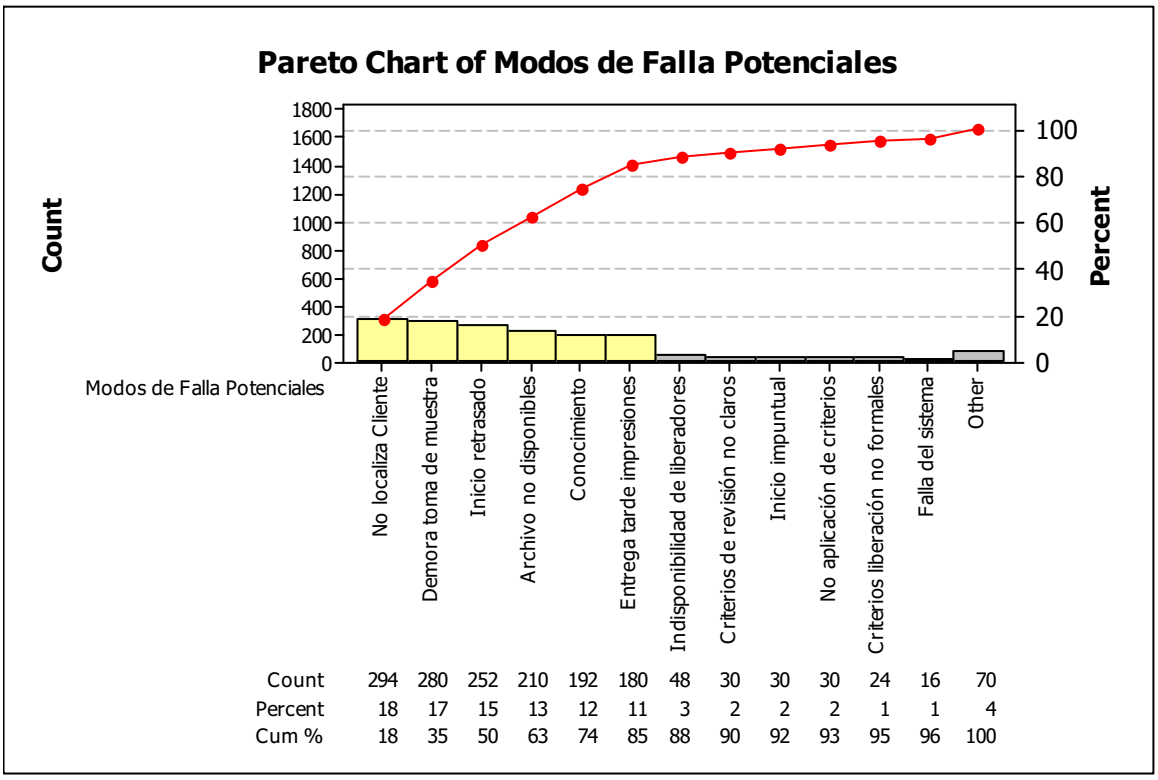

Figura 59: Causas especiales modo de falla.

Con estos resultados se establecieron controles y acciones de mejora para reducir el impacto de las causas potenciales que afectan al proceso, conjuntamente con los proveedores, como se indican en la Matriz FMEA que se encuentra en la tabla 7.

Tabla 7: Planes de acción modo de falla.

Planes de Acción - Análisis de Modo de Falla del Porceso de Facturación

Función del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	Acciones de mejora
Facturación	Demora en toma de muestra	No existe método estándar	**1** Implementar el uso de la tabla Military Standard 105E (ANSI/ASQ Z1.4, ISO 2859, BS6001, DIN40.080, NFX06-022, UN148-42, KS A 3109) para determinar el tamaño de la muestra.
	Conocimiento	Experiencia Rotación personal	**2** Designar de forma permanete a los ejecutivos de cada Area responsables de la revición de facturas. **3** Realizar capacitación al persona sobre los criterios de revisión de facturas.
Impresión de facturas	Archivo no disponibles	Puerto no disponible Frecuencia recepcion archivos	**4** Implementar un puerto de tranferencia de datos seguro y en Línea. **5** Coordinar con el proveedor la fecha y hora de entrega de archivos en el puerto.
	Entrega tarde impresiones	Revisión de impresiones por parte de Telefónica	**6** Eliminar la revisión de impresiones por parte de telefónica y en su lugar controlar a través de certificados de calidad garantizados por el proveedor.
Distribución de facturas	Inicio retrasado	Incumplimiento de ANS del proceso Día de recepción facturas Frecuencia recepción facturas Proveedor	**7** Implementar indicadores de cumplimiento de ANS con las diferentes areas que intervienen en el proceso de Facturación. **8** Coordinar con los proveedores de Impresión y Distribución la entrega y recepción de las facturas impresas para distribución.
	No localiza Cliente	Actualización direcciones Cliente nuevo / existente	**9** Depurar y entregar al proveedor de impresión las bases de datos de nuevos clientes en cada corte. **10** Implemetar reportediario de Actualizaciónes realizadas por el proveedor.

