



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

" MANUAL DE CAMPO PARA AUMENTAR LA
CAPACIDAD Y DISMINUIR EL NÚMERO DE
LLAMADAS CAÍDAS EN LOS SISTEMAS GSM Y
UMTS "

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
Licenciado en Ciencias de la Electrónica

PRESENTA:

Juan Solis Pérez

ASESOR INTERNO:

M.I. Rubisel Tovilla Heredia

ASESOR EXTERNO:

Dr. Ramón O. Jiménez Betancourt



Puebla Pue., Feb., 2016

He de expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que me han dado la oportunidad de desarrollarme, tanto intelectual como personalmente. Su influencia ha sido de vital importancia para poder llegar al punto en el que me encuentro, finalizando una carrera y reportando una experiencia profesional.

No puedo nombrar a todos, pero si quiero reconocer, específicamente el valor de algunos de ellos:

A mis padres, quienes han estado a mi lado en las buenas y en las malas. De quienes he recibido todo el amor que he requerido y han depositado la semilla que me ha forjado hasta lo que soy. A mi esposa e hijo quienes han dado un valor especial a mi vida, por su apoyo y empuje incondicional.

Las empresas que me han dado la oportunidad de aplicar los conocimientos que adquirido en mi estancia por esta facultad.

Mis compañeros de clase, los cuales me han motivado a hacerlo lo mejor posible, con sus ejemplos de trabajo y excelencia en su vida laboral.

Y a todos aquellos que he olvidado nombrar.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ciencias de la Electrónica

ACTA DE REUNION DE REVISION DE PROPUESTA DE TEMA DE TESINA

FECHA: HORA:

LUGAR DE REUNIÓN:

PROPUESTA DE TEMA:

PRESIDENTE: M.C. RICARDO ALVAREZ GONZALEZ

SECRETARIO: DR. RICHARD TORREALBA MELENDEZ

VOCAL: M.C. RODRIGO LUCIO MAYA RAMIREZ

ASESOR INTERNO: M.I. Rubisel Tovilla Heredia 

ASESOR EXTERNO: Dr. Ramón O. Jiménez Betancourt

ASESOR INTERNO:

ALUMNO: Juan Solís Pérez. 

OBSERVACIONES DEL JURADO AL TEMA (Si es necesario ocupe el reverso de la hoja):

VEREDICTO <small>(Marque con una X)</small>	<input checked="" type="checkbox"/>	PROPUESTA APROBADA POR UNANIMIDAD
	<input type="checkbox"/>	PROPUESTA APROBADA POR MAYORÍA
	<input type="checkbox"/>	PROPUESTA RECHAZADA

OBSERVACIONES O COMENTARIOS DEL PRESIDENTE O SECRETARIO _____

FIRMA DEL PRESIDENTE  FIRMA DEL SECRETARIO 

(*) Se le recuerda al Presidente del Jurado que el último día para entregar el dictamen es: tres días después de la fecha indicada en el citatorio anexo

RECONOCIMIENTOS

De manera especial, agradecer a mis asesores, M.I. Rubisel Tovilla Heredia asesor interno, al Dr. Ramón O. Jiménez Betancourt asesor externo que contribuyeron para que llevara acabo esta tesina, quienes desde mi etapa de estudiante, me brindaron sus conocimientos así como confianza, sus consejos, no solo como maestros sino también como amigos.

A los maestros de la facultad de electrónica, por encaminarme en el camino de las ciencias, por enseñarme cada detalle, sin importar cuan pequeño fuera, siendo este el fruto de su esfuerzo.

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por darme la oportunidad de cursar una carrera profesional.

A la Facultad de Ciencias de la Electrónica, por ser el lugar donde forje los conocimientos que serán necesarios para desarrollo de mi vida profesional.

