

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR

OFICINA LA PAZ



ÁREA DE ECONOMÍA, POLÍTICA Y EMPRESA

**“ESPECIALIZACIÓN SUPERIOR EN
ESTRATEGIAS DE CALIDAD”**

(2007-2008)

**“SEIS SIGMA EN EL SERVICIO DE LARGA DISTANCIA
INTERNACIONAL DE LA EMPRESA NACIONAL DE
TELECOMUNICACIONES ENTEL”**

ALUMNO: VICTOR WILDER HUMEREZ MACIAS

TUTOR: M.C. ALEJANDRO VÁZQUEZ MENDOZA

**La Paz – Bolivia
2008**

Al presentar esta monografía como uno de los requisitos previos para la obtención del grado de especialista de la Universidad Andina Simón Bolívar, autorizo al centro de información o a la biblioteca de la universidad para que haga de esta monografía un documento disponible para su lectura según las normas de la universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta monografía dentro las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

También cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar los derechos de publicación de esta monografía, o de partes de ella, manteniendo mis derechos de autor, hasta por un periodo de 30 meses después de su aprobación.

Víctor Wilder Humerez Macias

Fecha: 28 de agosto de 2008

AGRADECIMIENTOS:

Quiero agradecer a toda la planta docente y coordinación de la especialidad por su esfuerzo y dedicación, a la UASB y al PROCOIN por el apoyo recibido y en forma especial al M.C. Alejandro Vázquez, por el cuidado, detalle y esmero que ha puesto en la revisión del trabajo.

RESUMEN

La monografía “Seis Sigma en el servicio de larga distancia internacional de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones ENTEL”, es un estudio sobre la metodología de mejora continua Seis Sigma aplicado a un proceso específico, como es el de la telefonía de larga distancia internacional de ENTEL S.A. Seis Sigma es un sistema comprensible y flexible para alcanzar, sostener y maximizar el éxito en los negocios. Entendiendo las necesidades de los clientes, el uso disciplinado de los hechos, datos y análisis estadísticos, con una diligente atención hacia la administración, dirección y mejoramiento de los procesos. En un mercado de alta competencia en las telecomunicaciones del país, se hace inevitable insertar la calidad y reducir la variabilidad de los procesos. Esto es posible mediante los criterios del análisis basados en la metodología Seis Sigma; Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAMC).

Las personas, cuando trabajan en un entorno en el que existe una visión común de la excelencia, en el que pueden dar lo mejor de si mismas cada día, en el que saben lo que se espera de ellas, entienden que la recompensa esta ligada a los resultados y creen que pueden marcar la diferencia porque se las escucha, son el factor que marca la diferencia. Si se dan esas circunstancias, el factor humano supera nuestras expectativas... y empezaran a suceder cosas extraordinarias.

Frederick W. Smith

Presidente y consejero delegado, Federal Express Corp.

ÍNDICE

Seis Sigma en el servicio de Larga Distancia Internacional de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones ENTEL

<i>1. INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>2. DEFINICIÓN DE SEIS SIGMA</i>	<i>4</i>
<i>3. ESTRATEGIA COMPETITIVA DE SEIS SIGMA</i>	<i>6</i>
<i>4. METODOLOGÍA SEIS SIGMA</i>	<i>8</i>
<i>5. MEDICIONES PARA SEIS SIGMA</i>	<i>10</i>
<i>6. DIEZ PASOS DE MOTOROLA PARA LA MEJORA DE PROCESOS</i>	<i>11</i>
<i>7. LAS FASES DMAIC DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA</i>	<i>13</i>
<i>8. FACTORES CRÍTICOS PARA UNA IMPLEMENTACIÓN EXITOSA</i>	<i>13</i>
<i>9. ENTRENAMIENTO</i>	<i>17</i>
<i>10. VENTAJAS DE SEIS SIGMA</i>	<i>18</i>
<i>11. SEIS SIGMA COMO PROYECTO ESTRATÉGICO DE ENTEL</i>	<i>19</i>
<i>12. CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE TELEFONÍA INTERNACIONAL DE ENTEL</i>	<i>20</i>
<i>13. LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN EL SERVICIO DE LDI</i>	<i>29</i>
<i>14. CONCLUSIONES</i>	<i>45</i>
<i>15. RECOMENDACIONES</i>	<i>45</i>
<i>16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>47</i>
<i>17. ANEXOS</i>	<i>48</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Se indica el número de partes por millón (ppm) que estarán fuera de los límites de especificación usando como límite el valor de cada desviación estándar.
- Figura 2:** Distribución normal descentrada 1.5σ
- Figura 3:** Pasos de la Metodología DMAIC
- Figura 4:** Factores dominantes para el éxito
- Figura 5:** Seis Sigma como pieza fundamental del programa de transformación de ENTEL
- Figura 6:** Red internacional de comunicaciones de ENTEL
- Figura 7:** Procesos de Enrutamiento de las Llamadas Internacionales
- Figura 8:** Recolección de catos de las Centrales Internacionales
- Figura 9:** Red de conmutación de tráfico Internacional de ENTEL
- Figura 10:** Flujo de Información del Servicio de LDI
- Figura 11:** Flujo de la información
- Figura 12:** Seis Sigma en la Estructura Organizativa – Red TI
- Figura 13:** Actores Seis Sigma – Red TI - LDI
- Figura 14:** Graficas de Caja
- Figura 15:** Capacidad de los Circuitos Internacionales
- Figura 16:** Seis Sigma es una Técnica Cíclica
- Figura 17:** Elementos del Plan de Control

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Factores de Mejora
- Tabla 2.** Porcentajes y cantidad de defectos a los que corresponden los diferentes niveles
- Tabla 3:** Rutas Internacionales de Interconexión Directa
- Tabla 4:** Acciones tomadas para de la eficiencia de la ruta
- Tabla 5:** Herramientas de la Fase de Control

SEIS SIGMA EN EL SERVICIO DE LARGA DISTANCIA INTERNACIONAL DE LA EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES ENTEL

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los mayores retos que enfrentan las empresas es el de la fuerte competencia dentro de los mercados tanto a nivel local como a nivel global, como dice Jack Welch: “*Esté abierto al cambio. Olvide el pasado.*”...”*Estemos listos para ir más allá.*”¹. Las organizaciones de manufactura y las *instituciones de servicio*, tienen que ser cada vez más eficientes es decir, altamente productivas dada la alta competencia en el mercado global. De tal manera que deben forjar una *cadena de valor* que logre satisfacer totalmente las necesidades de sus clientes, con Calidad, en el menor tiempo posible, y a un costo competitivo.

Las oficinas de diseño del producto, tienen el reto de innovar, modificar y optimizar en el menor tiempo posible sus diseños, para lanzar nuevos productos rápidamente, aún y cuando los productos sean altamente complejos. La manufactura experimenta retos que anteriormente eran inimaginables ya que tiene que producir tanto mayores como menores volúmenes de producción, con mucho menos recursos, de los que antes destinaba para ello. Las instituciones de servicio, tienen que reducir al máximo sus tiempos de entrega e incrementar la creación de valor de sus operaciones para lograr la *satisfacción total de sus clientes*. Las organizaciones productivas de bienes y/o servicios llevan a cabo una gran variedad de procesos mediante los cuales van incrementando *la cadena de calor a los ojos del cliente*. En estos procesos la “*variación*” es un factor que afecta todos y cada uno de dichos procesos, siendo imperativo el controlarla. El concepto de variación establece que no “*existen dos artículos que sean perfectamente iguales*”, la variación es un fenómeno de la naturaleza y un hecho en el entorno de cualquier tipo de organización, por ejemplo el rendimiento de combustible entre un vehículo y otro de las “*mismas*” características y capacidades; el diámetro de un cilindro de un monoblock de un motor varía de una medida a otra en el mismo motor, el contenido del líquido de refresco varía de una botella a otra y el tiempo requerido para asignar un asiento en el mostrador de registro de una línea aérea varía de un pasajero a otro. Si ignoramos la existencia de la variación (o si suponemos que ésta es pequeña), se puede llegar a tomar decisiones incorrectas sobre problemas importantes, lo cual impactaría en la calidad de los productos incidiendo esto en la satisfacción de los clientes finales.

¹ Slater, Robert, *¡Mejorar o Ser Vencido!*, México, Editorial Diana, 2003, p 13.

A lo largo del devenir del tiempo, las técnicas para mejorar la calidad han ido evolucionando paulatinamente; en un principio la calidad se detectaba y "controlaba", mediante *inspecciones finales de los productos* (siglo XIX), aquellos productos que estaban dentro del rango de especificaciones eran aceptados, los que no, se rechazaban, teniendo que ser reprocesados o desechados.

Este sistema de "controlar" la calidad, tiene varios inconvenientes: el primero, es tener que estar reprocesando una gran cantidad de artículos defectuosos, el segundo, es el tener que "tirar" piezas ya producidas, el tercero es que a pesar de la inspección por muy rigurosa que sea, llega a permitir que productos en mal estado lleguen a las manos del consumidor final debido a que la inspección final de manera visual no es confiable y por último y no por esto menos grave, el incrementar de forma alarmante el Normal Operating Cost² al añadir operaciones que no agregan valor al producto. En todos estos casos la probabilidad de incurrir en *costos de calidad*³ y de imagen ante el cliente es muy alta.

Para eliminar pérdidas económicas que generaban los desperdicios y buscando mejorar la calidad de los productos y servicios han surgido una serie de nuevas ideas y metodologías.

Durante la Segunda Guerra Mundial Walter Shewhart y Dodge Romig en la Western Electric de la Bell Telephone desarrollaron el *Control Estadístico de Procesos (CEP)*⁴, enfocado al control de los procesos por medio de la aplicación de métodos estadísticos para la reducción de la variación y en los niveles de inspección.

En la década de los cincuenta surge el *Aseguramiento de la Calidad*, en el Departamento de Defensa de los EUA y Gran Bretaña, aquí, se ve la necesidad de involucrar a todos los departamentos de la planta en el diseño, planeación y ejecución de políticas de calidad.

En la década de los noventa surge la *Administración Estratégica por Calidad Total*, con enfoque al mercado y a la satisfacción de las necesidades del consumidor, reconociendo el efecto estratégico de la calidad en el proceso de competitividad.⁵

² Normal Operating Cost: Costo normal de producción, por su traducción al español.

³ Campanella, Jack, *Principios de los Costes de Calidad*, España. Editorial Díaz de Santos. 2002, pp 22-38.

⁴ Brassard, Michael, *Six Sigma Memory Jogger II*, E. U. A. Editorial Goal/QPC. 2002, pp 77-94.

⁵ Ishikawa, Kaoru, *¿Qué es el Control Total de la Calidad?*, México, Editorial Norma, 1985, pp 106-110.

En los noventa, *Motorola, Inc., de EUA* desarrolló una metodología llamada *Six Sigma*,⁶ el cual consta de las fases *DMAIC*⁷ por sus siglas en inglés, para la solución de problemas, basándose en la aplicación de técnicas estadísticas (básicas y avanzadas), para reducir la variación de los procesos al máximo posible.

Seis Sigma, ha mejorado las ganancias de las empresas hasta en un 20% año tras año⁸, engloba técnicas de Control Estadístico de Procesos, el Despliegue de la función de calidad (QFD), el Análisis del Modo y Efecto de la Falla, Ingeniería de calidad de Taguchi, entre otras; siendo una sólida alternativa para mejorar los procesos y por lo tanto, lograr la satisfacción total de los clientes.

Entre las principales ventajas de esta metodología se encuentran las siguientes: contiene una serie de pasos disciplinados para llevar a cabo la implementación en cualquier tipo de empresa, tanto de manufactura como de operaciones transaccionales, las herramientas que la conforman pueden ser utilizadas por usuarios de diferentes áreas del conocimiento y niveles jerárquicos dentro de la organización; representa un desafío para las empresas que lo llevan a cabo ya que la meta es alcanzar un nivel de variación “mínimo”.⁹

Se usa el término *Sigma* es una letra del alfabeto griego (σ) para describir el nivel de desempeño de una unidad productiva o un proceso particular, la medida que comúnmente se utiliza es: defectos por unidad. Un nivel de calidad sigma "*Alto*" significa que los defectos tienen menores posibilidades de ocurrir, mientras que uno nivel de sigma "*Bajo*", tendrá mayor probabilidad de presentarse. El nivel Seis Sigma (6σ) significa que se encontrarán únicamente *3.4 defectos por cada millón de unidades producidas* considerando la capacidad de los procesos en el largo plazo.⁹

La Metodología *Seis Sigma* involucra una medida, para determinar el grado en que los diferentes procesos logran sus metas, además ofrece varias estrategias para realizar las mejoras a dichos procesos. La aplicación de ésta técnica en todas las funciones de la empresa, conlleva a un alto nivel de calidad a bajos costos y con una reducción en los tiempos ciclo de las operaciones que agregan valor; resultando con todo esto, alta rentabilidad y ventaja competitiva del negocio.

⁶ Six Sigma: es un nombre registrado por Motorola Inc., en E. U. A.

⁷ DMAIC: Define – Measure – Analyze – Improve – Control = Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

⁸ Harry, Mikel, *Six Sigma Breakthugh Management Strategy*, E. U. A, Editorial Currency. 2000, pp 1-2.

Es importante que la administración se enfoque en los problemas que están ocultos, por ejemplo: las horas extra para corregir errores, errores en documentación, la pérdida de oportunidad de producción, imagen ante el cliente, exceso de inventario y no solamente en los que saltan a la vista, como: los re-procesos, rechazos, reclamaciones por parte de los clientes. Es importante tener un plan perfectamente definido para alcanzar el éxito al implementar proyectos de mejora. Seis Sigma es una “*estrategia de negocios*”, implantada por General Electric (GE), Sony, y Allied Signal, con la cual, han obteniendo grandes beneficios, tanto estratégicos, como económicos. Seis Sigma se caracteriza por la continua y disciplinada aplicación de una estrategia de "proyecto por proyecto" tal como lo recomienda Joseph Juran en su trilogía de la calidad, los proyectos son seleccionados mediante estrategias clave de negocios, lo cual conduce a recuperar la inversión realizada y obtener mayores márgenes de utilidad. La gente que lidera los proyectos de Seis Sigma son comúnmente llamados: Black Belts y Green Belts⁹.

Usar Seis Sigma implica "*Cambiar la cultura de la organización*", **ya** que se fomenta el trabajo en equipo para la solución de problemas, se mejora la comunicación, aumenta el grado de confianza y seguridad en los individuos para realizar el trabajo, de esta manera se rompe la resistencia al cambio para poder ser más ambiciosos y alcanzar así, metas cada vez más desafiantes.

2. DEFINICIÓN DE SEIS SIGMA

Seis Sigma intenta abatir un enemigo de los procesos: la variabilidad. Para entender que significa este concepto se emplean las siguientes definiciones:

“Un sistema comprensible y flexible para alcanzar, sostener y maximizar el éxito en los negocios. Entendiendo las necesidades de los clientes, el uso disciplinado de los hechos, datos y análisis estadísticos, con una diligente atención hacia la administración, dirección y mejoramiento de los procesos”¹⁰.

“El seis sigma en términos de negocios se puede definir como “una estrategia de la mejora del negocio para su beneficio, a través de la eliminación del desperdicio, reducción de costos y

⁹ Black Belt y Green Belt son nombres registrados por Motorola Inc., en E. U. A.

