

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN EL
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE UNA
RED DE TELEFONÍA CELULAR**

Mario Rolando Yan Sánchez

Asesorado por el Ing. Edgardo Loukota Castellanos

Guatemala, septiembre de 2007

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN EL
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE UNA
RED DE TELEFONÍA CELULAR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

MARIO ROLANDO YAN SÁNCHEZ

ASESORADO POR EL ING. EDGARDO LOUKOTA CASTELLANOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga.	Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga.	Alba Maritza Guerrero Spinola
VOCAL III	Ing.	Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br.	Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Ing.	Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRUBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

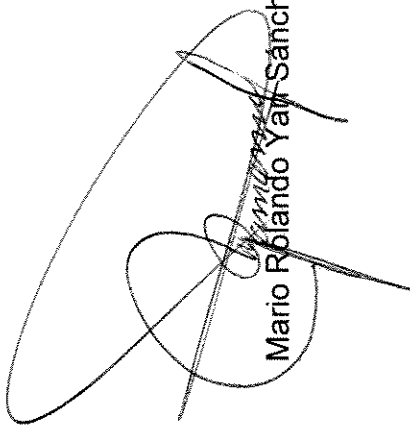
DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing.	Víctor Hugo García Roque
EXAMINADOR	Ing.	Pablo Fernando Hernández
EXAMINADOR	Ing.	Sergio Antonio Torres Méndez
SECRETARIO	Ing.	Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN EL
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE UNA
RED DE TELEFONÍA CELULAR,**

tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de 18 de octubre de 2006



Mario Rolando Yaj Sanchez

Guatemala, 21 de mayo de 2007

Ingeniero,
José Francisco Gómez Rivera
Director de la Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

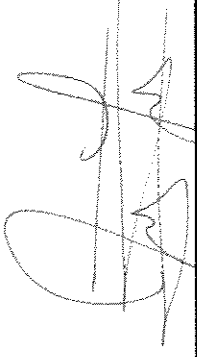
Ingeniero Gómez:

De manera atenta me dirijo a usted, con el propósito de hacer de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación titulado: **“UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGIA SEIS SIGMA EN EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE UNA RED DE TELEFONÍA CELULAR”**, elaborado por el estudiante universitario Mario Rolando Yan Sánchez, el cual considero cumple con los objetivos que dieron origen.

Por lo tanto me es grato aprobar ya que considero que dicho trabajo será de utilidad a las empresas que prestan el servicio de Telefonía Móvil Celular y en general a todos los usuarios del servicio celular en la república de Guatemala.

Agradeciendo la atención que se sirva prestar a la presente, me suscribo de usted

Atentamente,



Edgardo Loukota Castellanos
Ingeniero Electrónico
Colegiado Activo 5,007
Ingeniero Electrónico, Colegiado 5,007



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGIA SEIS SIGMA EN EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE UNA RED DE TELEFONIA CELULAR**, presentado por el estudiante universitario **Mario Rolando Yan Sánchez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


~~Ing. César Augusto Akú Castillo~~
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación

Escuela Mecánica Industrial

César Akú Castillo
INGENIERO INDUSTRIAL
CORREGIDO 4.073

Guatemala, julio de 2007

/mgp

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Fuente inagotable de vida y sabiduría, por permitirme disfrutarla para alcanzar esta meta.
Mis padres	Patricio de Jesús y Elia Rosario, por todos sus sabios consejos, amor, apoyo y confianza incondicional que siempre me han brindado.
Mi esposa e hijas	Bertha María, Hailyn Andrea y Gabriela Mariana, como una muestra del gran amor que les tengo, gracias por su paciencia y apoyo que me han brindado.
Mis abuelitos	Con mucho amor, cariño y respeto.
Mis hermanos	Luis, Manuel y Patty, por estar conmigo en todo momento apoyándome, gracias. A mis cuñados Mayra y Mynor. A mis suegros, tíos y primos por su cariño.
La tricentenaria USAC	En especial a la Facultad de Ingeniería por permitirme formar parte de esta familia.
Mis sobrinos	Bryan, Sofía, Saraí y Adaeli, quienes son una verdadera alegría para nuestra familia.
Mis amigos y compañeros de trabajo	Alejandro Sandoval, Edgardo Loukota, Leonel Morales, Giovanni Meléndez, Mario Eguizábal, Silvia Martínez, Eddi Chavaque, Estuardo Garza, Edwin Morales, Orlando Garcia, Luis Fernando Escobar, Hugo Fuentes, Rodolfo de León, Gustavo Yela, por su amistad y apoyo durante muchos años.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Información general de la telefonía móvil	1
1.1.1 Reseña histórica	1
1.1.2 Servicio que presta la telefonía móvil	2
1.1.3 Telefonía móvil terrestre	3
1.1.4 Descripción de la telefonía móvil	6
1.2 Información general del desempeño	10
1.2.1 Procesos de mantenimiento de la calidad de una red	10
1.2.1.1 Diseño y crecimiento de red de procesos de apoyo	12
1.2.1.2 Aplicación de los procesos en la organización	12
1.2.1.3 Secuencia e interacción de procesos	12
1.2.2 Desempeño de la red en los últimos 12 meses	21
1.3 Descripción del modelo seis sigma	22
1.3.1 Definición de seis sigma	22
1.3.2 Procedimiento de adopción del método seis sigma	25
1.3.2.1 Los siete cambios o metamorfosis	25
1.3.2.2 Estrategia seis sigma	28
1.3.2.3 Definir el problema	29

	1.3.2.4	Medir	29
	1.3.2.5	Analizar	29
	1.3.2.6	Mejorar	30
	1.3.2.7	Controlar	30
2.	DIAGRAMA DEL SISTEMA		33
2.1	Modelos administrativos		33
	2.1.1 Organización funcional		34
	2.1.2 Organización matricial		35
2.2	Diagrama del sistema		37
2.3	Diagrama del proceso		38
	2.3.1 Definición de diagrama de proceso		38
	2.3.2 Diagrama general de proceso mantenimiento correctivo actual		39
	2.3.3 Diagrama de proceso de optimización (RF)		42
	2.3.4 Diagrama de implementación de red		44
2.4	Requisitos del cliente		46
	2.4.1 Matriz de despliegue de funciones		48
2.5	Diagrama causa y efecto		50
	2.5.1 Descripción diagrama causa y efecto		50
	2.5.2 Diagrama causa y efecto de la disponibilidad del sistema		52
	2.5.3 Diagrama causa y efecto de la calidad de las llamadas		53
3.	DESARROLLO DEL PROYECTO		55
3.1	Evaluación de costos actual de la empresa		55
	3.1.1 Radio bases fuera de servicio		59
	3.1.2 Fallas de optimización en la red existente		59

3.2	Análisis costo-beneficio de la implementación del sistema seis sigma dentro de la empresa	61
3.3	Análisis de variables de entrada, condición inicial	63
3.4	Definición del modelo matemático de las variables del sistema	64
3.5	Determinación de oportunidades de mejora basados, <i>FMEA, Failure Mode and Effects analysis</i>	65
3.6	Prueba de hipótesis	67
3.7	Resumen propuestas de mejora al proceso	84
4.	PROPUESTA DE LOS NUEVOS PROCESOS DEL SISTEMA	85
4.1	Implementación de la red	87
4.2	Mantenimiento	88
4.2.1	Preventivo	88
4.2.2	Correctivo	91
4.3	Análisis de rentabilidad	92
5.	INDICADORES DEL PROCESO	97
5.1	Seguimiento estadístico de desempeño de la red	97
5.2	Fábrica visual	98
6.	IMPACTO AMBIENTAL	101
6.1	Clases de impacto ambiental	101
6.1.1	Impacto visual	103
6.1.2	Contaminación auditiva	105
6.1.3	Contaminación electromagnética	110
6.1.4	Impacto social	114
6.2	Estándares permitidos para los diferentes tipos de contaminación	114

6.2.1	Impacto visual	114
6.2.2	Niveles máximos permisibles de ruido	115
6.2.3	Exposición a la radiación electromagnética	115
6.3	Medidas a tomar para reducir el impacto ambiental	117
6.3.1	Medidas de reducción del impacto visual	117
6.3.2	Medidas de prevención y mitigación de ruidos	118
6.3.3	Recomendaciones para la prevención de la radiación electromagnética	119
6.4	Norma ISO 14000	120
CONCLUSIONES		125
RECOMENDACIONES		127
BIBLIOGRAFÍA		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Diagrama de la red <i>GSM</i>	7
2	Diagrama a bloques de la red de conmutación	8
3	Modelo de sistema de gestión de la dirección técnica basado en procesos	11
4	Estructura de documentación de la gestión de la calidad	14
5	Resultados históricos de niveles de calidad de la red	22
6	Organización funcional	34
7	Organigrama de matriz fuerte	36
8	Diagrama general orientado al cliente	38
9	Diagrama de mantenimiento correctivo	41
10	Proceso de optimización de radio frecuencia (RF)	43
11	Proceso de implementación de red	45
12	Matriz de despliegue de funciones	49
13	Diagrama causa-efecto de disponibilidad	52
14	Diagrama causa-efecto de calidad de llamadas	53
15	Tipo de fallo de llamada	55
16	Causas de llamada caída	56
17	Usuario de telefonía móvil	59
18	Celdas colindantes	60
19	Disponibilidad de grupo de radio bases por ingeniero	69
20	Cantidad de celdas por ingeniero responsable	70
21	Distancia de la radio base a su regional	71
22	Medición de tierras de las radio bases	72
23	Disponibilidad por radio base	73
24	Radio de cobertura vrs llamadas caídas	74

25	Radio de cobertura por radio base	75
26	Porcentaje de ocurrencia llamada caída repentina por morfología	78
27	Llamadas caídas vrs canal de control	81
28	Proceso de una llamada	86
29	Nuevo proceso de implementación de la red	87
30	Proceso de mantenimiento preventivo propuesto	90
31	Proceso de mantenimiento correctivo propuesto	91
32	Objetivo de porcentaje de fallas al final del proyecto	93
33	Mural dedicado a mostrar gráficas de desempeño	99
34	Gráficas de desempeño	100
35	Torres celulares instaladas en zonas urbanas	105
36	Radiaciones por teléfono celular	112
37	Exposición a la radiación electromagnética	113
38	Antenas y monopolos ecológicos	118
39	Modelo de gestión de impacto ambiental	122

TABLAS

I	Documentación del sistema de gestión de la calidad	16
II	Niveles de desempeño sigma	27
III	Encuesta para el cliente	47
IV	Análisis financiero y ahorro esperado a finales del proyecto	62
V	Matriz VSM, causas de la mala calidad	64
VI	Matriz FMEA, fallas potenciales y análisis de sus efectos	66
VII	Análisis económico del proyecto	94
VIII	Niveles de ruido permisible en la ciudad	108
IX	Niveles máximos de ruido permisible según uso del suelo	115
X	Límites máximos de campo y densidad de potencia	117

GLOSARIO

<i>Access Failure</i>	Nombre que se le da en inglés a las fallas de acceso, ya sea por bloqueo o por falta de disponibilidad.
Ancho de Banda	Es la anchura, medida en hercios, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal.
<i>BSC</i>	Del inglés <i>Base Station Controller</i> . Elemento de la red GSM cuya función es establecer el control de tráfico y lógico de las estaciones base o radio bases.
Canal	Medio físico o lógico por el cual se transmite información ya sea de datos o voz.
<i>CDMA</i>	Acceso con multiplexación por división de código. Tecnología de acceso digital que asigna códigos ortogonales a cada usuario que está accediendo al mismo ancho de banda.
Cobertura	Área geográfica donde se dan las condiciones para establecer una comunicación a través de la señal de una radio base.

dB (decibel)	Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.
<i>Drive Test</i>	Este término en inglés se refiere a recolección de datos que se intercambian entre las estaciones base y una terminal de usuario. Se instala el equipo de medición en un vehículo y se recorren calles del área que se han reportado problemas en la calidad de la señal.
<i>Downlink</i>	Su traducción al español es denominado enlace de bajada o enlace directo. Se refiere a la comunicación en un sistema celular o <i>PCS</i> que va desde la radio base hacia la estación móvil o terminal.
<i>EDACS</i>	<i>Enhanced Digital Access Communications System</i> . Es un sistema de radio troncalizada de acceso digital que posee canal de control el cual administra todas las comunicaciones que se cursan en el sistema.
<i>EDGE</i>	Tecnología de tercera generación que ya es capaz de transmitir video, datos, mensajes de multimedia con velocidades rápidas.
Emisor	Agente de origen dónde se emanan las señales celulares en el espacio radio-eléctrico.

- FDMA** *Del inglés Frequency Division Multiple Access.* Acceso múltiple por división de frecuencia. A cada usuario se le asigna un canal de 200KHz, para establecer una comunicación.
- GPRS** *General Packet Radio Service.* Es considerada la generación 2.5, entre la segunda generación (*GSM*) y la tercera (*UMTS*). Proporciona altas velocidades de transferencia de datos (especialmente útil para conectar a Internet) y se utiliza en las redes *GSM*.
- GSM** *Global System for Mobile Communication.* Sistema global para comunicaciones móviles. Tecnología móvil de origen europeo que utiliza el método de acceso *TDMA* en sistemas celulares y *PCS*.
- HLR** *Del inglés Home Location Register.* Registro de localización doméstico. Elemento de la red *GSM* el cual consiste en una base de datos que almacena la información relativa a los suscriptores propios de la red.
- ISO** *Del inglés International Standard Organization.* Organización Internacional de Estándares.
- Kbps** Acrónimo del kilo *bits* por segundo. Equivalente a miles de bits por segundo.

<i>Drop Call</i>	Término en inglés que se le da a la llamada caída. Comunicación ya establecida que es interrumpida sin que los usuarios deseen hacerlo.
<i>MSC</i>	Del inglés <i>Mobile Switching Center</i> . Central de conmutación. Es el lugar donde se efectúa la conmutación de circuitos para la conexión entre dos usuarios.
Ortogonal	Se refiere a las dimensiones independientes de una cantidad medida en un mapa, por ejemplo es posible localizar un punto por su longitud y su latitud. Esas dos mediciones son independientes y se necesitan a los dos para localizar el punto. Se dice que ellos son ortogonal. En el espacio tridimensional, las direcciones ortogonales se sitúan a 90 grados una de otra.
<i>Outage</i>	Denominado así al tiempo que permanece una radio base fuera de servicio ya sea por falta de energía, falta de transmisión o fallas de <i>hardware</i> o <i>software</i> .
Radio Base	Elemento de la red <i>GSM</i> encargado de establecer el enlace con las terminales móviles.
Receptor	Persona o personas que reciben la señal proveniente de las radio bases.
<i>STM-1</i>	Formato de transmisión de datos digital utilizado en la tecnología <i>SDM</i> , el cual se caracteriza por poseer un ancho de banda de 155 Mbps.

TCH	Del inglés <i>Traffic Channel</i> . Canal de tráfico. Véase Canal.
TDM	Multiplexación por división en el tiempo.
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i> . Acceso múltiple por división de tiempo, se usa las divisiones de <i>time slot</i> en los enlaces de comunicación.
Uplink	Su traducción al español se refiere a enlace de subida o enlace reverso. Se refiere a la comunicación en un sistema celular o <i>PCS</i> , el cual va desde la estación móvil o terminal hacia la radio base.
VLR	Del inglés <i>Visitor Location Register</i> . Elemento de la red <i>GSM</i> consiste en una base de datos que contiene la información relativa a las suscripciones de los usuarios visitantes en la red.

RESUMEN

Para recolectar la información necesaria de cómo se realizan los procesos actuales, dentro del manejo de la calidad de la red celular, disponibilidad de los sitios y atención de fallas, se realizaron entrevistas a varios ingenieros que atienden las diferentes regiones del país. El objetivo de la entrevista es conocer de dónde reciben la información de averías y los pasos que se realizan para llegar a resolver las fallas. La información anterior es necesaria para analizar los procedimientos actuales y descubrir en ellos oportunidades de mejora.

Otra parte muy importante es la percepción que tiene el usuario del servicio y lo que a su criterio tiene mayor prioridad. Para conocer lo anterior se realizó una encuesta que fue distribuida por correo electrónico y persona a persona. En ella el objetivo principal es conocer lo que el cliente considera, a su criterio, más relevante en el servicio móvil celular. De lo anterior se concluyó que lo que más valora el usuario es, la calidad del servicio, que la red esté siempre disponible, tener disponibilidad de realizar una llamada en cualquier momento que se desee sin que ésta sea rechazada por la red, y cuando ya está establecida una llamada que ésta no se caiga o interrumpa en forma anormal.

Para realizar el análisis de las principales causas que deterioran la calidad de la red, se utilizó la metodología Seis Sigma (6σ), cuya filosofía es la tendencia de reducir las fallas y los defectos a 0. Se realizó una lluvia de ideas para tener información de cuales podrían ser las causas que intervienen en la mala calidad y cuales de ellas tienen una correlación directa con las fallas, en la parte del análisis se elaboraron hipótesis para determinar si un factor está o no

está correlacionado con las fallas. Para encontrar la correlación entre causas y fallas nos apoyamos de la herramienta *software MiniTab*.

Conociendo los procesos actuales para la atención y corrección de fallas, y habiendo determinado en la etapa de análisis cuales son las causas de las fallas de la mala calidad, se procede a realizar las propuestas de mejora en los procesos actuales. Las propuestas de mejora incluyen cambios en los procesos de: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo e implementación de red, en este último va incluido el proceso de optimización RF de la red; además se encontraron las variables que contribuyen a la mala calidad y que por estar desglosados o individualizados, será más fácil su análisis y solución. Se introduce el nuevo concepto de fábrica visual que es una nueva herramienta para dar a conocer los avances de cómo se está llegando al objetivo planteado en este proyecto, o por el contrario, si se estuviese saliendo de los límites permisibles se pueda actuar en tiempo para su solución.

OBJETIVOS

GENERAL

Mejorar los procesos actuales, utilizando la metodología seis sigma como modelo científico, para que la empresa sea más eficiente prestando un servicio de calidad y por lo consiguiente aumente su rentabilidad.

ESPECÍFICOS

1. Mejorar los procesos actuales para la detección y corrección de fallas de una red celular, analizando y proponiendo nuevos procesos en las áreas de mantenimiento y otras que tengan relación con ella para agilizar su funcionalidad.
- 2 Reducir los costos por mala calidad, mejorando los procesos actuales.
- 3 Dar a conocer el funcionamiento de una red de telefonía celular, y lo importante que son los procesos para mejorar su funcionalidad.
- 4 Demostrar lo importante que es el uso de las herramientas de la calidad para mejorar el servicio al cliente y específicamente en una red de telefonía celular.
- 5 Que sirva de referencia a los futuros profesionales para adaptar las herramientas estadísticas de la calidad y mejorar el rendimiento de los procesos.

- 6 Que sirva de referencia para el mejoramiento de procesos y aumento de la calidad, y en consecuencia la rentabilidad en una empresa de servicios.

- 7 Indicar los marcos legales que rigen las instalaciones de radio bases, en lo que a impacto ambiental se refiere.

INTRODUCCIÓN

En el amplio mundo de las telecomunicaciones y su mercado creciente las empresas están compitiendo por captar día a día el mayor número de usuarios, para lograr este objetivo disminuyen precios y ofrecen mayores servicios, pero para poder ofrecer todo lo anterior también deben bajar los costos.

Una forma para lograr bajar los costos y mejorar el servicio que se le ofrece al cliente, es contar con procesos de calidad que se ajusten a lo que se quiere ofrecer. Para lograr este objetivo se adoptará la metodología seis sigma, porque pone primero al cliente y usa hechos y datos para impulsar mejores resultados. Los esfuerzos de la metodología seis sigma se dirigen a tres áreas principales: mejorar la satisfacción del cliente, reducir el tiempo de los procesos y reducir los defectos.

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costos, y oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Para lograr obtener los resultados deseados se centrará el estudio en recolectar datos del usuario para identificar los factores que ellos más valoran del servicio, para esta búsqueda de datos se podrá apoyar en encuestas personalizadas. Basados en esta información se podrá determinar los principales factores que contribuyen al deterioro de la calidad.

Hay que identificar dónde tenemos la mayor cantidad de problemas y de que forma se atacarán, en la parte de análisis del proyecto se utilizará la

herramienta de *software MINITAB*, que es un *software* estadístico que ayuda a encontrar correlaciones entre variables y así poder encontrar la causa de los problemas de calidad.

Con la información recolectada y el análisis de todo lo anterior se harán las propuestas de mejora en los procesos y también se indicará de qué forma podemos medir mejor el desempeño de una red de telefonía móvil celular.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Información general de la telefonía móvil

1.1.1 Reseña histórica

Desde el principio de las telecomunicaciones dos han sido las opciones principales para llevar a cabo una comunicación: con o sin hilos, por cable o por el aire. En realidad ambas pueden participar en un mismo proceso comunicativo. Por ejemplo, la transmisión de un evento deportivo por televisión, en el que una cámara recoge la señal y la transmite, generalmente por cable, a una unidad móvil encargada de comunicarse vía radio con el centro emisor, que a su vez se comunica por cable con una antena emisora que la distribuye por el aire a la zona que cubra la cadena de televisión. De todas formas, en este caso se trata fundamentalmente de una transmisión vía radio, pues es así como se distribuye la señal que previamente ha producido la emisora (captar la señal con la cámara, llevarla al centro emisor y procesarla).

Este documento se centrará en las comunicaciones móviles, en las que emisor o receptor están en movimiento. La movilidad de los extremos de la comunicación excluye casi por completo la utilización de cables para alcanzar dichos extremos. Por tanto utiliza básicamente la comunicación vía radio. Esta se convierte en una de las mayores ventajas de la comunicación vía radio: la movilidad de los extremos de la conexión. Otras bondades de las redes inalámbricas son el ancho de banda que proporcionan el rápido despliegue que conllevan al no tener que llevar a cabo obra civil.

Sin embargo el cable es menos inmune a amenazas externas, como el ruido o las escuchas no autorizadas, y no tiene que competir con otras fuentes

por el espacio radioeléctrico, bien común más bien escaso. Dos, tres y más cables pueden ser tendidos a lo largo de la misma zanja, y tomando las medidas adecuadas, no han de producirse interferencias. Imaginar cuatro o cinco antenas apuntando en la misma dirección. Resultado: un más que probable caos.

Históricamente la comunicación vía radio se reservaba a transmisiones uno a muchos, con grandes distancias a cubrir. También era útil en situaciones en las que la orografía dificultase en exceso el despliegue de cables. Fundamentalmente se utilizaba para transmitir radio y TV. Por el contrario, las comunicaciones telefónicas utilizaban cables. Todo esto nos lleva a la actual situación, en la que ya no está tan claro cuando es mejor una u otra opción.

En cuanto a las comunicaciones móviles, no aparecen a nivel comercial hasta finales del siglo XX. Los países nórdicos, por su especial orografía y demografía, fueron los primeros en disponer de sistemas de telefonía móvil, eso sí, con un tamaño y unos precios no muy populares. Radio búsquedas, redes móviles privadas o *Trunking*, y sistemas de telefonía móvil mejorados fueron el siguiente paso. Después llegó la telefonía móvil digital, las agendas personales, mini ordenadores, laptops y un sinnúmero de dispositivos dispuestos a conectarse vía radio con otros dispositivos o redes. Y finalmente la unión entre comunicaciones móviles e *Internet*, el verdadero punto de inflexión tanto para uno como para otro.

1.1.2 Servicios que presta la telefonía móvil

Entre la gama de servicios que las empresas de telefonía móvil pueden prestar podemos mencionar:

- Larga distancia internacional
- Telefonía residencial inalámbrica
- Telefonía pública
- Proveedor de servicios de Internet
- Transporte de datos
- Telefonía móvil celular
- Transmisión inalámbrica de datos
- *Roaming*

Basados en los objetivos del presente trabajo, la atención del mismo se centrará en la red de telefonía móvil celular; principalmente la basada en la tecnología *GSM*, ya que es esta la que mayor despliegue ha tenido en Europa y ahora también en Guatemala.

1.1.3 Telefonía móvil terrestre

La telefonía móvil terrestre utiliza estaciones terrestres. Éstas se encargan de monitorear la posición de cada terminal encendido, pasar el control de una llamada en curso a otra estación, enviar una llamada a un terminal de la misma red o de otro operador. Cada estación tiene un área de cobertura, dentro de la cual la comunicación entre un terminal y ésta se puede hacer en buenas condiciones. Las zonas de cobertura teóricamente se representan por hexágonos regulares o celdas. En la práctica, toman muy distintas formas, debido a la presencia de obstáculos y a la orografía cambiante del terreno. Además se traslapan unas con otras. Es por esto, que cuando un móvil está cerca del límite de dos celdas, puede pasar de una a otra, en función de cual de las dos le ofrezca mejor calidad de señal, y esto puede suceder incluso durante el transcurso de una llamada sin que apenas se perciba nada.

Los primeros sistemas de telefonía móvil terrestre, *TACS*, *AMPS*, *NMT*, *TMA*, *NAMT*,... o de primera generación, eran analógicos. Las terminales eran bastante voluminosas, la cobertura se limitaba a grandes ciudades y carreteras principales, y sólo transmitían voz. La compatibilidad entre terminales y redes de diferentes países no estaba muy extendida. *NMT* se utiliza en los países nórdicos, *AMPS* y *TACS* en EEUU, y *NAMT* en Japón.

Cada estación trabaja con un rango de frecuencias, que delimita el número máximo de llamadas simultáneas que puede soportar, puesto que a cada llamada se le asigna un par de frecuencias diferente: una para cada sentido de la comunicación. Esto se denomina *FDM*, o multiplexación por división en la frecuencia. Las celdas colindantes no pueden utilizar las mismas frecuencias, para que no se produzcan interferencias. Pero las celdas que están algo más alejadas sí que podrían reutilizar estas frecuencias. Y esto es lo que se hace. Se parte de una determinada cantidad de frecuencias disponibles. Luego, teniendo en cuenta la densidad estimada de llamadas por área, tanto el tamaño de la celda, como las frecuencias por celda y la reutilización de frecuencias serán determinadas.

Una alternativa para incrementar el número de llamadas servidas es la sectorización, método por el cual se instalan varias antenas por estación, cada una de las cuáles cubre un sector. Por ejemplo, si instalamos tres antenas, cada una se ocuparía de un sector de 120°.

Después aparecen los sistemas de segunda generación, *GSM*, *CDMA*, *TDMA*, *NADC*, *PDC*,... que son digitales. El tamaño de las terminales se hace cada vez más pequeño, las coberturas se extienden, y se empiezan a transmitir datos, aunque a velocidades muy pequeñas. Introduce el envío de mensajes SMS, hoy tan de moda. La compatibilidad entre las distintas redes nacionales

empieza a mejorar. *GSM* se implanta en Europa y en otros países del resto del mundo. *TDMA* y *CDMA* en EEUU, mientras que *PDC* en Japón.

En *GSM*, cada frecuencia puede transmitir varias conversaciones. Esto se consigue mediante la *TDM*, o multiplexación por división en el tiempo. El tiempo de transmisión se divide en pequeños intervalos de tiempo. Cada intervalo puede ser utilizado por una conversación distinta. Además, una misma conversación se lleva a cabo en intervalos de distintas frecuencias, con lo que no se puede asociar una llamada a una frecuencia. De este modo, si una frecuencia se ve afectada por una interferencia, una conversación que utilice esta frecuencia, sólo observará problemas en los intervalos pertenecientes a dicha frecuencia. Esto se denomina *TDMA*.

En los sistemas *CDMA*, acceso con multiplexación por división de código, lo que se hace es que cada llamada utiliza un código que le diferencia de las demás. Esto permite aumentar el número de llamadas simultáneas o la velocidad de transmisión, lo que se hace necesario ante los crecientes requerimientos de la telefonía móvil.

En la actualidad, se están empezando a desplegar sistemas de lo que se ha denominado generación 2,5 (*HSCSD*, *GPRS*, *EDGE*) que harán de puente entre los de segunda generación y la telefonía móvil de tercera generación (la *UMTS*). Esta última responde a un intento de estandarizar las comunicaciones móviles a nivel mundial, aunque ya están empezando a surgir pequeñas diferencias entre EEUU y el resto. Ofrecerá grandes velocidades de conexión, por lo que se espera que se convierta en la forma más habitual de acceso a Internet. Permitirá la transmisión de todo tipo de comunicaciones: voz, datos, imágenes, vídeo, radio.