Dado que una de las causa potenciales que demoran el proceso es que no se pueda localizar al cliente, se consolidó una base de datos con los principales motivos de devolución de las facturas y a partir de esta información se realizó un análisis de Pareto como se indica en la figura 60:

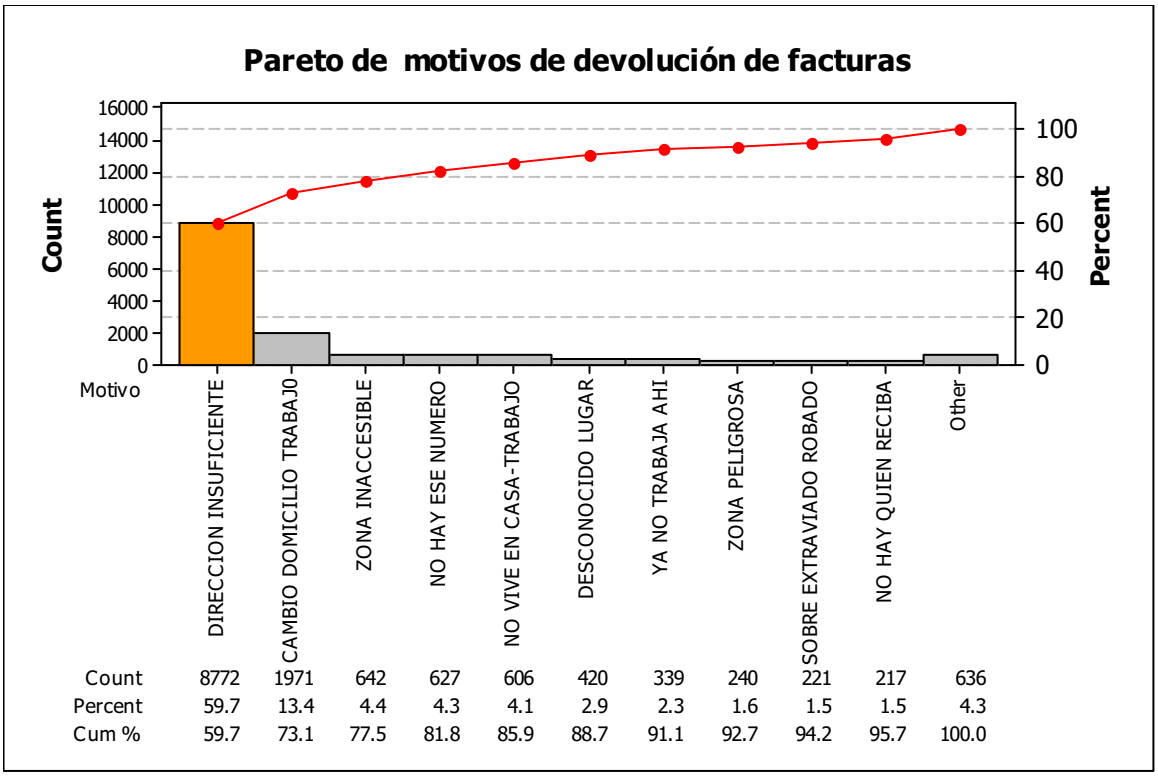

Figura 60: Pareto de motivos de devolución de facturas.

El principal motivo de devolución de facturas es porque la dirección es insuficiente, esto se debe a que existe una limitación en el sistema que no permite incluir más de 60 caracteres en el campo de dirección lo que impide completar las direcciones del cliente.

Para solucionar este problema se incremento a 200 caracteres el campo de "dirección" en el sistema.

3.7.2 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES APROPIADOS DE OPERACIÓN PARA LOS FACTORES SIGNIFICATIVOS

Como se determinó en la etapa de análisis los factores que tienen influencia significativa sobre el proceso son el corte y el número de despachos al proveedor de distribución. Cada factor tiene diferentes niveles durante el proceso como se indica en tabla 8.

Tabla 8: Niveles de factores críticos.

Factor	Nivel
Corte	Corte 08
	Corte 22
Envíos	2 envíos
	3 envíos
	4 envíos

En cuanto al Corte, la empresa establece que el proceso de facturación debe iniciarse en los días 8 y 22 de cada mes por lo que es improcedente intervenir sobre los niveles de este factor.

Respecto al N° de envíos se observa que el promedio del tiempo de ciclo difiere para cada nivel como se indica a continuación:

- 2 envíos ~ 12.63 días
- 3 envíos ~ 10.94 días
- 4 envíos ~ 12.37 días

Este comportamiento no permitió decidir directamente si lo mejor es incrementar o reducir el número de envíos para mejorar los tiempos ya que para 2 y 4 envíos el promedio es mayor que para tres envíos.

Se decidió incorporar al diseño del experimento los factores corte y ciudad ya que es importante conocer cuántos envíos se deben realizar por corte y ciudad para mejorar los tiempos de ciclo del proceso de facturación. Los niveles seleccionados para cada factor se indican en la tabla 9.

Tabla 9: Niveles del experimento.

Factor	Nivel
Corte	Corte 08
	Corte 22
Ciudad	Quito
	Guayaquil
Envíos	2 envíos
	3 envíos

Lo niveles para factor ciudad fueron Quito y Guayaquil ya que el 79.5% de los clientes que reciben sus facturas se encuentran en estas dos ciudades, tal como se muestra en la figura 61.