¹⁰ Pande, P, Neuman, R. y Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance*. USA. McGraw-Hill. pag.3.

mejoramientos en la eficacia y eficiencia de todas las operaciones para resolver o aun exceder las necesidades y las expectativas de los clientes”¹¹.

“El Seis Sigma no debe ser considerado como otra iniciativa de la calidad pero si debería formar parte en otros programas e iniciativas en los altos niveles, como parte de una estrategia global de negocios. El seis sigma nos ofrece una metodología táctica para determinar el mejor enfoque para una situación o proceso”.¹²

Misión de Seis Sigma

“Su misión es la de proporcionar la información adecuada para ayudar a la implementación de la máxima calidad del producto o servicio en cualquier actividad, así como la de crear la confianza y comunicación entre todos los participantes, debido a que la actividad del negocio parte de la información, las ideas y la experiencia; ayudando de esta manera a elevar la calidad y el manejo administrativo”.¹³

Principios de Seis Sigma

“Los 6 principios de la metodología Seis Sigma son las siguientes:

- ***Enfoque genuino con el cliente:*** A menudo las empresas que lanzan Seis Sigma se sorprenden de descubrir lo poco que comprenden de verdad a sus clientes. En este principio, el enfoque en el cliente es la prioridad principal”¹⁴.
- ***Dirección basada en datos y hechos:*** la disciplina seis sigma empieza por clarificar que medidas son clave para medir como va el negocio y luego pasar a la toma de datos y el análisis de las variables clave. De esta manera, los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una manera mas efectiva y permanente.
- ***Los procesos están donde esta la acción:*** Sea que este enfocado en diseñar productos y servicios, en medir el desempeño, en mejorar la eficiencia o la satisfacción del cliente, o incluso en hacer funcionar el negocio, seis sigma coloca al proceso como el vehículo clave del éxito.

¹¹ Banuelas, R y Anthony, J. (2002). *Factores críticos del éxito para la puesta en práctica acertada de seis proyectos de la sigma en organizaciones. El comportamiento de TQM* Vol. 14 (2) Pág. 92

¹² Breyfogle III, F., Cupello, J. y Meadows, B. (2001). *A practical guide to Understanding, Assesing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*. USA. Wiley - Interscience.

¹³ López, G. (2003). *Metodología Six Sigma: Calidad Industrial*. <http://www.mercadeo.com> Febrero, 2003.

¹⁴ Pand, P. y Holp, L. (2002). *¿Qué es Seis Sigma?*. Madrid. McGraw-Hill.

- ***Dirección proactiva:*** Ser proactivo significa actuar con antelación a los sucesos en lugar de en reacción a ellos. En el mundo real, sin embargo, una dirección proactiva significa adoptar hábitos que son a menudo, prácticas empresariales abandonadas como por ejemplo: definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, etc. El seis sigma contiene herramientas y practicas que reemplazan los hábitos reactivos con un estilo de dirección dinámico, receptivo y proactivo.
- ***Colaboración sin barreras:*** Las oportunidades disponibles mediante una mejor colaboración dentro de las empresas y con los proveedores y clientes son enormes. Miles de millones de dólares se pierden cada día debido a la desconexión o a la competencia total entre grupos que deberían estar trabajando para una causa común: proveer valor al cliente.
- ***Busque la perfección; tolere el fallo:*** Ninguna compañía se podrá acercar al nivel Seis Sigma sin lanzar nuevas ideas y sistemas, que siempre envuelven algún riesgo. La verdad es que, cualquier compañía que haga de Seis Sigma su meta, tendrá que mantener la presión para ser cada vez más perfecta, mientras que tendrá que estar dispuesta a aceptar y manejar reveses ocasionales.¹⁵

3. ***ESTRATEGIA COMPETITIVA DE SEIS SIGMA***

La estrategia consiste en implantar en todos los niveles de la empresa un modelo de gestión empresarial basado en la mejorar de procesos, usando el conocimiento derivado del proceso estadístico de datos, con el fin de determinar las acciones oportunas para lograr una calidad que represente un índice final de defectos del producto de solo 3,4 defectos por millón (dpm).

La calidad seis sigma es hacer las cosas perfectas y como las quiere el cliente, es darle la calidad que a el le interesa. Implica acordar con un cliente que características de un producto o servicio son importantes para el y luego dárselas de un modo casi perfecto, libre de fallos.

Por otra parte, la estrategia seis sigma reduce los costos globales de la compañía mediante la mejora de la calidad del producto acabando hasta cifras muy bajas, ya que esta demostrada la existencia de una alta correlación entre los defectos por millón de productos y los costos de no calidad de una compañía¹⁶.

¹⁵ Pand, P. y Holp, L. (2002). *¿Qué es Seis Sigma?* Madrid. McGraw-Hill.

¹⁶ Barba, E. Boix, F. y Cuatrecasas, L. (2000). *Seis Sigma: Una iniciativa de Calidad Total*. Barcelona. Gestión 2000.

Costos de la No Calidad

Se consideran costos de no calidad los costos derivados de la falta de calidad, de la no conformidad o no cumplimiento de las especificaciones de los clientes o de no alcanzar los niveles de calidad requeridos. Incluyen los fallos y errores en el diseño, desarrollo y producción antes y después de la entrega al cliente que provocan su insatisfacción. Dentro de los costos de no calidad más comunes de una empresa se encuentran los siguientes:

- ***Costos por fallos internos:*** Son aquellas no conformidades descubiertas antes de entregar el producto o realizar el servicio a nuestros clientes, considerando todas las ineficiencias del proceso. Un ejemplo sería: el error en el lanzamiento de un pedido, ya sea por cantidad, ya sea por una descripción incorrecta, genera costos por envíos urgentes o paros de producción. Puede también generar costoso cambios en la planificación de la producción y errores en el sistema de facturación.
- ***Costos por fallos externos:*** Son todos aquellos costos en los que se incurre cuando el producto o servicio defectuoso es detectado cuando ya lo ha recibido el cliente. Un ejemplo frecuente es: los costos de las garantías, es decir los costos en los que se incurre cuando se debe reparar un producto durante dicho periodo.
- ***Costos de evaluación:*** Son los costos asociados a la confirmación del grado de calidad del producto o servicio. Como por ejemplo: los costos asociados con la evaluación del producto, tanto en los departamentos de diseño como en los laboratorios externos. Suman también de forma notable las pruebas de campo, homologaciones diversas, denominaciones de origen y marcas de calidad.
- ***Costos de prevención:*** Se trata del conjunto de costos orientados a minimizar tanto el costo de los fallos internos y externos como el de evaluación. Por ejemplo, los costos de investigación de mercado, encuestas de percepción de servicio y también de producto por parte de los clientes potenciales.
- ***Costos por pérdida de oportunidad:*** Una falta de calidad en el proceso de marketing nos puede hacer perder un nuevo mercado potencial en un nuevo país, por ejemplo al lanzar una campaña publicitaria no acorde con su cultura”¹⁷.

¹⁷ Barba, E. Boix, F. y Cuatrecasas, L. (2000). *Seis Sigma: Una iniciativa de Calidad Total*. Barcelona. Gestión 2000.

4. METODOLOGÍA SEIS SIGMA

En este acápite se tratará sobre la métrica de Seis Sigma, la forma de obtener y revisar las mediciones de un proyecto, el cálculo de la habilidad de un proceso mediante sigmas (*habilidad para hacer bien el proceso*), se tratarán los pasos de Motorola para la mejora de los procesos y por último se mencionaran las fases de la metodología.

La métrica de Seis Sigma

El nivel sigma, es utilizado comúnmente como medida dentro de la Técnica *Seis Sigma*, incluyendo los cambios o movimientos “*típicos*” de $\pm 1.5\sigma$ de la media (concepto que será explicado más adelante). Las relaciones de los diferentes niveles de calidad sigma no son lineales, ya que para pasar de un nivel de calidad a otro, el porcentaje de mejora del nivel de calidad que se tiene que realizar no es el mismo, cuando avanzamos a un nivel mayor el porcentaje de mejora será más grande. La Tabla 1, muestra el factor de mejora requerido para cambiar de un nivel sigma a otro de mayor nivel.

Tabla 1. Factores de Mejora

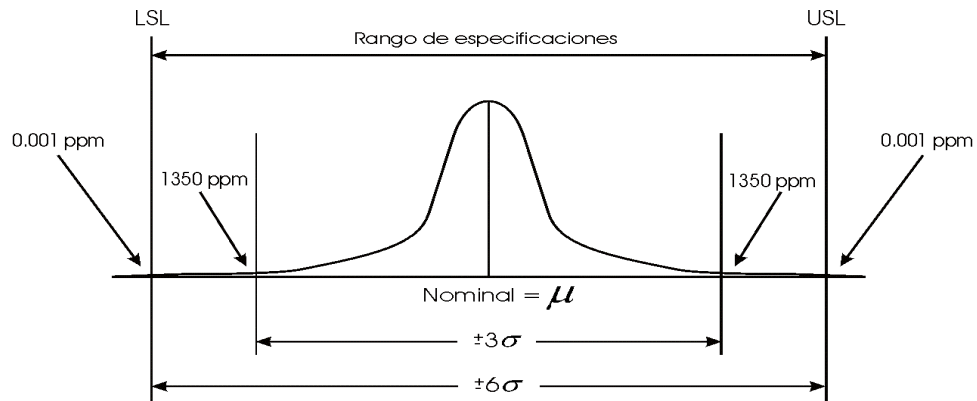
<i>Nivel actual</i>	<i>Cambio</i>	<i>Factor de Mejora requerido</i>
3 σ	4 σ	10x
4 σ	5 σ	30x
5 σ	6 σ	40x

Fuente: Juran, J. M. *Análisis y planeación de la calidad*. Mc. Graw Hill, 1995 pp. 394

Realizando un comparativo del nivel de calidad sigma de varias empresas se determinó que el promedio de éstas se encuentra en el nivel 4 σ , Las empresas con nivel 6 σ son denominadas de “*Clase Mundial*”. El objetivo de la implementación *Seis Sigma* es precisamente convertirse en una empresa de Clase Mundial.

En la figura 1, se muestra el concepto básico de la métrica de Seis Sigma, en donde las partes deben de ser producidas consistentemente y estar dentro del rango de especificaciones. La figura muestra los parámetros de los niveles tres y seis sigma.

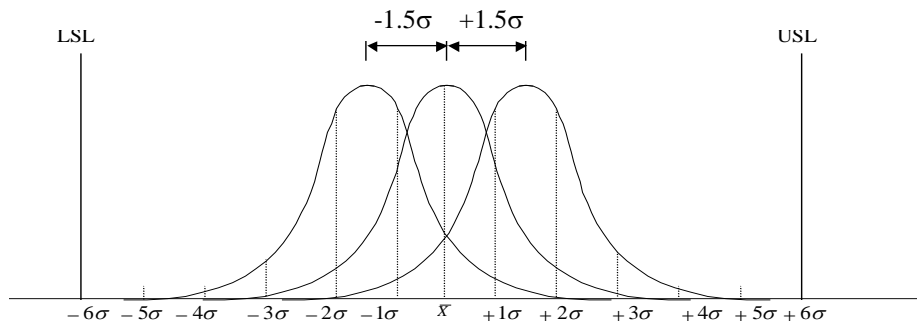
Figura 1. Se indica el número de partes por millón (ppm) que estarán fuera de los límites de especificación usando como límite el valor de cada desviación estándar.



Fuente: Juran, J. M. *Análisis y planeación de la calidad*. Mc. Graw Hill, 1995 pp. 395

La variación a lo largo del tiempo en el centrado del proceso provoca que la media de la distribución tenga un desplazamiento $\pm 1.5\sigma$ para Motorola, (*esto no aplica para todas las empresas*), ver la Figura 2. Esto proporciona una idea real de la capacidad del proceso a través de varios ciclos de manufactura en el tiempo, el desplazamiento puede ser en dirección positiva o negativa, pero nunca en ambas direcciones¹⁸

Figura 2. Distribución normal descentrada 1.5σ



Fuente: Juran, J. M. *Análisis y planeación de la calidad*. Mc. Graw Hill, 1995 pp. 397

En la Tabla 2, se muestra una medida que describe el grado en el cual el proceso cumple con los requerimientos es la *Capacidad del Proceso*. Los índices utilizados son C_p y C_{pk} .

¹⁸ Juran, J. M. *Análisis y planeación de la calidad*. Mc. Graw Hill, 1995 pp. 397

Un nivel *Seis Sigma* tiene la habilidad de lograr índices de 2.0 y 1.5 respectivamente. Para lograr esta capacidad la meta a alcanzar es, el producir al menos 99.99966% piezas o productos con calidad, no más de 3.4 defectos en un millón de piezas o productos producidos en el largo plazo.

Tabla 2. Porcentajes y cantidad de defectos a los diferentes niveles “Sigma”

Límite de especificación	Porcentaje	Defectos ppm
$\pm 1\sigma$	30.23	697,700
$\pm 2\sigma$	69.13	308,700
$\pm 3\sigma$	93.32	66,810
$\pm 4\sigma$	99.379	6,210
$\pm 5\sigma$	99.9767	233
$\pm 6\sigma$	99.99966	3.4

Fuente: Juran, J. M. *Análisis y planeación de la calidad*. Mc. Graw Hill, 1995 pp. 398

5. MEDICIONES PARA SEIS SIGMA

La mejora de las métricas tiene un impacto muy significativo en los resultados del negocio, al reducir la oportunidad de tener defectos. Es de suma importancia medir la capacidad del proceso en términos cuantificables y monitorear las mejoras a través del tiempo. La letra griega Sigma (σ), representa la desviación estándar poblacional de un proceso de manufactura o de servicio, siendo la dispersión de cada uno de los datos poblacionales alrededor de la media poblacional.

Seis Sigma es una *metodología*, enfocada a la mejora de los procesos, reduciendo primeramente su variación y después, manteniéndolos en el valor objetivo o lo más cerca posible de él.

Definiciones Básicas¹⁹:

- **Unidad (U):** Es un lote de artículos producidos o procesados, que esta sujeto a una auditoria de calidad.
- **Defecto (D):** Cualquier evento que no cumpla la especificación de una CTQ (la cual es definida por el cliente).
- **Defectuoso:** Es una unidad producida que tiene uno o más defectos.
- **Defectos por unidad (DPU):** Es la cantidad de defectos en un producto, se calcula mediante la siguiente fórmula:

¹⁹ Forrest W. Breyfogle III. *Implementing Six Sigma*, U S A, Ed. John Wiley & Sons, Inc., 1999, p11.

$$DPU = \frac{D}{U} \quad (1.1)$$

- **Oportunidad de defectos (O):** Es cualquier atributo o especificación que pueda apreciarse o medirse y que ofrezca una oportunidad de no satisfacer un requisito del cliente (CTQ).
- **Defectos por oportunidad (DPO):**

$$DPO = \frac{D}{U \times O} \quad (1.2)$$

- **Defectos por millón de oportunidades (DPMO's):** Es el número de defectos encontrados en un lote de inspección, afectado por el número de oportunidades para ofrecer un defecto, en un millón de unidades.

$$DPMO's = \frac{D}{U \times O} \times 1000000 \quad (1.3)$$

- **Capacidad del proceso:** Es el nivel de actuación de un proceso para cumplir especificaciones o requerimientos del cliente.
- **Rendimiento estándar o de primera pasada Y_{FT} :** Es el porcentaje de producto y / o servicios, sin defectos.
- **Rendimiento al final o de última pasada: Y_{LT} :** Es el porcentaje de producto sin defectos después de realizar la revisión del trabajo.