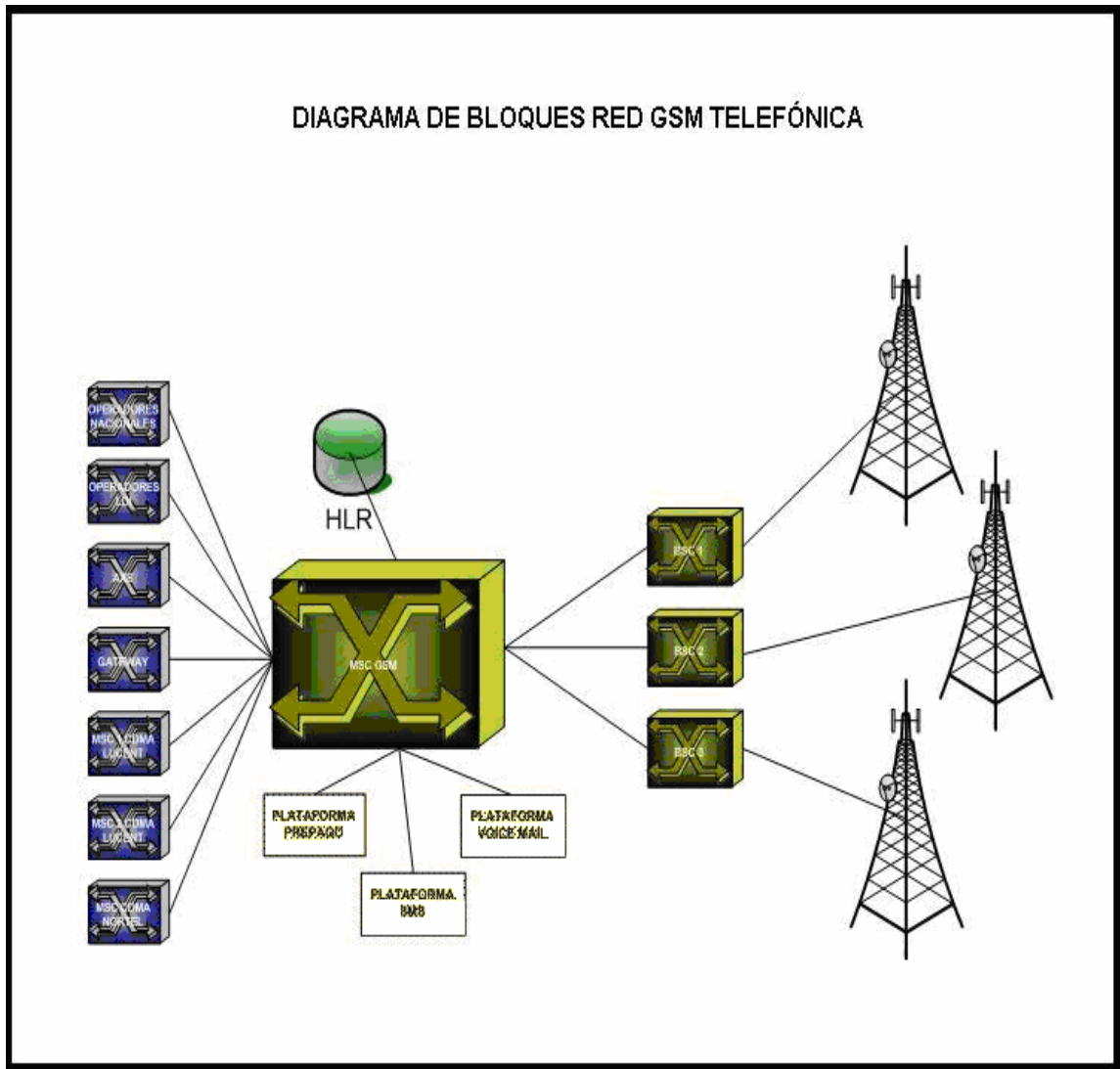
Algunos sistemas 2,5 (*GPRS*, *EDGE*) introducen la conmutación de paquetes en la telefonía móvil, es decir, la comunicación se produce al "estilo" Internet. La información se divide en trozos o paquetes, que siguen caminos diferentes hasta alcanzar el destino. *GPRS* alcanzará los 115 Kbps, mientras que *EDGE* los 384 Kbps. Además, *EDGE* permitirá a los operadores de *GSM* y *TDMA* integrar en sus redes actuales este nuevo sistema.

Hasta que la tercera generación se extienda, para lo que aún pueden quedar varios años, los sistemas 2,5 supondrán un puente entre los de segunda generación y *UMTS*. En Europa, los operadores se están gastando auténticas barbaridades en adquirir las licencias *UMTS*, con la esperanza de que será la tecnología que haga explotar las comunicaciones. Pero mientras esto ocurre, los que poseen sistemas 2G ya están evolucionando a *GPRS* o *EDGE*.

1.1.4 Descripción de la red de telefonía móvil

La principal línea de negocio de Telefónica es el servicio de telefonía móvil celular, el cual es prestado a través de tres redes que operan en las bandas B, C y D del espectro *PCS*. Las primeras dos redes utilizan tecnología *CDMA* y constituyen las redes instaladas originalmente por Telefónica y *Bellsouth*. La tercera red y la más nueva ha sido implementada utilizando la tecnología *GSM*. Esta red utiliza la infraestructura de las redes existentes y equipos del proveedor Ericsson. La red cuenta con una central de conmutación ubicada en la ciudad de Guatemala, controladoras de estaciones base (*BSC*) y cerca de 500 radio bases. La topología de la red móvil se muestra en la figura 1 que se incluye a continuación.

Figura 1. Diagrama de la red GSM

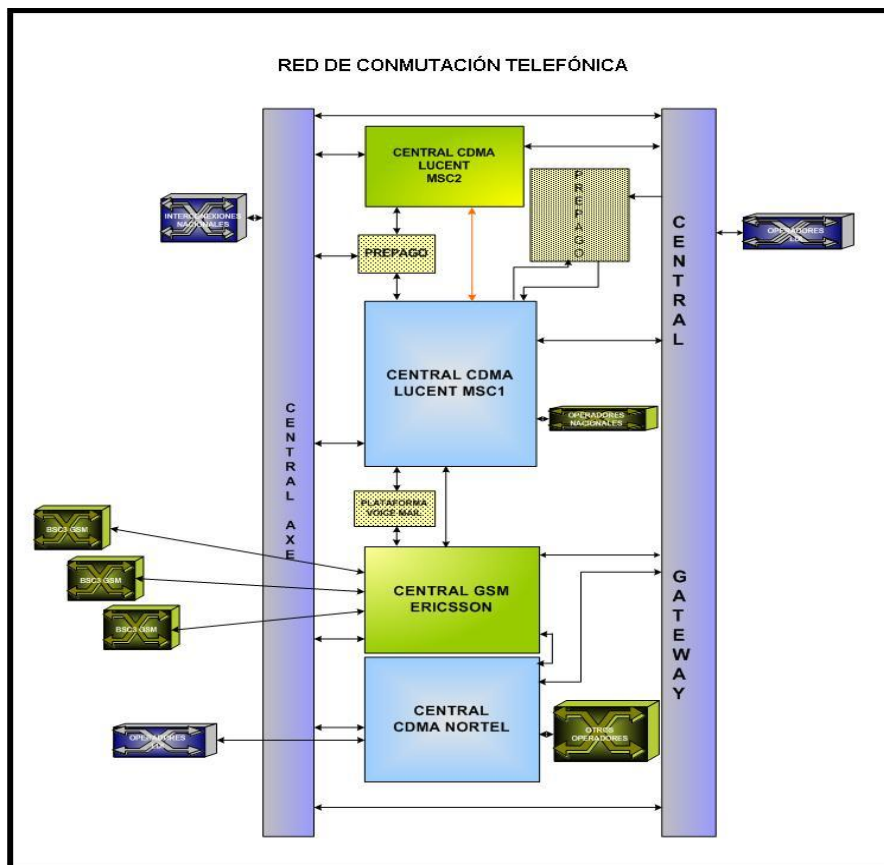


El subsistema de conmutación está compuesto por una central *Ericsson* modelo AXE 810, versión de *software* GSM 9.1. Cuenta con un HLR independiente o Stand alone, el cual almacena la información relativa a los perfiles de usuario propios de la red. La central cuenta con interconexión hacia las centrales *Lucent* y *Nortel* correspondientes a las redes CDMA. Así también se cuenta con interconexión hacia las centrales de conmutación de todos los

operadores nacionales de línea fija y móvil; de igual forma con la central *Lucent 5ESS* utilizada como *Gateway* para los servicios de larga distancia internacional y una central Ericsson AXE adicional que presta los servicios de línea fija de Telefónica y red inteligente.

Los servicios suplementarios de la red tales como correo de voz, telefonía prepagada y mensajes cortos, son suministrados por plataformas interconectadas a la *MSC*. En la figura número dos se muestra un diagrama más detallado de las interconexiones de la red de conmutación de Telefónica.

Figura 2. Diagrama a bloques de la red de conmutación



La conexión a las radio bases es realizada a través de las controladoras de estaciones base, las cuales al igual que la *MSC* utilizan la plataforma *AXE 810* de *Ericsson*, las cuales administran de forma distribuida las estaciones base. La *BSC1* y la *BSC 3* administran 150 estaciones base cada una, las cuales se ubican en el departamento de Guatemala y sus alrededores. La *BSC 2* administra 250 estaciones base, las cuales se ubican en el interior del país. La diferencia en el número de estaciones base se debe a que las ubicadas en el departamento de Guatemala sirven a más usuarios que las estaciones base de la *BSC2*.

La comunicación entre las estaciones base, controladoras de estaciones base y la central de conmutación se realiza a través de una red de transporte conformada por equipos radio vía microondas, fibra óptica y cable de cobre. Al igual que las redes móviles, existen dos redes de transporte debido a la adquisición de *BellSouth*. La red de fibra óptica se utiliza principalmente en la ciudad de Guatemala y ciudades principales. Cuenta con anillos de fibra óptica con capacidades de hasta 1xSTM-16, que transporta tanto la información de la red móvil, como la de muchos clientes corporativos. La red de microonda, se utiliza ampliamente en el interior del país, debido a que las grandes distancias, la irregularidad del terreno, el costo de instalación y mantenimiento vuelve ineficiente la instalación de planta externa. Esta red está compuesta por un anillo principal denominado *Backbone*, con capacidad de hasta 2xSTM-1, así como de enlaces secundarios *PDH* de hasta 16xE1. Esta red opera en las bandas de 8 y 15 GHz, las cuales fueron asignadas por la SIT a Telefónica. El proveedor principal de estos equipos es *Ericsson y Nera*.

La red de transporte adquirida a *BellSouth*, está integrada por radio enlaces *PDH* en las bandas de 10, 18 y 23 GHz, con capacidades de hasta 21xE1. El proveedor de equipos es Alcatel y la topología básicamente se

compone de tres ramas principales, una hacia el oriente del país y las siguientes hacia el occidente y sur occidente respectivamente. En estas redes así como en las móviles, también se cuenta con ubicaciones comunes tanto para la red *Ericsson* como para la red Alcatel.

1.2 Información general de desempeño

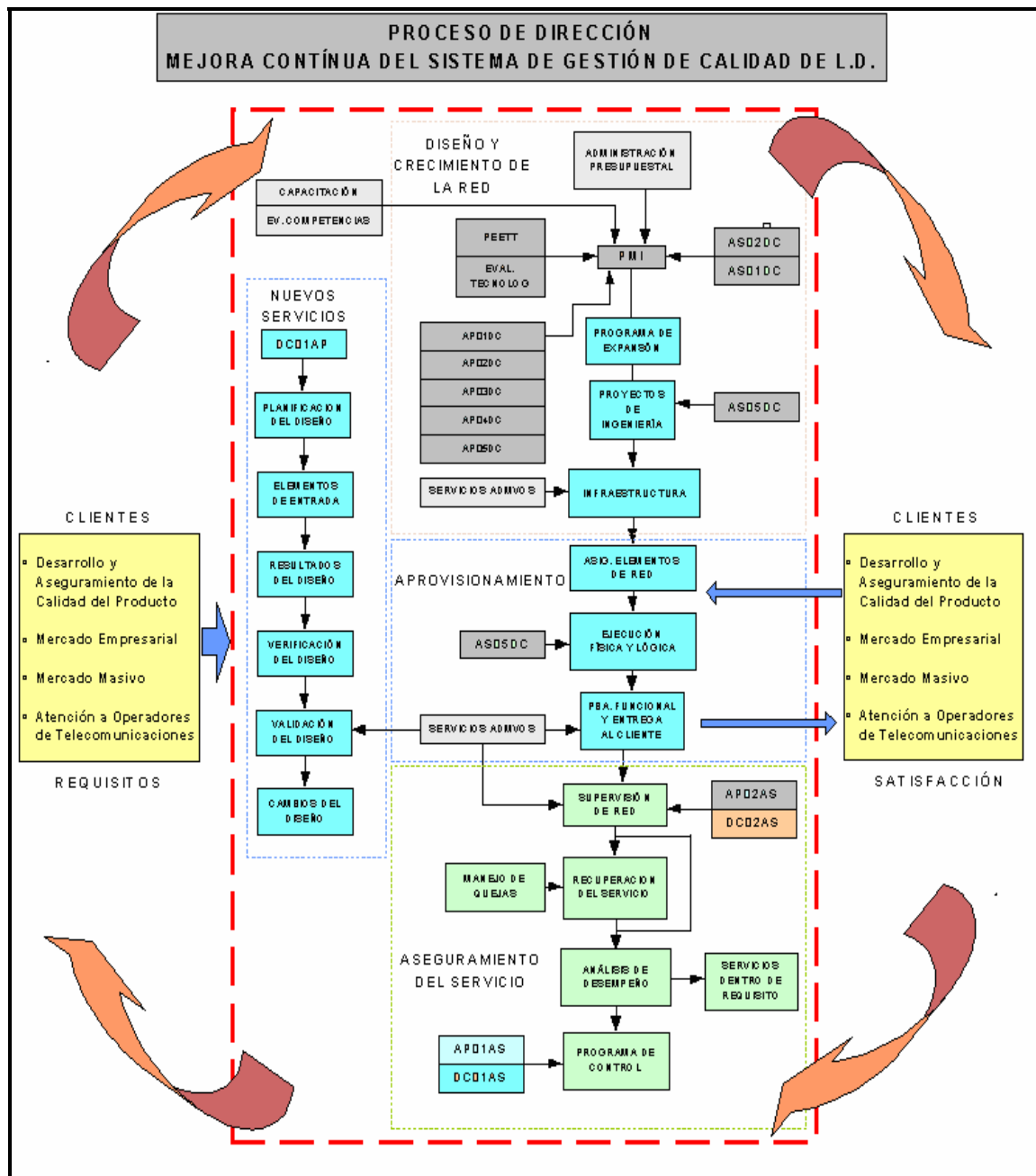
1.2.1. Procesos de mantenimiento de la calidad de una red

En Telefónica para cumplir con los estándares internacionales de calidad se ha adquirido la certificación ISO 9001:2000 y tiene sus procedimientos de calidad, las generalidades de esta norma se describen a continuación.

Los procesos que integran el sistema de gestión de la calidad son:

- Proceso de dirección.
- Procesos principales.
- Procesos de apoyo.

Figura 3. Modelo de sistema de gestión de la dirección técnica basado en procesos



1.2.1.1 Diseño y crecimiento de red procesos de apoyo

Aprovisionamiento de servicios

Aseguramiento del servicio

1.2.1.2 Aplicación de los procesos en la organización

La dirección técnica debe operar bajo un sistema de gestión de la calidad integral documentado bajo los requisitos de la norma ISO 9001: 2000.

1.2.1.3 Secuencia e interacción de procesos

Por política de la organización los procesos identificados como principales y de apoyo, su secuencia e interacción se documenten en diagramas de flujo y procedimientos; y en función de la complejidad de las operaciones es decisión del responsable de la tarea, el elaborar instructivos que la detallen, para asegurar la correcta ejecución del proceso.

Criterios y métodos de operación y control de procesos

Cada proceso principal, cuenta con criterios de aceptación tanto en las salidas de las etapas que lo forman como en la salida final, con el objeto de que durante y al final del proceso se asegure que su operación y control sean eficaces. Para los procesos de apoyo es decisión del responsable del proceso el establecer criterios de aceptación y planes de calidad, cuando le agreguen valor al proceso.

Disponibilidad de recursos e información para el apoyo y seguimiento de procesos

En función de los objetivos y metas establecidas por el director, el responsable del proceso define anualmente los recursos requeridos para el apoyo y seguimiento del proceso de su responsabilidad, así como la información pertinente del mismo.

Seguimiento, medición, análisis y mejora

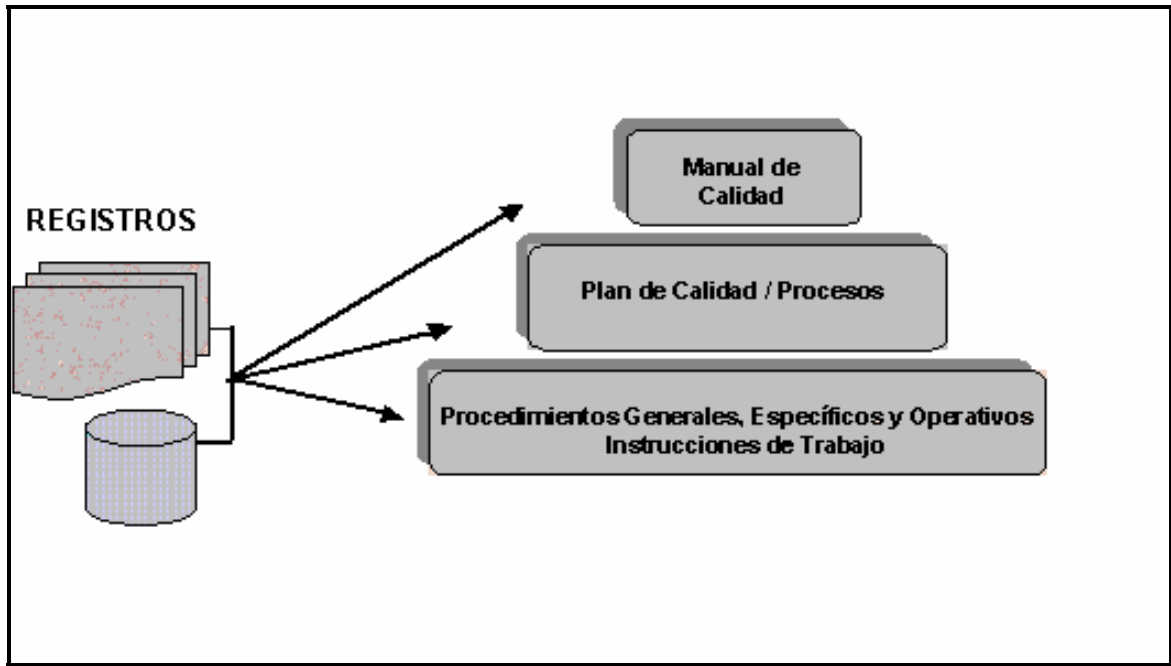
- **Seguimiento** Se realiza mediante la aplicación de planes de calidad establecidos para los procesos principales y aquellos de apoyo que lo requieran.
- **Medición, análisis y mejora** Se realiza a través de un esquema de indicadores de calidad, medidos mensualmente y cuyos resultados se presentan a la dirección para que en función de su tendencia oriente los esfuerzos de la organización a elevar su desempeño, para alcanzar los resultados planificados y su mejora continua.

Procesos externos

La dirección técnica cuenta con procesos externos que son responsabilidad de otras áreas y son controlados por convenios, contratos o pedidos, así como por delimitaciones funcionales corporativas y por procedimientos establecidos para su control.

- Adquisiciones.
- Capacitación.

Figura 4 Estructura de documentación de la gestión de la calidad



La documentación del sistema de gestión de la calidad de la dirección técnica esta integrada por la siguiente estructura:

- **Nivel 1**

Documento de mayor nivel en el sistema de gestión de la calidad y lo constituye este manual de calidad, en el que está contenida la política y objetivos de calidad y de él se derivan los siguientes niveles de la documentación.

- **Nivel 2**

Lo integran los planes de calidad, diagramas de proceso, que aplica el personal que participa en su ejecución.

- **Nivel 3**

Se constituye por los procedimientos de uso general, procedimientos específicos de proceso que rigen la ejecución de los procesos, procedimientos operativos o de trabajo particular de cada etapa de proceso, instrucciones de trabajo que contienen en forma detallada tareas para realizar una actividad específica, (instructivos, manuales de equipo, protocolos, normas, documentos corporativos, boletines técnicos y formatos).

Manual de calidad

Es el documento rector dentro de la estructura de la documentación del sistema de gestión de la calidad, ya que en él se establece la declaración de la política y de los objetivos de calidad que rigen el trabajo así como los lineamientos de las actividades de la dirección técnica, mismas que están sujetas a revisión y control.

Procedimientos del sistema de gestión de la calidad

La documentación principal que rige los procesos que integran el sistema de gestión de la calidad de la dirección técnica puede ser:

Tabla I. Documentación del sistema de gestión de la calidad

Procesos	Título del documento
Diseño y crecimiento de la red.	Proced. para el proceso de elaboración del plan estratégico de evolución tecnológica
	Procedimiento de desarrollo de <i>software</i> de aplicación.
	Procedimiento para elaboración de especificaciones técnicas.
	Procedimiento de evaluación técnica.
	Procedimiento para el diseño de la red.
	Metodología para la elaboración del Plan Maestro Integral (PMI).
	Metodología para elaborar el programa de expansión.
	Procedimiento para la programación, seguimiento y control de la nueva infraestructura.
	Procedimiento del proceso del presupuesto básico de inversión.
	Procedimiento para el diseño de los proyectos de ingeniería.
	Procedimiento para la ejecución de la nueva infraestructura.
	Procedimiento de gestión de la red de transporte.
	Procedimiento para la elaboración de documentos técnicos normativos.
	Procedimiento para liberación de equipo.
Plan de calidad del proceso de diseño y crecimiento de la red.	

Continúa

Aprovisionamiento de los servicios.	Proced. para proporcionar y controlar los servicios de aprovisionamiento.
	Plan de calidad del proceso de aprovisionamiento de servicios.
	Procedimiento para el aseguramiento de facilidades.
	Procedimiento para el control del diseño.
	Procedimiento para probar la funcionalidad de un servicio de red inteligente.
	Procedimiento para analizar la factibilidad de desarrollo de un nuevo servicio de red inteligente.
	Procedimiento para modificar la lógica de un servicio en operación de red inteligente.
	Procedimiento para la planeación de la red inteligente.
	Especificaciones de los servicios.
	Plan de calidad para el desarrollo e implantación de un servicio de red inteligente.
Aseguramiento del servicio.	Proced. para la supervisión y manejo de quejas del proceso de aseguramiento del servicio.
	Procedimiento para desempeño de la red y de servicios a clientes.
	Procedimiento para la programación y control del proceso de aseguramiento del servicio.

Continúa

	Procedimiento para la recuperación del servicio del proceso de aseguramiento del servicio.
	Plan de calidad del proceso de aseguramiento del servicio.
Procesos de apoyo.	Procedimiento del proceso de los servicios administrativos.
	Procedimiento para la integración del presupuesto de gastos del año N.
	Procedimiento para calificación de competencias.
	Procedimiento de comunicación.
	Procedimiento de capacitación.

Adicionalmente para el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 9001, en el sistema de gestión de la calidad establece los siguientes procedimientos:

- Procedimiento para elaborar documentos.
- Procedimiento para control de documentos.
- Procedimiento de adquisiciones.
- Procedimiento para documentar acciones correctivas.
- Procedimiento para control de registros.
- Procedimiento para auditorías de calidad.
- Procedimiento para calificación de auditores.
- Procedimiento de comunicación.
- Procedimiento para el control de equipo de inspección, medición prueba.
- Procedimiento para documentar acciones preventivas.

- Procedimiento para control de producto no conforme del sistema de gestión de calidad.
- Procedimiento de medición de los procesos.
- Procedimiento de identificación y trazabilidad de los servicios.
- Procedimiento de evaluación de proveedores de la dirección técnica.

Motivos que justifican la adopción de la calidad total

Existen siete motivos, de los cuales cada uno por sí solo justifica la adopción de la calidad total como proyecto de gestión.

- La llegada de una economía globalizada. La irrupción de competidores nuevos en el juego económico mundial hace caducar a las empresas no competitivas y obliga a todas aquellas que quieren sobrevivir a apoyar de ahora en adelante su actividad sobre una vigilancia meticulosa, atenta y permanente del mercado para ajustar siempre mejor la calidad de la respuesta que se le pide.
- Se basa en que el carácter inevitable de la calidad total es la súbita inversión en los países industrializados de la relación de fuerzas entre una demanda menos creciente y una oferta múltiple, desde mediados de los años setenta, por la explosión de Japón y de los nuevos países industrializados. He aquí que los consumidores y clientes, ante múltiples ofertas, se vuelven más exigentes y reclaman siempre mejor calidad a precios siempre más bajos.
- Con las nuevas tecnologías de producción, la diversidad se vuelve en adelante tan poco costosa como la uniformidad. Para ello hará falta que los hombres manejen perfectamente los procesos justo a tiempo. Aquí también es la calidad total la que hace la diferencia.

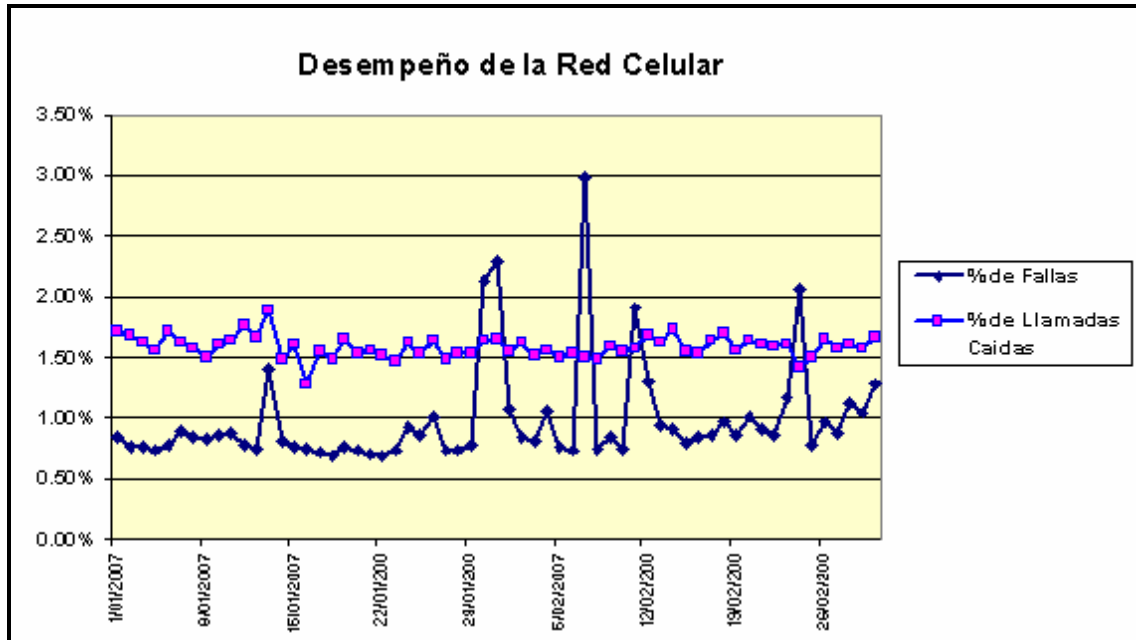
- Hemos cambiado. En occidente se ha ido observando un menor compromiso de los trabajadores para con la empresa. Es menester un cambio de actitud si queremos conservar los puestos de trabajo frente a culturas con mano de obra mucho más comprometida y disciplinada.
- Está dado por la incapacidad de la empresa tayloriana para reducir costos de no-calidad. Fraccionada en grandes funciones auto-centradas, generadora de la empresa fantasma, más preocupada en, hacer más, que en, hacer mejor, en controlar y corregir que en prevenir, esta empresa, sobrecargada de costes inútiles y de recursos ocupados en fabricar nada, pierde rápidamente terreno en la competencia económica y se condena a muerte a corto plazo. La calidad total constituye su única tabla de salvación.
- De ahora en adelante, no se puede dejar más en un punto muerto a todas estas inteligencias puestas en barbecho, preparar la mentalidad de las personas para este nuevo reto, en todos los niveles y, particularmente, en los niveles de ejecución, en el de los obreros y empleados. La batalla de la calidad es demasiado difícil para que se tenga a toda esta inteligencia apartada del combate.
- Desde que existe un proceso de calidad total y que ciertas economías lo han adoptado, todas aquellas que no lo han hecho han visto abrirse a toda velocidad un abismo en su competitividad. Y lo que es cierto para las economías lo es también para las empresas. Para ello es menester tomar en cuenta que el coste de la no-calidad en las economías occidentales está en el orden del 20% de su facturación, en tanto que en la economía japonesa se encuentra en el 12%. No reducir rápidamente esta brecha, y ante el crecimiento económico de países como China,

Tailandia, Malasia y otros países del sudeste asiático, preanuncia inevitables derrotas.