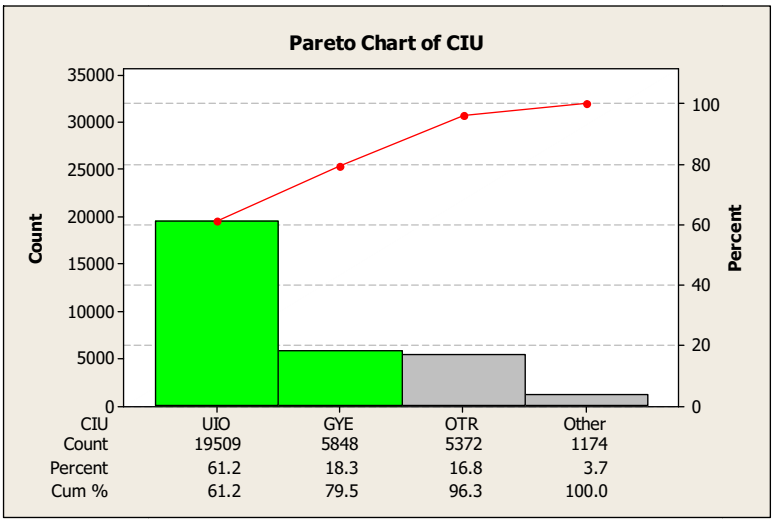

Figura 61: Pareto de clientes en las ciudades principales.

En Minitab se estableció los parámetros del experimento y se fijo una réplica debido a que el experimento completo dura dos meses. La secuencia de los tratamientos que se realizaron se indica en la tabla 10.

Tabla 10: Diseño del experimento.

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help

↓	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6-T	C7-T	C8
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Corte	Ciudad	Envío	T_Total
1	1	1	1	1	08	UIO	3	10.43
2	2	2	1	1	22	UIO	3	9.10
3	3	3	1	1	08	GYE	3	10.61
4	4	4	1	1	22	GYE	3	10.20
5	5	5	1	1	08	UIO	2	8.72
6	6	6	1	1	22	UIO	2	8.75
7	7	7	1	1	08	GYE	2	8.99
8	8	8	1	1	22	GYE	2	9.20

El experimento se ejecutó en los meses de junio y julio y las mediciones fueron realizadas por el proveedor de distribución. Los resultados se indican en la figura 62.

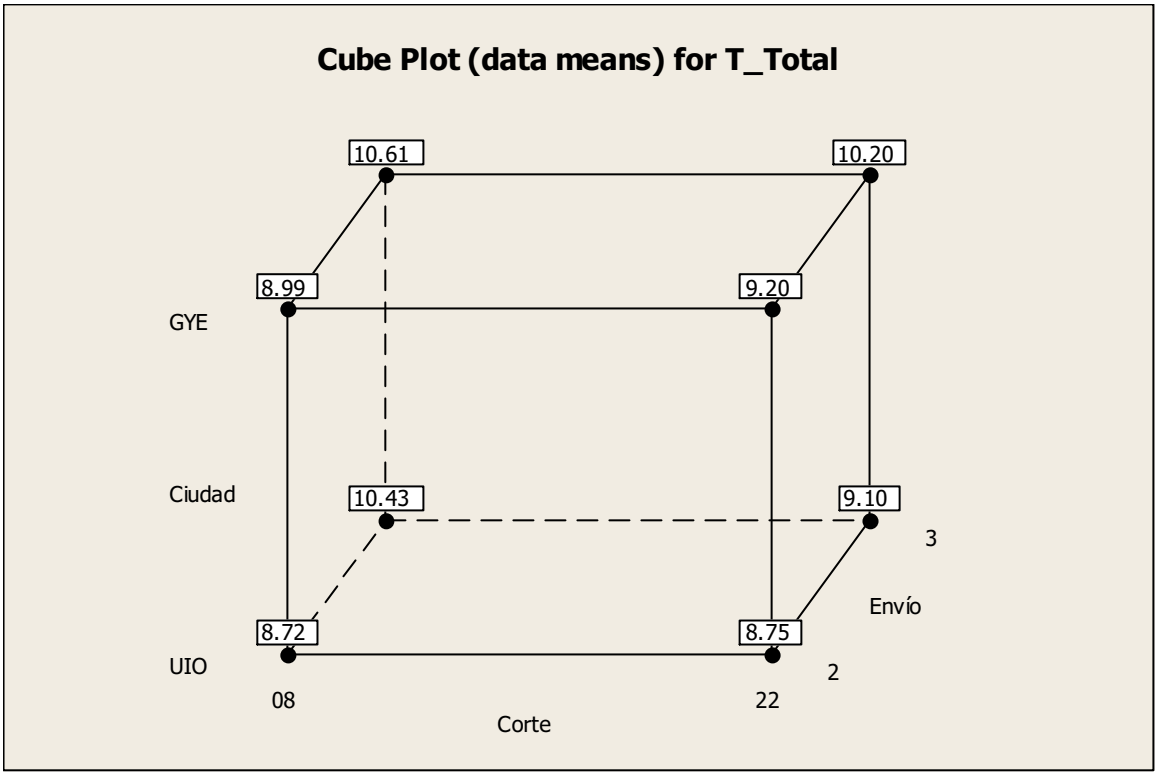

Figura 62: Resultados del experimento

Del experimento realizado se concluyó que el nivel óptimo para el factor número de envíos es 3 ya que tanto para Quito y Guayaquil en los cortes 8 y 22 se obtienen los menores promedios en el tiempo de ciclo del proceso de facturación.