6. DIEZ PASOS DE MOTOROLA PARA LA MEJORA DE PROCESOS

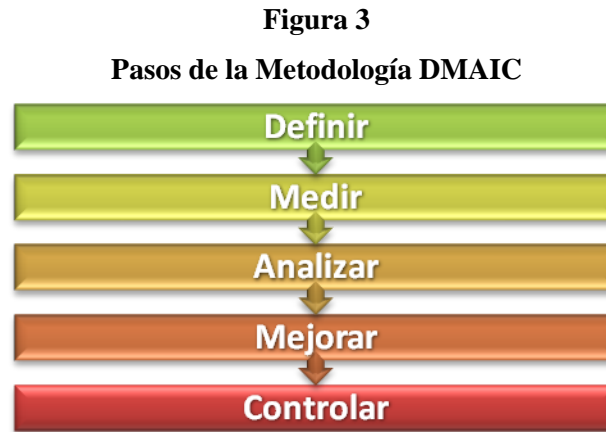
Motorola sugiere una serie de pasos para mejorar el desempeño de los procesos usando la metodología *Seis Sigma*, como se muestra:

- **Priorizar oportunidades de mejora:** Conocer y especificar los problemas haciendo las siguientes preguntas: cómo, cuando, donde, por qué y quién. Indicar cual es el impacto al cliente, confiabilidad, calidad del producto, costos de calidad.
- **Seleccionar el equipo de trabajo adecuado:** Seleccionar un pequeño grupo de gente que conozca el producto / proceso, con la experiencia, disciplina y conocimiento en el área. Establecer el rol de cada miembro, Seleccionar un *Champion* que será el encargado de proporcionar los recursos, conducir y asesorar al grupo.
- **Describir el proceso totalmente:** Mediante el uso de diagramas de flujo mostrar las variaciones del proceso. Incluyendo a la gente, los métodos, herramientas, instrumentos de medición y equipos.

- **Análisis del desempeño de los sistemas de medición:** Evaluar: exactitud, repetitibilidad y reproducibilidad, linealidad y estabilidad del instrumento o indicador usado, para asegurar que la capacidad del mismo sea la adecuada, más del 10% de variación no se permite para características críticas o 30% máximo para características no críticas. La resolución del instrumento sea al menos 20 veces mayor que la magnitud que se va a comparar. Por ejemplo si la tolerancia es de 10 mm. el medidor debe tener una resolución o distancia entre marcas de al menos 0.5 mm.
- **Identificar y describir los procesos y productos potencialmente críticos:** Enumerar todos los procesos críticos potenciales, mediante el uso de tormentas de ideas, datos históricos, reportes de rendimiento, análisis de falla etc.
- **Aislar y verificar los procesos críticos:** Reducir la lista enfocándonos en los pocos vitales, identificar las relaciones de entrada y salida que provocan problemas específicos. Verificar las causas potenciales de variación en los procesos, usando diseño de experimentos, diagramas de dispersión, y diagramas multivariados.
- **Estudio de el desempeño del proceso y medición de la capacidad:** Identificar y definir las limitaciones de los procesos. Asegurar que los procesos sean capaces de alcanzar su máximo potencial. Determinar las especificaciones “reales”. Se considera que un proceso es capaz cuando $C_p \geq C_{pk} \geq 1.6$, si el proceso es capaz se continúa con el paso 8. , de lo contrario se requiere tomar acciones de rediseño del proceso o del producto.
- **Implementación de condiciones de operación y control óptimas:** Llevar a cabo un plan permanente de acciones correctivas para prevenir causas especiales de variación. Es necesario tener un proceso estable y predecible, por lo cual se deberá tener continuamente controles de proceso.
- **Monitoreo de procesos a través de la mejora continua:** Los sistemas, métodos, procedimientos deberán de ser modificados cuando sea necesario para evitar las causas especiales de variación. También será necesario identificar las acciones futuras requeridas para mejorar el proceso.
- **Reducir causas comunes de variación para alcanzar Seis Sigma:** Se deben reconocer las limitantes del proceso. Solamente a través de la reducción o eliminación de las causas comunes de variación, será posible alcanzar el nivel *Seis Sigma*.

7. LAS FASES DMAIC DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

El modelo DMAIC incluye los procesos de mejora continua y el de diseño/rediseño. Este modelo incluye las siguientes fases:



Fuente: Pande, et. al. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Others Top Companies Are Honing Their Performance*. McGraw-Hill. P.38

Definir: El equipo de proyecto es asignado para definir el problema. Ellos determinan que resultados se medirán.

Medir: El equipo debe de identificar el límite de la especificación. Algunas veces el cliente decide estos límites.

Analizar: En esta fase, el equipo se inspira en todas las posibles causas o motivadores de defectos. Una vez que estos son identificados, una segunda vuelta de colección de datos es llevada a cabo, enfocándose en las entradas (causas) y salidas (defectos). El equipo utiliza un análisis estadístico para determinar que causas son importantes.

Mejorar: Una vez que las principales causas son identificadas, el equipo trabaja para redefinir estas principales causas. Los cambios son entonces piloteados con una colección de datos adicional durante el piloto.

Controlar: Los datos pilotos son analizados para determinar si el nuevo proceso produce un significativo mejoramiento estadístico sobre el viejo proceso. Si el mejoramiento es importante, un plan de control es desarrollado para asegurarse que el problema no regrese.

8. FACTORES CRÍTICOS PARA UNA IMPLEMENTACIÓN EXITOSA

El Seis Sigma puede ser un gran éxito o fracaso, dependiendo de cómo sea implementado a través de la infraestructura de la compañía. Crear una infraestructura acertada es un proceso en un curso

que infunde un conocimiento en calidad en la manera en que todos los trabajadores realicen su trabajo diario. La infraestructura puede variar perceptiblemente, dependiendo de la cultura y de las metas estratégicas del negocio. Cada organización crea su propia infraestructura; sin embargo, existen varios factores para alcanzar el éxito. Estos factores pueden variar de orden de una organización a otra y no siempre son utilizados todos.²⁰

Liderazgo ejecutivo

Es la pieza fundamental de cualquier implementación exitosa de *Seis Sigma*. La mayoría de las compañías que logran resultados significativos tienen el compromiso y liderazgo de su administración ejecutiva. La gente en el nivel más alto de la organización debe conducir el seis sigma.

Figura 4: Factores dominantes para el éxito



Fuente: Breyfogle III, et. al. (2001). *Managing Six Sigma*. Wiley interscience. P. 116

Enfoque al cliente

Centrarse en las necesidades de los clientes va de la mano con el crear una infraestructura adecuada para Seis Sigma. Los factores que son importantes para los clientes representan una entrada necesaria para el éxito verdadero del equipo y la mejorar del proceso. Por lo tanto, la evaluación de la opinión del cliente con respecto a la calidad, debe estar en la vanguardia de un proceso puesto en práctica y

²⁰ Breyfogle III, F., Cupello, J. y Meadows, B. (2001). *A practical guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*. USA. Wiley - Interscience.

de la fundación de una infraestructura. Las quejas de los clientes deben ser vistas como una oportunidad para crecer e incrementar el mercado. Estas quejas deben de utilizarse como un proyector en las áreas que necesitan mejorar.

Metas estratégicas

Las necesidades de los principales clientes son recolectadas y analizadas y para transformarlas en metas estratégicas de la organización se utilizan varios métodos, el mas efectivo y común es el de la casa de la calidad o despliegue de la función de calidad (Q.F.D.), que es una herramienta útil para transformar las necesidades de los clientes en áreas estratégicas de la organización.

Selección del proyecto

La selección adecuada de los proyectos es de gran importancia en el éxito de la implementación de la filosofía Seis Sigma en la empresa. Es importante que los proyectos elegidos sean factibles, es decir, que puedan alcanzar la fase de control en un tiempo breve y que la probabilidad de dar resultados económicos sea alta. Los proyectos deben tener un objetivo de mejora claramente medible.²¹ *Los criterios que se deben de tener en cuenta para una acertada selección de un proyecto son los siguientes: los beneficios que obtendrá el negocio, la variabilidad y el impacto organizacional.*²²

Recursos

La metodología de Seis Sigma necesita ser combinada con la gente correcta para lograr resultados reales. (Harry, citando en Breyfogle III, et. al 2001). Por ejemplo, la compañía General Electric (GE) ha tenido el desarrollo de las técnicas de seis sigma a través de personas llamadas *Black Belts*, quienes trabajan tiempo completo en ejecutar los proyectos (Slater, citado en Breyfogle III, et. al, 2001). Sin embargo, estas personas aunque sean los líderes en los proyectos ellos no pueden realizar todo el trabajo. Para que los equipos de proceso alcancen resultados significativos, las prioridades de los miembros del equipo necesitan estar alineadas con las metas estratégicas de los proyectos. La gerencia necesita crear un ambiente de apoyo y realinear los recursos a las prioridades cuando sea necesario.

²¹ Barba, E. Boix, F. y Cuatrecasas, L. (2000). *Seis Sigma: Una iniciativa de Calidad Total*. Barcelona. Gestión 2000.

²² Pande, P, Neuman, R. y Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance*. USA. McGraw-Hill. Pág. 38

Selección del Black Belt

Los *Black Belts* necesitan tener varias cualidades para ser efectivos. Necesitan un liderazgo fuerte y habilidades administrativas para un proyecto, también deben tener el conocimiento de alternativas para seleccionar las herramientas adecuadas de Seis Sigma para una situación específica. Las personas seleccionadas para ser *Black Belts* necesitan tener la habilidad de dirigir el cambio, analizar efectivamente un problema y administrar exitosamente los proyectos.

Métrico y regeneración

La métrica que sigue la eficacia de la infraestructura de *Seis Sigma* puede conducir el comportamiento y crear un ambiente para tomar decisiones objetivas. Una infraestructura de éxito necesita ser pensada como un proceso en curso que pueda ser mejorado continuamente. La métrica debe ser creada para proveer información importante en la variabilidad de eficiencia de este proceso.

Cultura

El implementar el seis sigma produce una oportunidad para cambiar la cultura actual de la organización. Moverse desde una cultura existente que sea escéptica de cambio de proceso a una cultura que abrace la mejora continua del proceso requiere una comprensión de las fuerzas para el cambio.

Comunicación

Frecuentemente, los líderes de las compañías implementan el seis sigma porque poseen una visión clara de lo que quieren alcanzar. Sin embargo, la mayoría de las veces no comunican claramente su visión a través de la organización. Para evitar esta situación, los ejecutivos necesitan hablar: el mismo lenguaje de Seis Sigma. Los pasos más comunes para llevar una comunicación efectiva son:

- *Conciso:* Las palabras son cuidadosamente seleccionadas para comunicar las metas específicas de la estrategia de negocios de Seis Sigma.
- *Consistente:* la comunicación debe ser sincera y se debe repetir el mismo mensaje.
- *Completo:* los planes de la comunicación debe alcanzar todos los niveles de la organización. Si es posible, se deben utilizar diferentes medios.

9. ENTRENAMIENTO

Una simple pero significativa diferencia entre educación y entrenamiento, es que educación enseña el por qué y entrenamiento el cómo. Las compañías necesitan contratar a personas que ya conozcan el por que para después impulsarlos hacia una nueva visión de cómo es seis sigma. Una fase de educación y entrenamiento debe estar centrada alrededor de proyectos. El componente educación de este esfuerzo esta enfocado en ejecutivos y administradores, mientras que la porción de entrenamiento esta diseñada para el Black Belt.

Estrategia

En el entrenamiento, el formato mas efectivo para entender los conceptos de seis sigma es el siguiente:

- Introducir y discutir un nuevo tema utilizando un sistema de proyección de computadora en conjunto con un paquete de presentación.
- Presentar un ejemplo del problema en el mismo tema y explorar una y mas soluciones del problema utilizando la aplicación de programas estadísticos y cuando sea necesario, exponer y analizar el dato.
- Responder a un caso de estudio usando otro conjunto de datos relacionados con el mismo tema.
- Presentar periódicamente un ejercicio de larga escala donde los equipos trabajen juntos en una aplicación genérica de los conceptos que han sido enseñados.
- Invitar periódicamente a discutir en clase el hecho de cómo varias herramientas y técnicas son aplicables a proyectos individuales.

Las herramientas y técnicas de Seis Sigma son aplicables a una gran variedad de situaciones, por lo tanto, el mismo curso puede ser usado para personas involucradas en la manufactura, desarrollo de procesos de producción, servicios y procesos transaccionales.²³

Tipos de entrenamiento

El entrenamiento provee a los candidatos con el conocimiento y características para guiar y dirigir la implementación de la metodología *Seis Sigma* en una empresa. Los tipos de entrenamiento y sus responsabilidades para poner en práctica la metodología de *Seis Sigma* son:

²³ Breyfogle III, F., Cupello, J. y Meadows, B. (2001). *A practical guide to Understanding, Assesing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*. USA. Wiley - Interscience.

Entrenamiento del Green Belts: Los Green Belts no necesariamente requieren de un entrenamiento de tiempo completo. Como parte de este entrenamiento, los proyectos deben ser completados con el apoyo de los *Black Belts*. Son personas con un nivel inferior de especialización en seis sigma que los *Black Belts*, generalmente realizan un enfoque mas técnico y menos directivo. No es necesario que conozca muy profundamente la justificación teórica de las técnicas estadísticas y de calidad, pues siempre tendrá el apoyo de los expertos.

Entrenamiento de un campeón: Se debe dar énfasis a la selección y dirección de los proyectos de *Seis Sigma* y *Black Belts*, y al rol que juegan estos como eliminadores de obstáculos en la ejecución de los proyectos. A través de este entrenamiento, los directores de los proyectos de Seis Sigma obtendrán una mejor apreciación del trabajo que será conducido por el *Black Belts*. Mediante este procedimiento, el director puede ofrecer mejores consejos y convertirse en el experto para la selección de proyectos. Son líderes de la alta gerencia quienes sugieren y apoyan proyectos, ayudan a obtener recursos necesarios y eliminan los obstáculos que impiden el éxito del proyecto. Incluye participación en revisión y aseguran que se desarrolle la metodología *Seis Sigma*.

Entrenamiento ejecutivo: Se recomienda que los ejecutivos reciban uno o dos días de entrenamiento. Este entrenamiento no solo describe las bases del seis sigma sino que enfatiza el establecimiento y dirección de la infraestructura. Se debe hacer énfasis en la importancia de aplicar sabiamente las técnicas en donde los diálogos son fomentados para resultados específicos y preguntas de implementación.

Entrenamiento Maestro del Black Belt: Es realizado por expertos en *Seis Sigma* quienes se han convertido en maestros de tiempo completo y consejeros de la metodología. Estas personas necesitan tener una buena enseñanza, liderazgo y habilidades cuantitativas. Son responsables de desarrollar e implementar la estrategia en el negocio.