1.2.2 Desempeño de la red en los últimos 12 meses

La gráfica que se muestra a continuación de este párrafo muestra el desempeño que la red ha venido teniendo en los últimos 12 meses, y lo cual ha motivado a formar el grupo de seis sigma para encontrar científicamente los problemas y atacarlos y lograr mejorar los niveles de calidad cuyo objetivo principal será mejorar la calidad de la red.

Figura 5. Resultados históricos de niveles de calidad de la red



1.3 Descripción del modelo seis sigma

1.3.1 Definición de seis sigma

Seis sigma es un riguroso método orientado a la información para resolver problemas y mejorar los procesos, que se concentra en lo que es más importante para los clientes, dando como resultado un mejor desempeño y mayor rentabilidad.

La creciente presión de las empresas por desempeñarse mejor ha desencadenado un interés aún mayor en seis sigma, el cual se considera tanto una filosofía de administración como una estrategia de negocios. Sin embargo, todas las empresas que piensan implementar seis sigma, enfrentan algunos

desafíos básicos y finalmente deben hacer los mismos compromisos fundamentales en cuanto al liderazgo, los recursos, los plazos y el cambio cultural.

Liderazgo

Dado que seis sigma involucra la realización de cambios generalizados en una empresa, requiere que la administración *Senior* participe de manera activa y visible. *Sir Chowdhury*, vicepresidente ejecutivo del *American Supplier Institute* y autor del libro "*Design for Six Sigma*", señala que cuando los esfuerzos por implementar seis sigma fallan, suele deberse a que los líderes de la empresa no hacen lo suficiente por asegurar que la iniciativa sea constantemente la principal prioridad y que ésta involucre a todos los empleados. De acuerdo a una edición reciente de *Harvard Management Update*, una publicación de *Harvard Business School*, un esfuerzo de seis sigma exitoso requiere una comunicación y afianzamiento implacables, mucho más allá de lo que muchos líderes dan por hecho que es suficiente.

Recursos

Si desea ahorrar dinero, es necesario invertir dinero. La implementación de seis sigma requiere que las organizaciones inviertan en una extensa capacitación y en ocasiones, en nueva tecnología u otros recursos, pero el retorno de esas inversiones tiene el potencial de transformar una empresa en un negocio mucho más eficiente y rentable.

Plazos

Normalmente, una organización tarda entre 6 y 12 meses en comenzar a recibir las ganancias que brinda el proceso seis sigma, de modo que la mayoría de las empresas operará con pérdidas durante un período antes de que comiencen a surgir las soluciones y las mejoras. En la práctica, las empresas experimentan seis sigma no como un solo programa, sino como cientos de miles de pequeños proyectos implementados durante años, cada uno de ellos destinado a lograr mejoras específicas. Como resultado, todos los involucrados deben comprometerse a disminuir continuamente los defectos a nivel de toda la organización.

Cambio cultural

Seis sigma requiere que las empresas se orienten en forma extrema al cliente, basando sus actividades en las necesidades del cliente y midiendo su éxito según la satisfacción del cliente. Los negocios, además, deben volverse mucho más colaboradores. Un cambio de esta magnitud requiere una modificación fundamental en la cultura de muchas empresas, respaldada por cambios sistemáticos que permitan a las personas adoptar de manera activa la nueva forma de hacer negocios.

Ante las circunstancias descritas, empresas norteamericanas se han visto en la necesidad imperiosa de realizar un cambio total en su manera de gestionar las empresas, dando lugar a la metodología de seis sigma.

En los años ochenta la TQM (Gestión de Calidad Total) fue muy popular, pero sufrió un proceso de desgaste, y en muchas empresas de agonía. Era menester generar un método que motivara un liderazgo por la calidad.

1.3.2 Procedimiento de la adopción del método seis sigma

1.3.2.1 Los siete cambios o metamorfosis

La nueva piedra filosofal de la calidad total permite a la empresa satisfacer siempre mejor al cliente y siempre más barato. Se demuestra que la calidad no cuesta más caro; al contrario, rinde porque permite vender. Lo que cuesta caro es la no-calidad, es decir, el fracaso, los costes inútiles, los retrasos; todo esto es producto de una mala organización que se le factura como multa al cliente y que le sorprende, le disgusta y finalmente le desvía hacia otros proveedores, porque tienen de ahora en adelante el dilema de elegir.

En este proceso destinado a lograr el cero defecto (seis sigma implica 3,4 defectos por millón de oportunidades), las empresas se enfocan en siete cambios o metamorfosis.

- 1 Implica que la empresa se interesa más en su mercado que en sí misma, en sus clientes que en sus máquinas, en sus fines que en sus medios, y que sus dirigentes sustituyen la lógica del ingeniero o del contable, centrada en una confianza desmedida en la capacidad de su técnica, por la lógica del empresario comercial, que reconoce la inutilidad de un producto soberbio que no se ha podido vender.
- 2 Es el establecimiento de las relaciones clientes-proveedores en el interior mismo de la empresa: cada departamento, cada servicio, cada función, cada trabajador, debe esforzarse en especificar mejor lo que desea de su fuente y en responder mejor a las demandas de su consumidor. La organización atomizada cede su lugar a una organización por flujos.

Se caen los muros que defendían los territorios funcionales para dar lugar a un desarrollo de procesos integrales en los cuales todos toman parte de forma armónica.

- 3 Consiste en dejar de producir más para pasar a producir mejor de entrada. Los ritmos infernales no fabrican más que productos de calidad mediocre y asalariados amargados, cansados y cada vez menos competentes. La calidad total persigue el autocontrol y las acciones colectivas, produciendo bien a la primera, arreglando el defecto en el momento de producirse.
- 4 Implica sustituir el modelo mecanicista de una organización que asigna a cada individuo un puesto instrumental de ejecutante, por un modelo biológico donde los equipos responsables asumen misiones, uniendo colectivamente su talento para hacerlo. Se sustituye la empresa piramidal por la empresa multicelular.
- 5 Implica pasar de una empresa aislada e intransigente frente a sus proveedores y subcontratistas, a una implicada en profundas relaciones de confianza.
- 6 Implica la sustitución del control por la prevención. Un incremento en los costes de prevención trae como resultado una disminución en el coste

total de calidad, al reducirse significativamente los costes por fallos internos y externos, y disminuir las necesidades de evaluación.

- 7 Implica la eliminación de todos los desperdicios y despilfarros, no sólo los relativos al proceso productivo, sino también los atinentes a las actividades administrativo-burocráticas.

Lograr estos cambios permite llegar a los seis ceros: cero defectos, cero *stocks*, cero averías, cero plazos, cero papeles y cero accidentes.

Tabla II. Niveles de desempeño en sigma

NIVEL DE SIGMA	DEFECTOS POR MILLON DE OPORTUNIDADES
6	3.40
5	233.00
4	6,210.00
3	66,807.00
2	308,537.00
1	690,000.00

1.3.2.2 Estrategia seis sigma

Se ha desarrollado como sistema para la resolución de problemas el método DMAMC (definir-medir-analizar-mejorar-controlar).

Este método es llevado a la práctica por grupos especialmente formados a los efectos de dar solución a los diversos problemas u objetivos de la compañía.

Las claves del DMAMC se encuentran en:

- **Medir el problema.** Siempre es menester tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresados también en valores monetarios.
- **Enfocarse en el cliente.** Las necesidades y los requerimientos del cliente son fundamentales, y ello debe tenerse siempre debidamente en consideración.
- **Verificar la causa raíz.** Es menester llegar hasta la razón fundamental o raíz, evitando quedarse sólo en los síntomas.
- **Romper con los malos hábitos.** Un cambio de verdad requiere soluciones creativas.
- **Gestionar los riesgos.** El probar y perfeccionar las soluciones es una parte esencial de la disciplina Seis Sigma.
- **Medir los resultados.** El seguimiento de cualquier solución es verificar su impacto real.
- **Sostener el cambio.** La clave final es lograr que el cambio perdure.

1.3.2.3 Definir el problema

Debe definirse claramente en qué problema se ha de trabajar, por qué se trabaja en ese problema en particular, quién es el cliente, cuáles son los requerimientos del cliente, cómo se lleva a cabo el trabajo en la actualidad, cuáles son los beneficios de realizar una mejora.

Siempre debe tenerse en cuenta que definir correctamente un problema implica tener un 50% de su solución. Un problema mal definido llevará a desarrollar soluciones para falsos problemas.

1.3.2.4 Medir

El medir persigue dos objetivos fundamentales:

- Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad. Esta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.
- Nos permite y facilita identificar las causas reales del problema.

El conocimiento de estadística se hace fundamental. La calidad no se mejora, a no ser que se la mida.

1.3.2.5 Analizar

El análisis nos permite descubrir la causa raíz. Para ello se hará uso de las distintas herramientas de gestión de la calidad. Ellas son las siete herramientas estadísticas clásicas y las nuevas siete herramientas. Las

herramientas de análisis deben emplearse para determinar dónde estamos, no para justificar los errores.

Al respecto cabe acotar que el diagrama de Pareto es a los efectos de darle prioridad a los factores que mayor importancia tienen en la generación de fallos o errores, pero no debe significar dejar de atender las demás causas. Al respecto *Crosby* señala que, a los numerosos pero triviales ni siquiera les hacen caso; les dejan que envenenen el producto o servicio para el consumidor. Consideran que no vale la pena dedicar tiempo a solucionarlos. En cambio para un auténtico enfoque de cero defectos, todos los elementos son importantes.

1.3.2.6 Mejorar

En esta etapa asume una preponderancia fundamental la participación de todos los participantes del proceso, como así también la capacidad creativa, entre los cuales se encuentran el uso de nuevas herramientas como: el Pensamiento Lateral y la Programación Neuro-Lingüística (PNL), *Minitab*.

La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación. En esta fase de diseño es muy importante la actividad de *benchmarking* a los efectos de detectar en otras unidades de la misma empresa o en otras empresas (competidoras o no) formas más efectivas de llevar a cabo un proceso.

1.3.2.7 Controlar

Es necesario confirmar los resultados de las mejoras realizadas. Debe por tanto definirse claramente unos indicadores que permitan visualizar la evolución del proyecto. Los indicadores son necesarios, pues no podemos basar nuestras decisiones en la simple intuición. Los indicadores nos mostrarán los puntos problemáticos de nuestro negocio y nos ayudarán a caracterizar, comprender y confirmar nuestros procesos. Mediante el control de resultados lograremos saber si estamos cubriendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes.

Es además primordial verificar mediante el control la estabilidad de los procesos. Distintos indicadores vinculados a seis sigma pueden y deben ser articulados en los tableros de comandos o cuadros de mando integral a los efectos de permitir un monitoreo constante en la evolución de los mismos por parte de los diferentes funcionarios y responsables de los procesos productivos y de mejoras.

Entre los indicadores a monitorear tenemos:

- Indicadores relacionados con el tiempo de: ejecución de los proyectos de crecimiento e implementación de la red y de cumplimiento de las etapas de los procesos de implementación de mejoras.
- Indicadores relacionados con la calidad del servicio: tales como cantidad de minutos de una radio base fuera de servicio, porcentaje de fallas de acceso, porcentaje de llamadas caídas, porcentaje de bloqueo de canales de tráfico, *TCH*.

- A manera de resumen podemos decir que en primer lugar se define el problema, valorándose o midiéndose posteriormente el punto en el cual se encuentra la empresa. En tercer lugar se estudia la causa raíz del problema, procediéndose a diseñar y poner en práctica las respectivas mejoras. Procediéndose en última instancia a controlar los resultados obtenidos para verificar la efectividad y eficiencia de los cambios realizados.

2 DIAGRAMA DEL SISTEMA Y ANÁLISIS ACTUAL DE LA EMPRESA

2.1 Modelos administrativos

Para llevar a cabo el proyecto seis sigma es necesario crear un grupo de trabajo de diferentes áreas y así poder recopilar la mayor información posible que nos ayude a encontrar las fallas o problemas en los procedimientos, y para organizarlo y dirigirlo se hará un breve repaso de lo que es la administración, y entender porque se selecciona una estructura sencilla.

Sabemos que para cada actividad o proyecto los recursos los podemos administrar de diferente manera o sea hay diferentes formas de dirigir, tenemos que seleccionar la que más nos ayude a alcanzar los objetivos planteados; e ahí la importancia de saber que formas de administrar existen.

La administración procura siempre el máximo aprovechamiento de los recursos, mediante su utilización eficiente. Las principales funciones de la administración se engloban en planeación, organización, dirección y control.

Durante la planeación se decide anticipadamente qué, quién, cómo, cuándo y por qué se hará un proyecto o actividad.

La organización realiza actividades en grupo, de asignación y asesoramiento, y proporciona la autoridad necesaria para llevar a cabo las actividades.

El siguiente paso es la dirección, la cual sirve para conducir el comportamiento humano hacia las metas establecidas.

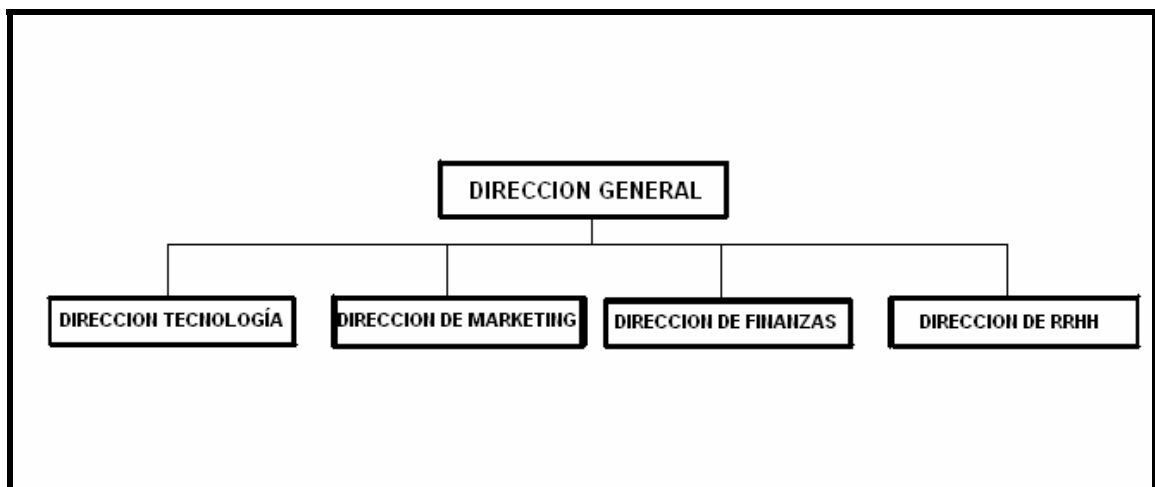
Por último se encuentra el control, que se encarga de medir el rendimiento obtenido en relación a las metas fijadas. En caso de haber desviaciones, se determinan las causas y se corrige lo que sea necesario.

2.1.1 Organización funcional

La organización por funciones reúne, en un departamento, a todos los que se dedican a una actividad o a varias relacionadas. Por ejemplo, una organización dividida por funciones puede tener departamentos para ingeniería, mercadotecnia y ventas.

Es probable que la organización funcional sea la forma más lógica y básica de departamentalización, como en la siguiente figura:

Figura 6. Organigrama funcional



Conforme crece la organización, sea expandiéndose en términos geográficos o ampliando su línea de productos, empiezan a surgir algunas de las desventajas de la estructura por funciones. Como los gerentes de funciones dependen de la oficina central, resulta difícil tomar decisiones rápidas, y para nuestro caso que es un proyecto que para su implantación durará pocos meses y es necesario tomar decisiones rápidas con un grupo variado no nos conviene.

2.1.2 Organización matricial del equipo seis sigma. Relación jefe de proyecto - jefe unidad funcional

Como se ha comentado, una de las funciones más relevantes del jefe de éste proyecto es la de integrar en el equipo de proyecto a especialistas procedentes de otras área, responsabilidad que debe ser asumida por el jefe de proyecto. La mayor dificultad deriva de que se rompe uno de los principios de gestión clásicos, como es el principio de unidad de dirección. Es decir, un empleado de una unidad funcional que es asignado temporalmente a un proyecto pasa a tener dos jefes: su jefe jerárquico de la unidad funcional, del cual depende formal y habitualmente, y el jefe de proyecto, a las órdenes del cual trabaja sólo en el ámbito del proyecto y en nuestro caso se programan reuniones semanales cuya duración es de 2 ó 3 horas incluyendo la hora del almuerzo.

Ambos jefes, el del proyecto seis sigma y el jefe jerárquico deben colaborar en ciertos aspectos del proyecto, y en particular en el nombramiento de los diferentes ingenieros que intervendrán en el proyecto. Si el director funcional es el que posee los recursos y conoce la valía personal y forma de trabajar de los mismos, es evidente que será la persona más adecuada para proporcionar las personas que intervendrán en el proyecto. Pero si el jefe de

Otro perfil importante y básico de un equipo de trabajo en un proyecto de ingeniería es el de diseñador. Existen distintos niveles a los que se desarrolla esta actividad, analista, funcional, a alto nivel, etc., e incluso en proyectos grandes y complejos puede ser necesario distinguir un papel especial como director técnico del proyecto, no confundir esta figura con la de director técnico de una organización que no tiene por qué estar ligada a un proyecto concreto sino a todas las actividades de carácter técnico que se hagan en la empresa, como la gestión del recurso tecnológico. El director técnico tiene las siguientes funciones:

- Determinar las características técnicas del proceso objeto del proyecto.
- Tomar las decisiones relativas a las soluciones técnicas a emplear.
- Determinar las tecnologías requeridas y responsabilizarse de su identificación, evaluación o selección en caso de no disponer de ellas.
- Responsabilizarse de la formación técnica del equipo de trabajo, en coordinación con otras unidades funcionales de carácter horizontal de la empresa.

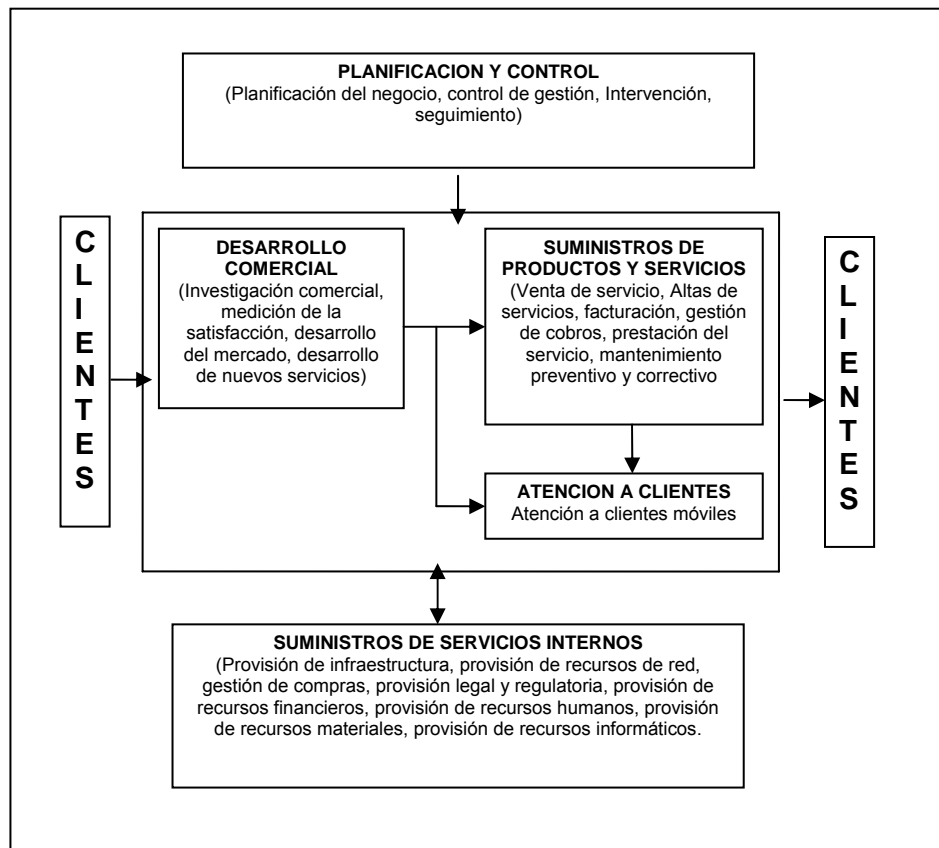
En proyectos pequeños esta figura se solapa con la de director de proyecto. Junto con éste último y, en muchas ocasiones, el director administrativo, costes, compras, personal, etc., constituyen el equipo de dirección del proyecto. Ya con lo visto anteriormente se puede formar el equipo necesario para poner el proyecto de seis sigma en marcha.

2.2 Diagrama del sistema

En la gráfica que más adelante se presenta el diagrama general del proceso de la empresa de telefonía celular en estudio, de dónde surgen las solicitudes para generar los procesos, y muestra en forma gráfica como se

interrelacionan los departamentos para lograr la satisfacción del usuario o cliente.

Figura 8. Diagrama general orientado al cliente



2.3 Diagrama del proceso

2.3.1 Definición de diagrama de proceso

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal

como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco clasificaciones. Estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes. Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado. Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes tolerancias y especificaciones, todos los detalles de fabricación o administración se aprecian globalmente en un diagrama de operaciones de proceso.

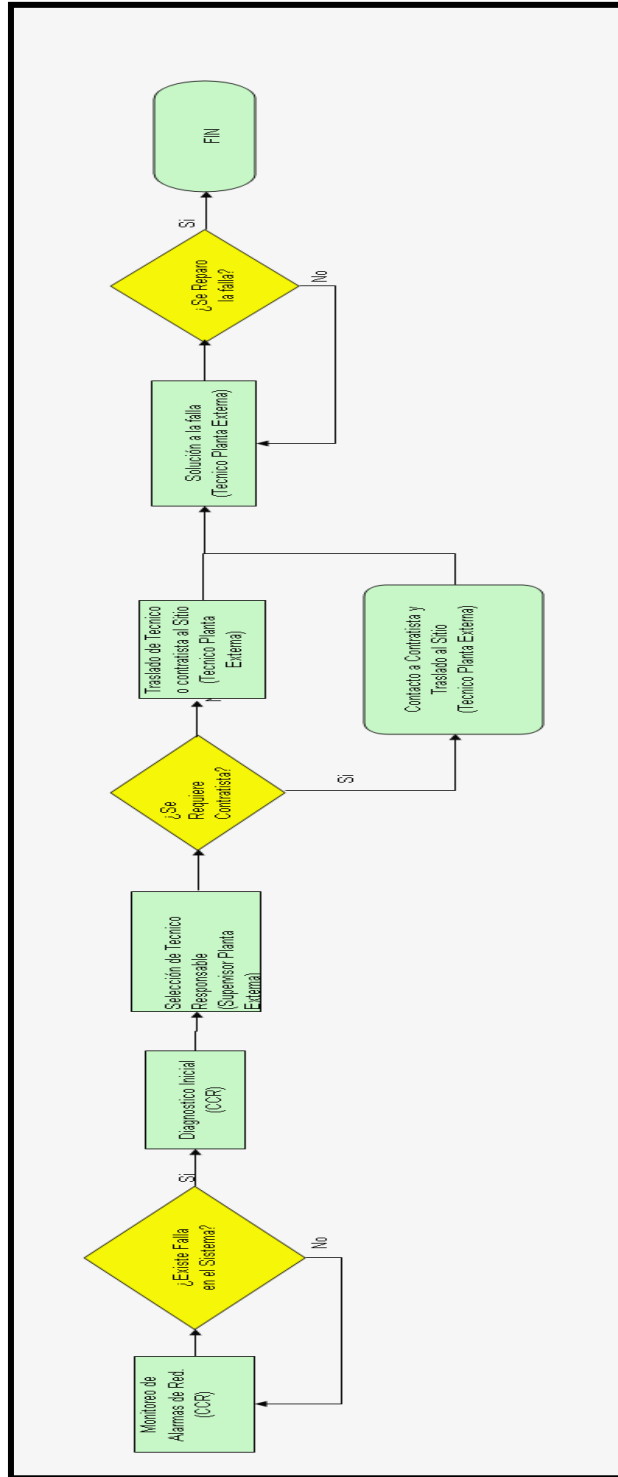
2.3.2 Diagrama general de proceso mantenimiento correctivo actual

El proceso de mantenimiento correctivo se inicia en el centro de reclamos, cuando en el centro de monitoreo se detecta una alarma, indicación de que hay algo en mal funcionamiento, como primer paso se le realizan pruebas remotas de diagnóstico y si el fallo continúa entonces se le da aviso al jefe del área donde ha ocurrido el problema, como primera llamada, éste a su vez tiene que avisar al ingeniero de campo que esté de turno como primer responsable, si éste último no estuviese disponible para recibir la llamada entonces se le hará a la segunda persona que estuviera y así sucesivamente hasta que alguien atiende la llamada y esté disponible para poder atender la emergencia, esto lo realiza el jefe del área. Con una evaluación previa el ingeniero de campo establece si es necesario llamar a personal de recurso

externo para solventar el problema o no es necesario y solo debe llevar repuestos y equipos especializados para trabajar en el sitio.

Uno de los verdaderos problemas en este caso es dónde se encuentra el sitio, porque se puede encontrar con una distancia larga, acceso al sitio con dificultad, problemas de inseguridad en el área, un mal diagnóstico que obligue al ingeniero de campo a regresar a su sede para llevar otro equipo que no se había contemplado anteriormente y por consiguiente pérdida de tiempo y problemas para el usuario final que no está recibiendo el servicio por el cual está pagando.

Figura 9. Diagrama de mantenimiento correctivo

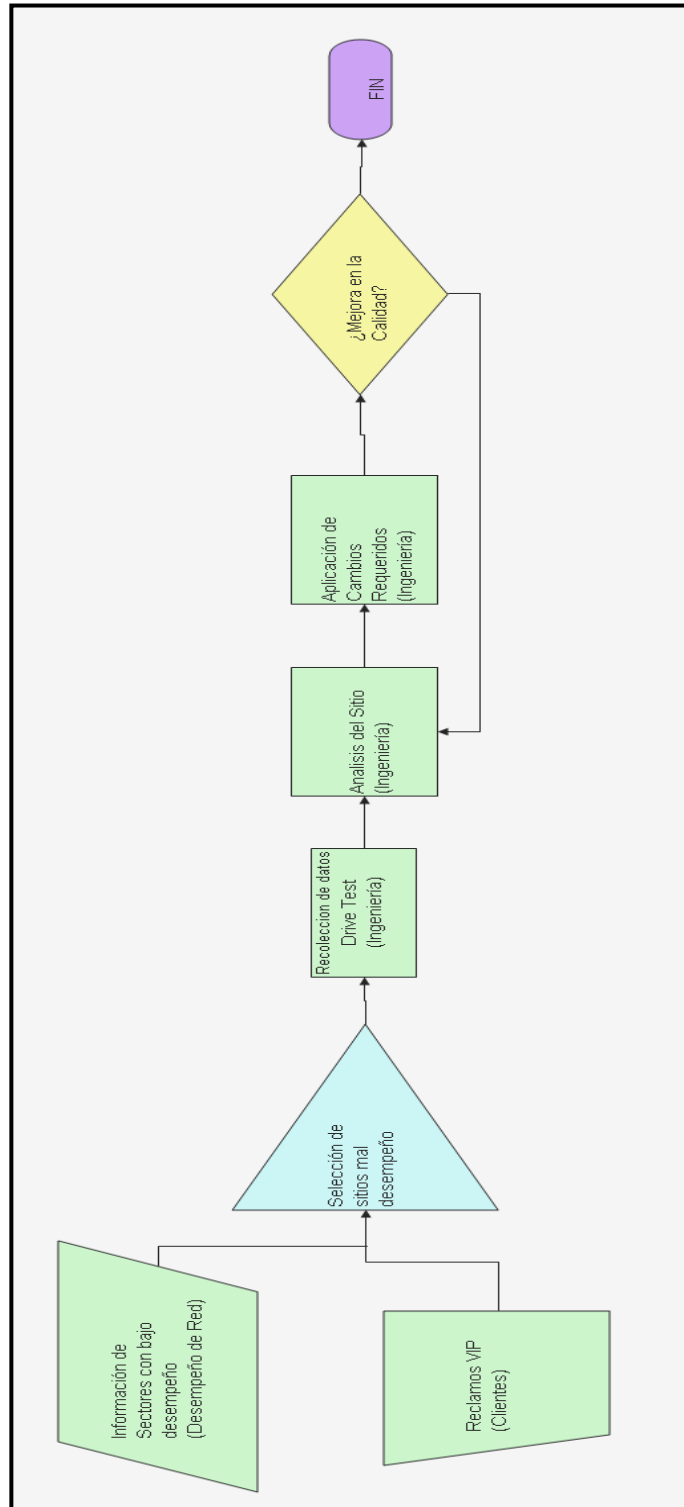


2.3.3 Diagrama de proceso optimización RF (radio frecuencia)

Se tienen establecidos dos canales de retroalimentación para conocer la satisfacción de los clientes, el primero es por el desempeño de la radio-base y el otro es a través de los reclamos realizados por los usuarios.