Para la implementación de esta acción de mejora se coordinó con los proveedores de impresión y distribución, para que los despachos se realicen en tres lotes de acuerdo con el volumen total de facturas impresas.

3.8 ESTADO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

Luego de implementar las mejoras en el proceso de facturación se evaluaron los resultados obtenidos sobre la variable de respuesta a través de la medición de la capacidad del proceso.

Para la evaluación de la capacidad del proceso se obtuvieron los datos correspondientes al corte 8 de agosto, en la figura 63 se indican los resultados:

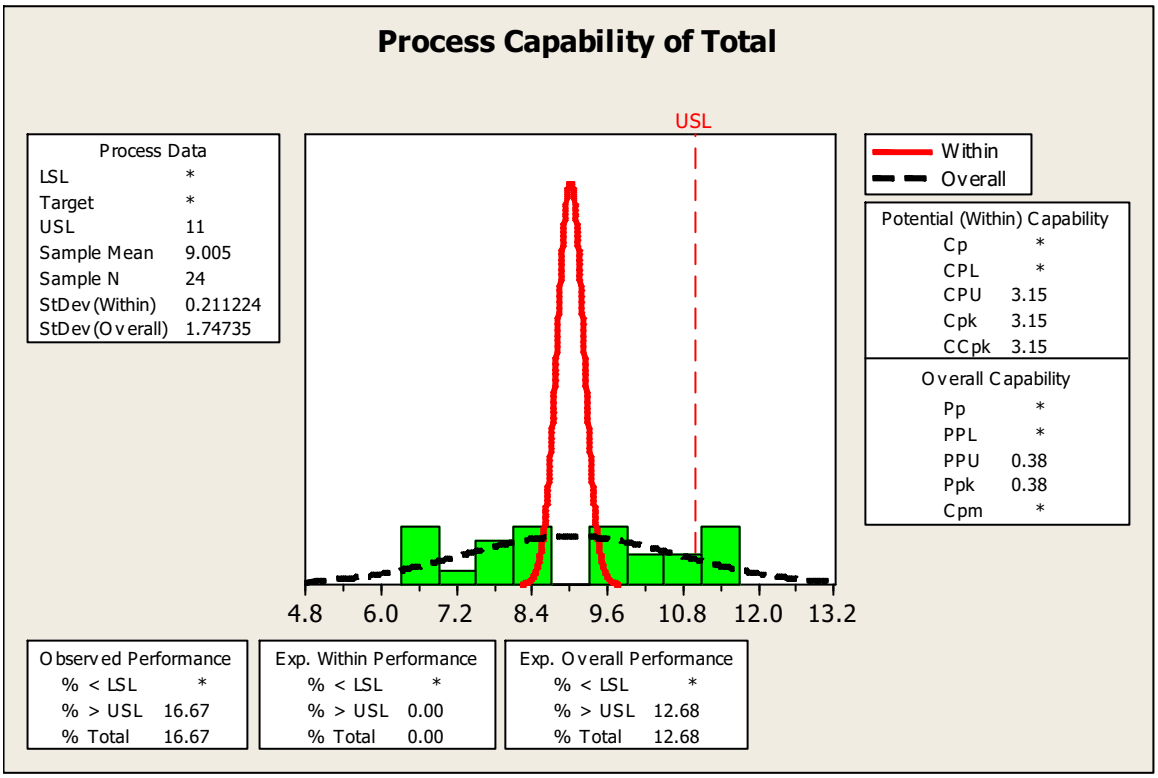

Figura 63: Estado de la capacidad del proceso después de las mejoras.

Como se puedes observar luego de implementar las mejoras en el proceso la capacidad de cumplir la entrega oportuna 5 días antes de la fecha de pago, se incremento del 43.0% al 83.3% con lo que se cumple el objetivo planificado del 72.0%.

3.9 CONTROL DE LA VARIABILIDAD DEL PROCESO

3.9.1 CONTROL DE LAS VARIABLES CRÍTICAS

Lugo de establecer el nivel óptimo de operación de la variable que tiene influencia significativa sobre el tiempo de ciclo del proceso de facturación se monitoreó y controló su comportamiento de tal manera que se mantengan y mejore los resultados obtenidos.

Para ello se utilizaron gráficos de control que se actualizan mensualmente con los datos correspondientes al número de envíos para distribución.