10. VENTAJAS DE SEIS SIGMA

La metodología de Seis Sigma proporciona importantes beneficios en cualquier organización. Entre los más importantes se encuentran: optimizar el equipo, pocos errores o rechazos, mejora los ciclos de los tiempos, la calidad y los costos, reduce los tiempos de respuesta para los clientes, mejora la eficacia y eficiencia de los procesos, incrementa las ganancias e ingresos mediante la reducción de

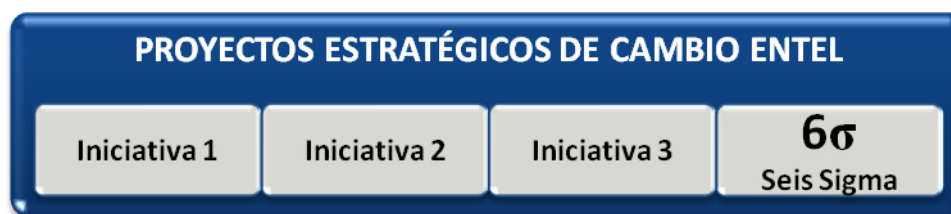
costos, ayuda a recuperar rápidamente el capital de trabajo y fomenta un ambiente de trabajo que motiva a los empleados.²⁴

11. SEIS SIGMA COMO PROYECTO ESTRATÉGICO DE ENTEL

Impulsada por la situación cambiante del sector de las *telecomunicaciones* en Bolivia y por las nuevas exigencias del mercado Nacional e Internacional, las empresas en telecomunicaciones han dedicado todos sus recursos en promover una transformación siguiendo las directrices de proyectos estratégicos de cambio. Es en esta búsqueda de innovación en la gestión, y especialmente en lo que respecta al papel de protagonista indiscutible que ha obtenido la *calidad a nivel mundial* en la mayoría de las empresas que pretenden ser competitivas.

El presente trabajo monográfico pretende introducir una nueva *cultura de calidad* en las *empresas de telecomunicaciones Bolivianas*, además de incentivar a insertar la calidad en todos los niveles de las organizaciones nacionales. Para conseguirlo, es necesaria una transformación interna muy fuerte, que se puede concretar en un *cambio de filosofía* hacia lo que se denomina un “*Sistema Integrado de la Calidad*”, el cual está basado en la ISO 9001:2000 y en la gestión por procesos. Este sistema único aprovecha las mejores herramientas disponibles en cada uno de sus campos de aplicación, como pueden ser la autoevaluación según el modelo de la *European Foundation for Quality Management (EFQM)*, los estándares *ISO 14000 o PCAL*, la norma *TL9000 del QuEST Forum*, etc. Es en este marco donde se pretende enmarcar a la empresa de telecomunicaciones ENTEL realizando una propuesta de implementación “*Seis Sigma*” como la herramienta de mejora de los procesos, integrada en su Sistema de Gestión (ver la Figura 5)

Figura 5: Introducción de Seis Sigma
como pieza fundamental del programa de transformación de ENTEL



Fuente: Elaboración Propia

²⁴ Barba, E. Boix, F. y Cuatrecasas, L. (2000). *Seis Sigma: Una iniciativa de Calidad Total*. Barcelona. Gestión 2000.

Seis Sigma, desde sus primeras experiencias en los años 80, está avalada por un continuo historial de éxitos en su aplicación en las grandes empresas multinacionales. Una de las razones por las que *Seis Sigma* ha tenido tanta aceptación a nivel mundial es la ambición de sus objetivos, los cuales, fundamentalmente, se pueden resumir en dos: *Reducción de la variabilidad de los procesos* y *Reducción drástica del número de defectos de los procesos*. Seis Sigma no ofrece un conjunto novedoso de herramientas; consiste en utilizar las ya existentes, dotándolas de una metodología que potencia la cuantificación de la rentabilidad de los procesos. Antes de desarrollar los aspectos metodológicos de *Seis Sigma* en el Servicio de Larga Distancia de ENTEL es necesario describir las características de la empresa, de la red internacional, de la recolección de las variables y de los procesos de conectividad en un *enlace internacional telefónico*.

12. CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE TELEFONÍA INTERNACIONAL DE ENTEL

Es evidente que como trabajo previo al análisis y propuesta de la monografía se deben establecer y definir las bases y límites de aplicación y uso de variables, parámetros y criterios de interpretación, en el ámbito de las telecomunicaciones.

Antecedentes

ENTEL es el principal operador de telecomunicaciones de larga distancia en Bolivia. Fue creada como una empresa estatal (*Empresa Nacional de Telecomunicaciones*). El año 1996, como resultado de la globalización, se privatiza y pasa a formar parte de la Empresa Telecom Italia (ETI). El 1ro de mayo de 2008, ENTEL se nacionaliza por Decreto Supremo N°29544. El Estado Boliviano es ahora el titular del 97% de las acciones y tiene a su cargo la administración y desarrollo de la empresa.²⁵

Los servicios de telecomunicaciones que brinda ENTEL son variados, de los cuales uno de los más importantes es el de *llamadas de larga distancia internacional*. Después de la exclusividad de ENTEL, en el año 2001 el mercado se abre a un ambiente de libre competencia. Ingresaron nuevas empresas a prestar el servicio de larga distancia: *AXES, COTAS, BOLIVIATEL, NUEVATEL, TELECEL, COTEL, UNETE e ITS*, quitándole hoy por hoy a la empresa de telecomunicaciones ENTEL cuotas del mercado.

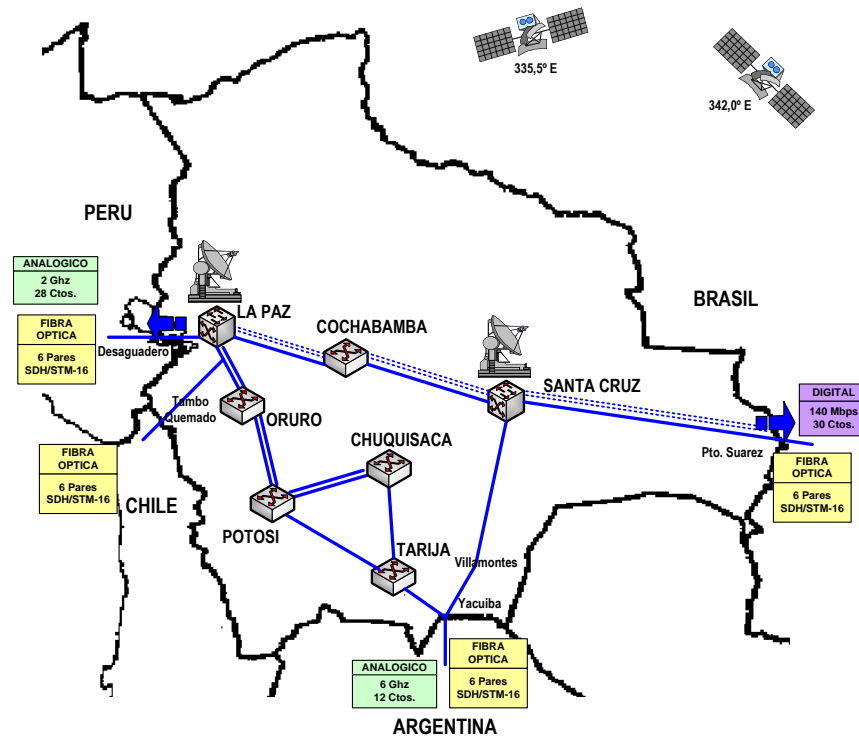
²⁵ www.entel.bo

Red de telecomunicaciones de ENTEL

La red de telecomunicaciones de *ENTEL* tiene una estructura compleja, ya que abarca redes de *Larga Distancia Nacional e Internacional* y *Redes Locales*, utilizando distintos medios físicos de transmisión como son: Fibra óptica (Redes de Larga Distancia Nacional e Internacional), Redes Locales en ciudades importantes), Satélite, Enlaces Terrestres de Microondas, Red Híbrida Fibra Coaxial (HFC) y Redes de Cobre.

Los servicios que ofrece la empresa *ENTEL*, prácticamente cubren todos los existentes en telecomunicaciones como son voz, datos, telefonía móvil, *Internacional Private Line (IPL)*, RDSI *Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)*, Videoconferencia, Servicios de Banda Ancha, Internet, Telefonía Pública, Servicios Prepago, etc.²⁶ La figura 6 muestra la red internacional de telecomunicaciones de *ENTEL*.

Figura 6: Red Internacional de Comunicaciones de ENTEL



Fuente: CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de tráfico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003. pp. 23.

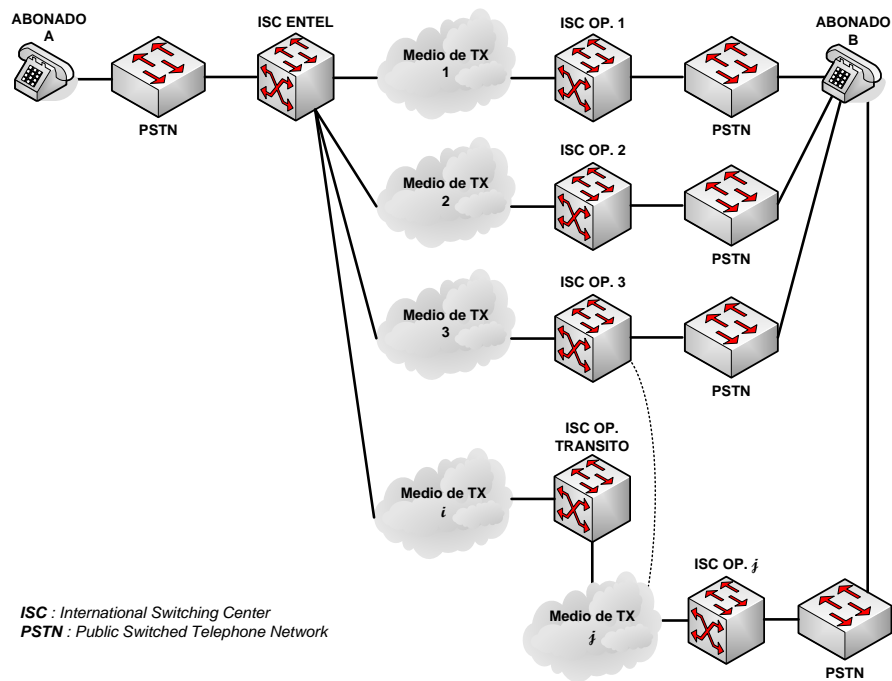
²⁶ CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de tráfico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003.

Procesos de conectividad del servicio de Larga Distancia Internacional

Las llamadas internacionales son conectadas a través de *rutas* que tienen asociadas un numero determinado de *troncales* y *circuitos*. Los enlaces de la comunicación entre el abonado origen y destino se realizan a través de rutas directas o rutas alternativas a través de diferentes operadores. En la figura 7 se muestra los procesos de conectividad posibles del servicio de *LDI* de *ENTEL*.

Cada *interconexión* con los *operadores internacionales* tiene asociado un determinado medio físico de Transmisión, en algunos casos más de uno. Del mismo modo, cada *interconexión* puede tener más de una ruta, incluso sobre el mismo medio físico de transmisión. Las rutas asociadas a los operadores internacionales de interconexión directa, se muestran en la tabla 3. Por otra parte, también brinda servicios de operador de transito, es decir, puede encaminar trafico originado en otro operador y entregarlo a un tercero.²⁷

Figura 7: Procesos de Enrutamiento de las Llamadas Internacionales



Fuente: CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de trafico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003. pp. 38.

²⁷ CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de trafico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003.

Tabla 3: Rutas Internacionales de Interconexión Directa

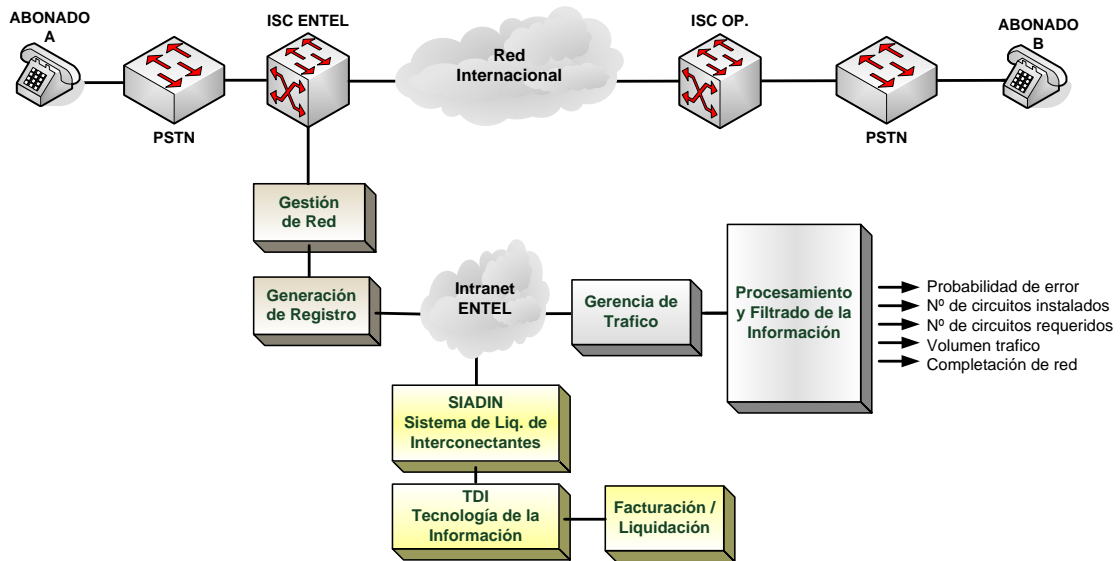
<i>No</i>	<i>ISC</i>	<i>RUTA</i>	<i>OPERADOR INTERNACIONAL</i>
1	LPZ	PAR1	Antelco. Paraguay 1
2	LPZ	BING1	British Telecom. Inglaterra 1
3	LPZ	PAN1	Cable And Wireless. Panamá 1
4	LPZ	VEN1	Cantv. Venezuela 1
5	SCZ	ALM1	Deutsche Telecom. Alemania 1
6	LPZ	RIO1	Embratel. Rio de Janeiro 1
7	LPZ	SAO1	Embratel. Brasil S7
8	LPZ	CHL8	Entel Chile. Chile 1
9	LPZ	CHL7	Entel Chile. Chile 2
10	LPZ	CUB1	Etecsa. Cuba 1
11	LPZ	FRN7	France Telecom. Francia 2
12	LPZ	KDD1	Japón Kdd. Japón Kdd 1
13	LPZ	COR1	Korea Telecom. Corea 1
14	LPZ	COL7	Telecom Colombia. Colombia 1
15	LPZ	AR27	Telecom International de Argentina. Argentina 6
16	LPZ	MEX7	Telmex. México 3
17	LPZ	MEX8	Telmex. México 4
18	LPZ	ITL8	Telecom Italia. Italia 1
19	SCZ	SPN7	Telefónica de España. España 1
20	LPZ	PER7	Telefónica del Perú. Perú 1
21	LPZ	PER8	Telefónica del Perú. Perú 2
22	LPZ	CND7	Teleglobe Inc. Canadá 1
23	SCZ	ATT1	Usa Att. Usa Att. 1
24	SCZ	ATT7	Usa Att. Usa Att. 2
25	LPZ	SPR7	Usa Sprint. Usa Sprint. 1
26	LPZ	SPR8	Usa Sprint. Usa Sprint. 2
27	LPZ	MCI8	Usa Mci. Usa Mci

Fuente: CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de tráfico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003. pp. 27.

Recolección de datos de las centrales de conmutación internacionales

En general los datos de las variables de interés se obtienen a través de la *red Intranet* de ENTEL, como se ilustra en la figura 8 y básicamente provienen de los registros almacenados en las *centrales de conmutación*, luego se procesan, obteniendo los parámetros de eficiencia.