Un drive test se ejecuta cuando se reciben varios reclamos de usuarios de algún área determinada o se detecta algo anómalo estadísticamente en un grupo de radio-bases y es necesario recolectar información de campo y analizar los datos recolectados y luego del análisis se procede a realizar las acciones correctivas necesarias.

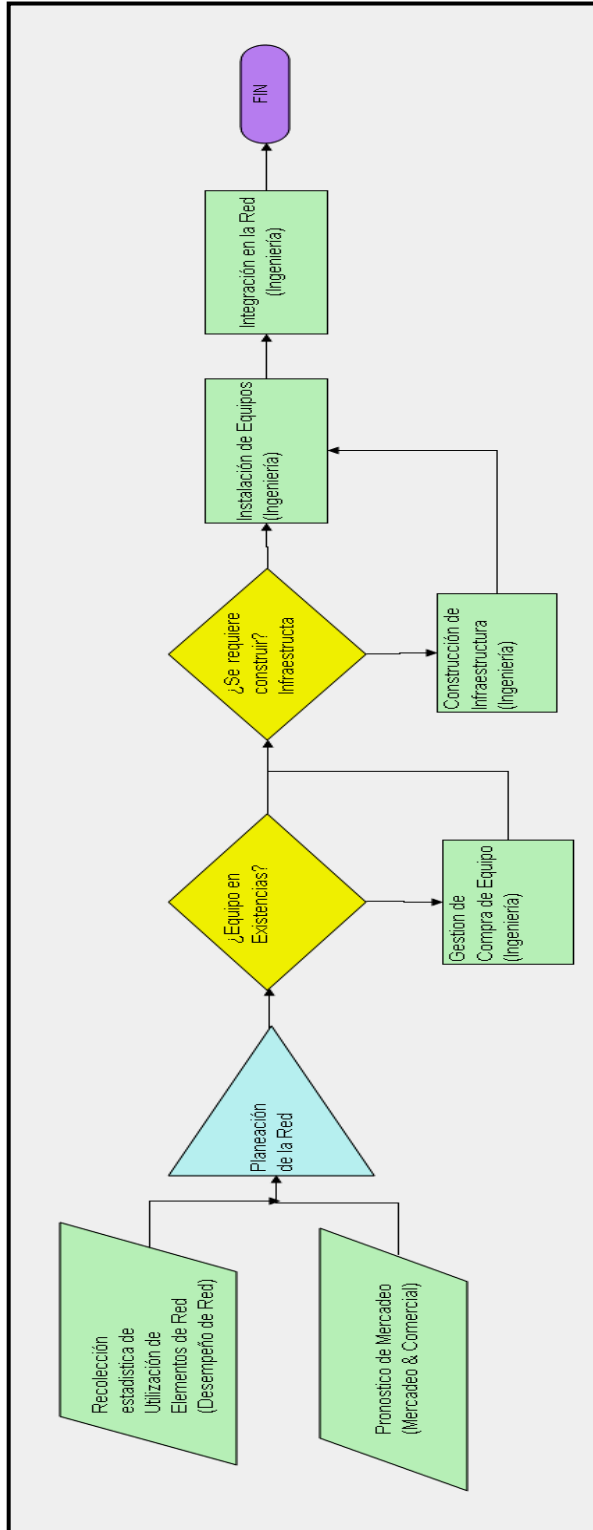
Figura 10. Proceso de optimización de radio frecuencia (RF)



2.3.4 Diagrama de implementación de red

Para realizar implementaciones en la red se fijan ciertas metas, si se necesita ampliar porque los recursos ya no son suficientes para atender la demanda de los usuarios, entonces hay que tener un nivel de referencia, ej., porcentaje de bloqueos de canales de tráfico *TCH*, para poder hacer la solicitud de requerimiento de estos elementos de red, y también para anticipar compra de equipo más costoso se debe tener un pronóstico de tráfico telefónico que estará la red cursando en el futuro, y para eso es necesario tener información de los grupos de ventas que nos podrán informar de cuánto serán las metas de venta para poder estimar el aumento de tráfico telefónico.

Figura 11. Proceso de implementación de red



Estos dos procesos anteriores en el momento de iniciar el estudio se están llevando por separado aunque entre ellos existe una gran relación, pero así fueron definidos al momento de recibir la certificación ISO 9001-2000.

2.4 Requisitos del cliente

En este proceso se tienen varios clientes internos y por supuesto el cliente externo.

- **Clientes internos** Son todos aquellos dentro de la empresa que intervienen en el proceso de brindar una buena calidad servicio celular a los usuarios y de minimizar el tiempo de indisponibilidad de la red misma para que pueda ser utilizada al máximo posible, y requieren de que otras áreas realicen parte del proceso para que ellos puedan continuar con lo que les corresponde.
- **Los clientes externos o usuarios del servicio** Este último es el evaluador de la calidad del servicio celular que se le presta reportando cualquier disconformidad en el servicio siendo entre ellos: Llamadas caídas, ruido en las conversaciones, áreas donde no se puedan generar o recibir llamadas aún cuando la terminal muestre señal.

Para conocer las impresiones de los usuarios del servicio de telefonía móvil celular, indistintamente de la empresa que se los brinde y las prioridades de lo que el cliente espera del mismo, se realizó una encuesta que fue distribuida por correo electrónico y persona a persona. El modelo de la encuesta es el siguiente:

Tabla III. Encuesta para el cliente

ENCUESTA SOBRE EL SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR

Por favor, marque con una X en la casilla correspondiente a su respuesta

Tiene o ha tenido teléfono celular si no

En caso afirmativo, ¿con que operadores ha tenido o tiene servicio de telefonía celular? Comcel PCS Telefónica

Indique si su teléfono celular es de tarjeta o tiene una línea con crédito Prepagado Crédito

A continuación le presentamos 22 características del servicio de telefonía celular que muchos clientes han definido como importantes. Por favor coloque en el cuadro de la derecha de cada una un número de 1 a 22 que indique la importancia que tiene para usted, dejando el 1 para la mas importante y el 22 para la menos importante.

Tener cobertura en las carreteras del país.

Tener Cobertura en las poblaciones del interior del país.

Que las llamadas no se corten o se escuchen con ruido las conversaciones.

Contratos del servicio mas simples y con menos requisitos.

Que el Saldo de mi tarjeta dure mas tiempo.

Poder pagar por el servicio en distintas formas y lugares.

Que existan más y nuevas promociones del servicio.

Tarifas mas bajas por servicio.

Que me atiendan amablemente y sin colas en los centros de Servicio.

Que mis reclamos sean resueltos efectivamente.

Poder bloquear mi teléfono rápidamente si me lo roban.

Poder Comprar Tarjetas prepagadas en donde yo las necesito.

Que me brinden la información que necesito sobre mi servicio.

Que existan mas puntos de atención a clientes.

Que mi celular sea reparado cuando se arruina.

Poder usar mi teléfono en otros países.

Disponer de nuevos servicios multimedia en mi teléfono.

Poder conectarme a la Internet con mi celular.

Recibir Mensajes cortos con información de interés.

Mayor diversidad de teléfonos para elegir.

Poder comprar teléfonos celulares mas baratos.

Coloque de 1 a 5, correspondiendo "1" al servicio mas deficiente y "5" al mejor respecto a las siguientes características de los distintos operadores. Si usted desconoce el servicio de algun operador, puede dejar en blanco la casilla correspondiente a ese operador.

	Claro	Telefónica	Tigo
La mayor cobertura en todo el país	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
La Mayor nitidez en la señal	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
La mejor Tarifa	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Mas promociones	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Atención Personalizada	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Mayor Facilidad de compra de Tarjetas	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Mas servicios de Datos y Multimedia	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Mas facilidades para renovar el teléfono	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Mayor variedad de Teléfonos	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Resolución de Problemas	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Cobertura de Roaming	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Variadas Formas de Pago	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Soporte Técnico	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

2.4.1 Matriz MDF, matriz de despliegue de funciones

El despliegue de la función de la calidad, MDF, es un acercamiento estructurado a definir necesidades o requisitos de cliente y a traducirlos en planes específicos para producir productos para resolver esas necesidades. La voz del cliente es el término para describir éstos indicados y necesidades o requisitos sin especificar del cliente.

La voz del cliente se captura en una variedad de maneras: directo discusión o entrevista, examen, grupo principal, cliente especificación, observación, datos de la garantía, el campo, divulga, etc. Esta comprensión de las necesidades de cliente entonces se resume en una matriz del planeamiento de producto o una casa de la calidad. Estas matrices se utilizan para traducir un nivel más alto, cuál es, o necesita en requisitos del producto del nivel inferior ,cómo es, o características técnicas para satisfacer estas necesidades.

De lo que se ha entendido de los párrafos anteriores y de la encuesta anterior podemos priorizar o dar una ponderación a lo que el usuario considera como más importante y de esta manera tendremos los factores que hacen que un usuario prefiera estar en una compañía u otra. Además se podrá determinar en que puntos una de las 3 empresas esta mejor que otra en los diferentes aspectos cuestionados.

En la matriz de despliegue de funciones se observa que lo que el usuario más valora del servicio es la disponibilidad del mismo, y para que esto ocurra lo que menos se desea es que existan los siguientes fenómenos:

- Llamadas caídas, *Drop Call*
- Bloqueos y fallas de acceso
- Porcentaje de población cubierta
- Porcentaje de carreteras cubiertas

Del lado derecho de la matriz se clasificó, según los usuarios, cómo están posicionadas las empresas en Guatemala de una calificación de 1, malo, hasta 5, excelente.

2.5 Diagrama causa-efecto

2.5.1 Descripción del diagrama causa-efecto

La efectividad de las estrategias de aprendizaje visual para la construcción y comprensión de nuevos conocimientos y para desarrollar habilidades de pensamiento de orden superior, es reconocida por docentes del mundo entero.

La elaboración de diagramas visuales ayuda a los estudiantes a procesar, organizar y priorizar nueva información; de manera que puedan integrarla significativamente a su base de conocimientos previos. Además, les permite identificar ideas erróneas y visualizar patrones e interrelaciones en la información, factores necesarios para la comprensión e interiorización profunda de los conceptos.

Sin embargo, para que la aplicación en el aula de las diferentes estrategias de aprendizaje visual sea realmente efectiva, es necesario tener en cuenta los objetivos de aprendizaje que se desea que los estudiantes alcancen.

Asimismo, cuando el objetivo de aprendizaje es que los estudiantes descubran las causas de un problema o de un suceso, o las relaciones causales entre dos o más fenómenos, el organizador gráfico ideal es un diagrama causa-efecto.

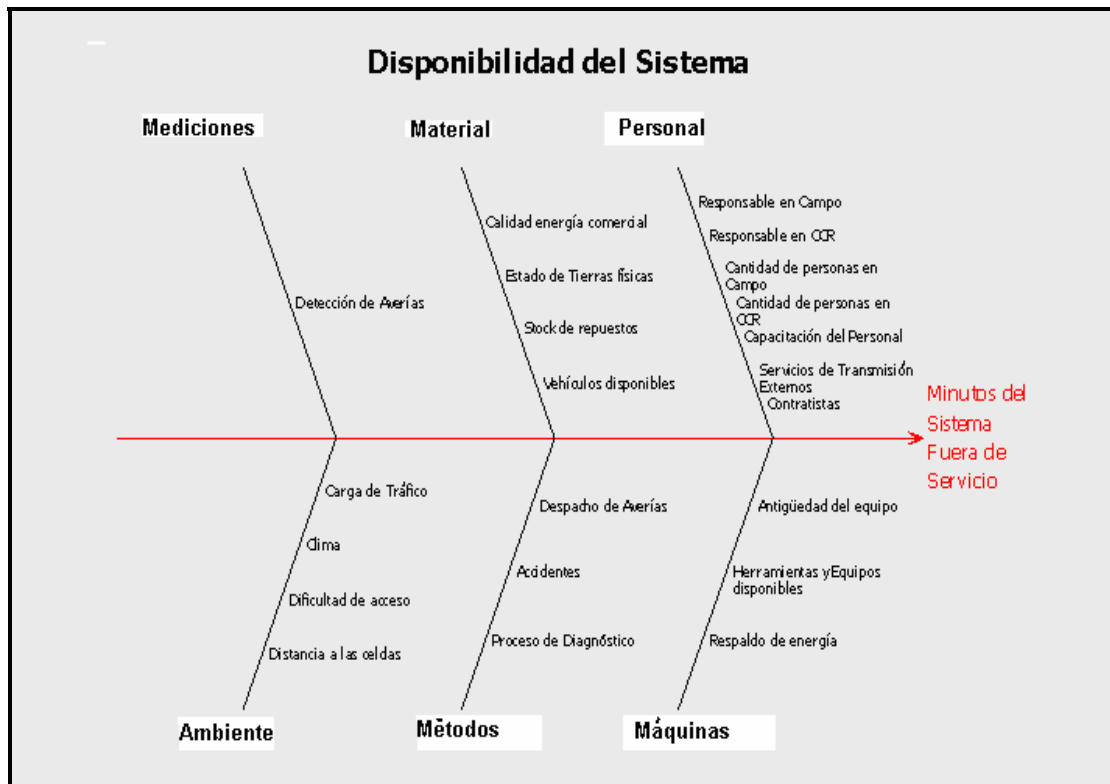
Los diagramas causa-efecto ayudan a los estudiantes a pensar sobre todas las causas reales y potenciales de un suceso o problema, y no solamente en las más obvias o simples. Además, son idóneos para motivar el análisis y la discusión grupal, de manera que cada equipo de trabajo pueda ampliar su comprensión del problema, visualizar las razones, motivos o factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y, organizar planes de acción.

El diagrama causa-efecto es llamado usualmente diagrama de, *Ishikawa*, porque fue creado por *Kaoru Ishikawa*, experto en dirección de empresas interesado en mejorar el control de la calidad; también es llamado, Diagrama Espina de Pescado, por que su forma es similar al esqueleto de un pez: Está compuesto por un recuadro, cabeza, una línea principal, columna vertebral, y 4 o más líneas que apuntan a la línea principal formando un ángulo aproximado de 70°, espinas principales. Estas últimas poseen a su vez dos o tres líneas inclinadas, espinas, y así sucesivamente, espinas menores, según sea necesario.

2.5.2 Diagrama causa-efecto de la disponibilidad del sistema

En el párrafo anterior se describió brevemente en que consiste un diagrama causa-efecto, y para la disponibilidad del sistema se tienen que los motivos que causan esta indisponibilidad son: mediciones o monitoreos, materiales, personal, condiciones climatológicas o medio ambiente, métodos y máquinas y también otros elementos que afectan directamente a los anteriores tales como: detección de alarmas, repuestos en existencia o calidad de los mismos, responsable del sitio o radio base, capacitación de las personas que atienden las radio bases, clima en cada estación del tiempo, tipo de acceso al sitio, tipo de camino, antigüedad del equipo, respaldo de energía etc., los demás elementos se observan en el cuadro siguiente:

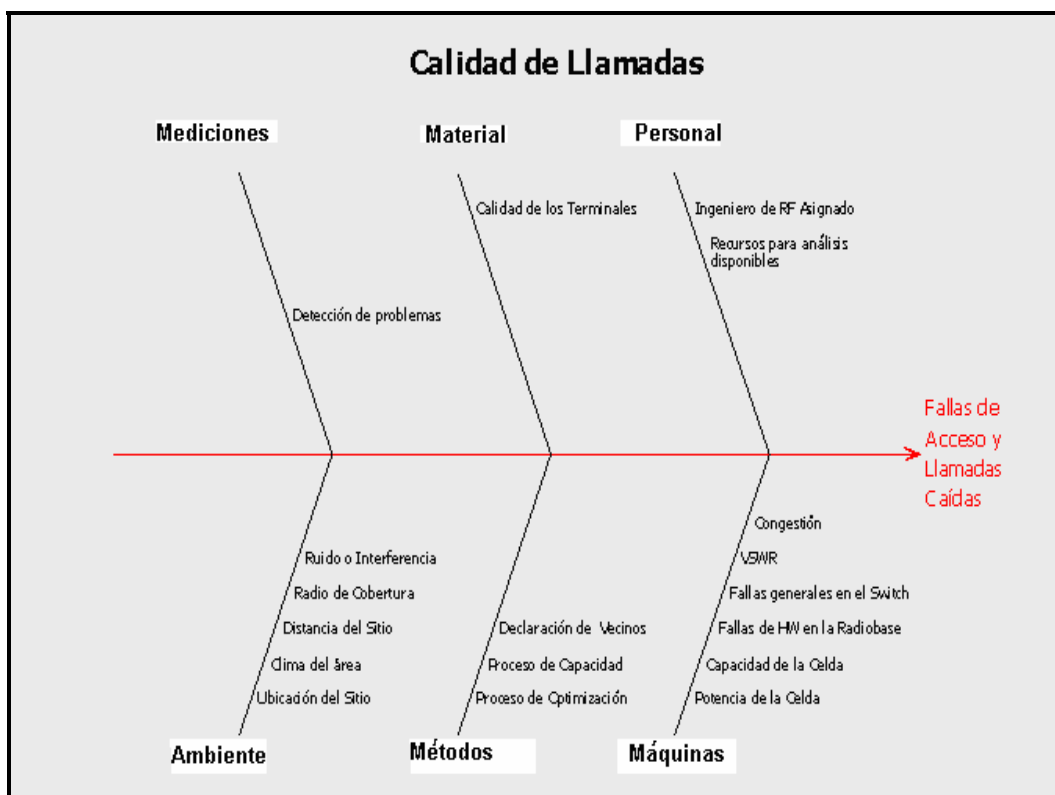
Figura 13 Diagrama causa-efecto de disponibilidad



2.5.3 Diagrama causa-efecto de la calidad de las llamadas

Para la calidad de las llamadas se tiene que los principales eventos que afectan las mismas son principalmente: fallas de acceso y llamadas caídas y de éstas se desprenden la detección de problemas a tiempo, calidad de terminales, ingenieros de optimización de radiofrecuencia, recursos disponibles para atacarlos, capacidad de los elementos de red, radio de cobertura de las radio bases, distancia de las radio bases a los usuarios, declaración de vecindades, los procesos de calidad de ataque para estos problemas, fallas de *Hardware*, fallas de *Software*, potencia de salida de las celdas, etc.

Figura 14 Diagrama causa-efecto de calidad de llamadas



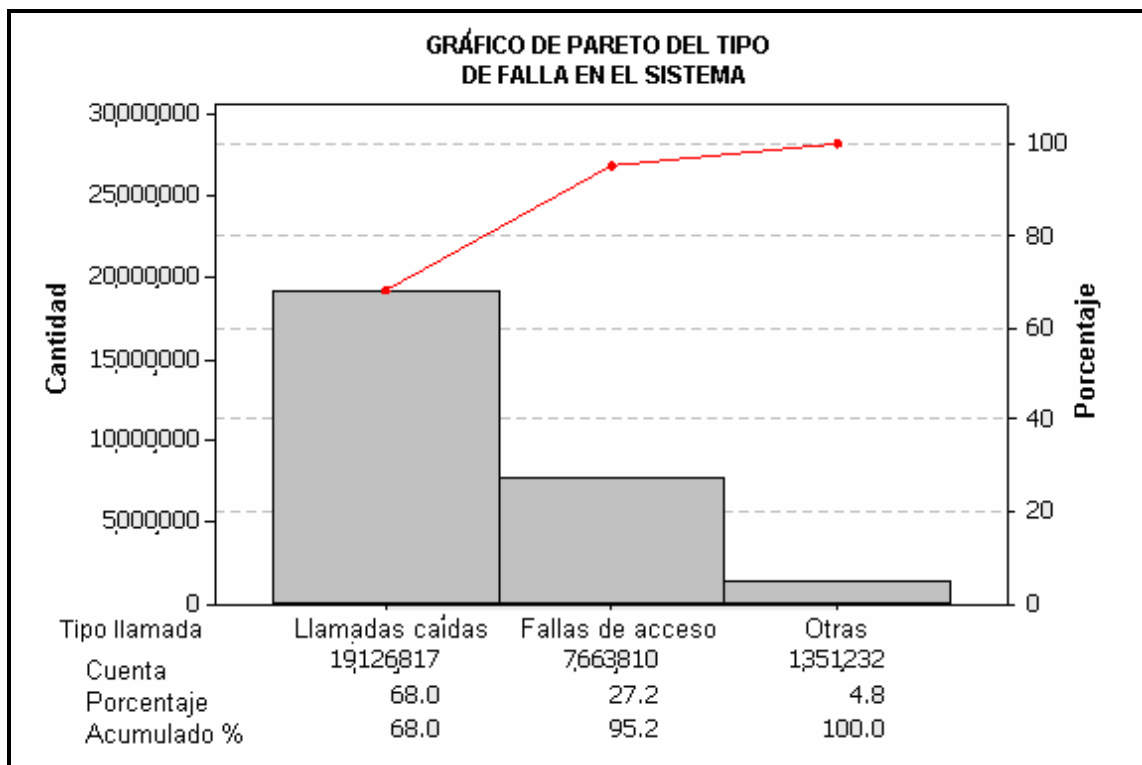
3 DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Evaluación de costos actual de la empresa

En esta parte del capítulo se evaluará la condición de la empresa con respecto a fallas y a los minutos que pasa una radio-base fuera de servicio (*outages*), y las pérdidas económicas que se derivan de estas condiciones no deseadas.

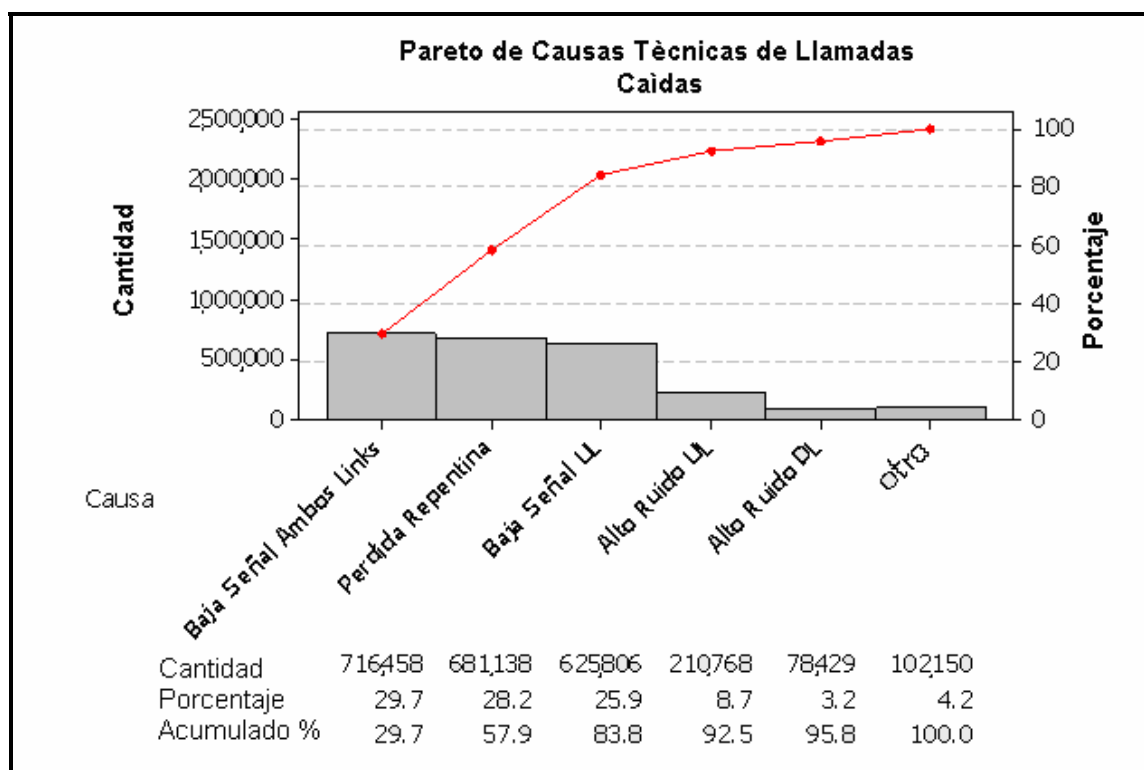
En la gráfica posterior se observa la incidencia de cada uno de los factores sobre el la calidad de las llamadas que se realizan.

Figura 15. Tipo de fallo de llamada



Se puede observar que las llamadas caídas son las que más inciden sobre la calidad de la red y son el objetivo principal a atacar seguido de las fallas de acceso y bloqueos.

Figura 16. Causas de llamadas caídas



Analizando la gráfica anterior, se puede observar que el nivel de señal es la primera causante de llamadas caídas, la cual se puede dar por entrar a lugares con difícil penetración de señal, sótanos, elevadores, o construcciones muy robustas, y también por estar muy alejados de los sitios celulares.

Desde el punto de vista del cliente la anterior gráfica se interpreta de la siguiente manera:

- **Baja señal en ambos *links*** Es cuando el usuario está alejándose de la radio base, la potencia es débil tanto de la radio base a la terminal como de la terminal a la radio base, está saliendo de cobertura.
- **Pérdida repentina** Este fenómeno sucede en áreas dentro de cobertura, se cae la llamada porque no hay vecindades o colindancias declaradas, parámetros a nivel de *software* no está bien definidos, o interferencia de otras radio bases.
- **Baja señal en *up link*** El usuario está transmitiendo con señal muy débil, puede ser un problema de terminal defectuosa.
- **Alto ruido en el *uplink*** Se puede dar por una gran cantidad de usuarios que están tratando de realizar una llamada en un solo sector de la radio base o hay equipos transmisores que interfieren con la frecuencia de trabajo de la radio base.
- **Alto ruido en el *downlink*** El usuario no escucha con claridad, se escucha interferencia o mucho ruido.
- **Otros** Aquí podemos mencionar varios casos, por ejemplo que el teléfono se caiga de las manos del usuario cuando conversa y se apague del impacto, también cuando está hablando se termine la carga de la batería etc.

El desempeño de la empresa en lo que a calidad de llamadas se refiere, porcentaje de llamadas caídas, porcentaje de fallo de llamadas, trae consigo una disminución de ingresos producto de las que se completaron pero no

llegaron a terminar en un tiempo normal y las que no se pudieron originar y se perdieron sin que existiera un nuevo intento.

Los no ingresos por estas fallas se pueden representar de la siguiente fórmula:

$$\% \text{Tráfico Perdido} = \frac{(1 * F \text{ acc}) + (0.5 * \text{Drop Call}) \text{ Tráf. Indisponible}}{\text{Tráf. Total} + (1 * F \text{ acc}) + (0.5 * \text{Drop Call}) \text{ Tráf. Indisponible}} \quad (3.1)$$

En dónde:

% Tráfico perdido. Tráfico que no se cursó y por lo tanto no se cobró

F acc. Fallas de acceso, intentos de llamadas que no se lograron completar.

Drop Call. Llamadas caídas, llamadas que ya estando establecidas se interrumpieron por alguna causa anómala.