En la figura 64 se muestra el comportamiento anual de la variable:

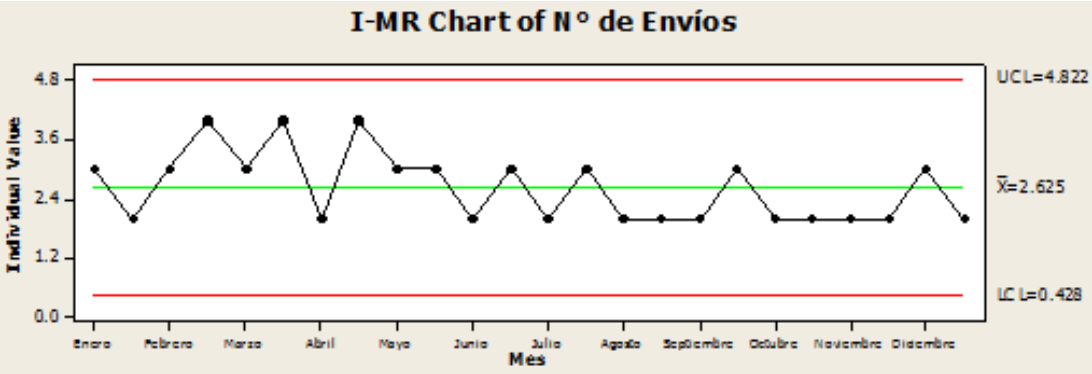

Figura 64: Control de los factores vitales

3.9.2 CONTROL DE LA VARIABLE DE RESPUESTA

A lo largo del proyecto se midió y controló la variable de respuesta para comprobar si las acciones de mejora inmediatas son eficaces para reducir o eliminar las causas especiales, de tal manera que si se detectan desviaciones del objetivo mensual se posible reaccionar y corregir las acciones.

Para realizar el seguimiento se estableció la línea base de la variable de respuesta al inicio del proyecto y se dividió la diferencia con el objetivo para el periodo de duración del proyecto en meses, de tal manera que se determinan los objetivos mensuales que se debe cumplir para alcanzar la meta en el plazo establecido. En la figura 65 se muestra el gráfico Objetivo vs. Actual.

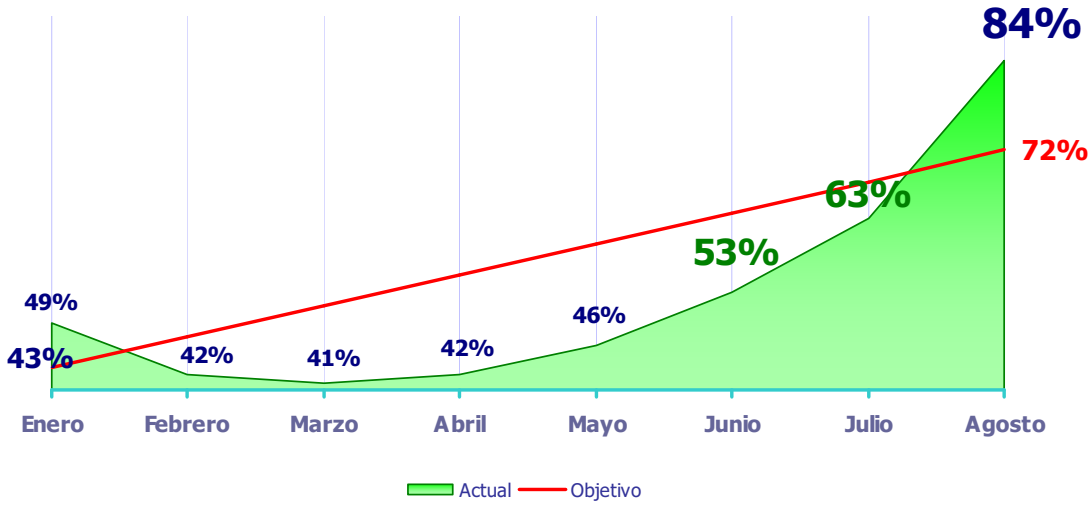

Figura 65: Control de la variable de respuesta.

Como se puede ver en los meses de enero a marzo el proceso muestra una clara tendencia a la baja en el indicador principal, sin embargo desde Abril inicia la recuperación del indicador ya que se inicia la implementación de acciones que reducen considerablemente las causas especiales de variación del proceso.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Con la aplicación de la Metodología Seis Sigma se sistematizó el estudio y comprensión del problema enfocándose en los principales atributos relacionados con la factura que tienen un grado de no conformidad.

- Las herramientas estadísticas y de calidad utilizadas en el proyecto Seis Sigma permitieron medir y determinar el comportamiento actual del tiempo de ciclo del proceso de facturación respecto a las diferentes variables de entrada. Asimismo se identificaron las causas especiales y las causas comunes de variación en los tiempos de ciclo del proceso de facturación.

- A partir de las mediciones y el análisis de los atributos de facturación se determinan los factores significativos que deben controlarse para mejorar el proceso

- Las mejoras en el proceso se propusieron e implementaron a lo largo de todas las etapas del proyecto, en algunos casos se tratan de acciones inmediatas que reducen o eliminan las causas especiales y en casos particulares las mejoras se implementaron luego de realizar experimentos, para establecer el nivel óptimo de operación de la variable de entrada.

- Con la aplicación de la Metodología Seis Sigma en la entrega oportuna de facturas por consumo de servicios de telecomunicaciones en Telefónica Ecuador, se consiguió incrementar la capacidad del proceso del 43.0% al 83.3%.

4.2 RECOMENDACIONES

- Comprometer a la Dirección de la empresa en el desarrollo del proyecto ya que de su decisión depende la ejecución de las actividades en todas las etapas del proyecto y la provisión de los recursos necesarios para la implantación de las mejoras en el proceso.