RESUMEN

Los sistemas de comunicación inalámbrica han tomado una gran relevancia a nivel mundial, entre estos se encuentran bluetooth, micrófono inalámbrico, red inalámbrica, teléfono celular, transmisión inalámbrica de energía por mencionar algunos, en la actualidad varios de estos sistemas tienen una gran popularidad de los cuales algunos se han llegado a convertir en una necesidad, como es el caso de la telefonía móvil que en sus inicios en el año 1976 que era solo implementada en algunos vehículos debido a su gran tamaño y su alto consumo de energía, se les conocía como teléfonos automáticos en vehículos (**TAV**), esto daría inicio a la telefonía móvil como la conocemos actualmente, los fabricantes de tecnología terminaron creando varios diseños de teléfonos móviles sobresaliendo el **TDMA** (Time Division Multiple Access), hasta los años 80 que se inicia una estandarización de la telefonía móvil creando la tecnología **GSM** o de segunda generación **2G**, en necesidad de contar con datos de banda ancha en las unidades móviles se crea la tecnología **UMTS** o de tercera generación **3G**. La rápida aceptación por los usuarios, la aparición de aplicaciones que utilizan el flujo de datos a hecho que crezca de forma exponencial la utilización de datos en las terminales móviles. Debido a los avances tecnológicos en la actualidad, es cada vez más rápida la evolución de tecnología entre ellas la telefonía móvil, para las empresas administradoras de telecomunicaciones estar evolucionando al ritmo que cambia la tecnología representando elevados costos en la actualización de su infraestructura, por lo que se ven obligados de reducir costos de operación y mantenimiento e implementar métodos para el aprovechamiento de su infraestructura instalada, a los métodos que frecuentemente recurren es el mejoramiento de su red, aplicando distintas estrategias para alcanzar los objetivos deseados.

La optimización de su infraestructura instalada se realiza en dos etapas que son la configuración de parámetros en el segmento de red, cambios físicos para incrementar el factor radiante de radio frecuencia.

En este trabajo se describen los segmentos que engloban una red de telefonía móvil y se elabora un manual de campo describiendo los procesos con los que se llevan a cabo para la realización la optimización de campo para realizar el incremento en el número de usuarios y disminuyendo el índice de llamadas caídas en los sistemas **GSM** y **UMTS**.

ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras	vii
Índice de tablas	vii
1. Metodología	1
1.1. ¿Qué es un manual?	1
1.2. ¿Qué es manual de procedimientos?	1
1.3. El objetivo del manual de procedimientos	2
1.3.1. Partes que lleva un manual de procedimiento	2
1.4. Relación del manual con la capacitación	3
1.5. El manual y el control de calidad	4
1.6. El manual y los estándares de trabajo ante la rotación de personal	4
2. Desarrollo de la investigación	7
2.1. Los sistemas GSM.(2G), UMTS.(3G)	7
2.1.1. Sistema GSM.2G (Global System for Mobile Communications)	7
2.1.2. La reutilización de las frecuencias en los sistemas GSM	8
2.2. Sistema UMTS.3G (Universal Mobile Telecommucations System)	9
2.3. Objetivo general	10
2.4. Objetivos específicos	10
2.5. Planteamiento	11
2.6. Metodología	12
2 Marco teórico de las tecnologías GSM, UMTS	13
3. SISTEMA 2G.GSM	14
3.1. La tecnología celular	14
3.1.1. División celular	15
3.1.1.1. Formas de celdas	15
3.1.1.2. Polarización	16
3.1.1.3. Potencia y radiación	17
3.1.2. Reutilización de frecuencias	18
3.1.2.1. Sectorización	19
3.1.3. Pérdida de señal	20
3.1.3.1. Cobertura y enlace	21

3.1.3.2.	Itinerancia y traspaso	21
3.1.4.	Características técnicas del GSM	23
3.1.4.1.	Portadoras y enlaces	23
3.1.4.2.	Planificación	24
3.1.4.3.	RF en GSM	25
3.1.4.4.	Canales en GSM	26
3.1.5.	Arquitectura de la red GSM	27
3.1.5.1.	Subsistema de estaciones base (BSS)	28
3.1.5.2.	Subsistema de red (NSS)	28
3.1.5.3.	Subsistema de gestión de red (NMS)	29
3.1.5.4.	Terminales móviles (MS)	29
3.1.5.5.	Realización de una llamada	30
3.1.5.6.	Traspaso ó (handover)	30
4.	SISTEMA UMTS.3G	32
4.1.	Sistema UMTS	32
4.1.1.	Características de UMTS	33
4.1.1.1.	Funcionamiento: FDD y TDD	33
4.1.1.2.	Tramas (FDD y TDD)	33
4.1.2.	Multiplexación por códigos	34
5.	Análisis de Resultados	36
6.	Conclusiones	39
	Bibliografía	40
3	Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas en GSM, UMTS (ANEXO)	41