Tráf. Total. Tráfico cursado sin ningún problema.

Tráf. Indisponible. Tráfico que dónde habiendo un sitio de la empresa no se pudo cursar porque el sitio estaba fuera de servicio.

Las causas anteriores si no se logran controlar pueden ir en aumento y por lo tanto en una considerable disminución de ingresos y deterioro de la calidad del servicio ante la percepción del usuario y decida cambiar sus servicios a otro operador.

Para tener una idea de la situación de la empresa al inicio del proyecto se dio una descripción de las causas que generan la mala calidad de la red y se presentó un histograma que muestra el porcentaje de fallas y llamadas caídas, refiérase a la figura 5.

3.1.1 Radio-bases fuera de servicio

Una radio-base puede quedar fuera de servicio por las razones descritas en el capítulo anterior y que haremos un pequeño recordatorio en éste:

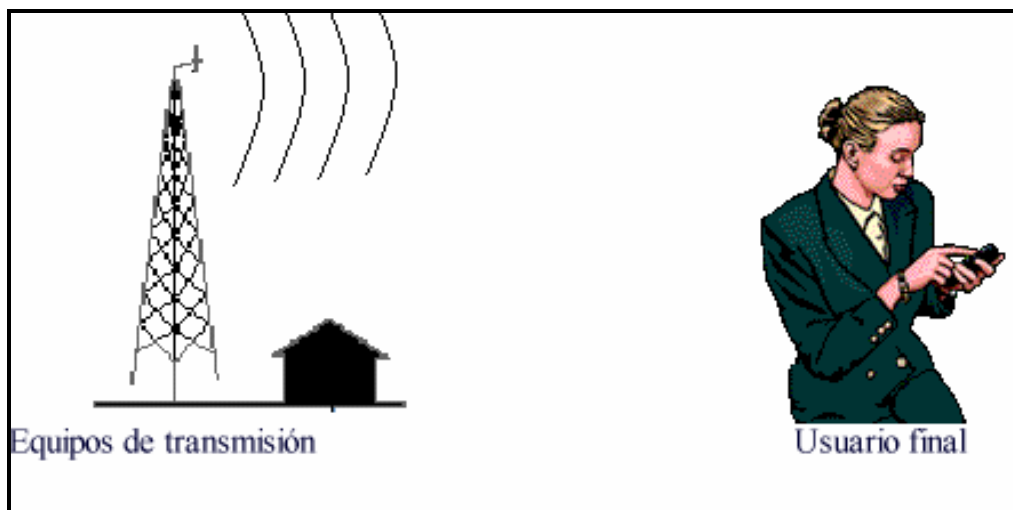
- Fallo de energía eléctrica
- Falla temporal del medio de transmisión
- Parte del *hardware* averiado

El tiempo que este fuera de servicio una radio-base también esta determinada por la distancia que el Ingeniero de campo se encuentre de ésta.

3.1.2 Fallas de optimización en la red existente

Las fallas de optimización en la red existente se pueden clasificar en dos básicamente: a) fallas de acceso al sistema y b) llamadas caídas dentro del sistema.

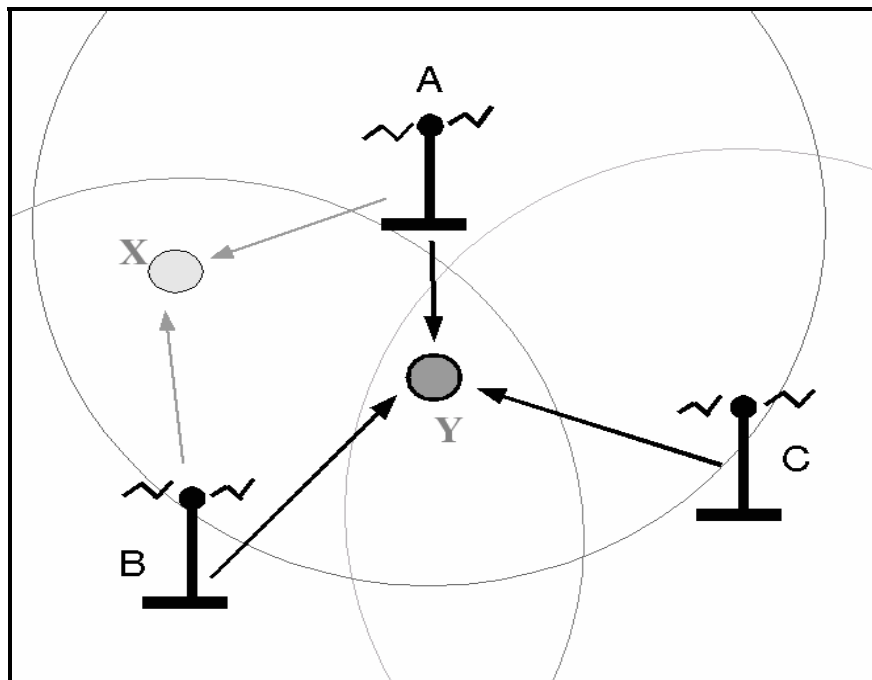
Figura 17. Usuario de telefonía móvil



Las fallas de acceso son aquellas que aún cuando el teléfono celular muestra que si hay señal, al oprimir, *send*, la llamada no logra establecerse simplemente puede salir un mensaje de, La llamada falló, no hay red disponible, inténtelo de nuevo, o envía tonos audibles que nos indica que la llamada no se logro establecer.

Las llamadas caídas o también llamadas, *Drop Call*, son aquellas que ya habiéndose establecido por alguna razón no normal la llamada se interrumpe o se, cae, como comúnmente se le llama, ésta es una situación dónde ninguno de los usuarios que participan en la llamada, usuario origen y el usuario destino, ha dado por finalizada la llamada.

Figura 18. Celdas colindantes



Las llamadas caídas se pueden dar por las siguientes razones:

- No declaración de colindancias (o vecindades)
- Alta interferencia por frecuencias propias o externas
- Pobre cobertura en el área
- Mala calidad de las terminales, etc.

Todas estas fallas representan disminución en los ingresos de la empresa que si se pueden eliminar o disminuir los ingresos aumentarán debido a que habrán más llamadas establecidas y las que ya se lograron establecer tienen gran probabilidad de durar varios minutos.

3.2 Análisis costo-beneficio de la implementación del sistema seis sigma dentro de la empresa.

El cuadro que se presenta a continuación de éste párrafo se muestran los costos de la mala calidad que se tienen si no se realizan las medidas necesarias para reducirlas o eliminarlas. Los cálculos se han realizado tomando en cuenta el valor por minuto de la llamada, porcentaje de llamadas entrantes y salientes y el número de fallas que ocurren diariamente en el sistema.

Tabla IV. Análisis financiero y ahorro esperado a finales del proyecto

RESULTADOS ESPERADOS (%Fallas)	2.0%		1.8%		1.6%		1.4%		1.2%		1.0%		1.0%		Total
	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07								
Proyectado															
Sin Proyecto Six Sigma															
Minutos sin servicio por fallas de acceso GT	630946	630946	630946	630946	630946	630946	630946	630946	630946	630946	630946	630946	630946	630946	4416623
Minutos sin servicio por llamadas caídas GT	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	1036831	7257817
Minutos sin servicio por outages Gt	101565	101565	101565	101565	101565	101565	101565	101565	101565	101565	101565	101565	101565	101565	710956
bajas por mala señal Postpago	246	492	738	984	1230	1476	1722	2068	2314	2560	2806	3052	3298	3544	6888
bajas por mala señal Pre pago	3200	9600	16000	22400	28800	35200	41600	48000	54400	60800	67200	73600	80000	86400	156800
ARPU Post Pago	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	
ARPU Prepago	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	
Precio minuto GT	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058
Costo de la mala calidad sin proyecto	\$137,781	\$205,474	\$273,161	\$340,851	\$408,541	\$476,231	\$543,921	\$611,611	\$679,301	\$746,991	\$814,681	\$882,371	\$950,061	\$1,017,751	\$2,385,957
Con Proyecto Six Sigma															
Minutos sin servicio por fallas de acceso GT	630946	567852	504757	441662	378568	315473	252378	189283	126188	63094	0	0	0	0	3154731
Minutos sin servicio por llamadas caídas GT	1036831	933148	829465	725782	622099	518416	414733	310850	207167	103683	0	0	0	0	5184155
Minutos sin servicio por outages Gt	101565	91409	81252	71096	60939	50783	40627	30470	20313	10156	0	0	0	0	507826
bajas por mala señal Postpago	246	467	686	901	1112	1317	1522	1727	1932	2137	2342	2547	2752	2957	507826
bajas por mala señal Pre pago	3200	8960	14649	20249	25735	31068	36401	41688	47021	52354	57687	63020	68353	73686	37468
ARPU Post Pago	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	
ARPU Prepago	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	
Precio minuto GT	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058	\$0.058
Costo de la mala calidad con proyecto	\$137,781	\$188,493	\$238,453	\$287,472	\$335,283	\$381,482	\$427,281	\$472,680	\$517,679	\$562,278	\$606,477	\$650,276	\$693,675	\$736,674	\$2,018,137
AHORRO PROYECTADO	\$0	\$116,978	\$34,708	\$53,379	\$73,258	\$94,749	\$114,640	\$134,531	\$154,422	\$174,313	\$194,204	\$214,095	\$233,986	\$253,877	\$387,820

La cantidad que se muestra en ahorro por la mala calidad es considerable, tomando en cuenta que el grupo de trabajo seis sigma trabaja paralelamente a sus actividades normales diarias, y además que la calidad del servicio que se presta aumenta y deberá ser sensible a los usuarios porque notarán que las llamadas se establecen con más frecuencia sin recibir esos molestos avisos y más llamadas se completarán y finalizarán hasta que los usuarios así lo deseen.

Los costos son mínimos porque en este proyecto el objetivo principal es que determinando las fallas potenciales de la mala calidad la fuerza de trabajo diaria sea enfocada a atacarlos directamente y no tomar los recursos disponibles y asignarlos de forma rutinaria sin el estudio previo.

3.3 Análisis de variables de entrada, condición inicial

Para poder tener una visión general de todos los problemas que tenemos en la red fue necesario reunirse para realizar una lluvia de ideas y así analizar todas estas variables o problemas encontrados que después de analizarlos uno a uno podremos saber cuáles son de bastante utilidad y cuáles no representan problemas serios o que no sea necesario dedicarles tiempo para atacarlos.

Tabla V. Matriz VSM, causas de la mala calidad

Matriz		VSM	Y= D.C + Disp + Fallas Acc	
		Disponibilidad	Drop Call	Fallas
1	Distancia a las celdas		Colindancias	Capacidad BSC
2	Calidad energía comercial (areas)		Fallas Tx	Congestión radio
3	Respaldo de energía		Nivel interferencia	Interferencia
4	Tierras físicas		Congestion	Radio de cobertura
5	Ubicación del sitio		Radio Cobertura	Tráfico
6	Buen diagnóstico		Tráfico (reuso de frecuencias)	Altura de antena
7	Stock de repuestos		Falla HW en BTS	Falla HD (Radiobases)
8	Personal de turno		Falla SW en BTS	VSWR
9	Responsable en CCR		Calidad de Terminales	zona geográfica
10	# personal de turno		Morfología del área	Calidad de Terminales
11	# de personas en CCR		VSWR	Clima
12	Vehículos disponibles		Clima	
13	Herramientas y Equipos disponibles			
14	Clima			
15	Accidentes			
16	Tráfico			
17	Capacitación			
18	Tx Externo			
19	Proveedor del servicio			
20	Antigüedad del equipo			

3.4 Definición del modelo matemático de las variables del sistema

Para poder medir la calidad y la disponibilidad de la red se tiene actualmente planteado un modelo matemático sencillo fácil de evaluar, vamos a tomar como un valor perfecto el 100% de la disponibilidad y calidad de la red y a esto le restamos sencillamente el porcentaje de las fallas que se identifiquen estadísticamente:

$$100\% - (\% D.C + \% F.A + \text{indisponibilidad (outage)}) = \text{Disponibilidad Total} \quad (3.2)$$

Dónde:

D.C = *Drop call* , (llamada caída)

F.A = Fallas de acceso o bloqueos

Indisponibilidad (*Outage*)= tiempo fuera de servicio por cualquier motivo.

De esta sencilla fórmula vamos a saber que porcentaje de calidad se le está ofreciendo a los usuarios, la fórmula anterior no toma en consideración otra cantidad de variables que también están incluidas dentro de ella y que serán estudiadas en este capítulo posteriormente. Al inicio del proyecto se están midiendo estas variables independientemente con valores de 2% de llamadas caídas y cerca del 1.25 % de fallas de acceso. El valor objetivo es que las llamadas caídas estén al 1% o por debajo de este valor y al igual que las fallas de acceso que se reduzcan al 0.50%, es decir tratar de bajar las fallas de mala calidad en un 50%.

3.5 Determinación de oportunidades de mejora basados en el *FMEA* (*Failure Mode and Effects Analysis*)

El *FMEA* es una matriz utilizada para evaluar distintas funciones del proceso, detectar los modos de falla que en esa función pueden reflejarse, la severidad de las fallas, sus causas potenciales, niveles de ocurrencia y controles existentes y su efectividad.

Conocida también como AMFE, es una metodología que permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, tratando de identificar los fallos potenciales que presenta su diseño y, por tanto, tratando de prevenir problemas futuros de calidad. Se aplica por medio del estudio sistemático de los fallos. El estudio tiene como objetivo la corrección de los diseños para evitar la aparición de los fallos, estableciendo en lo necesario, un

plan de control dimensional, como resultado del estudio de los fallos y su corrección en lo que sea necesario para evitar la aparición de los mencionados fallos.

Tabla VI. Matriz FMEA, fallas potenciales y análisis de sus efectos

Matriz FMEA (Potencial Failure and Effects Analysis)							
Función	Modo de Falla Potencial	Efectos de la Falla	Sev	Detección	Causas Potenciales de Falla	Prob	
						RPN	Acciones Recomendadas
Generar una llamada	No hay cobertura	Cliente molesto, no intenta de nuevo	9	5	No hay servicio en el área	4	Proponer nuevos sitios de cobertura.
	La red está congestionada	Intenta varias veces hasta conseguir conectarse			Mala configuración de parámetros para acceso		Ampliar la capacidad de la red
	No hay disponibilidad	Busca teléfono de la competencia			Falta de Energía eléctrica		Prever con contáctistas una atención más rápida a sitios sin combustible.
					moto-generadores sin combustible		
					Equipos en mal estado en la central de conmutación		Detectar elementos en mal estado y reemplazarlos
Esta en una conversación	Se escucha ECO	Corta la llamada vuelve a intentar hacer otra llamada	10	8	Colindancias no declaradas	6	Declaración de colindancias
	Se le cae la llamada en movimiento	Intenta de nuevo y manda reclamo a atención al cliente			Falta de movimientos físicos en las celdas para que no interieran		Realizar movimientos físicos
	Se le cae la llamada en un solo lugar	No esta feliz con la calidad			fallan parámetros lógicos en BTS		Revisión de parámetros lógicos y de ser necesario configurarlos
					Esta en un lugar de difícil penetración de la señal		Atención personalizada a problema
					Se encuentra en borde de cobertura		Instalar equipo amplificador que ayude a tener una mejor recepción de la señal.
En espera de una llamada	Entran solo mensajes	Puede haber perdido llamadas muy importantes o urgentes	8	3	Problemas en la base de datos	2	Actualizar al momento de vender el servicio si hay cobertura o no.
	Entra y sale de servicio la terminal						
	Intentan llamarlo más de una vez						

Con la información recopilada en la matriz anterior el mayor valor ponderado lo tiene que ya habiendo establecido una llamada ésta se caiga, se escuche eco y se tenga que volver a generar la llamada. La segunda ponderada es el generar una llamada y ésta no pueda ser completada por las razones descritas dentro de la matriz. En la primera columna de la derecha están las acciones recomendadas para minimizar los efectos de las fallas.

Para encontrar la correlación de las variables de entrada que se encontraron en la matriz VSM con los parámetros globales vamos a realizar la prueba de hipótesis para ellas.

3.6 Prueba de hipótesis

La segunda etapa de un proyecto de seis sigma es el análisis de toda la información recolectada del proceso que se busca mejorar. La primera fase del análisis es la de las hipótesis que tiene como objetivo buscar diferencias significativas entre variables que afectan el proyecto de mejora para saber si se merece que sus efectos sean estudiados por aparte o si los datos pueden ser analizados sin hacer mayores distinciones. Dentro de esta etapa de hipótesis se procedió a la comprobación de algunos planteamientos, como paso previo a la determinación de un modelo matemático final de disponibilidad de la red.

Pasos a seguir:

1. Reunir los datos a analizar
2. Plantear la hipótesis Nula y Alternativa

HO: Hipótesis nula, No existe diferencia entre datos A y B

HA: Hipótesis alternativa, Si existe diferencia entre datos A y B
Si existe al menos 1 diferencia entre A y B

Si *P-value* es mayor a 0.05 No existe diferencia significativa entre... No rechazo
Ho

Si *P-value* es menor a 0.05 Si existe diferencia significativa entre... No
rechazo Ha

Para realizar estas pruebas de hipótesis se hizo uso del *software Minitab*, que es una herramienta estadística.

Prueba de hipótesis 1

Hipótesis: Cantidad de sitios asignadas a un ingeniero y su disponibilidad

Ho: La disponibilidad no esta afectada por la cantidad de celdas asignadas a cada Ingeniero para mantenimiento preventivo.

Ha: La disponibilidad esta afectada por la cantidad de celdas asignadas a cada ingeniero para mantenimiento preventivo.

Resultado

Correlación de *Pearson* de Celdas y Disponibilidad = -0.183

P-Value = 0.497

R// La disponibilidad no depende del número de celdas asignadas para mantenimiento preventivo

Prueba de hipótesis 2

Hipótesis: Disponibilidad del sitio dependiendo de la cantidad asignada a cada ingeniero para mantenimiento correctivo.

Ho: La disponibilidad no esta afectada por la cantidad de celdas asignadas a cada grupo de ingenieros para mantenimiento correctivo.

Ha: La disponibilidad esta afectada por la cantidad de celdas asignadas a cada grupo de Ingeniero para mantenimiento correctivo.

Resultado

Correlación de *Pearson* de disponibilidad y celdas= -0.313

P-Value = 0.687

R// Eliminando una región anormal, la disponibilidad si depende del número de la razón de celdas por Ingeniero para el mantenimiento correctivo.

La gráfica siguiente muestra la variabilidad que tiene la disponibilidad de sitios asignada a cada ingeniero, donde en algunos casos se tienen pocos sitios bajo responsabilidad y la disponibilidad esta baja mientras que por otro lado se tienen varios sitios asignados y la disponibilidad es alta.

Figura 19. Disponibilidad de grupo de radio bases por ingeniero

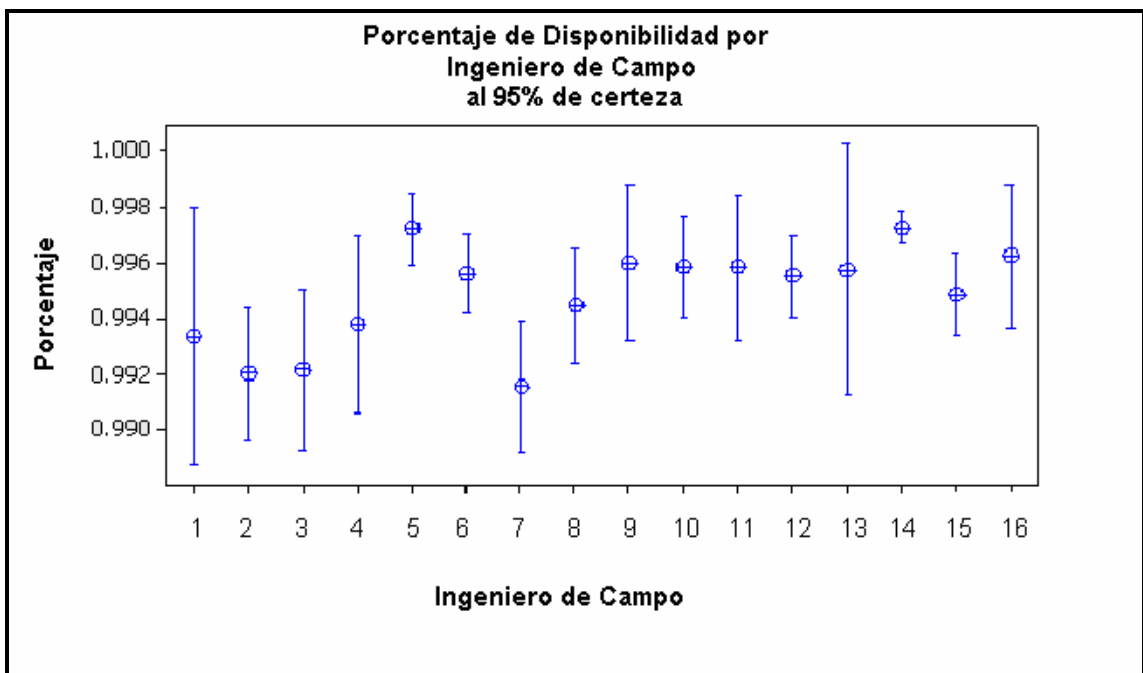
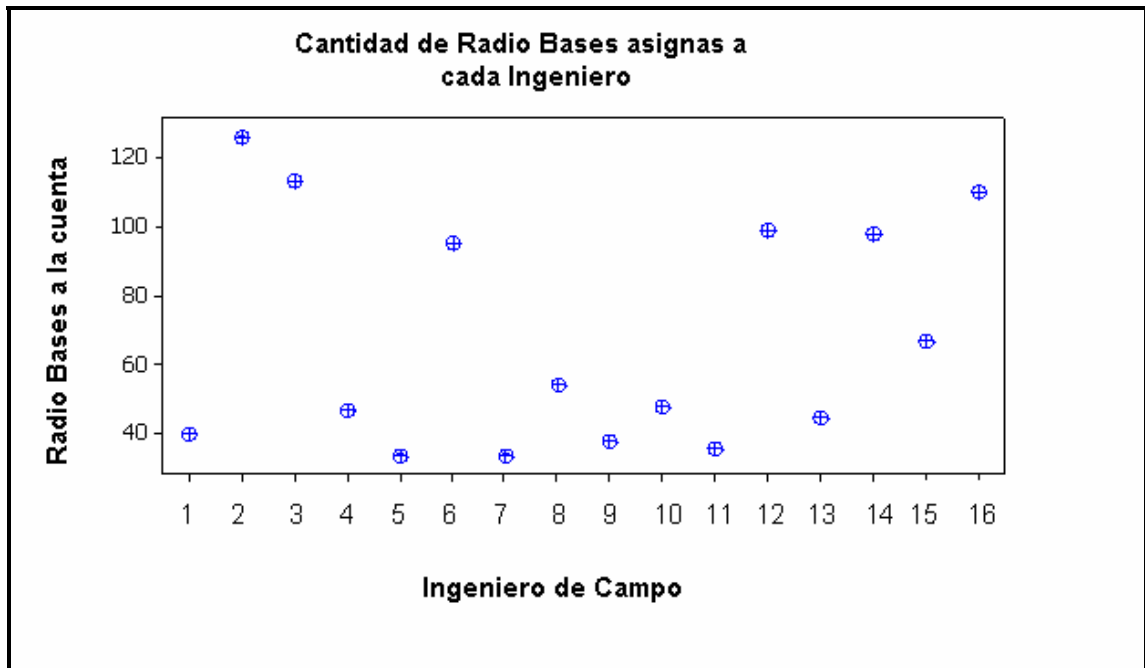


Figura 20. Cantidad de celdas por ingeniero responsable



Prueba de hipótesis 3

Hipótesis: Disponibilidad del sitio dependiendo de la distancia a su regional

Ho: La disponibilidad no esta afectada por la distancia de las celdas hacia el centro regional mas próximo

Ha: La disponibilidad esta afectada por la distancia de las celdas hacia el centro regional mas próximo

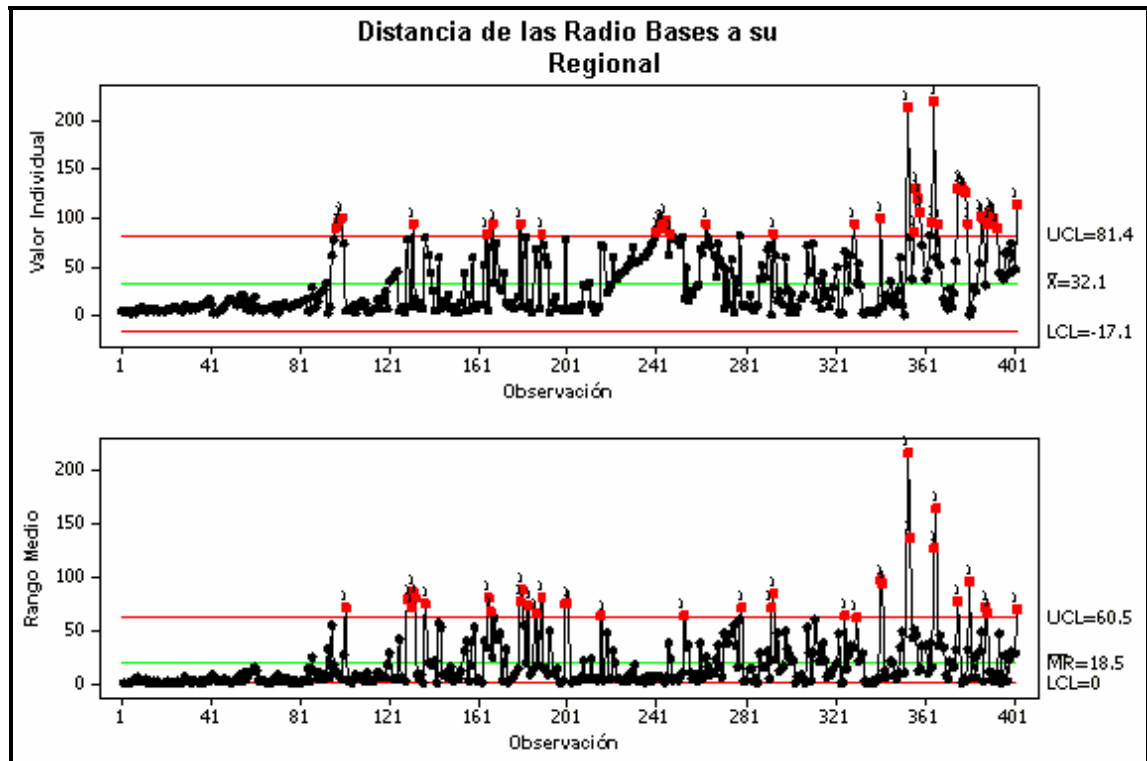
Resultado

Correlación de Pearson de disponibilidad y distancia = -0.060

P-Value = 0.231

R// Se descarta la hipótesis alterna, la disponibilidad no depende de la distancia del sitio a la regional correspondiente.

Figura 21. Distancia de la radio base a su regional



Prueba de hipótesis 4

Hipótesis: La disponibilidad de un sitio depende de su sistema de tierra

H₀: La disponibilidad de un sitio no depende de su sistema de tierras

H_a: La disponibilidad de un sitio si depende de su sistema de tierras

Resultado

Correlación de *Pearson* para medición del sistema de tierras y disponibilidad = -0.027

P-Value = 0.747

R// No existe correlación o dependencia de los sitios de su sistema de tierras.