- Documentar cada etapa del proyecto ya que a medida que avanza es importante identificar las fuentes, análisis realizados y resultados obtenidos de tal manera que facilite la trazabilidad de la información para la toma de decisiones e implementación de cambios en el proceso.

- Implementar las mejoras en el proceso durante el desarrollo de proyecto ya que al finalizar cada etapa se generan información que permite determinar mejoras inmediatas para eliminar o reducir causa especiales y al final las mejoras se enfocan a las causas comunes, lo que asegura el cumplimiento de los objetivos del proyecto

- Adoptar la metodología Seis Sigma como método formal de mejora dentro de los Sistemas de Gestión de Calidad ya que provee un método técnico y sistemático para mejorar los procesos en base en estadísticas y resultados.

Bibliografía

1. Gutiérrez, H., 2004, Control estadístico de calidad y Seis Sigma, McGraw Hill, segunda edición, México D.F., México, p. 06-21.
2. Kim, P., 2005, Six Sigma For The Next Millennium, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, p. 3.
3. Montgomery, D., 2003, Diseño y análisis de experimentos, Limusa Wiley, segunda edición, México D.F., México, p. 1
4. Pande, P., 2002, Las Claves Prácticas de Seis Sigma, Mc Graw Hill, primera edición, México D.F., México, pp. 13-21, 3-4,
5. Park-Sung H., 2003, Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, Asian Productivity Organization, primera edición, Tokyo, Japón, p. 3
6. Porter, M., 2000, Estratégica Competitiva, CECSA, vigésima séptima edición, México D.F., México, p. 234
7. Ross, P., 1995, Taguchi Techniques for Quality Engineering, McGraw-Hill Professional, second edition, Milwaukee, USA, p. 3
8. Song, E., 2002, Six Sigma e-Academy, LG Electronics Inc., México D.F., México, http://Sixsigma.lge.com (Noviembre 2008)
9. Telefónica S.A., 2006, Informe anual, Madrid, España. pp. 11, 74
10. Webster, A., 2000, Estadística aplicada a los negocios y la economía, McGraw-Hill, tercera edición, México D.F., México. p. 5
11. Wortman, H., 2007, The Six Sigma Black Belt Primer, Quality Council, second edition, Indiana, USA, pp. II-2 – II6
12. Wortman, H., 2006, The Six Sigma Green Belt Primer, Quality Council, first edition, Indiana, USA, pp. II-9, II-2

Anexos

Anexo I: Datos de los tiempos de facturación

C3	C4	C5	C6	C7	C8
T-Carga	T- Proforma	T- Facturación	T- Impresión	T- Distribución	TIEMPO TOTAL_1
3.43	4.34	2.01	0.67	9.56	20
2.44	0.30	0.68	2.10	9.48	15
3.40	0.43	0.18	2.42	9.58	16
2.46	0.54	0.56	1.82	11.62	17
5.58	0.29	1.06	0.78	9.29	17
2.41	0.42	0.71	3.05	9.41	16
4.59	0.34	0.80	1.07	9.20	16
3.37	0.35	0.24	2.64	10.40	17
3.41	0.37	1.90	0.82	9.50	16
2.46	0.42	0.46	2.41	12.25	18
3.50	0.38	0.63	1.19	10.30	16
2.37	0.36	0.14	4.77	11.36	19

Anexo II: Datos de la capacidad inicial del proceso

OBS	DÍAS
1	7
2	8
3	9
4	11
5	12
6	13
7	14
8	15
9	16
10	5
11	6
12	7
13	8
14	9
15	12
16	13
17	15
18	18
19	7
20	9
21	10
22	11
23	12
24	13
25	16
26	11
27	12
28	13
29	14
30	16
31	17
32	18
33	19

Anexo III: Datos la evolución de factores e hipótesis

CORTE	D_CORTE	CIU	N°A_IMG	N°_ENVIOS	DIA ENTREGA	Total
8	Martes	CUE	5	3	Jueves	9.48
8	Martes	CUE	5	3	Lunes	13.00
8	Martes	CUE	5	3	Martes	14.00
8	Martes	GYE	5	3	Jueves	9.55
8	Martes	GYE	5	3	Viernes	10.61
8	Martes	GYE	5	3	Sábado	11.00
8	Martes	GYE	5	3	Lunes	13.00
8	Martes	GYE	5	3	Martes	14.00
8	Martes	GYE	5	3	Miércoles	15.00
8	Martes	OTR	5	3	Jueves	9.48
8	Martes	OTR	5	3	Viernes	10.48
8	Martes	OTR	5	3	Sábado	11.75
8	Martes	OTR	5	3	Lunes	13.43
8	Martes	OTR	5	3	Martes	14.35
8	Martes	UIO	5	3	Jueves	9.04
8	Martes	UIO	5	3	Viernes	10.00
8	Martes	UIO	5	3	Sábado	11.00
8	Martes	UIO	5	3	Lunes	13.01
8	Martes	UIO	5	3	Martes	14.00
22	Martes	CUE	8	2	Miércoles	8.01
22	Martes	CUE	8	2	Jueves	9.00
22	Martes	CUE	8	2	Viernes	10.02
22	Martes	CUE	8	2	Miércoles	15.02
22	Martes	CUE	8	2	Jueves	16.01
22	Martes	CUE	8	2	Viernes	17.11
22	Martes	GYE	8	2	Miércoles	8.02
22	Martes	GYE	8	2	Jueves	9.01
22	Martes	GYE	8	2	Viernes	10.11
22	Martes	GYE	8	2	Miércoles	15.12
22	Martes	GYE	8	2	Jueves	16.16
22	Martes	GYE	8	2	Viernes	17.26
22	Martes	OTR	8	2	Miércoles	8.38
22	Martes	OTR	8	2	Jueves	9.32
22	Martes	OTR	8	2	Viernes	10.36
22	Martes	OTR	8	2	Miércoles	15.47
22	Martes	OTR	8	2	Jueves	16.40
22	Martes	OTR	8	2	Viernes	17.35
22	Martes	UIO	8	2	Miércoles	8.00