Figura 8: Recolección de catos de las Centrales Internacionales



Fuente: CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de trafico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003. pp. 45.

Fuentes de información estadística

Las fuentes de información que se generan después de cada intento de conectividad internacional se registran en las *centrales de conmutación Locales e Internacionales*, y en este acápite esta orientado a definir y describir las fuentes de información que se utilizaran para el proceso o fase de medición de la metodología *Seis Sigma*. La mayor parte de las variables provienen de los registros administrativos, de las centrales de conmutación y de los inventarios de Red. Se pueden puntualizar:²⁸

- *Registros TGRP²⁹ (Tracking Group)*, a partir de los datos generados por la central y agrupados en contadores.
- *Registros CDR³⁰ (Call Data Register)* asociados a cada llamada generados por las centrales de conmutación.
- *Reportes sobre calidad* de completación de llamadas enviadas por los corresponsales Internacionales.
- *Inventario de circuitos* obtenidos a través de los reportes de red.

²⁸ CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de trafico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003.

²⁹ TGRP: Son archivos que contienen información del tráfico y calidad de servicio de las Centrales de Transito Internacional.

³⁰ CDR: Son registros asociados a cada llamada, por ejemplo hora de llamada, origen de la llamada, tiempo de conversación, etc.

Registros Tgrp (Tracking Group)

Son archivos que contienen los *contadores estadísticos de tráfico y calidad de servicio* para grupos de troncales, de las centrales de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. La adquisición de los mismos se efectúa a través de la aplicación *File Transfer, Access and Management (FTAM)*. Luego del procesamiento posterior de los archivos *TGRP* y aprovechando la tecnología *INTERNET*, el área de *“Estadística & Integrity Billing” (E&B)*, distribuye los reportes y aplicaciones a través de un sitio *Intranet*. Los registros *TGRP* permiten agrupar las llamadas por:

- *Congestión Distante*, la red internacional distante se encuentra congestionada, ya sea en el sector internacional, nacional o local.
- *Congestión Interna*, la central nacional de larga distancia se encuentra congestionada.
- *Falla Técnica Distante (FTD)*, la red distante internacional, nacional o local no logra completar exitosamente una llamada a causa de fallas técnicas.
- *Falla Técnica Interna FTI*, la central nacional de larga distancia y/o sus interfaces al sistema de transmisión encuentran falla técnica.
- *Falla de Señalización F.S.*, la ruta de señalización ha fallado o el mensaje de señalización se ha perdido.
- El abonado destino no contesta la llamada (NO CON)
- El abonado destino se encuentra ocupado (B OCUP)
- El numero discado no se encuentra dentro de los rangos validos de la red distante (NO ASIG)
- El abonado ha discado una llamada de larga distancia en forma incompleta (SEL INC)

Registros CDR Asociados a cada Llamada

El procesamiento de los registros *CDR* asociados a cada llamada, implica el registro y análisis de un voluminoso conjunto de datos, también conocidos como registros *AMA (Automatic Message Accounting)*. Estos registros tienen diferentes campos que son extraídos y procesados en función de las áreas de interés. Los más importantes:

- *Valor de Cargo (Charge Status)*: Es un campo que permite asociar a cada llamada un “valor de cargo“. Esta bandera puede ser 0, 1, 2 solo las llamadas con valor 1 son facturables, el resto de los valores de cargo, corresponden a llamadas de prueba contestadas por sistemas “Interactive Voice Response” *IVR* o de otro tipo que no deben ser facturadas.
- *Numero de registro*: Cada llamada tiene una etiqueta (ticket) asociada con un número determinado que permite identificarla y establecer relaciones en su secuencia.

- *Hora de llamada*
- *Duración de llamada*
- *Tiempo de conversación*
- *Troncal de origen*
- *Troncal de destino*
- *Numero de abonado A*
- *Numero de Abonado B*
- *Valor de Causa (Cause Value):* Este concepto de valor tiene más de 100 mensajes y es importante ya que de su interpretación o combinaciones se puede establecer las causas de completación o no completación de llamadas. Existen determinados valores de causa como 16 o 31 que indican llamadas terminadas normalmente, mientras que otros indican las causas específicas de la no completación de llamada.

Existen muchos otros campos, cuya descripción esta fuera del alcance de este trabajo. Del procesamiento de estos registros, es posible obtener por ejemplo, el volumen de trafico, ocupación de red, minutos de conversación, tomas exitosas, tomas no exitosas, causas de no completación, etc.

Reportes recibidos de corresponsables internacionales

Como parte del trabajo de coordinación y en procura de mejorar la calidad de servicio y el grado de completación de llamadas, se ha establecido una relación con personal afín de los operadores internacionales, con los cuales existe un compromiso de intercambio de información. Este intercambio de información incluye reportes agrupados de causas de falla, completación comercial de llamadas ASR y en algunos casos muestreos específicos en periodos de tiempo de los registros completos AMA, de tal modo de que pueda estudiarse y validarse la correcta interpretación de mensajes intercambiados por las centrales de conmutación (*normalmente producidas por discrepancias de tráfico declarado y liquidado*). Estos mensajes cuando se reciben son muy valiosos ya que ayudan a establecer el otro punto de vista es decir “*el corresponsal*” y las causas de falla en la red propia o de terminación, que normalmente no son tan evidentes para el operador de origen. Actualmente existe un intercambio de estos reportes con los operadores (*carriers*) con mayor volumen de tráfico.³¹

³¹ CAMPERO Bustillos, José. “*Enrutamiento eficiente de trafico telefónico*” Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003.

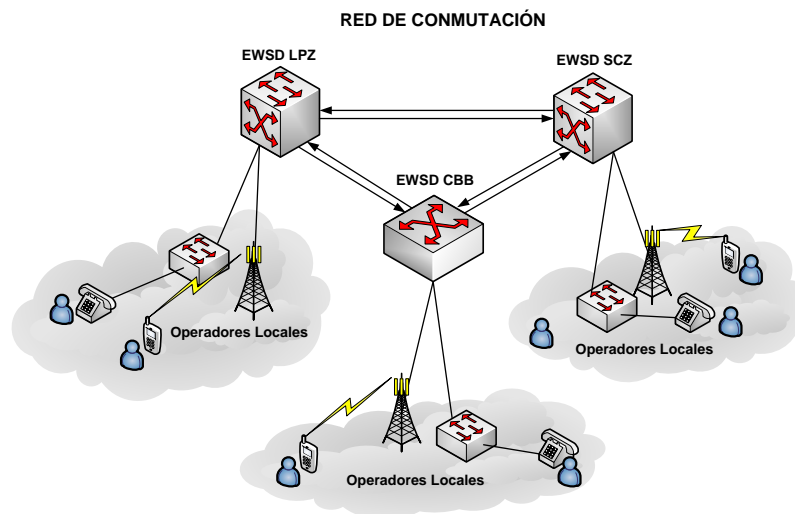
Datos de la Red

Las características técnicas asociadas a una ruta determinada, están registradas en el “*Inventario de Red*” y los datos son obtenidos ya sea por relación directa con los responsables de cada área o por publicaciones en la intranet de ENTEL y es posible obtener: *Numero de circuitos asociados a cada ruta, Grupo troncal de entrada y salida, Designador de circuito, Medio físico de transmisión, Mecanismos de transporte Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH), Synchronous Digital Hierarchy (SDH), Asynchronous Transfer Mode (ATM), etc.*

Red Nacional de Conmutación

La principal fuente de datos y el sistema donde deben realimentarse los datos a través de acciones específicas es la red nacional de conmutación. La red de larga distancia de ENTEL esta conformada por tres centrales de conmutación, dos centrales de transito internacionales en La Paz (LPZ) y Santa Cruz (SCZ) y una central de Transito Nacional en Cochabamba (CBB). Los operadores locales (cooperativas telefónicas, operadores de telefonía móvil y centrales locales de ENTEL), enrutan el tráfico de Larga Distancia Nacional e Internacional a través de la dorsal (*Backbone*) como se muestra en la figura 9. Cualquier llamada internacional generada por un usuario que escoja a ENTEL como operador, marcando el prefijo 10, desde cualquier punto del país y cualquier red (fija, móvil, rural, publica, etc.), utilizara esta dorsal (*Backbone*) para encaminar su llamada hacia el abonado destino.

Figura 9: Red de conmutación de trafico Internacional de ENTEL

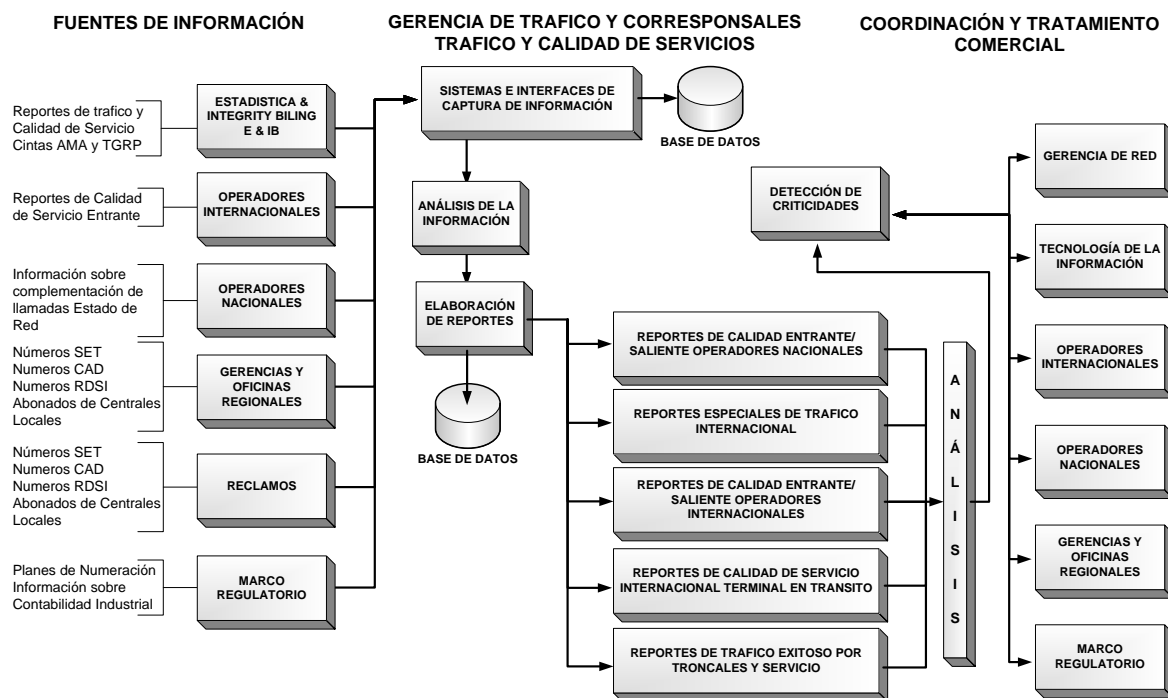


Fuente: CAMPERO Bustillos, José. “*Enrutamiento eficiente de trafico telefónico*” Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003. pp. 31.

Flujo de información estadística

Una vez que la red ha cumplido su función de interconexión, las llamadas quedan registradas en archivos CDR y AMA, que luego son posprocesados para liquidación, facturación y otros fines. El flujo de información estadística es bastante complejo y particular para cada área de la empresa. La figura 10 muestra el flujo de la información estadística de interés de la gerencia involucrada con el tráfico telefónico internacional del operador ENTEL. En general, se pueden observar ciertas entradas o fuentes de información, que son recuperadas por diferentes medios y luego procesadas para analizar el tráfico, comportamiento de ruta, comportamiento del servicio, problemas y causas de falla que luego son realimentadas o coordinadas con los responsables corresponsables nacionales o internacionales con un ciclo constantemente repetitivo y en procura de mejorar la calidad del servicio e incrementar los beneficios económicos de la empresa.³²

Figura 10: Flujo de Información del Servicio de LDI



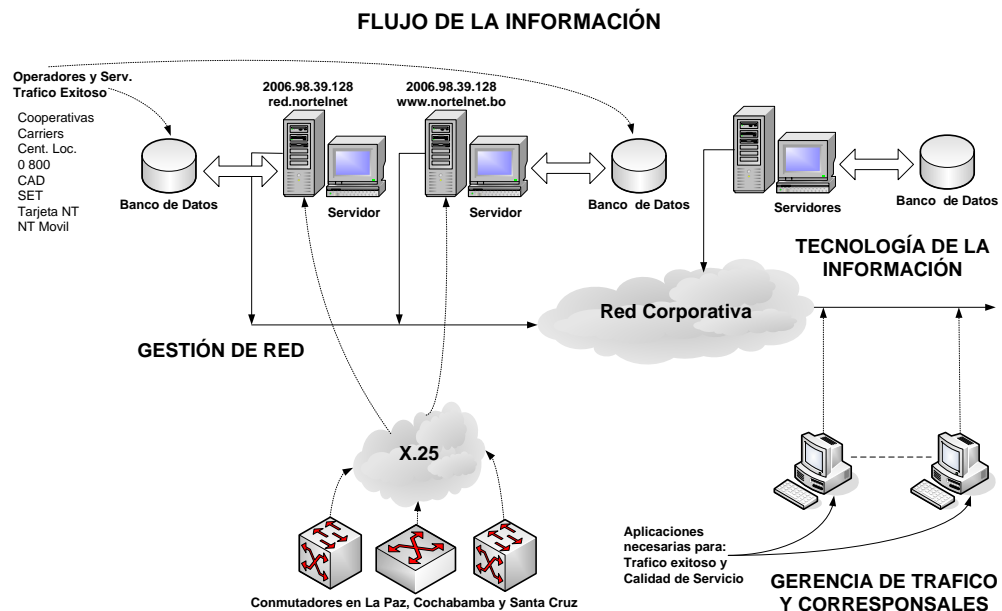
Fuente: CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de tráfico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003. pp. 33.

³² CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de tráfico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003.

Red de Información Corporativa

Tanto el modelo de información como la dorsal (*Backbone*), que genera los datos básicos a partir de las centrales, utilizan la red Corporativa de ENTEL para la difusión de los datos. La información esta estratificada en niveles de accesibilidad, dependiendo del tipo de trabajo personal. La mayoría de la información es accedida vía publicación WEB de la Intranet de ENTEL. La figura 11 muestra un esquema resumido de esta red y el mecanismo de acopio de información.³³

Figura 11



Fuente: CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de trafico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003. pp. 35.

13. LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN EL SERVICIO DE LDI DE ENTEL

El objetivo de aplicar *Seis Sigma* en el mundo de las telecomunicaciones es proveer a los Compañías un objetivo medible para justificar las inversiones en tecnología, por otro lado también sirve para establecer un lenguaje común entre los proyectos de telecomunicaciones y otros proyectos de patrocinadores dentro de la compañía. *Seis sigma* esta tomando mucha fuerza en el área de telecomunicaciones debido a que la calidad esta siendo tomada en cuenta por los directivos de las organizaciones.

³³ CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de trafico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003.

Muchas empresas de Telecomunicaciones pueden ver los beneficios de *Seis Sigma* para reducir el error, pero se debe esperar para observar los beneficios cuantificables. Es necesario que *Seis Sigma* sea un proyecto de *arriba abajo*. *Seis Sigma* es una herramienta de transformación directiva, y si los administradores de alto nivel no están interesados o no están dispuestos a patrocinar ellos mismos la estrategia, es seguro que la metodología falle.