Figura 22. Medición de tierras físicas de radio bases

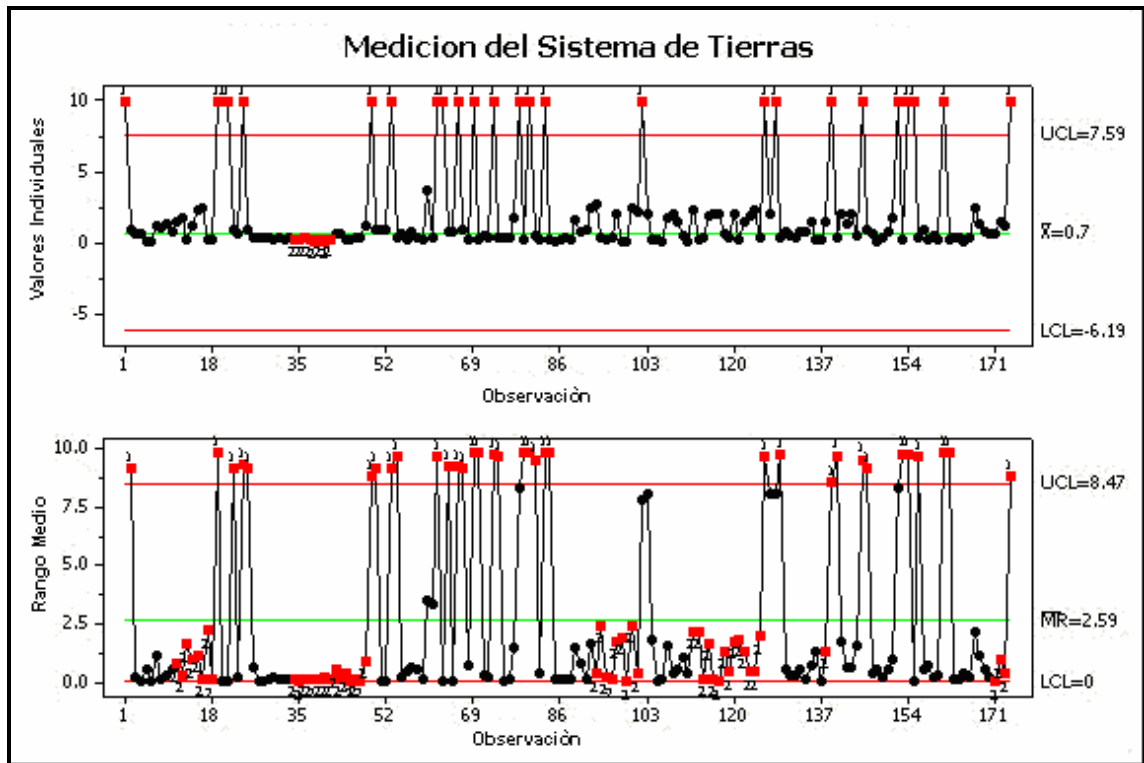
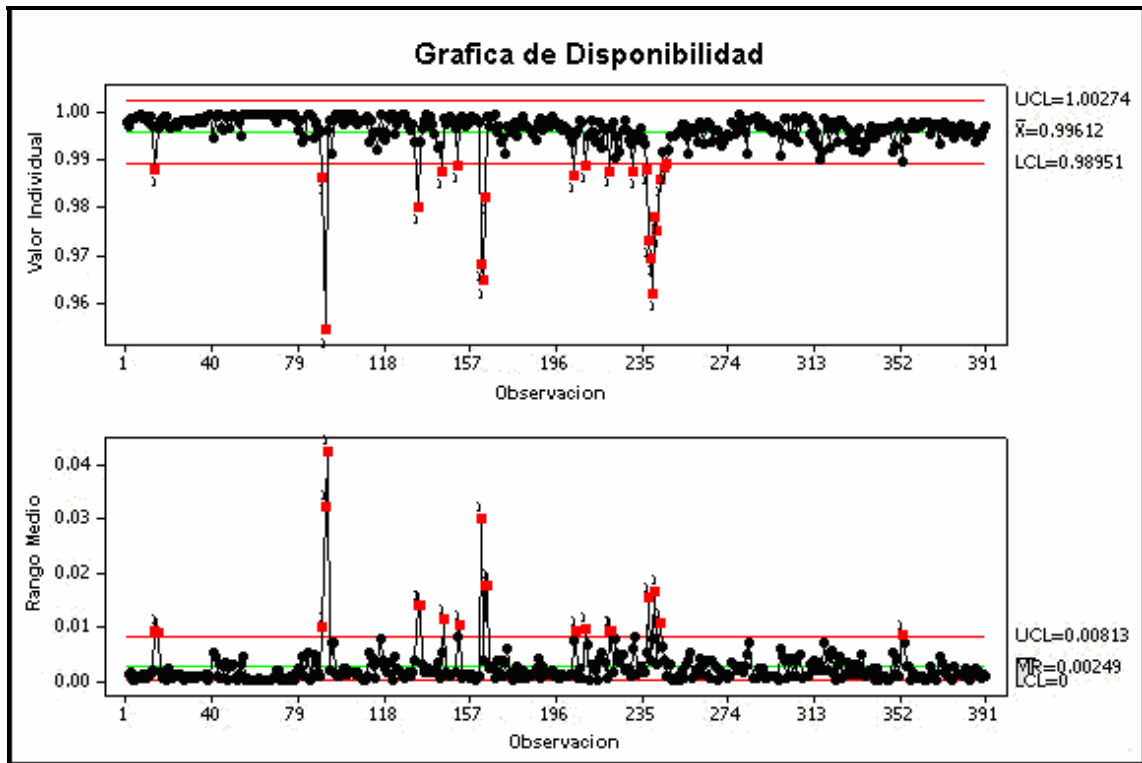


Figura 23. Disponibilidad por radio base



Prueba de hipótesis 5

Hipótesis: El radio de cobertura de las radio bases afecta las llamadas caídas.

H₀: El Porcentaje de llamadas caídas generales esta afecto por el radio de las Celdas

H_a: El porcentaje de llamadas caídas generales no esta afecto por el radio de las celdas.

Resultado

Correlación de *Pearson* para *drop call* y radio de cobertura = 0.417

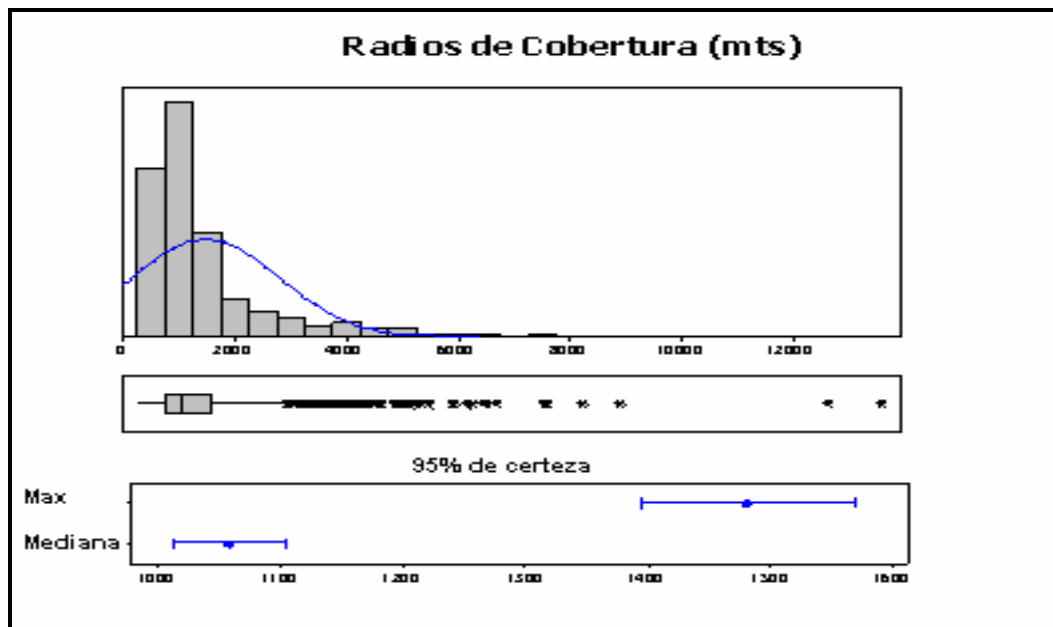
P-Value = 0.000

Ecuación de regresión

$$\text{Drop Call} = 0.675 + 0.000548 \text{ radio de cobertura}$$

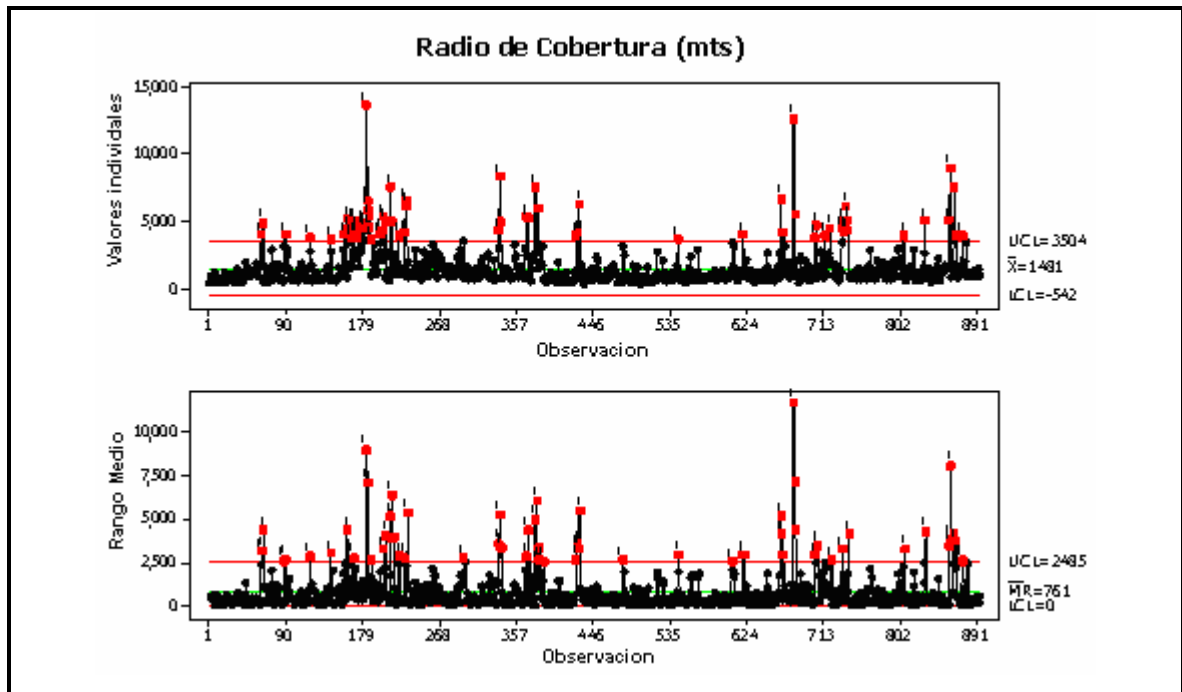
R// Se descarta la hipótesis nula, si existe correlación entre el radio de cobertura y las llamadas caídas.

Figura 24. Radio de cobertura vrs llamadas caídas



En la gráfica anterior se observa que el mayor número de llamadas caídas se dan a un radio menor de 1,480 metros lo cual nos puede indicar que es en zonas urbanas.

Figura 25. Radios de cobertura por radio base



Prueba de hipótesis 6

Hipótesis: Las llamadas caídas repentinas están afectadas por el radio de cobertura.

H₀: El porcentaje de llamadas caídas repentinas esta afecto por el radio de las celdas

H_a: El porcentaje de llamadas caídas repentinas no esta afecto por el radio de las celdas

Resultado

Correlación de *Pearson* de llamadas caídas repentinas y radio de cobertura = 0.002

P-Value = 0.799

R// Se descarta la hipótesis alterna, no existe correlación entre el *drop call* repentino y los radios de cobertura.

Prueba de hipótesis 7

Hipótesis: Afecta la baja señal las el porcentaje de llamadas caídas.

Ho: El porcentaje de llamadas caídas por baja señal esta afecto por el radio de cobertura de las celdas

Ha: El porcentaje de llamadas caídas por baja señal no esta afecto por el radio de cobertura de las celdas

Resultado

Correlación de *Pearson* para % llamadas caídas por baja señal *BW* y radio de cobertura = 0.536

P-Value = 0.000

R// Se descarta la hipótesis nula, si existe correlación entre el radio de cobertura y el *drop call*.

Prueba de hipótesis 8

Hipótesis: El porcentaje de llamadas caídas es mayor en el área urbana.

Ho: El porcentaje de llamadas caídas es mayor en zonas urbanas

Ha: El porcentaje de llamadas caídas no es mayor en zonas urbanas

Resultado

Mann-Whitney Test and CI: DC total_urban, DC total_rural

N median

DCTotal_urban 14808 0.00877

DCTotal_rural 13822 0.00841

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.00045

95.0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0.00029,0.00060)

W = 216186692.0

Test of ETA1 = ETA2 vs. ETA1 > ETA2 is significant at 0.0000

The test is significant at 0.0000 (adjusted for ties)

R// Se descarta la hipótesis nula, si existe diferencia entre el *drop call* en el área rural y el área urbana.

Prueba de hipótesis 9

Hipótesis: En las zonas urbanas es mayor el porcentaje de llamadas caídas repentinas

Ho: El porcentaje de llamadas caídas repentinas es mayor en zonas urbanas

Ha: El porcentaje de llamadas caídas repentinas no es mayor en zonas urbanas

Resultado

Mann-Whitney Test and CI: DC_Repentinas_Urban, DC_Repentinas_Rural

N Median

DC_Repentinas_Urban 14808 0.00260

DC_Repentinas_Rural 13822 0.00197

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.00062

95.0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0.00058,0.00066)

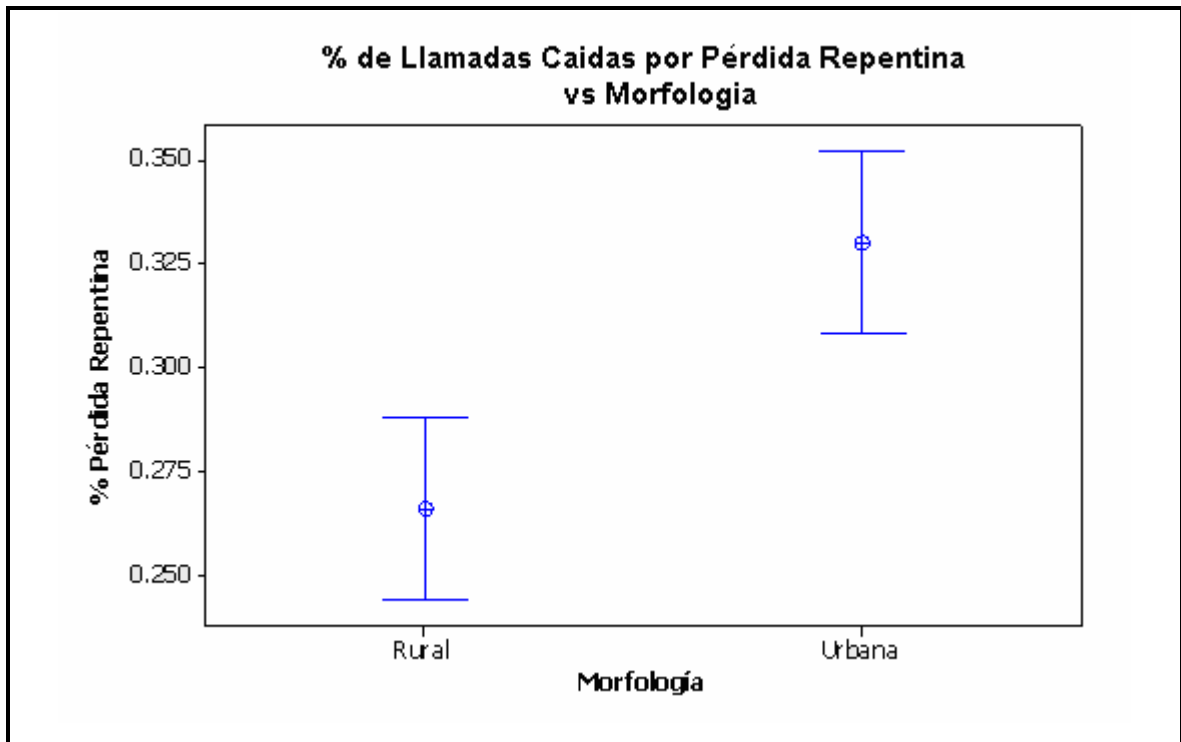
W = 234798040.0

Test of ETA1 = ETA2 vs. ETA1 > ETA2 is significant at 0.0000

The test is significant at 0.0000 (adjusted for ties)

R// Se descarta la hipótesis nula, si existe diferencia entre el *drop call* en el área rural y el área urbana.

Figura 26. % de ocurrencia llamada caída repentina por morfología



Prueba de hipótesis 10

Hipótesis: El porcentaje de llamadas caídas por baja señal es mayor en zonas urbanas.

Ho: El Porcentaje de llamadas caídas por baja señal es mayor en zonas urbanas

Ha: El Porcentaje de llamadas caídas por baja señal no es mayor en zonas urbanas

Resultado

Mann-Whitney Test and CI: DC_BWL_Rural, DC_BWL_Urban

N Median

DC_BWL_Rural 13822 0.00328

DC_BWL_Urban 14808 0.00227

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0.00084

95.0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0.00077,0.00092)

W = 215214067.0

Test of ETA1 = ETA2 vs. ETA1 > ETA2 is significant at 0.0000

The test is significant at 0.0000 (adjusted for ties)

R// Se descarta la hipótesis nula, pero al contrario, si es mayor el drop call por baja señal en las zonas rurales que en las urbanas.

Prueba de hipótesis 11

Hipótesis: El porcentaje de drop call repentino depende de las vecindades declaradas

Ho: El porcentaje de llamadas caídas repentinas no depende de la cantidad de Vecinos del sector

Ha: El porcentaje de llamadas caídas repentinas si depende de la cantidad de Vecinos del sector

Resultado

Correlación de *Pearson* de % pérdida repentina y vecinos = 0.271

P-Value = 0.000

Análisis de regresión: % pérdida repentina vrs vecinos

Ecuación de regresión

% Pérdida repentina = 0.216 + 0.00842 vecinos

R// Se descarta la hipótesis nula, si existe correlación entre la cantidad de vecinos del sector y el *drop call* repentino.

Prueba de hipótesis 12

Hipótesis: El porcentaje de llamadas caídas repentinas depende de las frecuencias declaradas en la base de datos del sector.

Ho: El porcentaje de llamadas caídas repentinas no depende de la cantidad de frecuencias del sector

Ha: El porcentaje de llamadas caídas repentinas si depende de la cantidad de frecuencias del sector

Resultado

Correlación de *Pearson* de % pérdida repentina y frecuencias = 0.262

P-Value = 0.000

R// Se descarta la hipótesis nula, si existe correlación entre la cantidad de vecinos del sector y el *drop call* repentino.

Prueba de hipótesis 13

Hipótesis: El porcentaje de llamadas caídas depende del número de frecuencias repetidas en la base de datos del sector.

Ho: El porcentaje de llamadas caídas no depende de la cantidad de frecuencias repetidas de la lista de vecinos

Ha: El porcentaje de llamadas caídas si depende de la cantidad de frecuencias repetidas de la lista de vecinos

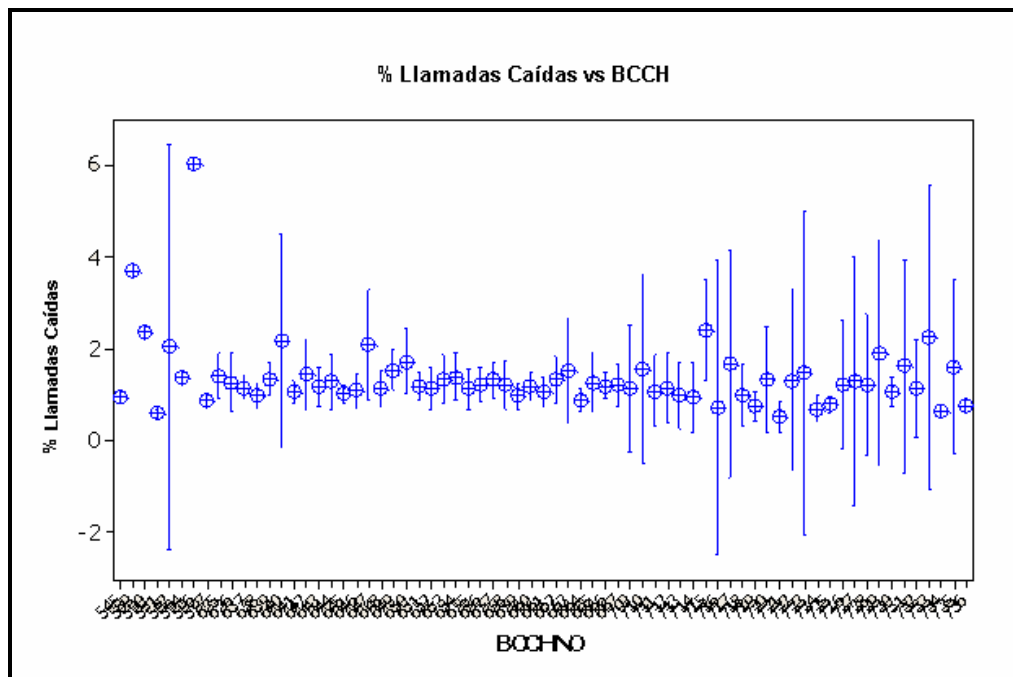
Resultado

Correlación de *Pearson* de frecuencias/vecino y llamadas caídas= -0.118

P-Value = 0.000

R// Se descarta la hipótesis nula, si existe correlación, pero la misma es muy leve.

Figura 27. Llamadas caídas vrs canal de control



Prueba de hipótesis 14

Hipótesis: Hay dependencia entre el porcentaje de llamadas caídas y la cantidad de frecuencias repetidas en la lista de vecinos

Ho: El porcentaje de llamadas caídas repentinas no depende de la cantidad de frecuencias repetidas en la lista de vecinos

Ha: El porcentaje de llamadas caídas repentinas si depende de la cantidad de frecuencias repetidas de la lista de vecinos

Resultado

Correlación de Pearson para % pérdida repentina y frecuencias/vecino = -0.459

P-Value = 0.000

R// Se descarta la hipótesis nula, si existe dependencia entre la repitencia de frecuencias en las listas de vecinos y el porcentaje de llamadas caídas repentinas.

Prueba de hipótesis 15

Hipótesis: Hay dependencia entre el porcentaje de llamadas caídas por baja señal y la cantidad de frecuencias repetidas en la lista de vecinos.

Ho: El porcentaje de llamadas caídas por señal no depende de la cantidad de frecuencias repetidas de la lista de vecinos.

Ha: El porcentaje de llamadas caídas por señal si depende de la cantidad de frecuencias repetidas de la lista de vecinos.

Resultado

Correlación de *Pearson* de % baja señal BW y frecuencias/vecino = -0.052

P-Value = 0.074

R// No se descarta la hipótesis nula, no existe correlación entre la repitencia de frecuencias en las listas de vecinos y el porcentaje de llamadas caídas por baja señal.

Prueba de hipótesis 16

Hipótesis: El porcentaje de fallas de acceso y llamadas caídas esta afecto por la utilización de las BSC.

Ho: El porcentaje de fallas de acceso y llamadas caídas no depende de la utilización de las BSC.

Ha: El porcentaje de fallas de acceso y llamadas caídas depende de la utilización de las BSC.

Resultado

Correlación de *Pearson* para *Drop Call* y Utilización = 0.489

P-Value = 0.000

Correlación: *Drop Call*, utilización BSC1B

Correlación de *Pearson* para *Drop Call* y Utilización = 0.405

P-Value = 0.000

Correlación: *Drop Call*, Utilización BSC2B

Correlación de *Pearson* para *Drop Call* y Utilización = 0.288

P-Value = 0.000

Correlación: *Drop Call*, Utilización BSC3B.

Ecuación de Regresión:

% Fallas = - 1.71 + 3.67 sobre-uso + 1.39 utilización HR + 2.19 utilización FR

R// Se realizaron las pruebas para tres controladoras de radio bases, y en las tres el resultado es que las fallas de acceso y llamadas caídas son afectados por el porcentaje de utilización de las controladoras.

3.7 Resumen de propuestas de mejora al proceso

Las propuestas de mejora son:

Cambio de los procesos de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, implementación de la red y optimización RF de la red de telefonía móvil celular. En el caso de los procesos de optimización de RF e implementación de la red, es conveniente unificarlos porque las fallas también dependen de los crecimientos de capacidad que se realicen.

Otra propuesta para mejorar la reducción de fallas es, desglosar las causas que contribuyen al aumento en el % de llamadas caídas y % de fallas ,acceso y bloqueos, la razón para desglosarlas es que hay algunas de estas causas que son más significativas que otras y de la misma manera tienen diferente forma de analizar la solución.

En el capítulo siguiente se describirá más detenidamente los nuevos procesos.

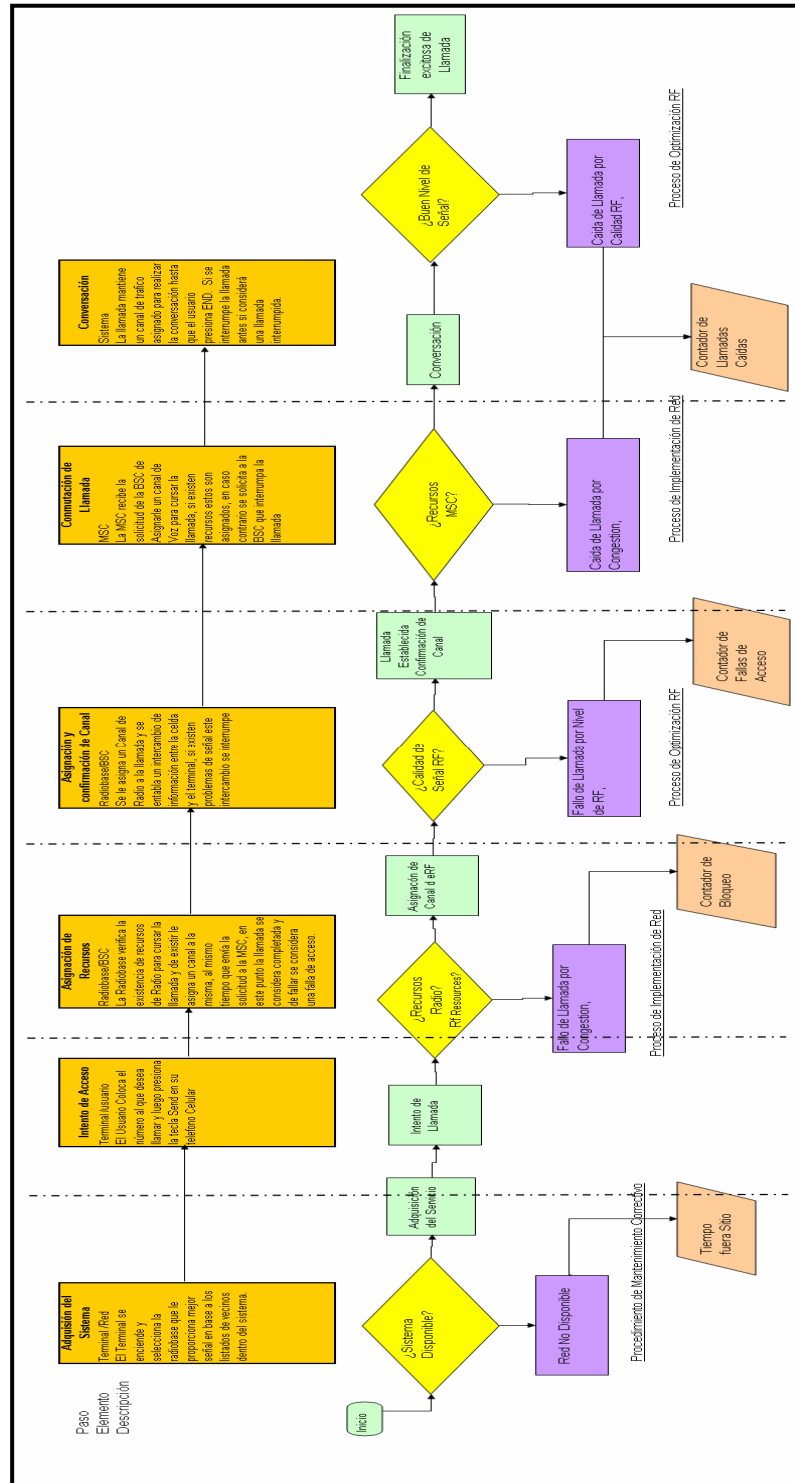
4. PROPUESTA DE LOS NUEVOS PROCESOS DEL SISTEMA

La propuesta para los nuevos procesos del sistema de Ingeniería sugiere que los proyectos sean divididos en grupos por prioridad, se ha observado que actualmente los proyectos con objetivo a fin de año se empiezan al mismo tiempo, teniendo las áreas involucradas a empezar con los que más les conviene o más recursos a la mano tienen para iniciarlos y es por esto que el área de infraestructuras, implementación y enlaces de transmisión al intentar unificarlos se encuentran que han trabajado en prioridades diferentes difícilmente coinciden las 3 áreas creando un cuello de botella para las prioridades que la dirección se ha comprometido.