CORTE	D_CORTE	CIU	N°A_IMG	N°_ENVIOS	DIA ENTREGA	Total
22	Martes	UIO	8	2	Jueves	9.00
22	Martes	UIO	8	2	Viernes	10.00
22	Martes	UIO	8	2	Miércoles	15.02
22	Martes	UIO	8	2	Jueves	16.01
22	Martes	UIO	8	2	Viernes	17.11
8	Viernes	CUE	6	3	Lunes	10.00
8	Viernes	CUE	6	3	Martes	11.00
8	Viernes	CUE	6	3	Miércoles	12.00
8	Viernes	CUE	6	3	Jueves	13.00
8	Viernes	CUE	6	3	Viernes	14.02
8	Viernes	GYE	6	3	Viernes	7.00
8	Viernes	GYE	6	3	Sábado	8.01
8	Viernes	GYE	6	3	Lunes	10.00
8	Viernes	GYE	6	3	Martes	11.01
8	Viernes	GYE	6	3	Miércoles	12.02
8	Viernes	GYE	6	3	Jueves	13.01
8	Viernes	GYE	6	3	Viernes	14.01
8	Viernes	OTR	6	3	Viernes	7.00
8	Viernes	OTR	6	3	Lunes	10.44
8	Viernes	OTR	6	3	Martes	11.35
8	Viernes	OTR	6	3	Miércoles	12.44
8	Viernes	OTR	6	3	Jueves	13.36
8	Viernes	OTR	6	3	Viernes	14.31
8	Viernes	UIO	6	3	Viernes	7.00
8	Viernes	UIO	6	3	Sábado	8.00
8	Viernes	UIO	6	3	Lunes	10.00
8	Viernes	UIO	6	3	Martes	11.00
8	Viernes	UIO	6	3	Miércoles	12.00
8	Viernes	UIO	6	3	Jueves	13.00
8	Viernes	UIO	6	3	Viernes	14.01
22	Viernes	CUE	9	4	Sábado	8.00
22	Viernes	CUE	9	4	Lunes	10.00
22	Viernes	CUE	9	4	Martes	11.00
22	Viernes	CUE	9	4	Miércoles	12.01
22	Viernes	CUE	9	4	Jueves	13.00
22	Viernes	CUE	9	4	Viernes	14.00
22	Viernes	CUE	9	4	Lunes	17.00
22	Viernes	GYE	9	4	Jueves	6.00
22	Viernes	GYE	9	4	Viernes	7.12

CORTE	D_CORTE	CIU	N°A_IMG	N°_ENVIOS	DIA ENTREGA	Total
22	Viernes	GYE	9	4	Sábado	8.00
22	Viernes	GYE	9	4	Lunes	10.03
22	Viernes	GYE	9	4	Martes	11.01
22	Viernes	GYE	9	4	Miércoles	12.04
22	Viernes	GYE	9	4	Jueves	13.01
22	Viernes	GYE	9	4	Viernes	14.03
22	Viernes	GYE	9	4	Sábado	15.61
22	Viernes	GYE	9	4	Lunes	17.03
22	Viernes	OTR	9	4	Jueves	6.55
22	Viernes	OTR	9	4	Viernes	7.43
22	Viernes	OTR	9	4	Sábado	8.35
22	Viernes	OTR	9	4	Lunes	10.27
22	Viernes	OTR	9	4	Martes	11.40
22	Viernes	OTR	9	4	Miércoles	12.40
22	Viernes	OTR	9	4	Jueves	13.32
22	Viernes	OTR	9	4	Viernes	14.25
22	Viernes	OTR	9	4	Sábado	15.60
22	Viernes	OTR	9	4	Lunes	17.24
22	Viernes	UIO	9	4	Jueves	6.01
22	Viernes	UIO	9	4	Viernes	7.00
22	Viernes	UIO	9	4	Sábado	8.01
22	Viernes	UIO	9	4	Lunes	10.03
22	Viernes	UIO	9	4	Martes	11.01
22	Viernes	UIO	9	4	Miércoles	12.00
22	Viernes	UIO	9	4	Jueves	13.00
22	Viernes	UIO	9	4	Viernes	14.01
22	Viernes	UIO	9	4	Sábado	15.00
22	Viernes	UIO	9	4	Lunes	17.01
8	Sábado	CUE	9	3	Lunes	9.00
8	Sábado	CUE	9	3	Martes	10.00
8	Sábado	CUE	9	3	Miércoles	11.03
8	Sábado	CUE	9	3	Jueves	12.05
8	Sábado	GYE	9	3	Viernes	6.00
8	Sábado	GYE	9	3	Lunes	9.02
8	Sábado	GYE	9	3	Martes	10.00
8	Sábado	GYE	9	3	Miércoles	11.01
8	Sábado	GYE	9	3	Jueves	12.01
8	Sábado	OTR	9	3	Viernes	6.58
8	Sábado	OTR	9	3	Sábado	7.28