En teoría, el área de los *Servicios de Telecomunicaciones* es un buen candidato para iniciar la aplicación de la cultura *Seis Sigma* dentro de la empresa. En esta sección enunciaremos la metodología *Seis Sigma*, aplicada de forma teórica y general a un proceso en particular, al servicio de *Larga Distancia Internacional* de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones *ENTEL* enfocándonos en el *análisis de los datos* de la eficiencia de la ruta *ENTEL* con los *Estados Unidos*.

FASE DE DEFINICIÓN



El propósito es de Identificar el problema a resolver del servicio de LDI, estratificándolo tanto como sea posible, por ejemplo: reclamación de un cliente o abonado por falla en la conectividad, en la llamada internacional. En este momento ya se puede definir el problema y la oportunidad de mejora. En esta fase la primera de la *Metodología Seis Sigma*, se trata de detectar cual es el problema, definir las *CTQ'S (Críticas para la calidad)* con base en la voz del cliente (VOC), el impacto que tiene para la empresa la realización del el proyecto, las metas que se pretenden lograr, el alcance y los ahorros financieros.

Determinar las CTQ's del proyecto:

Para determinar los *Critical to Quality en inglés CTQ's*, en el servicio de LDI se tiene que conocer la voz del cliente interno o externo (VOC), o sea *¿qué es lo que espera nuestro cliente acerca del servicio de LDI que le proporcionamos?* Mediante la voz del cliente podemos saber cual es el grado de satisfacción que éste tiene. Por ejemplo las *CTQ's* que afectan a la eficiencia de las comunicaciones internacionales, son:

- País de destino
- Operador de tránsito (*si se aplica*)
- Origen de llamada (*normalmente las cargas son variables en función del uso de redes públicas nacionales e internacionales, operadores móviles, regiones geográficas, áreas metropolitanas, rurales, etc.*)
- Destino de llamada (*con los mismos criterios de origen*)
- Hora de llamada (*los operadores suelen tener tarifas diferenciadas en función de franjas horarias*)
- Volumen de tráfico
- Tipo de servicio (*“Home Country Direct”, “International Toll free Service”, etc.*)

Estos costos son diferenciados en base al número de encaminamiento que define perfectamente el tipo de servicio. En una fase posterior se realiza una conciliación de cuentas con el operador de destino de modo que considerando el tráfico entrante y saliente se definan los saldos a favor de uno u otro operador.

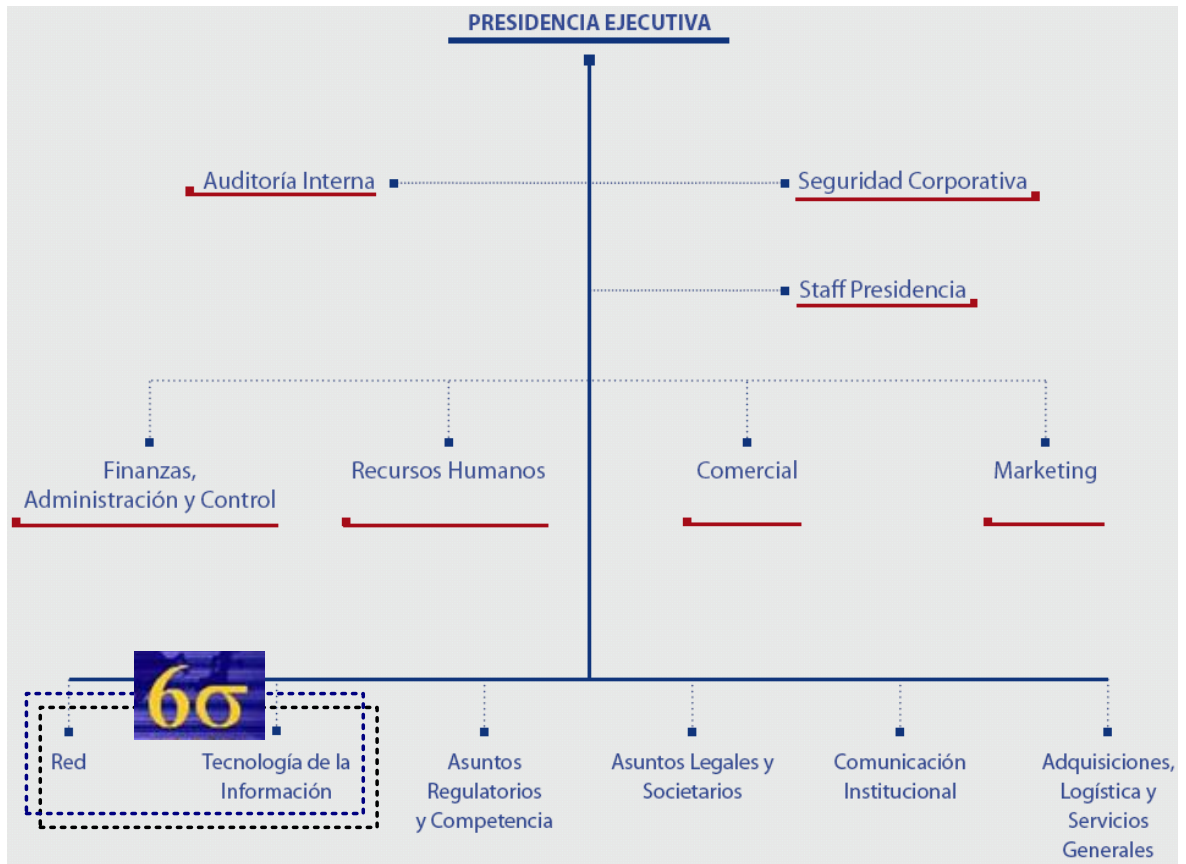
Objetivo del proyecto Seis Sigma en el servicio de LDI:

Incrementar la eficiencia de los Circuitos Internacionales hacia Estados Unidos, hasta en un 6% más en un periodo de 9 meses.

Selección del equipo de trabajo:

- Seleccionar a las personas clave que intervienen o que están involucradas directamente y que reciben beneficios del proceso.
- Incluir nombre, posición roles y responsabilidades a desempeñar en el desarrollo del proyecto.
- Es necesario incluir además de los miembros del equipo, al *Champion* del proceso así como un *Black Belt* que apoye y asesore a los equipos de proyecto guiados por *Green Belts*.

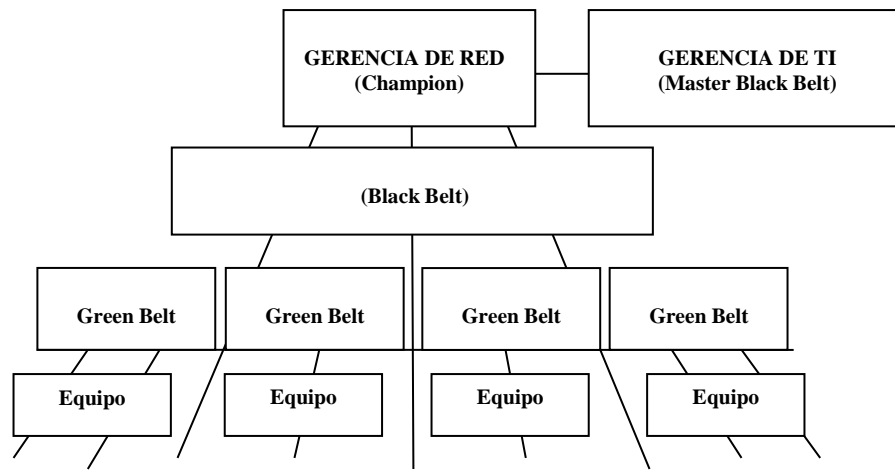
El proyecto *Seis Sigma*, se realizara en la *gerencia de Red y de Tecnología de la Información (TI)* de la empresa, además de identificarlo en la estructura organizacional es importante mencionar a los actores, con sus *funciones y responsabilidades claramente definidas*. Cada uno de ellos posee unas competencias y unos conocimientos que le permitan desarrollar su labor, de manera que se garantice el éxito final del proyecto.

Figura 12: Seis Sigma en la Estructura Organizativa – Red TI - ENTEL

Fuente: Elaboración propia- Seis Sigma en Red y Tecnología de la información.

Master Black Belt. Es un experto en la metodología, y posee *conocimientos avanzados de estadística*, así como experiencia en la implantación de los proyectos que utilizan *Seis Sigma*. Su principal misión consiste en supervisar, desde el punto de vista *técnico y metodológico*, el avance de los proyectos, así como orientar al responsable del proyecto en el caso de que se requiera un análisis más profundo de los datos, que superen su formación.

Sigma Champion. Este actor formará parte del personal directivo y es el *responsable último del proyecto*. La alta dirección le podrá encargar la tarea de resolver un problema, y entre sus obligaciones está la de elegir al *responsable técnico del proyecto*, que será la persona que deberá llevarlo a buen fin. Otra de sus funciones principales consiste en facilitar la formación de un grupo de trabajo, con personal de todas las áreas implicadas en el proceso a estudiar, el cual es imprescindible para que las mejoras que se obtengan sean consensuadas y adecuadas a la realidad.

Figura 13: Actores Seis Sigma – Red TI - LDI

Fuente: Elaboración propia- Seis Sigma en Red y Tecnología de la información.

Black Belt. Con este nombre se designa al responsable técnico, elegido por el *Sigma Champion*, que será el encargado de trabajar en el proyecto y obtener los resultados exigidos. Este actor, para obtener el certificado de *Black Belt*, tiene que recibir una formación teórico-práctica, distribuida a lo largo de cuatro meses, durante los cuales se alternarán las clases de metodología y estadística con la realización de un proyecto real de mejora. Este proyecto suele ser bastante complejo, y en él se estudian aquellos procesos transversales que implican a varias áreas de la organización.

Green Belt. Su función es similar a la de un *Black Belt*, es decir, es el responsable técnico de un proyecto de mejora. La principal diferencia entre ellos es que el *Green Belt* lidera los proyectos más pequeños, generalmente los que se circunscriben a un área organizativa. Su formación, aunque más reducida en cuanto al número de horas lectivas, también es teórico-práctica, distribuida en cuatro meses y acompañada de un proyecto real.

Recomendaciones:

- Todos los miembros del equipo deben reconocer que la meta que persiguen como tal es importante para ellos y para la empresa.
- Los miembros deben ser asignados a un grupo de acuerdo con sus habilidades y potencial.
- Desarrollar un código de conducta, y reglas para que éste se cumpla.
- Proporcionar retroalimentación y reconocimiento en forma oportuna.

- La estructura de comunicación debe asegurar el flujo de información requerido para la toma de decisiones.
- Asignar recursos y financiamiento para realizar los planes de mejora.
- Orientación y supervisión de los equipos para que tengan un mejor desempeño.

Es importante identificar en que casos se debe seguir la metodología Seis Sigma y en que casos es mejor utilizar alguna otra de resultados más rápidos o para solución de problemas crónicos como la de círculos de calidad. En realidad aunque se quisieran proponer soluciones a un problema después de estratificarlo, sería imposible llevarlo a cabo. Hasta aquí se mostraron los pasos para poder definir un proyecto de mejora, en el servicio de Larga Distancia internacional los cuales incluyen, el identificar al cliente, escuchar su voz (*voice of the customer VOC en inglés*), determinar la característica crítica para la calidad, describir el problema, su alcance, sus objetivos, formar el equipo de trabajo, así como identificar los posible beneficios económicos del proyecto una vez concluido éste. A continuación se presenta la fase de medición donde se colectan datos para establecer un diagnóstico de la situación actual del problema y sus posibles causas.

FASE DE MEDICIÓN



En todos los procesos existe variación, en esta fase el propósito es medir dicha variación, para saber si existen datos que se encuentren fuera de especificaciones, que estén causando problemas en nuestros procesos. Para realizar esta actividad es de suma importancia conocer: *¿que es lo que necesitamos medir?* y *¿como lo vamos a medir?* En esta fase se pueden utilizar muchas herramientas, de medición pero cabe mencionar que no necesariamente se utilizan todas las herramientas, lo importante es seleccionar cuidadosamente aquellas que nos proporcionen la información más objetiva y precisa.

Objetivos para la fase de medición del servicio de LDI:

- Conocer el uso de las herramientas de la fase de medición
- Determinar que mediciones son importantes para el proyecto
- Recolectar datos relevantes del tráfico hacia USA.

- Convertir los datos en números para conocer su comportamientos
- Detectar cual es la frecuencia con la que ocurren los defectos

Recolección de datos

La recolección de los datos se encuentra en *Anexos B*

FASE DE ANÁLISIS



En esta fase se efectuará el análisis de los datos del servicio de LDI hacia los EEUU obtenidos en la etapa de Medición, con el propósito de conocer las relaciones causales o causas raíz del problema. La información de este análisis nos proporcionará evidencias de las fuentes de variación y desempeño insatisfactorio, el cual es de gran utilidad para la mejora del proceso.

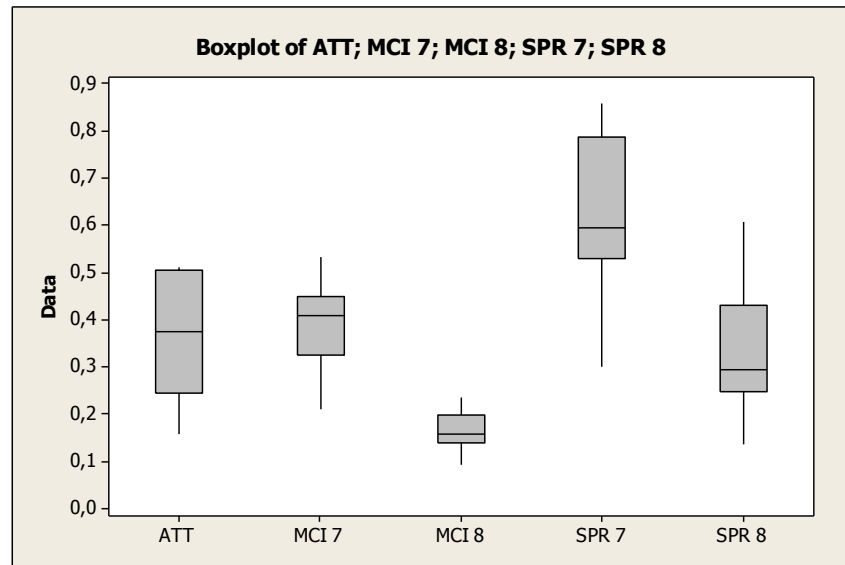
Los objetivos de esta fase son:

- Determinar el nivel de desempeño del servicio hacia los Estados Unidos
- Identificar cuales son las fuentes de variación. Por ejemplo mediante el análisis Multi-Vari podemos determinar las fuentes que presentan mayor variación, a través de la descomposición de los componentes de variabilidad del proceso.
- Una vez identificadas las causas potenciales por medio de una lluvia de ideas y un diagrama de causa efecto, se realiza un proceso de validación estadística de las mismas apoyándose en Análisis de regresión, Pruebas de Hipótesis y Análisis de varianza.

Análisis

Gráficas de Caja.- Una gráfica de caja es un diagrama que proporciona información sobre el centro, la dispersión y la asimetría o sesgo; utiliza cuartiles, y así, es resistente a las observaciones aberrantes. A continuación se detallan los *diagramas de caja* de los *circuitos internacionales* se muestran sesgadas a la izquierda y a la derecha de la caja como se muestra en la figura, la distribuciones son sesgadas.