Por la razón anterior se sugiere que el número de proyectos sea dividido entre los meses del año y que cada área trabaje en los que corresponden al mes en que están y enfoquen los recursos y esfuerzos a terminar estos proyectos.

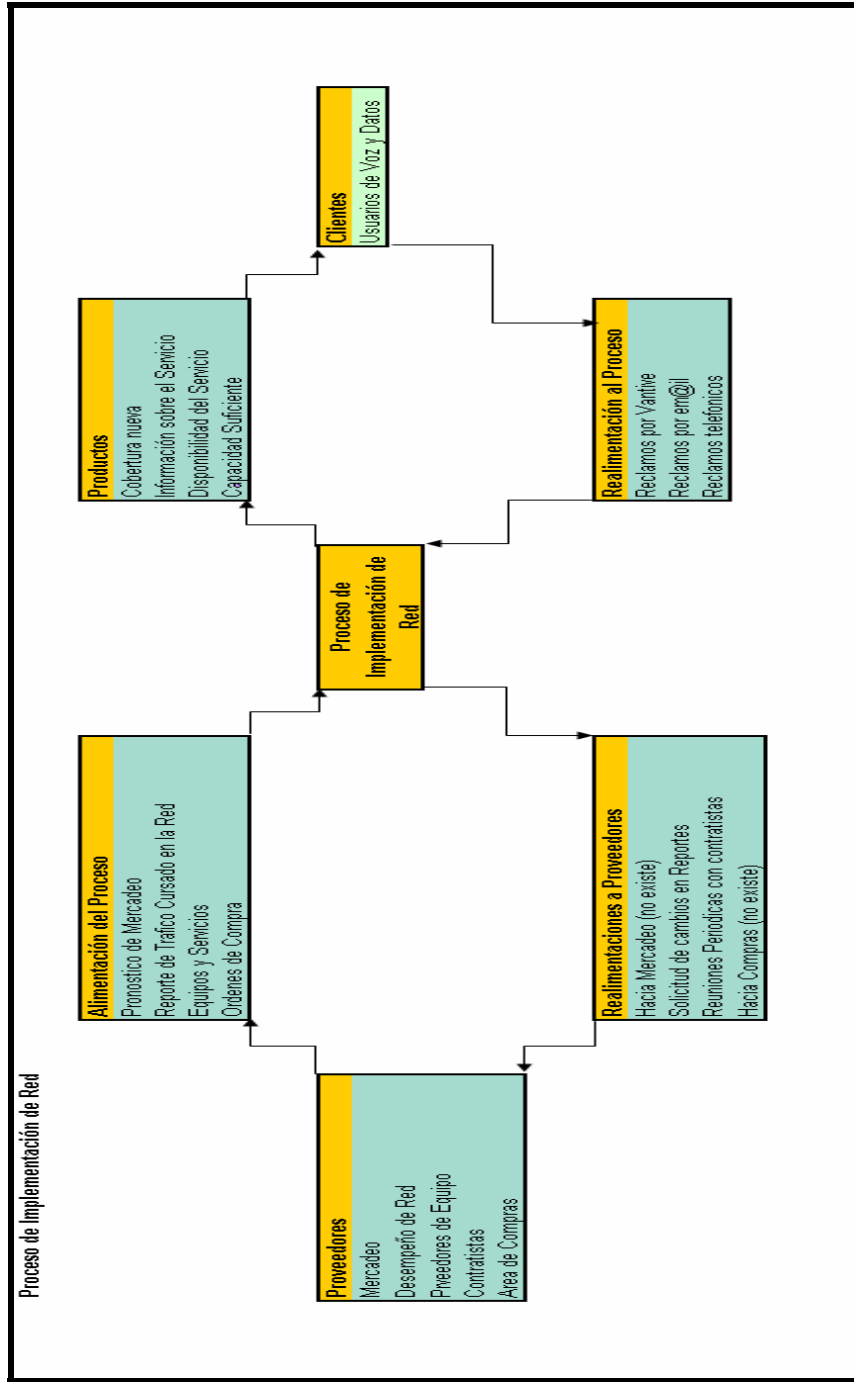
A continuación se presenta el diagrama de proceso general del servicio, desde que se genera una llamada hasta su fase final de completación y finalización de la misma sin ningún inconveniente:

Figura 28. Proceso de una llamada



4.1. Implementación de la red

Figura 29. Nuevo proceso de implementación de la red



Uno de los principales problemas encontrados en el análisis de los procesos es que en los anteriores procesos de optimización de RF e Implementación de la red, los pasos del proceso son vagos, se basa en tener una entrada un proceso y una salida, no hay retroalimentación o sea que si en el transcurso del proceso se puede hacer algo esto se decide hasta el final.

En el proceso actual se propone unificar ambos procesos y definir mejor cuales o que departamentos son las entradas del mismo, se incluyen en el mismo, porque anteriormente no estaban, al departamento de compras que es una parte fundamental para la adquisición de los recursos de la red y también para adquirir los mismos en el tiempo estipulado, a los contratistas que indirectamente ayudan a cumplir las labores del departamento de ingeniería y operación y mantenimiento, crear los mecanismos de retroalimentación al departamento de mercadeo de los avances de la implementación y solución de problemas para que puedan cumplir sus objetivos de ventas establecidos y también retroalimentación al departamento de compras.

En la mayoría de veces al departamento de compras llega la solicitud para la adquisición de recursos pero por la falta de comunicación no se puede definir que fabricante o contratista llena mejor las expectativas de calidad y funcionamiento de lo solicitado.

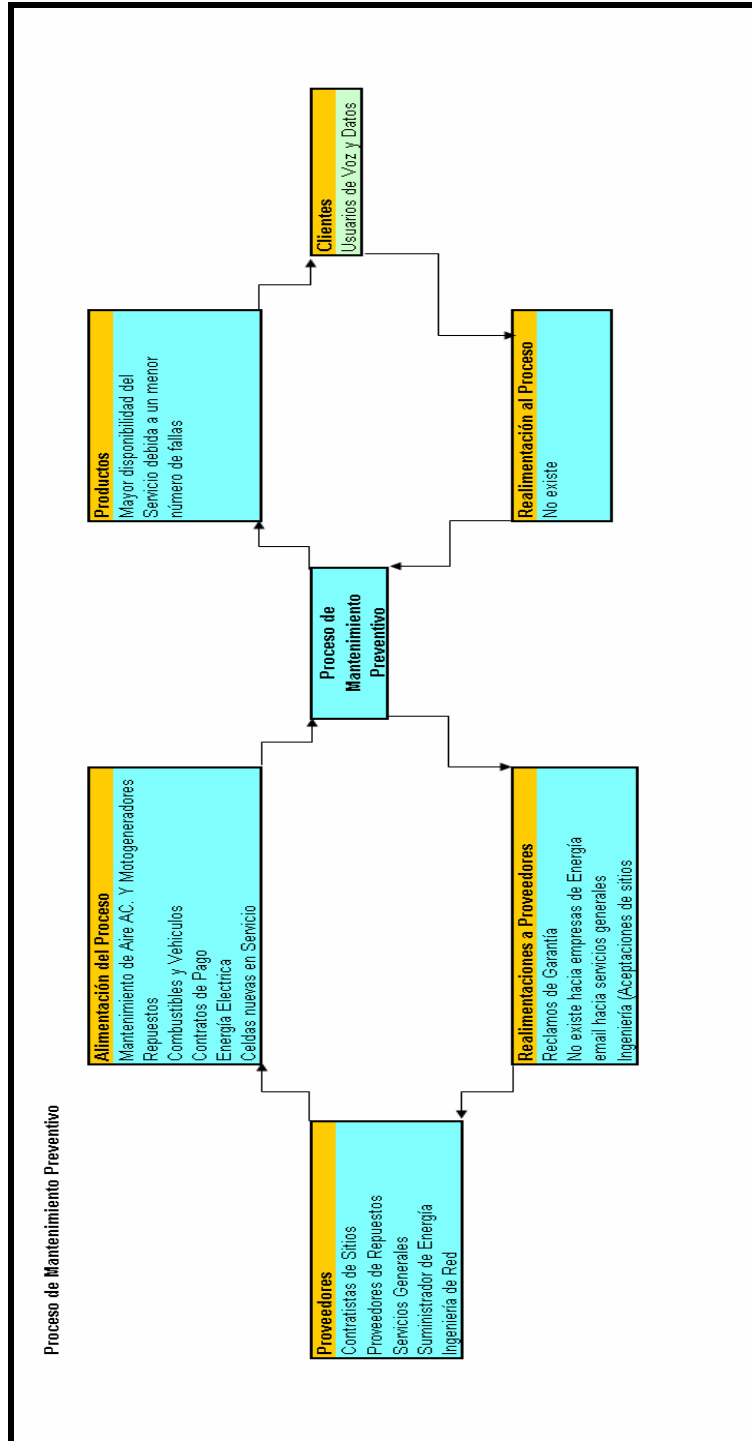
4.2. Mantenimiento

4.2.1. Preventivo

Actualmente no existe procedimiento de mantenimiento preventivo como tal, es simplemente seguir una rutina de visitar el sitio, si es posible, 1 o 2 veces al año, para hacer anotaciones del estado físico de las instalaciones y algunas

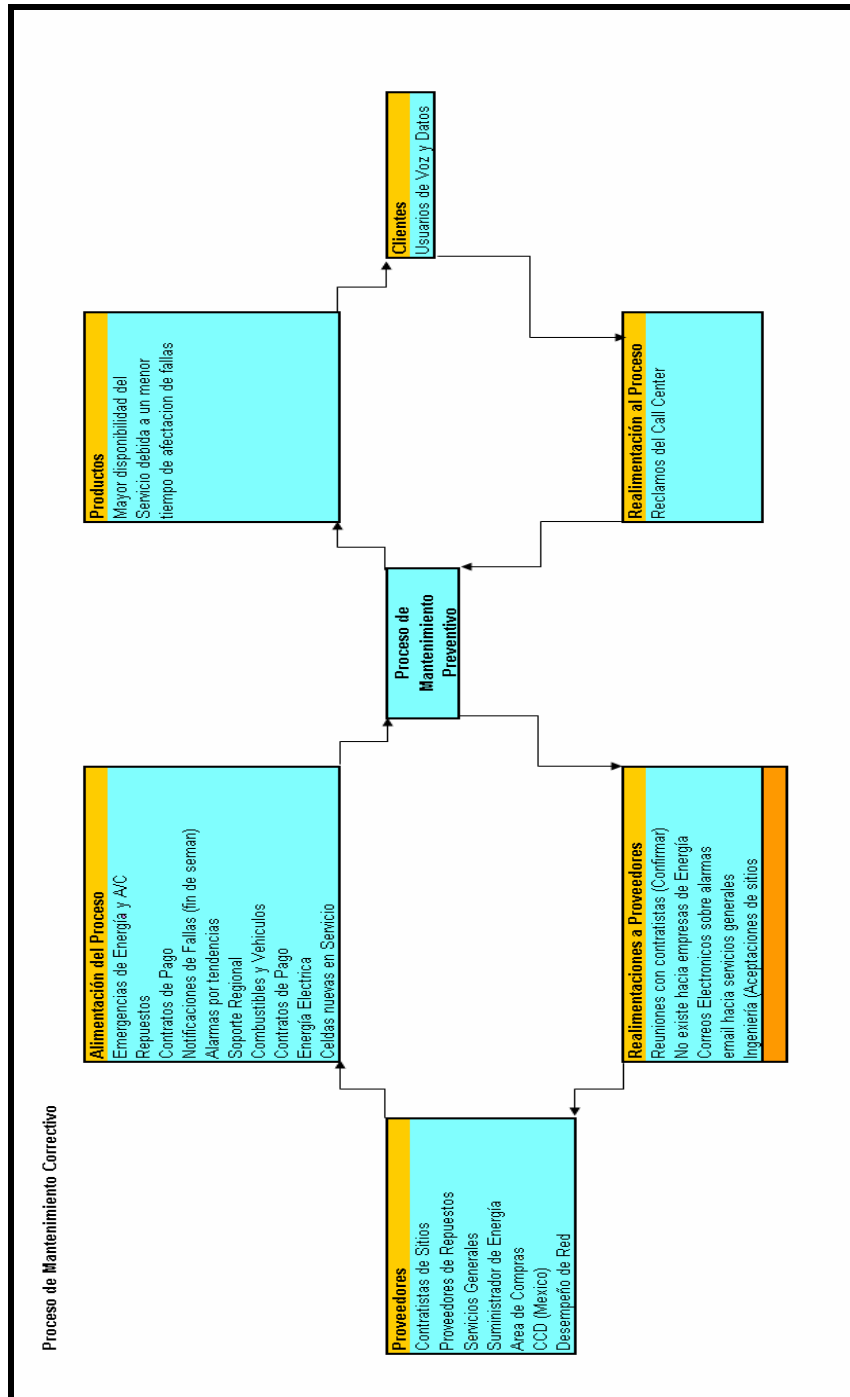
medidas básicas de potencia y sistema de tierras, y el mismo puede ser interrumpido por una falla en otro sitio y se deba desplazar una distancia considerable y sin tomar en cuenta lo que el tiempo de reparación de la otra falla pueda tomar, entonces no se concluye el mantenimiento preventivo antes iniciado o se da por concluido.

Figura 30. Proceso de mantenimiento preventivo propuesto



4.2.2. Correctivo

Figura 31. Proceso de mantenimiento correctivo propuesto



Al igual que el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo presenta acciones recomendadas que el actual no contiene como lo son la retroalimentación a las empresas subcontratistas de los trabajos que están realizando y dónde pueden encontrar defectos para que los mejoren.

4.3. Análisis de rentabilidad

Como se mencionó anteriormente la implementación de la metodología seis sigma (6σ), no genera costos porque el grupo de implementación trabaja paralelamente a sus funciones diarias, entonces se ha calculado el ingreso a recuperar disminuyendo paulatinamente el porcentaje de fallas, minutos fuera de servicio de la red en total del día y el porcentaje de llamadas caídas haciendo uso de la formula general del capítulo 3, 3.1

El objetivo seis sigma (6σ), es la disminución de las inconformidades del cliente en un 50% de su valor al inicio del proyecto. Se presenta una gráfica desde el inicio del proyecto hasta el final mostrando cual es el % objetivo a alcanzar.

Figura 32. Objetivo de porcentaje de fallas al final del proyecto

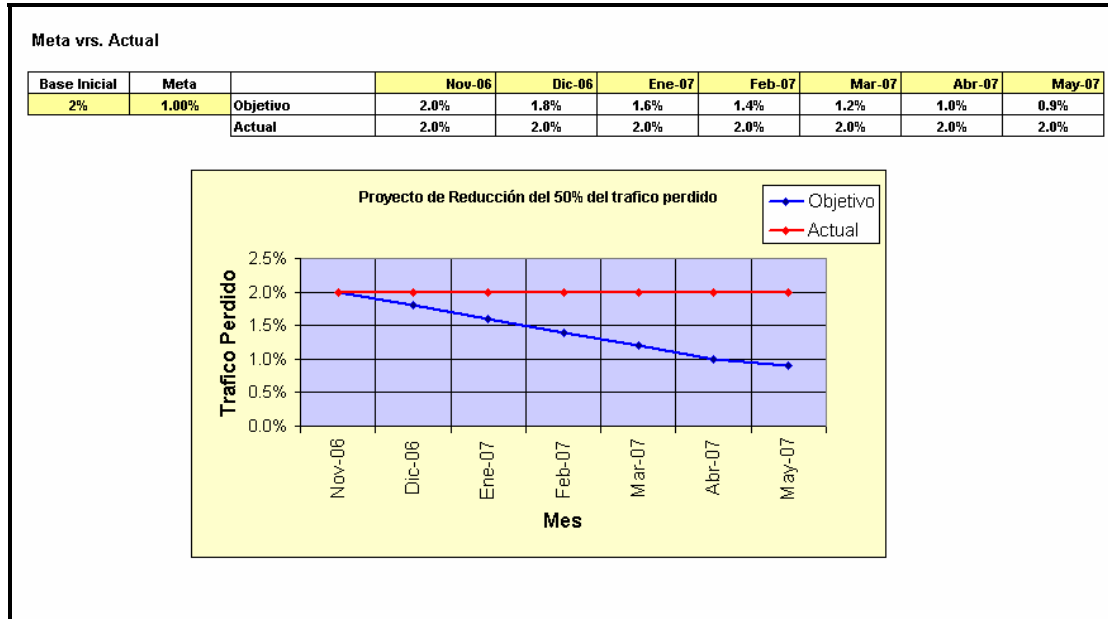


Tabla VII. Análisis relativo económico del proyecto

Periodos	#Intentos	Min. fuera de Servicio	% Completación	#Llamadas Comp.	% Falias	#Llamadas Caídas	% Llamadas Caídas	Costo/min	Costo Total	Beneficio	Ahorro Acum
1	10,000,000.00	10,000.00	99.00%	9,900,000.00	100,000.00	198,000.00	2.00	0.05	\$198,001.05	\$0.00	\$0.00
2	10,000,000.00	9,736.84	99.03%	9,902,500.00	97,500.00	193,088.75	1.95	0.05	\$193,089.77	\$4,901.27	\$4,901.27
3	10,000,000.00	9,473.68	99.05%	9,905,000.00	95,000.00	188,195.00	1.90	0.05	\$188,196.00	\$9,805.05	\$14,706.33
4	10,000,000.00	9,210.53	99.08%	9,907,500.00	92,500.00	183,288.75	1.85	0.05	\$183,289.72	\$14,711.33	\$24,516.39
5	10,000,000.00	8,947.37	99.10%	9,910,000.00	90,000.00	178,380.00	1.80	0.05	\$178,380.95	\$19,620.10	\$34,331.43
6	10,000,000.00	8,684.21	99.13%	9,912,500.00	87,500.00	173,488.75	1.75	0.05	\$173,489.67	\$24,531.39	\$44,151.49
7	10,000,000.00	8,421.05	99.15%	9,915,000.00	85,000.00	168,585.00	1.70	0.05	\$168,585.90	\$29,445.15	\$53,976.53
8	10,000,000.00	8,157.89	99.16%	9,917,500.00	82,500.00	163,688.75	1.65	0.05	\$163,689.62	\$34,361.43	\$63,806.59
9	10,000,000.00	7,894.74	99.20%	9,920,000.00	80,000.00	158,720.00	1.60	0.05	\$158,720.85	\$39,280.20	\$73,641.63
10	10,000,000.00	7,631.59	99.23%	9,922,500.00	77,500.00	153,788.75	1.55	0.05	\$153,789.57	\$44,201.49	\$83,481.68
11	10,000,000.00	7,368.42	99.25%	9,925,000.00	75,000.00	148,875.00	1.50	0.05	\$148,875.80	\$49,125.25	\$93,326.73
12	10,000,000.00	7,105.26	99.28%	9,927,500.00	72,500.00	143,948.75	1.45	0.05	\$143,949.52	\$54,051.63	\$103,176.78
13	10,000,000.00	6,842.11	99.30%	9,930,000.00	70,000.00	139,020.00	1.40	0.05	\$139,020.75	\$59,980.30	\$113,031.83
14	10,000,000.00	6,578.95	99.33%	9,932,500.00	67,500.00	134,088.75	1.35	0.05	\$134,089.47	\$65,911.59	\$122,891.88
15	10,000,000.00	6,315.79	99.35%	9,935,000.00	65,000.00	129,155.00	1.30	0.05	\$129,155.70	\$69,845.35	\$132,756.93
16	10,000,000.00	6,052.63	99.38%	9,937,500.00	62,500.00	124,218.75	1.25	0.05	\$124,219.42	\$73,781.63	\$142,626.98
17	10,000,000.00	5,789.47	99.40%	9,940,000.00	60,000.00	119,280.00	1.20	0.05	\$119,280.65	\$78,720.40	\$152,502.03
18	10,000,000.00	5,526.32	99.43%	9,942,500.00	57,500.00	114,338.75	1.15	0.05	\$114,339.37	\$83,661.68	\$162,382.08
19	10,000,000.00	5,263.16	99.45%	9,945,000.00	55,000.00	109,395.00	1.10	0.05	\$109,395.60	\$88,605.45	\$172,267.13
20	10,000,000.00	5,000.00	99.50%	9,950,000.00	50,000.00	104,475.00	1.05	0.05	\$104,475.57	\$93,525.46	\$182,130.93

En la tabla anterior se muestra el ahorro significativo que se obtiene al ir reduciendo el porcentaje de fallas en la red, se tomo como muestra un total de intentos promedio en días normales de la semana y las fallas que ocurren en estos días, el valor promedio por minuto perdido ha sido calculado tomando en cuenta las llamadas salientes, llamadas entrantes, promedio de duración de una llamada cuando ha sufrido una desconexión anormal y el tiempo que pueden estar fuera de servicio las radio-bases antes de ser atendidas por el Ingeniero a cargo, la referencia del costo por llamada ha sido tomada en dólares de los Estados Unidos de América.

5. INDICADORES DEL PROCESO

Para medir el desempeño de la red y la calidad de la misma tenemos que tener valores cuantificables y metas establecidas por períodos de tiempo, por ejemplo la cantidad mínima de tiempo de un sitio fuera de servicio por falla tipificada, porcentaje de llamadas caídas y porcentaje de fallas de acceso y/o bloqueos.

Para ayudarnos a mantener los valores objetivos establecidos y no dejar que los mismos se salgan de control debemos apoyarnos de las estadísticas.

5.1 Seguimiento estadístico de desempeño de la red

En el análisis de hipótesis vista en el capítulo 3, hemos detectado las causas que contribuyen a aumentar el contador de porcentaje de llamadas caídas, indisponibilidad y fallas.

Para lograr mantener los valores bajo el límite establecido se le debe dar prioridad a lo siguiente:

Porcentaje llamadas caídas

1. Llamadas caídas repentinas
2. Llamadas caídas por baja señal
3. Llamadas caídas por capacidad
4. Llamadas caídas por salirse del radio de cobertura de la radio base
5. Llamadas caídas por repitencia de frecuencia en la base de datos

Lo anterior ya muestra un desglose del tipo de llamada caídas que como se analizó en el capítulo 3 muestran cual de cada una de ellas incide más en el contador global.

Porcentaje fallas

1. Número de fallas por encontrarse fuera del radio de cobertura de una radio base.
2. Numero de bloqueos por falta de capacidad

Tiempo de indisponibilidad

La indisponibilidad se puede dar por los siguientes casos más comunes:

1. Falla de transmisión
2. Falla de energía comercial
3. Moto generador sin combustible o averiado
4. Falla de *hardware* en el sitio mismo

Distribuirlos por áreas o clusters ayuda para que los de la región estén más pendientes y cuenten con los recursos necesarios que ayuden a minimizar el tiempo de indisponibilidad.

5.2 Fábrica visual

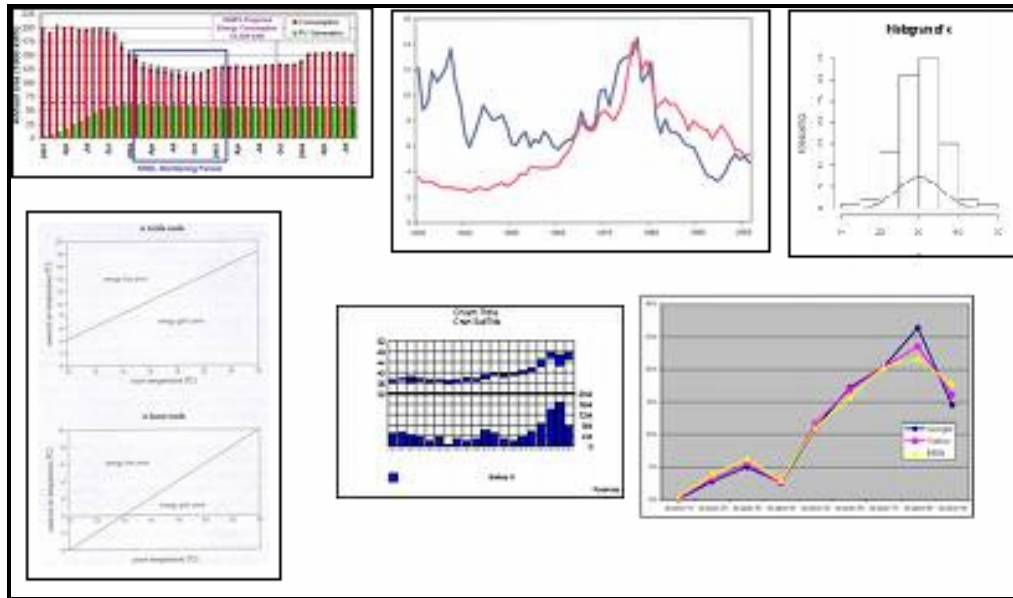
El concepto fábrica visual (FV) incluye mecanismos de comunicación visual, utilizados en una industria para facilitar el trabajo del personal operativo, mejorar la seguridad de sus acciones y garantizar la obtención de los mejores resultados. Diferenciamos los recursos de la fábrica visual con los sistemas de gestión visual, ya que se trata de ayudas gráficas sencillas sobre cómo hacer

correctamente los trabajos en fábrica; mientras que los sistemas de gestión visual son sistemas de gestión que pretenden aprovechar la información recogida durante el trabajo diario para asegurar que los objetivos de la empresa se logren.

Figura 33. Mural dedicado a mostrar gráficas de desempeño



Figura 34. Gráficas de desempeño



Las gráficas anteriores son un ejemplo del impacto visual que pueden causar las mismas en los transeúntes y que sin preguntar se formen la idea del desempeño de la red, identificando claramente cada gráfica.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1 Clases de impacto ambiental

Por impacto ambiental podemos entender que es el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. Este concepto puede extenderse, a los efectos de un fenómeno natural, con poca o ninguna utilidad

Muchas de las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos.

El desarrollo de la telefonía móvil ha experimentado un crecimiento casi exponencial que ha supuesto la proliferación caótica de estas redes de telecomunicaciones y un aumento significativo de la contaminación electromagnética y de la percepción social del riesgo asociado a estas infraestructuras. La movilización social y ecologista ha obligado a algunas comunidades autónomas a establecer normativas más preventivas y niveles de exposición al público más restrictivos y sin embargo queda pendiente una directiva general que sirva como un instrumento real para hacer compatible desarrollo de las redes telefonía móvil y las posibles afecciones ambientales y para la salud pública.

El impacto ambiental que causa la colocación de antenas de cierto modo es grande, como son:

- Generación de residuos sólidos.
- Incremento de niveles de ruido.
- Cambios de uso del suelo.
- Remoción y afectación de la cobertura vegetal.
- Impacto visual.
- Daño al patrimonio cultural.

Para estos temas las leyes nacionales incluyeron instituciones como La CONAMA que es la institución del estado que tiene como misión promover la sustentabilidad ambiental del proceso de desarrollo y coordinar las acciones derivadas de las políticas y estrategias definidas por el gobierno en materia ambiental

En este campo incidiremos en el impacto visual, auditivo y electromagnético dado que son de los temas que aún no ha sido muy bien conllevado por las autoridades.

Sus objetivos fundamentales son:

- Recuperar y mejorar la calidad ambiental.
- Prevenir el deterioro ambiental.
- Fomentar la protección del patrimonio ambiental y el uso sustentable de los recursos naturales.
- Introducir consideraciones ambientales en el sector productivo.
- Involucrar a la ciudadanía en la gestión ambiental.
- Fortalecer la institucionalidad ambiental a escala nacional y regional.
- Perfeccionar la legislación ambiental y desarrollar nuevos instrumentos de gestión.

6.1.1 Impacto visual

Desde los 1960s, la cantidad de antenas que han ido ocupando áreas geográficas urbanas se incrementaron de manera considerable. Estas no sólo son de comunicaciones de radio y de televisión sino también de servicios telefónicos y de telefonía celular, y lo último son de servicios de información digital (*Internet*).

Todos estos servicios son muy requeridos por toda la población, tanto así que incluso se buscan nuevas tecnologías para dichos servicios y con ello la evolución de los mismos.