CORTE	D_CORTE	CIU	N°A_IMG	N°_ENVIOS	DIA ENTREGA	Total
8	Sábado	OTR	9	3	Lunes	9.45
8	Sábado	OTR	9	3	Martes	10.32
8	Sábado	OTR	9	3	Miércoles	11.43
8	Sábado	OTR	9	3	Jueves	12.19
8	Sábado	UIO	9	3	Viernes	6.07
8	Sábado	UIO	9	3	Lunes	9.00
8	Sábado	UIO	9	3	Martes	10.00
8	Sábado	UIO	9	3	Miércoles	11.00
8	Sábado	UIO	9	3	Jueves	12.00
22	Sábado	CUE	9	4	Lunes	9.63
22	Sábado	CUE	9	4	Martes	10.62
22	Sábado	CUE	9	4	Miércoles	11.53
22	Sábado	CUE	9	4	Jueves	12.62
22	Sábado	CUE	9	4	Viernes	13.44
22	Sábado	CUE	9	4	Sábado	14.61
22	Sábado	CUE	9	4	Lunes	16.57
22	Sábado	CUE	9	4	Martes	17.47
22	Sábado	GYE	9	4	Lunes	9.54
22	Sábado	GYE	9	4	Martes	10.54
22	Sábado	GYE	9	4	Miércoles	11.55
22	Sábado	GYE	9	4	Jueves	12.55
22	Sábado	GYE	9	4	Viernes	13.56
22	Sábado	GYE	9	4	Sábado	14.46
22	Sábado	GYE	9	4	Lunes	16.43
22	Sábado	GYE	9	4	Martes	17.41
22	Sábado	OTR	9	4	Lunes	9.56
22	Sábado	OTR	9	4	Martes	10.52
22	Sábado	OTR	9	4	Miércoles	11.56
22	Sábado	OTR	9	4	Jueves	12.57
22	Sábado	OTR	9	4	Viernes	13.54
22	Sábado	OTR	9	4	Sábado	14.42
22	Sábado	OTR	9	4	Lunes	16.49
22	Sábado	OTR	9	4	Martes	17.49
22	Sábado	UIO	9	4	Lunes	9.61
22	Sábado	UIO	9	4	Martes	10.55
22	Sábado	UIO	9	4	Miércoles	11.55
22	Sábado	UIO	9	4	Jueves	12.57
22	Sábado	UIO	9	4	Viernes	13.56
22	Sábado	UIO	9	4	Sábado	14.60
22	Sábado	UIO	9	4	Lunes	16.55
22	Sábado	UIO	9	4	Martes	17.45

TIPO_PLAN	ANTIG_CLIENTE	Total_1
Empresarial	Existente	10.04
Empresarial	Nuevo	10.10
Individual	Existente	9.73
Individual	Nuevo	9.72
Empresarial	Existente	10.06
Empresarial	Nuevo	10.21
Individual	Existente	9.90
Individual	Nuevo	10.76
Empresarial	Existente	10.48
Empresarial	Nuevo	10.43
Individual	Existente	10.51
Individual	Nuevo	10.31
Empresarial	Existente	9.39
Empresarial	Nuevo	12.00
Individual	Existente	9.49
Individual	Nuevo	9.61
Empresarial	Existente	10.32
Empresarial	Nuevo	10.35
Individual	Existente	10.31
Individual	Nuevo	10.40
Empresarial	Existente	10.94
Empresarial	Nuevo	11.86
Individual	Existente	10.82
Individual	Nuevo	12.81
Empresarial	Existente	11.26
Empresarial	Nuevo	11.57
Individual	Existente	11.30
Individual	Nuevo	11.75
Empresarial	Existente	11.52
Empresarial	Nuevo	13.24
Individual	Existente	11.61
Individual	Nuevo	12.00

Anexo IV: Datos de la capacidad del proceso mejorado

D_Entrega	CIU	Total
14/08/2008	CUE	6.46
14/08/2008	GYE	6.54
14/08/2008	OTR	6.58
14/08/2008	UIO	6.64
15/08/2008	CUE	7.43
15/08/2008	GYE	7.52
15/08/2008	OTR	7.51
15/08/2008	UIO	7.54
16/08/2008	CUE	8.42
16/08/2008	GYE	8.53
16/08/2008	OTR	8.51
16/08/2008	UIO	8.52
17/08/2008	CUE	9.42
17/08/2008	GYE	9.50
17/08/2008	OTR	9.53
17/08/2008	UIO	9.54
18/08/2008	CUE	10.42
18/08/2008	GYE	10.53
18/08/2008	OTR	10.49
18/08/2008	UIO	10.53
19/08/2008	CUE	11.42
19/08/2008	GYE	11.49
19/08/2008	OTR	11.41
19/08/2008	UIO	11.64