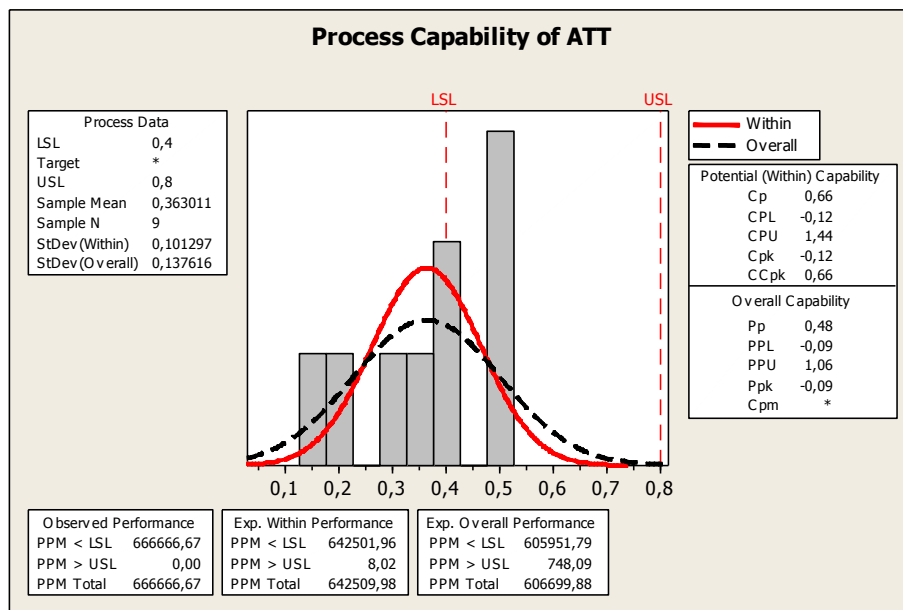
Figura 14: Graficas de Caja



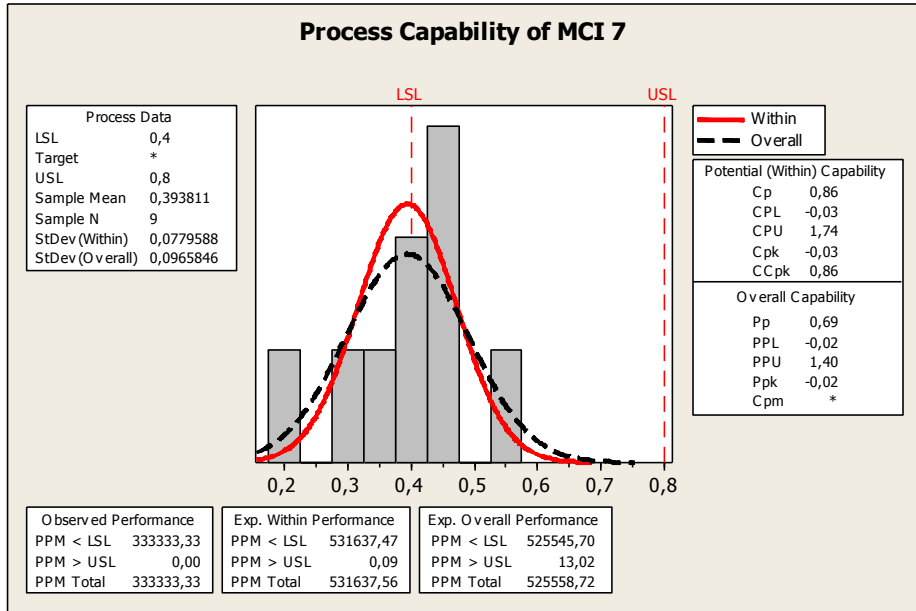
Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran las graficas de la distribución de la eficiencia de los circuitos internacionales de ENTEL hacia los Estados Unidos. Se puede verificar que los procesos no son capaces además de que no se encuentran en los rangos de eficiencia aceptables para una ruta según el método propuesto varían entre 0,4 y 0,8 ($0,4 < \text{eficiencia} < 0,8$), donde 0,4 indica una ruta poco aprovechada y 0,8 que representa una proximidad peligrosa de saturación.

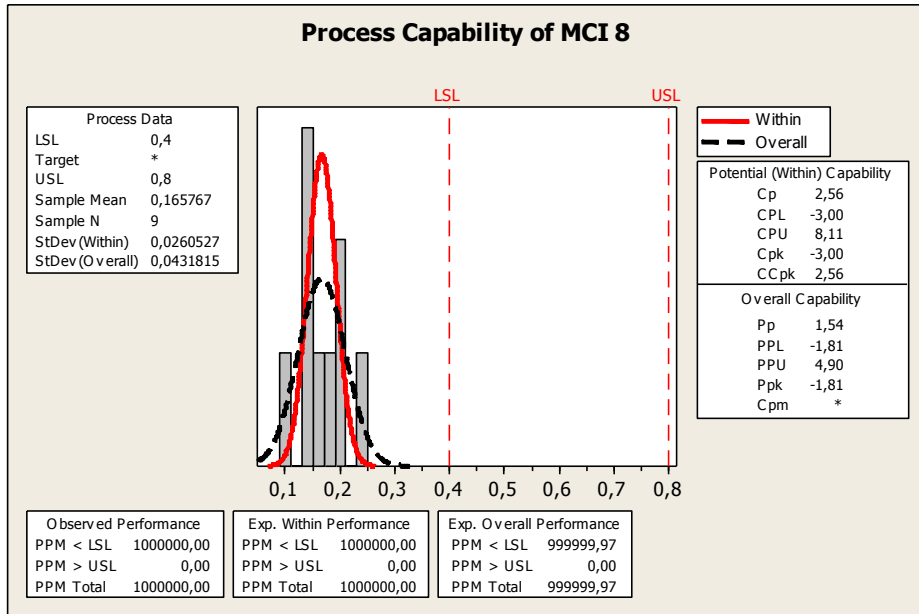
Figura 15: Capacidad de los Circuitos Internacionales



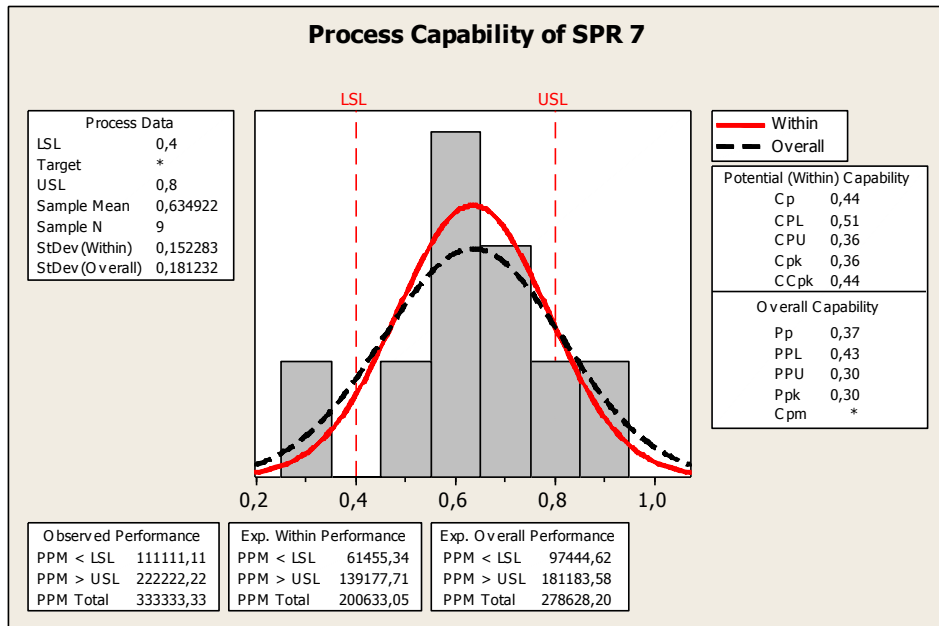
Fuente: Elaboración propia



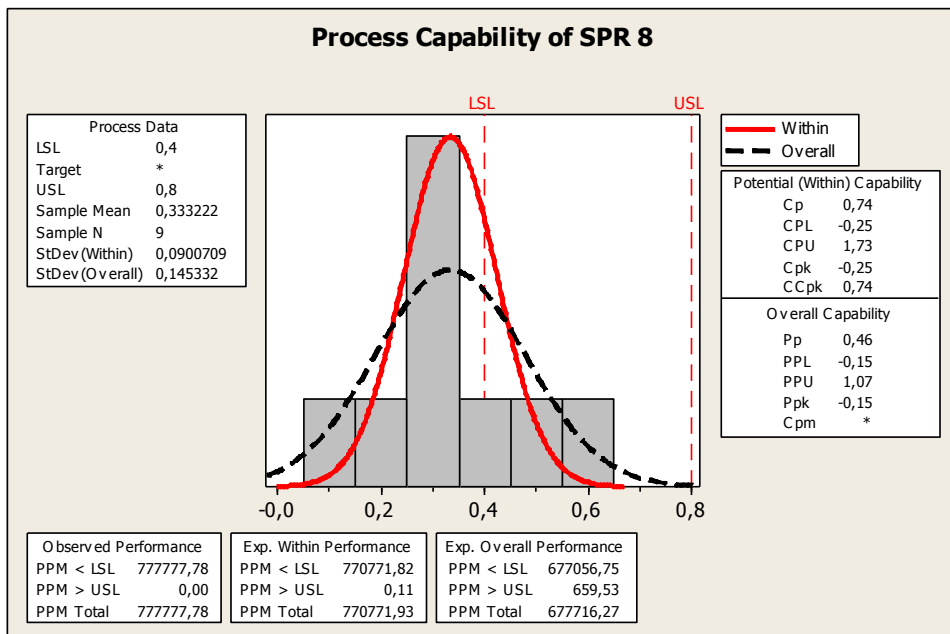
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Definir el objetivo de desempeño

En esta etapa se define la meta que perseguimos, es decir el nivel de sigma esperado. Una opción es realizar un Benchmarking, este es un mecanismo para identificar quien tiene el mejor desempeño, ya sea dentro o fuera de la organización y comparamos nuestros valores contra ese parámetro de referencia y determinar la “brecha” existente.

Identificar las fuentes de variación

Cuando un proceso esta fuera de las especificaciones, hay evidencia de que existe *variación*. Para comprobarlo usamos alguna de las herramientas de análisis, según sea el caso, por ejemplo, el análisis Multi-Vari es una herramienta estadística que nos permite determinar cuales fuentes presentan mayor variación, a través de la descomposición de los componentes de variabilidad del proceso. Una vez determinadas las causas de variación, nos enfocaremos en los “pocos vitales X” que están afectando la variable de respuesta “Y”. Esto se puede priorizar usando el “*diagrama de Pareto*”.

FASE DE MEJORA



En la fase de Análisis se identificaron las causas de variación. En esta fase se utilizará el diseño de experimentos (DOE), para seleccionar las causas que más afectan nuestro CTQ e investigar estas causas para conocer el comportamiento del proceso. El método de DOE consiste en realizar cambios en los niveles de operación de los factores (X's) para obtener los mejores resultados en la respuesta "Y". Esta información es de gran ayuda para la optimización y mejora de procesos.

Objetivos:

- Conocer el uso de las herramientas de mejora.
- Hacer el diseño de experimentos para la optimización de procesos.
- Obtener las mejoras del proceso en el proyecto.

Acciones realizadas para mejorar la gestión de la eficiencia

Una acción inmediata que se plantearía a la gerencia de coordinación y calidad técnica de *ENTEL*, a los operadores de interconexión directa con los Estados Unidos es contar con un plan de trabajo específico que permita *mejorar la completación de llamadas en la ruta*. Este plan contiene las siguientes acciones:

- Diagnostico de enrutamiento por operadores y troncales
- Identificación de los puntos de contacto de coordinación técnica de los operadores de interconexión directa
- Intercambio de parámetros de calidad y eficiencia de la ruta con una frecuencia mensual
- Revisión de los enlaces de señalización y realización de pruebas de interpretación de mensajes de señalización entre centrales
- Identificación de rangos de numeración que producen baja completación
- Identificación y cuantificación de causas solucionables de baja completación; Falla Técnica Interna, Falla Técnica Distante, congestión interna, congestión distante, falla de señalización y numero inexistente.
- Acciones específicas y seguimiento.
- Sobre la base de estos criterios se establecerá un cronograma de tareas y coordinación con los operadores internacionales, aplicable mensualmente como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4: Acciones tomadas para de la eficiencia de la ruta

SEMANA	ACCIONES
<i>Primera</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recolección de datos relacionados al mes anterior
<i>Segunda</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Procesamiento y envió de la información a los contactos del área técnica de los operadores internacionales: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Calidad de Servicio ▪ Causas de No completación ▪ Plan de numeración o actualización de cambios en el plan (si se aplica) ▪ Identificación de problemas específicos en la ruta
<i>Tercera</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de la información recibida por el corresponsal
<i>Cuarta</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realimentación de los resultados del análisis de la información recibida de los operadores internacionales. ▪ Posibles medidas correctivas ▪ Realización de reportes mas detallados (si se aplica)

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación de un reporte histórico almacenado en una base de datos ▪ Análisis de la información de realimentación recibida de los corresponsales ▪ Inicio de un nuevo ciclo
--	---

Fuente: Elaboración propia

Con la mayoría de los operadores se formaría un grupo de trabajo bilateral para llevar adelante tareas específicas que gestionen un enrutamiento eficiente y el máximo de completación. Una buena parte de los problemas asociados a la baja completación, descontando el comportamiento de los usuarios, se debe a la red pública de destino (descontando la red internacional).

FASE DE CONTROLAR



Una vez implementadas las mejoras en el *servicio de Larga Distancia Internacional*, el último paso es asegurar que las implementaciones se mantengan y estén siendo actualizadas a través del tiempo. Los proyectos *Six-Sigma* se van actualizando constantemente. En la siguiente figura ³⁴ se observa que la técnica es *cíclica*, también se puede regresar de una fase a otra, en caso de no haber obtenido la información necesaria, pero lo que no está permitido es saltar fases.

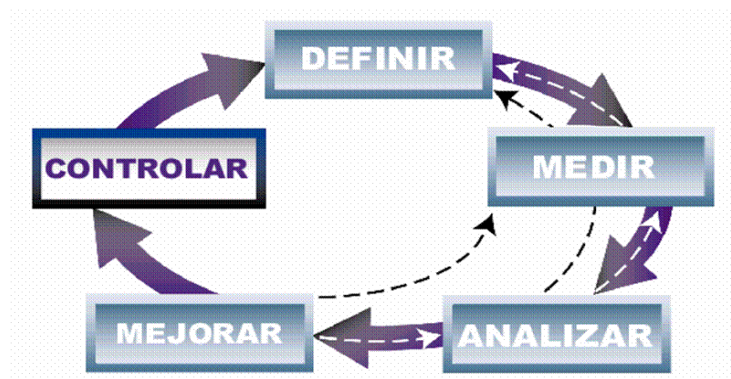


Figura 16: Seis Sigma es una Técnica Cíclica

³⁴ Salinas, Emilio, *Diseño de Experimentos, Apuntes Seis Sigma*, p 34, México, Tlamatini-UIA, 2006.