La necesidad del humano de comunicarse conlleva a una necesidad desordenada de aplicar métodos, como se puede hoy deducir, con claridad la cantidad de antenas de telefonía, de TV, satelitales parabólicas, servicios de *Internet*, radiodifusión etc.,.

La infraestructura que se usa en estos casos son antenas que por lo general están por encima de los 20 mts., de altura, en este caso el impacto visual que esto acarrea es grande, por ello el malestar de los pobladores de las zonas urbanas.

La contaminación visual es toda acción que produce un cambio o desequilibrio del paisaje natural o artificial, afectando las condiciones de vida y funciones vitales de los seres vivos. La contaminación visual afecta al sistema nervioso central. El cerebro humano tiene una determinada capacidad de absorción de datos. Los sentidos son los encargados de transmitir al cerebro toda la información que perciben del entorno. Entre ellos el sentido de la vista es uno de los más complejos y de los que mayor incidencia tiene en la percepción global del entorno y, por lo tanto, en las reacciones psicofísicas del hombre. El ojo es una máquina óptica muy compleja. La retina retiene la

imagen durante 1/10 segundo, como si fuera el cuadro de una película. La información visual retenida en tan corto tiempo tiene una acción directa sobre nuestra capacidad de atención.

Cuando una imagen supera el máximo de información que el cerebro puede asimilar, estimado en 4 bit/seg, se produce una especie de estrés visual, el panorama perceptual se vuelve caótico y la lectura ordenada del paisaje se hace imposible.

De este modo, podemos definir la complejidad visual como un proceso que oscila entre el desorden y la monotonía perceptual. Si bien se han realizado intentos de cuantificar el grado perceptual, el equilibrio sigue siendo cualitativo.

Efectos que causa sobre la salud

La contaminación visual no es tan solo un problema de estética. Como vimos puede afectar tanto la salud psicofísica, como al desenvolvimiento de la conducta humana y a la eficiencia laboral, que en última instancia tiene que ver con nuestra calidad de vida.

Los efectos que produce la contaminación visual aun no cuentan con suficientes estudios que los puedan cuantificar. Sin embargo, está comprobado que cuando el cerebro humano recibe más información de la que es capaz de procesar, produce un estado de tensiones en el sistema nervioso con efectos en la salud. Estos efectos dependerán de la vulnerabilidad de la persona.

Las principales consecuencias de la contaminación visual en la salud humana las podemos resumir en:

- Estrés.
- Dolor de cabeza.
- Distracciones que interfieren en el normal desempeño.
- Accidentes de tránsito.

Figura 35. Torres celulares instaladas en zonas urbanas



6.1.2 Contaminación auditiva

La contaminación auditiva no solo se da con automóviles, construcciones e industrias sino también con los equipos de telecomunicaciones que en alguna medida contribuyen con este tipo de contaminación cuando utilizan equipos moto-generadores como fuente de energía. Existen normas que establecen

métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como disposiciones generales en lo referente a la prevención y control de ruidos.

Se presentan algunas definiciones sobre el ruido y sus mediciones de lo que las normas recomiendan y sugieren se respeten:

Decibel (dB)

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.

Fuente fija

En esta norma, la fuente fija se considera como un elemento o un conjunto de elementos capaces de producir emisiones de ruido desde un inmueble, ruido que es emitido hacia el exterior, a través de las colindancias del predio, por el aire y/o por el suelo. La fuente fija puede encontrarse bajo la responsabilidad de una sola persona física o social.

Generadores de electricidad de emergencia

Para propósitos de esta norma, el término designa al conjunto mecánico de un motor de combustión interna y un generador de electricidad, instalados de manera estática o que puedan ser transportados e instalados en un lugar específico, y que es empleado para la generación de energía eléctrica en instalaciones tales como edificios de oficinas y/o de apartamentos, centros comerciales, hospitales, clínicas, industrias. Generalmente, estos equipos no operan de forma continua.

Receptor

Persona o personas afectadas por el ruido.

Respuesta lenta

Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de un segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) lento.

Ruido estable

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

Ruido fluctuante

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

Ruido Imprevisto

Es aquel ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) lento en un intervalo no mayor a un segundo.

Ruido de fondo

Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

Ruidos nocivos

Los producidos en la vía pública, viviendas, establecimientos industriales y/o comerciales, y en general en cualquier lugar público o privado, que excedan los siguientes niveles:

En zonificación residencial : 80 decibeles

En zonificación comercial : 85 decibeles

En zonificación industrial : 90 decibeles

Ruidos molestos

Los producidos en la vía pública, viviendas, establecimientos industriales y/o comerciales y en general en cualquier lugar público o privado que exceda los siguientes niveles, sin alcanzar, los señalados como ruidos nocivos.

Tabla VIII. Niveles de ruido permisibles en la ciudad

En zonificación	De 07.01 a 22.00	De 22.01 a 07.01
En zonificación residencial	60 decibeles	50 decibeles
En zonificación comercial	70 decibeles	60 decibeles
En zonificación industrial	80 decibeles	70 decibeles

Vibración

Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento de un sistema mecánico, y la cual puede ser el desplazamiento, la velocidad y la aceleración.

Zona hospitalaria y educativa

Son aquellas en que los seres humanos requieren de particulares condiciones de serenidad y tranquilidad, a cualquier hora en un día.

Zona residencial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos, de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial, corresponden a residencial, en que los seres humanos requieren descanso o dormir, en que la tranquilidad y serenidad son esenciales.

Zona comercial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos son de tipo comercial, es decir, áreas en que los seres humanos requieren conversar, y tal conversación es esencial en el propósito del uso de suelo.

Zona industrial

Aquella cuyos usos de suelo es eminentemente industrial, en que se requiere la protección del ser humano contra daños o pérdida de la audición, pero en que la necesidad de conversación es limitada.

Zonas mixtas

Aquellas en que coexisten varios de los usos de suelo definidos anteriormente. Zona residencial mixta comprende mayoritariamente uso residencial, pero en que se presentan actividades comerciales. Zona mixta comercial comprende un uso de suelo predominantemente comercial, pero en que se puede verificar la presencia, limitada, de fábricas o talleres. Zona mixta industrial se refiere a una zona con uso de suelo industrial predominante, pero en que es posible encontrar sea residencias o actividades comerciales.

Consideraciones para generadores de electricidad de emergencia

Aquellas instalaciones que posean generadores de electricidad de emergencia, deberán evaluar la operación de dichos equipos a fin de determinar si los niveles de ruido cumplen con la legislación de la localidad y causan molestias en predios adyacentes o cercanos a la instalación.

6.1.3 Contaminación electromagnética

Con la proliferación de antenas se podría tener la sensación de que las ondas que irradian estas antenas podrían ser dañinas para la salud incluso se llega a especular que las frecuencias emitidas por los celulares provocarían cáncer, solo la antena de un celular en todo caso que pasaría con la antena de una, estación base de telefonía. Ante ello surge una inquietud acerca de las

nuevas tecnologías de las telecomunicaciones, hasta que punto podrían afectar las nuevas tecnologías, y si esto fuera así de que manera podríamos conllevar los nuevos servicios de telecomunicaciones.

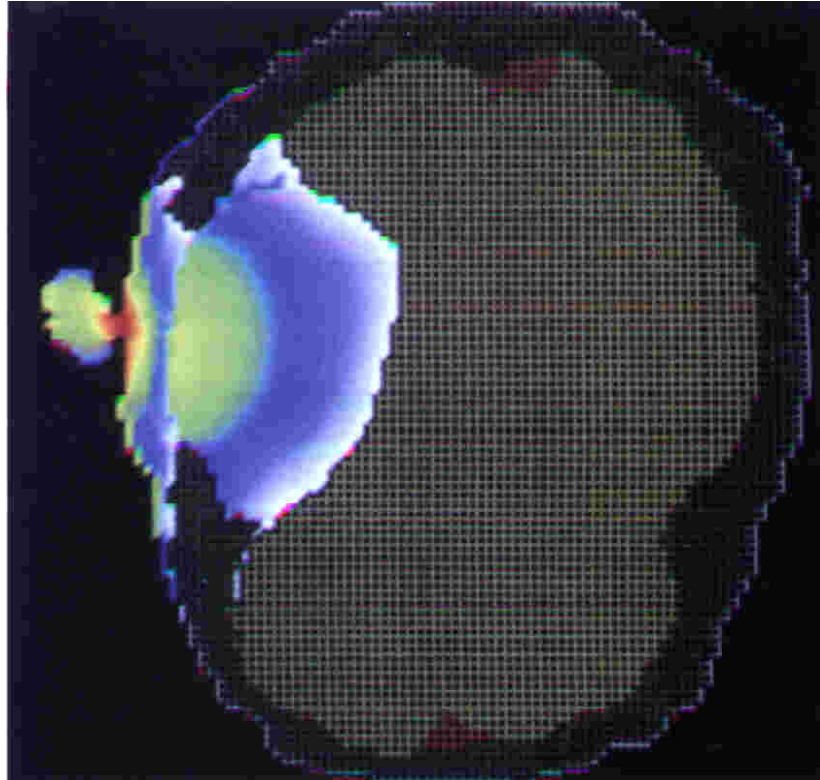
La energía emitida por las antenas de telefonía móvil es débil, por lo que no cabe esperar que de la exposición a sus emisiones, incluso a pocos metros de distancia, se deriven efectos térmicos nocivos para la salud y los estudios realizados no indican una asociación causal entre cáncer y exposición.

Desde que comenzaron a operar los teléfonos celulares, muchas personas expresaron su preocupación ante la forma en que podían afectar la salud humana. La convivencia con un aparato que emite continuamente radiaciones inquietó a las asociaciones de usuarios y consumidores de todo el mundo. Como el teléfono se apoya en la cabeza para hablar, el centro de las preocupaciones fue el eventual riesgo de cáncer cerebral. También se mencionó el riesgo de cáncer sobre otros órganos, debido a que el aparato se suele llevar encendido, es decir emitiendo y recibiendo, en una funda que se apoya sobre el cuerpo.

La respuesta de las empresas fue que se trataba de una fantasía y que el riesgo no existía. Lo mismo dijeron varios estudios epidemiológicos firmados por entidades científicas muy respetables.

Por eso llama la atención la noticia de que las grandes empresas de telefonía celular están patentando ahora aparatos que no dañan la salud. De ellas surge que, mientras las empresas negaban públicamente el tema de las radiaciones y su influencia sobre la salud, por otro lado estaban investigando alternativas.

Figura 36. Radiaciones por teléfono celular



En la gráfica anterior se puede observar la entrada de radiaciones al cerebro humano mientras se habla por teléfono celular. Modelizado por universidad de Utah, publicado en revista Mundo Científico (*La Recherche*).

La comunidad científica internacional, está de acuerdo en que la potencia generada por las antenas de estaciones base de telefonía celular son un riesgo para la salud de los vecinos colindantes a estas, y que la población debe mantenerse alejada del contacto directo con estas antenas.

Existen muchas razones para preocuparse por los problemas en la salud humana debidos a los propios teléfonos celulares. Esta preocupación existe

porque las antenas de estos teléfonos transmiten grandes cantidades de energía a radiofrecuencias a partes muy pequeñas del cuerpo del usuario.

La exposición a ondas de radio puede ser peligrosa si es lo suficientemente intensa. Los posibles daños incluyen cataratas, quemaduras de piel, quemaduras internas y golpes de calor.

Figura 37. Exposición a la radiación electromagnética



6.1.4 Impacto social

Si nos dirigimos al campo de lo social, el impacto que las nuevas tecnologías generan son enormes solo en nuestro contexto (Antigua Guatemala) ciudad turística donde ingresan miles de turistas, estos mismos lo que esperan es encontrar una ciudad tranquila, para la vista, pero lo que encuentran muchas veces no es ello más allá de toda la contaminación que ya podemos encontrar, además está la visual generadas por estas antenas. Como otro ejemplo podemos notar que las instalaciones que hasta a veces podrían ser monstruosas causan cierto temor e incomodidad para los pobladores.

6.2 Estándares permitidos para los diferentes tipos de contaminación

6.2.1 Impacto visual

No se ha establecido en forma general una legislación para evaluar el tipo de construcciones de torres para telefonía celular a nivel nacional, pero si las municipalidades pueden requerir que se cumplan ciertos requisitos dentro de sus municipios, los cuales pueden ser la altura de la torre, tipo de torre, a cuantos metros alejada del casco urbano o si es dentro del mismo que no este a un número mínimo de metros cerca de escuelas, hospitales o clínicas, y también solicitar que se instalen en un lugar donde pasen desapercibidas estas construcciones y no alteren el paisaje natural.

6.2.2 Niveles máximos permisibles de ruido

Los niveles de presión sonora equivalente, NPS_{eq} , expresados en decibeles, en ponderación con escala A, que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, no podrán exceder los valores que se fijan en la siguiente tabla.

Tabla IX. Niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona residencial	50	40
Zona residencial mixta	55	45
Zona comercial	60	50
Zona comercial mixta	65	55
Zona industrial	70	65

6.2.3 Exposición a la radiación electromagnética

Unidad dosimétrica

Se emplea un término específico, el *SAR (Specific Absorption Rate)*, que representa la energía por unidad de tiempo, potencia, absorbida por kilogramo de tejido, miembro o cuerpo, según se promedie.

$$\text{SAR} = \text{W/Kg} \quad (6.1)$$

Esto es así ya que a diferencia de las radiaciones ionizantes no existe un efecto acumulativo.

Determinación de los niveles máximos admisibles

La determinación de los límites máximos está basada principalmente en los efectos térmicos y en las corrientes inducidas. Los valores de SAR anteriormente mencionados son del mismo orden de magnitud que el sistema metabólico basal, pudiéndose considerar como seguros. En función de esto se establecieron los límites para un SAR de cuerpo entero aplicando un margen de seguridad de 0.4W/kg ocupacional y 0.08W/Kg habitacional, coincidiendo estos valores con los niveles necesarios para activar el sistema termoregulatorio.

Para determinar los límites de exposición máximos en unidades de densidad de potencia se tuvo en cuenta que la, eficiencia, con que la onda transfiere su energía al tejido, depende de la naturaleza y dimensiones del mismo y de la frecuencia del campo. Se realizaron estudios para determinar la frecuencia de resonancia de distintos tejidos, para distintas edades, razas, sexo, etc. ya que ésta depende de la densidad, composición, tamaño, forma, etc. del tejido o cuerpo.

Se determinaron entonces distintas curvas de absorción, donde los picos de resonancia se encuentran entre los 10 y 400 MHz. En base a esto se establecieron los límites de densidad de potencia en función de la frecuencia para que no se superen los niveles de SAR, siendo los límites más bajos en el rango de frecuencias donde se encuentran los picos de resonancia.

Tabla X. Limites máximos de campo y densidad de potencia

Rango de Frecuencia f (MHz)	Densidad de Potencia equivalente de onda plana S (mW/cm ²)	Campo Eléctrico E (V/m)	Campo Magnético H (A/m)
0,3 - 1	20	275	0,73
1 - 10	20/f ²	275/f	0,73/f
10 - 400	0,2	27,5	0,073
400 - 2.000	f/2000	1,375f ^{1/2}	-
2.000 -100.000	1	61,4	-

6.3 Medidas a tomar para reducir el impacto ambiental

6.3.1 Medidas de reducción del impacto visual

Ya las grandes ciudades que están a la vanguardia de las telecomunicaciones como Japón o España están aplicando nuevas tecnologías para las telecomunicaciones, ya sean antenas que tienen la forma de un árbol o casetas de control que aparentan un armario o hasta una pecera, Guatemala no es la excepción, estas nuevas construcciones las podemos apreciar en lugares protegidos como lo es Antigua Guatemala, El área de El Naranjo ciudad de Guatemala, y otras que se instalan en letreros publicitarios, en edificios de hoteles disfrazados con su estructura etc., lo cierto es que estas nuevas tecnologías van de la mano con el avance tecnológico y no queda mucho para que en los demás países del mundo se pueda ver una nueva cara para las telecomunicaciones y una nueva forma de llevar a las telecomunicaciones.

Como ejemplo para disminuir la contaminación visual y el impacto visual se muestran unos tipos de infraestructura que se pueden utilizar para minimizar esta contaminación.

Figura 38. Antenas y monopolos ecológicos



RELOJ

CAMPANARIO

MONOPOLO ECOLÓGICO

6.3.2 Medidas de prevención y mitigación de ruidos

Los procesos industriales y máquinas, que produzcan niveles de ruido de 85 decibeles o mayores, determinados en el ambiente de trabajo, deberán ser aislados adecuadamente, a fin de prevenir la transmisión de vibraciones hacia el exterior del local. El operador o propietario evaluará aquellos procesos y máquinas que, sin contar con el debido aislamiento de vibraciones, requieran de dicha medida.

En caso de que una fuente de emisión de ruidos desee establecerse en una zona en que el nivel de ruido excede, o se encuentra cercano de exceder, los valores máximos permisibles descritos en esta norma, la fuente deberá

proceder a las medidas de atenuación de ruido aceptadas generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar cumplimiento con los valores estipulados en esta norma. Las medidas podrán consistir, primero, en reducir el nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente. La aplicación de una o ambas medidas de reducción constará en la respectiva evaluación que efectuará el operador u propietario de la nueva fuente.

6.3.3 Recomendaciones para la prevención de la radiación electromagnética

Las normas de seguridad para exposición incontrolada, público, son violadas cuando las antenas se instalan de tal manera que el público tiene acceso a zonas situadas a menos de 20 pies [6 metros] de las propias antenas. Las normas de seguridad para exposición controlada (laboral) también podrían incumplirse si las antenas se instalaran en una estructura donde se requiera el acceso de trabajadores a zonas situadas a menos de 10 pies [3 metros] de la antena.

Los emplazamientos de las antenas deben diseñarse de tal manera que el público no pueda acceder a zonas que excedan estas recomendaciones para exposición del público en general.

6.4 NORMA ISO 14000

Justificación

La globalización económica hace que los procesos productivos en el ámbito mundial estén estandarizados, cualquier compañía que quiera incursionar en un mercado extranjero para ser aceptado debe cumplir con los estándares internacionales y estar certificado con el cumplimiento de una norma ISO.

La preocupación por la protección de la salud de los humanos y la responsabilidad ambiental, han sido preocupaciones prioritarias para las naciones industrializadas en el mundo en los último treinta años.

Esto llevo la preocupación al plano internacional de la ONU dictándose en consecuencia conferencias en torno al tema ambiental, de esta manera se fueron estructurando una serie de normas, no solamente para la estandarización de la calidad, sino ya tocando un tema más delicado como lo es actualmente el medio ambiente.

Es por esta razón que nosotros los profesionales dentro de las empresas, como futuros empresarios y directores, debemos conocerlas, estudiarlas y enseñarlas, es decir, servir de, multiplicadores, de las normas que nos van a ayudar, sino a salvar nuestro medio ambiente, por lo menos si a minimizar el impacto negativo que miles de industrias están teniendo sobre él.

Objetivos

General

Reconocer la importancia que tiene, no solamente el conocimiento de normas ISO 14000, por parte de las organizaciones, sino también la implementación y actualización de este tipo de reglamentación, pues con base en ella las organizaciones pueden optimizar y mejorar todos sus procesos productivos y reducir el impacto negativo que causan en el medio ambiente del cual se proveen.

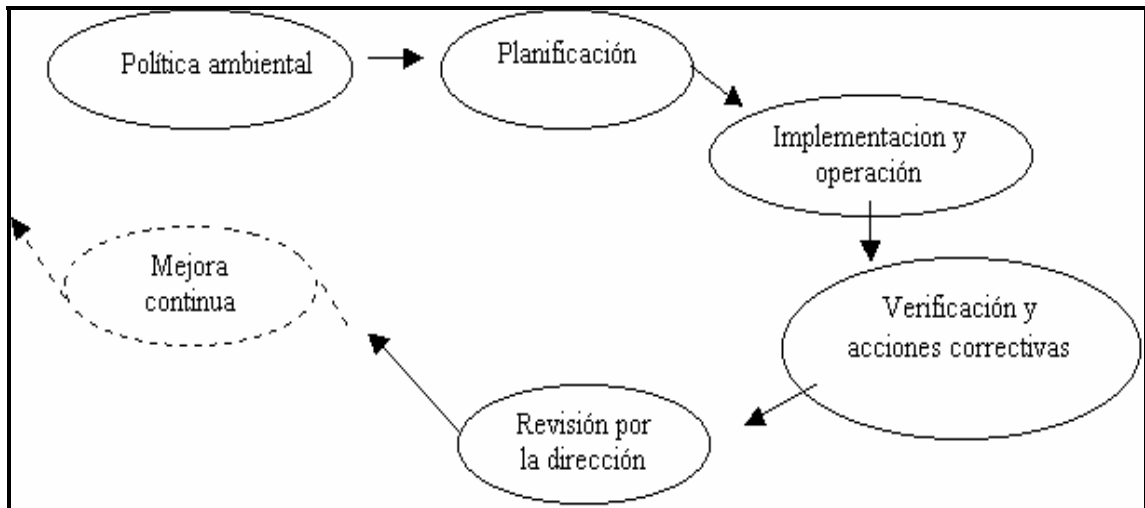
Específicos

- Determinar el contexto histórico en el cual se desarrollan estas normas
- Conocer el proceso para la implementación y utilización de las normas ISO 14000
- Analizar el impacto que tienen estas normas dentro del contexto ambiental
- Identificar áreas de oportunidades para el mejoramiento del SGA conducentes a mejorar el comportamiento ambiental

Modelo de Gestión

El modelo sobre el cual se basa la norma es el siguiente:

Figura 39. Modelo de gestión de impacto ambiental



Trata sobre el tema medio ambiental. Se trata de la descripción y aplicación en una empresa real, de cualquier rubro, de la norma internacional ISO14.000. Lo que en definitiva busca ésta norma es que cualquier empresa, de cualquier índole, un banco, un taxi, una refinería de petróleo, etc., pueda llevar a cabo sus actividades tomando una postura amigable con el medio ambiente. Estas norma Iso14000, forman parte de la serie ISO, *International Standard Org.*, de donde provienen las tan bien difundidas ISO9000 e ISO9001, por supuesto que estas últimas tratan sobre el tema de la calidad total dentro de la empresa.

Estudio de impacto ambiental, EIA

Es un estudio acabado y pormenorizado de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo, debe proporcionar antecedentes que permitan predecir, identificar e interpretar claramente el impacto ambiental, además de

fundamentar las acciones que debe ejecutar el inversionista para impedir o minimizar algún efecto adverso que signifiquen la puesta en marcha del proyecto.

Aterrizando las definiciones precedentes, tenemos que los proyectos de inversión que deberán obligatoriamente presentar un estudio de impacto ambiental, serán los que presenten las siguientes características:

- 1-** Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos.
- 2-** Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- 3-** Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- 4-** Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona, y
- 6-** Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general los pertenecientes al patrimonio cultural.

CONCLUSIONES

1. Utilizando la metodología seis sigma se ha comprobado que es posible mejorar los procesos de mantenimiento, de implementación y de optimización de la red celular, para hacer más eficiente el servicio al usuario.
2. Se analizaron los procesos actuales de mantenimiento, implementación de red y optimización. Utilizando la metodología seis sigma fue posible mejorarlos y unificar el de optimización e implementación de red, ya se han visto resultados positivos en la reducción de fallas de acceso, bloqueos y llamadas caídas, que en consecuencia es una mejor calidad en la red celular.
3. Los costos de la mala calidad se pueden reducir desarrollando un proyecto seis sigma, porque ayuda a identificar varias de las causas por las cuales se tienen problemas. Si se reducen las fallas, automáticamente se obtienen menos fallas y más ingresos.
4. Se demostró que con la ayuda de las herramientas de la calidad como lo son las gráficas, hipótesis, diagramas; los análisis se desarrollan de una forma más sencilla y se pueden identificar los problemas utilizando: lluvia de ideas, encuestas, diagramas de causa-efecto etc., para después buscar sus causas y soluciones.
5. El presente trabajo se considera útil y sirve de referencia para nuevos profesionales interesados en mejorar procesos en otras empresas de similar actividad utilizando la metodología seis sigma, en éste se brindan

los pasos que se deben seguir y las herramientas estadísticas que se pueden utilizar entre otras.

6. Las empresas que prestan el servicio de telefonía celular deben respetar y apegarse a las legislaciones municipales en los temas relacionados con medio ambiente, respetando los niveles de ruido permisibles y el impacto visual que éstas estructuras brindan.

RECOMENDACIONES

1. Para mejorar el desempeño de una red de telefonía celular, deben revisarse periódicamente los procesos de mantenimiento de la red y de optimización de la red.
2. Es conveniente establecer con qué frecuencia se debe realizar un nuevo estudio en los procesos de mantenimiento y de optimización de la red celular, utilizando la metodología seis sigma. Para llevar un control de los cambios realizados y los resultados obtenidos, es necesario documentarlos, para saber cual es el nuevo inicio del análisis. Debido a que la calidad total debe aplicarse siempre y no quedar al margen de la competencia, los estudios y análisis no se deben realizar solo una vez rompiendo con la premisa de, mejora continua.
3. Los costos de la mala calidad se ven reducidos mejorando la calidad del servicio y reduciendo el porcentaje de las fallas. La percepción del usuario del servicio es mejor, y esto se refleja en la disminución de reclamos, los costos de la mala calidad pueden ir disminuyendo más, siempre y cuando no se pierda la cultura de revisión periódica de los procesos utilizando la metodología seis sigma.
4. Después de haber realizado el estudio, y conocer el origen de las fallas que con repetida frecuencia inciden en una red de telefonía celular, se recomienda proceder a desglosar cada uno de los grandes indicadores y analizarlos individualmente sabiendo cuales de ellos son los causantes de que el indicador global este fuera de límite.

5. Brindar capacitaciones con temas relacionados con calidad total y sus herramientas, ayudaría para que el personal de la empresa asimilen el cambio sin resistencia.
6. Al momento de querer construir una nueva torre de telecomunicaciones en cualquier localidad del país, se debe conocer la legislación del mismo y platicar con las autoridades municipales para conocer las restricciones para este tipo de estructuras, con esto se evitan problemas futuros de pago de multas, cancelación de licencias y otros inconvenientes que se pueden dar con la comunidad.
7. Para que sean visible las mejoras se recomienda que se implante la fábrica visual con los principales indicadores, y cuando ocurra una tendencia desfavorable una o varias personas se pueden percatar y dar el aviso a las personas responsables y poder actuar a tiempo en beneficio de la calidad de la red y la satisfacción de los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mike George – Dave Rowlands – Hill Kastle. **¿QUÉ ES EL SIX SIGMA ESBELTO?** Panorama Editorial
2. Black Belt. **MANUAL SEIS SIGMA**
3. Harrington, H. James. **MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE LA EMPRESA.** McGraw Hill, tomo 4. Gloria E. Rodas Lopetegui. Colombia D'vinni Editorial Ltda, 1998
4. Orozco de, Ing. Nidia Ramazzini. **EVALUACIÓN DE PROYECTOS.** Cuarta Edición. Quality Print, febrero 2004
5. Gutiérrez Pulido, Humberto / Vara Salazar, Román de la **CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA.** McGraw Hill .
6. Barba, Enric/ Boix, Francesc/ Cuatrecasas, Luis. **SEIS SIGMA, UNA INICIATIVA DE CALIDAD TOTAL.** Gestión 2000 Ediciones S.A.
7. Canela López, José Ruiz. **GESTIÓN POR CALIDAD TOTAL EN LA EMPRESA MODERNA.** McBit Macrobit Editores
8. Imai, Masaaki . **CÓMO IMPLEMENTAR EL KAIZEN EN EL SITIO DE TRABAJO.** McGraw Hill 1998
9. Berry, Thomas. **CÓMO GERENCIAR LA TRANSFORMACIÓN HACIA LA CALIDAD TOTAL.** McGraw Hill 1992

10. Leal Trangay, Rodrigo Emilio. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC (DEFINIR, MEDIR, ANALIZAR, MEJORAR, CONTROLAR) DE SEIS SIGMA PARA LA MEJORA DEL RETORNO SOBRE ACTIVOS DE LA FLOTA DE RENTA DE MAQUINARIA PESADA. Trabajo de graduación Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005.

11. Caal Galicia, Leonel Augusto. MEJORA CONTINUA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SEIS SIGMA PARA LA SELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS DE SISTEMAS EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA. Trabajo de graduación Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005.

12. Oliva Villanueva, Mario Antonio. MODELO METODOLÓGICO PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS ORGANIZACIONALES. Trabajo de graduación Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994.