Para que los objetivos de calidad y mejora del nivel de sigma es necesaria la fase de control cumpliendo con los siguientes objetivos:

- Uso de las herramientas de control.
- Verificar que las implementaciones se sigan y estén bajo control.
- Identificar las actividades o procesos que están fuera de control para corregirlos inmediatamente.
- Las mejoras se implementan consistentemente para tener control.

Las herramientas a utilizar se muestran en la tabla 5:

Tabla 5: Herramientas de la Fase de Control

<i>Herramienta</i>	<i>¿Para que es utilizada?</i>
<i>Precontrol</i>	Técnica usada para detectar fallas en el proceso, que resultarán en producción de piezas fuera de especificación. Se usa para determinar los valores de las variables del proceso durante el período de arranque de la producción.
<i>Cartas de Control</i>	Es una herramienta muy importante para analizar la variación en la mayoría de los procesos. Enfocan la atención hacia las causas especiales de variación y reflejan la magnitud de la variación debido a las causas comunes.
<i>Poka-Yoke</i>	Sistemas utilizados a prueba de errores.

Fuente: Elaboración propia

Etapas de la fase de control

Las etapas de esta fase son las siguientes:

Validar el sistema de medición.

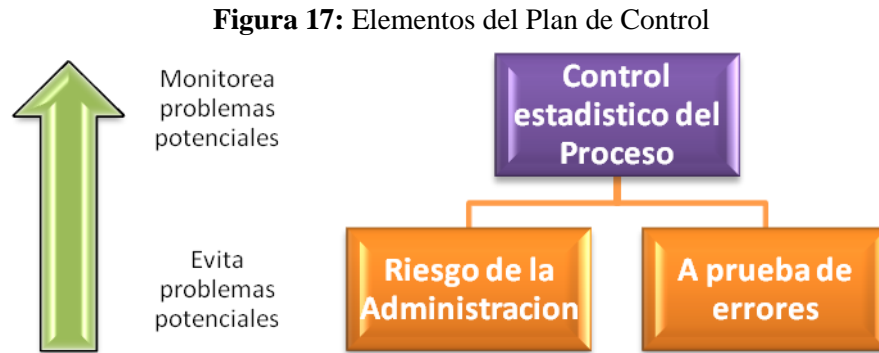
La Fase de Medición se validó el sistema de medición para la Y, aquí se utiliza la misma técnica, pero para validar a las X's del proceso.

Determinar la capacidad del proceso.

Ya implantadas las mejoras se vuelve a calcular el nivel de sigma del proceso, para saber en que nivel nos encontramos actualmente.

Implementar el sistema de control.

Los procesos tienden a degradarse con el tiempo, por lo que es muy importante *el implementar un plan de control para cada X's*, para esto es necesario tener procesos y procedimientos documentados y entrenar al personal que llevará a cabo esta actividad. En la figura, se observan los elementos para un adecuado plan de control:



Fuente: Elaboración propia

- **Riesgo de la administración:** Es similar a un FMEA³⁵, los cálculos son de la siguiente manera:
Puntuación del riesgo de la admón. = Impacto X probabilidad
Proporciona las siguientes ventajas:
 - Identificación del riesgo.
 - Cuantificación de los riesgos
 - Establece un plan de disminución de riesgos
 - Monitorear los progresos del plan
- **A prueba de errores**
Técnica que evita errores en el proceso, y hace que sea imposible que se cometan.
- **Control estadístico del proceso:** Monitoreo de características críticas mediante el uso de gráficas de control.
- **Un plan de control:** Plan para el control de características críticas.

³⁵ Brassard, Michael, *Six Sigma Memory Jogger II*, USA. Editorial Goal/QPC. 2002

14. CONCLUSIONES

Sin duda es importante mencionar que estamos viviendo un nuevo mundo en el aspecto de la *calidad; día a día el cliente exige una mejor atención, precio y calidad*. Claro está que la empresa que no empiece a dar este tipo de mentalidad a su personal se verá en la amarga situación de salir del mercado. ENTEL cuenta con un enorme potencial debido a que tiene masivos usuarios, esto sin duda es importante, pero es fácil perderlos, pues esta empresa tiene una competencia muy fuerte en el mercado nacional de *Servicio de Larga Distancia*. La metodología *Seis Sigma* aparece como una potente *estrategia para lograr importantes mejoras en los procesos de producción y de servicios*. Las características distintivas de desarrollar proyectos de mejora en plazos de corta duración y realizar la evaluación de sus resultados en términos económicos, aumentan la posibilidad de implementación en el ámbito de las organizaciones actuales. Estas estrategias, que atraen la atención de las empresas por las tangibles ventajas económicas que puede producir su implementación, están abriendo un camino interesante a la inserción de la *Estadística* dentro de un ámbito hasta ahora poco explorado en nuestro medio. *Seis Sigma* se ha erigido como la metodología de trabajo, y como la herramienta de mejora común con la que trabajar de forma conjunta hacia la optimización de los procesos y la eliminación de los defectos e ineficacias.

Como conclusión se puede afirmar que *Seis Sigma* es y ha demostrado su capacidad para optimizar los procesos, consiguiendo de manera simultánea un ahorro espectacular en los *costes de mala calidad* y un *aumento de la calidad percibida por el cliente*. Por ello, creo que se debe convertir en la herramienta corporativa de mejora de *ENTEL*, calando cada vez más hondo en la cultura interna y modificando los métodos tradicionales de trabajo, lo cual redundará en que *ENTEL* sea, un referente de la *calidad* dentro del mercado nacional y que pueda estar cada vez más cerca de lo que sería una empresa *Seis Sigma*.

15. RECOMENDACIONES

A continuación se proporcionan algunas recomendaciones para poder llevar a cabo la implementación de la *metodología de Seis Sigma en el Servicio de LDI*, para resolver y mejorar las variables analizadas en este estudio de investigación, que son necesarios para que la gerencia de *RED*, opere a la perfección.

- Se recomienda conocer perfectamente el proceso operativo del departamento de *RED* y las necesidades de los clientes internos y externos.

- Es recomendable que las quejas de los usuarios del servicio de larga distancia sean vistas como una oportunidad para crecer e incrementar el servicio en las áreas que necesitan mejorar.
- La Gerencia necesita crear un ambiente agradable de apoyo en el trabajo
- La comunicación de todos los que laboran en este departamento debe ser consistente y completa con la finalidad de la eficacia y eficiencia.
- La implementación de *Seis Sigma* debe ser vista como una *oportunidad* para cambiar la cultura de la empresa
- Los técnicos deben tener una participación activa en los cambios que se llevaran a cabo para que la implementación sea exitosa.
- Se recomienda conocer a la perfección las *herramientas* de *Seis Sigma* para poder utilizarlas adecuadamente en una situación específica.
- Aplicar la estrategia de implementación de “*mejora estratégica*” de la metodología de *Seis Sigma* debido principalmente a que el estudio solamente se aplica a una área funcional de ENTEL.
- Es recomendable utilizar el modelo *DMAIC* para aplicar la estrategia de mejora, puesto que este modelo pone de prioridad al cliente y utiliza el proceso de mejora continua y el de rediseño
- Se sugiere que para alcanzar resultados significativos de acuerdo a *Seis Sigma*, las prioridades del cliente necesitan estar alineadas con las técnicas y herramientas de la metodología
- Es indispensable que todo el personal tenga conocimiento acerca de la metodología de *Seis Sigma*, *sus beneficios*, *herramientas*, y *sus elementos* para una implementación exitosa.

Los requisitos que *Seis Sigma* propone para una *mejora continua en los procesos*, son puntos que pueden adaptarse perfectamente a las características de la gerencia de redes y de la empresa

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SLATER, Robert, *¡Mejorar o Ser Vencido!*, México, Editorial Diana, 2003
- CAMPANELLA, Jack, *Principios de los Costes de Calidad*, España. Editorial Díaz de Santos. 2002
- BRASSARD, Michael, *Six Sigma Memory Jogger II*, E. U. A. Editorial Goal/QPC. 2002
- ISHIKAWA, Kaoru, *¿Qué es el Control Total de la Calidad?*, México, Editorial Norma, 1985
- HARRY, Mikel, *Six Sigma Breakthpugh Management Strategy*, E. U. A, Editorial Currency. 2000
- PANDE, P, Neuman, R. y Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance*. USA. McGraw-Hill.
- BANUELAS, R y Anthony, J. (2002). *Factores críticos del éxito para la puesta en práctica acertada de seis proyectos de la sigma en organizaciones. El comportamiento de TQM* Vol. 14 (2)
- BREYFOGLE III, F.,CUPELLO, J. y MEADOWS, B. (2001). *A practical guide to Understanding, Assesing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*. USA. Wiley - Interscience.
- LÓPEZ, G. (2003). *Metodología Six Sigma: Calidad Industrial*. <http://www.mercadeo.com>, Febrero, 2003.
- PAND, P. y Holp, L. (2002). *¿Qué es Seis Sigma?* Madrid. McGraw-Hill.
- BARBA, E. Boix, F. y Cuatrecasas, L. (2000). *Seis Sigma: Una iniciativa de Calidad Total*. Barcelona. Gestión 2000.
- FORREST W. Breyfogle III, *Implementing Six Sigma*, USA John Wiley & Sons Inc., 2001
- JURAN, J. M. *Análisis y planeación de la calidad*. Mc. Graw Hill, 1995
- FORREST W. Breyfogle III. *Implementing Six Sigma*, U S A, Ed. John Wiley & Sons, Inc., 1999
- CAMPERO Bustillos, José. *“Enrutamiento eficiente de trafico telefónico”* Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003.

ANEXO I

ACRÓNIMO DE TÉRMINOS

AMA	: Registros CDR asociados a las llamadas que sirve para su facturación
ASQ	: American Society for Quality
ATT	: operador de telefonía de Estados Unidos
CBB	: Cochabamba
CEO	: Chief Executive Officer
CDR	: Call Data Resgiter (Registro de llamadas de la Central de Conmutación)
COD	: Congestion Distante
COI	: Congestion Interna
CTQ	: Critical To Quality
DFSS	: Design for Six Sigma
DMAIC	: Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DMAMC	: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar
DMADV	: Define, Measure, Analyze, Design, Verify
DMADV	: Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Verificar
DPMO	: Defectos por cada Millón de Oportunidades
EEUU	: Estados Unidos
EFQM	: European Foundation for Quality Management
ENTEL	: Empresa Nacional de Telecomunicaciones
ESEC	: Especialización Superior en Estrategias de Calidad
FTD	: Fala Técnica Distante
FTI	: Falla Técnica Interna
G.E.	: General Electric
INTRANET	: Red de Datos de ENTEL
ISC	: <i>International Switching Center</i> (Centro de Conmutación Internacional)
ISO	: International Organization for Standardization
LDI	: Larga Distancia Internacional
LPZ	: La Paz
PDH	: Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesiocrona)
PSTN	: Public Switched Telephone Network (Red Publica Conmutada)
SCZ	: Santa Cruz
S7	: Señalización N°7
SDH	: Synchronuos Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Síncrona)
SITTEL	: Superintendencia de Telecomunicaciones
SPRINT	: Operador de telefonía de Estados Unidos
UASB	: Universidad Andina Simón Bolívar

ANEXO B
TRAFICO SALIENTE INTERNACIONAL (INCLUYE TRANSITOS)
CAUSAS DE FALLA TECNICA INTERNA Y DISTANTE (EN PORCENTAJES)

PAIS	CORRESPONSAL	OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL	
		FTD %	FTI %	FTD %	FTI %	FTD %	FTI %	FTD %	FTI %	FTD %	FTI %	FTD %	FTI %	FTD %	FTI %
Alemania	Detsche Telecom	0.00	0.01	0.01	0.00	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.03	0.17	0.03
Argentina	Telecom Inter. De Argentina	0.67	0.12	0.74	0.05	0.43	0.07	0.44	0.01	0.83	0.01	0.53	0.00	0.53	0.00
	Telefonica de Argentina LTDA	1.70	0.27	1.00	0.04	1.01	0.09	3.62	0.04	1.33	0.08	0.88	0.06	0.88	0.06
Brasil	Embrate!	1.22	1.10	0.33	0.05	0.35	0.04	0.22	0.04	0.21	0.03	0.38	0.02	0.38	0.02
Canada	Teleglobe Inc.	1.27	0.53	0.90	0.28	1.45	0.24	0.91	0.12	0.50	0.14	1.32	0.21	1.32	0.21
Colombia	Telecom Colombia	1.35	0.01	2.88	0.02	1.25	0.10	1.18	0.02	0.66	0.07	0.43	0.01	0.43	0.01
Corea del Sud Republica	Korea Telecom	0.16	0.03	3.83	0.00	0.30	0.18	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuba	Etcসা	0.10	0.03	0.19	0.02	0.20	0.05	0.09	0.02	3.35	1.83	0.26	0.00	0.26	0.00
Chile	Ctc Mundo Chile	2.05	0.00	0.39	0.01	0.39	0.03	0.56	0.00	0.66	0.02	0.40	0.00	0.40	0.00
	Entel Chile	1.19	0.08	0.57	0.14	0.43	0.04	0.39	0.15	0.51	0.22	1.11	0.08	1.11	0.08
EEUU	Andrew Telecom	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Att	1.21	0.33	0.45	0.30	0.83	0.45	0.31	0.34	0.28	0.29	0.16	0.21	0.16	0.21
	Mci	0.30	0.04	0.11	0.01	1.58	0.02	0.16	0.01	0.18	0.03	0.62	0.01	0.62	0.01
	Sprint	0.24	0.33	0.25	0.26	0.38	0.24	0.23	0.15	1.50	0.06	1.38	0.05	1.38	0.05
España	Telefonica de España	0.92	0.78	0.47	0.74	0.34	0.66	0.45	0.67	0.53	0.89	0.38	0.69	0.38	0.69
Francia	France Telecom	0.54	0.02	1.16	0.04	0.40	0.04	0.16	0.03	0.40	0.02	0.17	0.03	0.17	0.03
Inglaterra	British Telecom	9.27	0.28	1.70	0.23	0.34	0.03	0.43	0.01	0.20	0.02	0.45	0.04	0.45	0.04
Italia	Telecom Italia	2.68	0.07	2.02	0.07	2.17	0.07	1.93	0.04	2.01	0.05	2.04	0.12	2.04	0.12
Japon	Japon KDD	0.25	0.04	0.03	0.00	0.03	0.07	0.90	0.04	0.19	0.02	0.17	0.04	0.17	0.04
Mexico	Telefonos Mexico S.A.	15.23	5.48	14.65	1.52	12.32	0.06	11.99	0.06	8.98	0.06	9.56	0.06	9.56	0.06
Panama	Cable and Wireless	0.30	0.05	0.07	0.00	0.10	0.02	0.14	0.00	0.03	0.02	0.04	0.00	0.04	0.00
Paraguay	Antelco	0.10	0.01	0.05	0.01	0.18	0.02	0.01	0.01	0.10	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02
Peru	Telefonica del Peru	0.56	0.01	0.40	0.01	0.39	0.02	0.37	0.01	0.46	0.01	0.35	0.00	0.35	0.00
Venezuela	Cantv	0.84	0.03	0.10	0.01	0.15	0.06	0.26	0.04	0.95	0.01	0.77	0.01	0.77	0.01

CAMPERO Bustillos, José. "Enrutamiento eficiente de trafico telefónico" Tesis (Magister en Ingeniería en Redes y Comunicación). La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, 2003.