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Área de cobertura de una estación móvil con reutilización de frecuencias.	8
3.1. Patrón de reuso $\frac{3}{9}$, 9 grupos, que reportan en los 3 emplazamientos (A, B y C) que cubren 9 sectores.	18
3.2. Antenas para telefonía móvil orientadas a 120°	19
3.3. Canales TDMA, sobre las frecuencias portadoras FDMA	26
4.1. Bandas de frecuencias para FDD y TDD en el sistema UMTS	34
4.2. Esquema de la estructuras temporal del UMST	34
4.3. Reuso de frecuencia en GSM y UMTS	35
5.1. Sectores con mayor indisponibilidad en GSM, UMTS	36
5.2. Imágenes de recorrido de prueba o drive test de radio frecuencia.	37
5.3. 20 sector de la <i>LAC</i> con mayor indisponibilidad.	38
5.4. Sectores con indisponibilidad después de realización optimización de campo.	38

ÍNDICE DE TABLAS

3.1. Característica de las bandas de frecuencia de sistemas de GSM	23
--	----



METODOLOGÍA

1.1 ¿Qué es un manual?

Un documento que contiene, en forma ordenada, sistemática y accesible, información relevante e instrucciones con el fin de asistir a los miembros de una organización o a terceros que se relacionan con ella en su actuación con respecto a dicha institución.¹

Un manual es una recopilación en forma de texto, que recoge en una forma minuciosa y detallada todas las instrucciones que se deben seguir para realizar una determinada actividad, de una manera sencilla, para que sea fácil de entender, y permita a su lector, desarrollar correctamente la actividad propuesta, sin temor a errores.²

Un manual es un documento que contiene información detalla de instrucciones de forma ordenada y sistemática, que se deben seguir para realizar una determinada actividad, de una manera práctica, así como de fácil entendimiento a su lector, con el fin de asistir a los miembros de una entidad o a terceros que se relacionen con esta asociación.

1.2 ¿Qué es manual de procedimientos?

Los manuales de procesos o procedimiento que describen en detalle los procesos o procedimientos que se realizan en una sociedad. Construyen a uniformizar las acciones del personal, al establecimiento de medidas de calidad y facilitan la racionalización de los procesos. Según las características y necesidades de cada empresa es posible encontrar manuales que describen los procedimientos, los procesos de ambos.³ El procedimiento determina, de manera específica y detallada, el cómo se realizan las actividades que integran a un proceso de transformación de insumos en productos, bienes o servicios. En consecuencia, en el procedimiento se deben identificar las personas, tareas,

¹ Gabriela Pintos Trías, "Los Manuales Administrativos Ho y"(2009). Pág. 3

² Paula Andrea Castañeda Tabares Andrés Felime Angude Gaviria, Laura Marcela Rojas Salazar., "Diseño Del Manual De Procesos, Procedimientos Y Funciones Para La Distribuidora E Importadora C. I Coffee Inn De La Ciudad De Pereira "(2009). Pág. 18

³ Trías, "Los Manuales Administrativos Hoy."Pág. 16

recursos y flujos de información que se emplean en el desarrollo del trabajo administrativo.⁴

1.3 El objetivo del manual de procedimientos

Todo manual tiene por objetivo satisfacer las necesidades de información de un grupo específico vinculado a la asociación respecto a un determinado tema. Con base en este objetivo se selecciona su contenido, se determina qué información debe incluirse y se elige el formato más apropiado. Para determinar el objetivo, el primer paso es identificar quienes necesitan información sobre un determinado tópico. De esta forma se identifican los usuarios del manual: quienes lo utilizarán en el futuro.⁵

Se deberá establecer el propósito que se desea alcanzar y los medios o acciones para lograrlo; es decir, qué se pretende lograr con la integración y aplicación del manual de procedimientos. Para la redacción del objetivo general se aplicará la regla de sintaxis siguiente:

- Iniciar la descripción del objetivo general con un verbo en infinitivo que implique medición, por ejemplo: incrementar, reducir, disminuir, aumentar, mejorar, mantener, ampliar, abatir, etc.
- Especificar con claridad qué se pretende con la integración del manual de procedimientos (resultado esperado). Para ello, se recomienda responder a la pregunta ¿Para qué necesito un manual de procedimientos?
- Señalar las acciones que servirán de medio para lograr el resultado esperado. Al respecto, se sugiere referenciar al propio manual de procedimientos, toda vez que éste se constituye en un medio para lograr un fin mayor.⁶

Los manuales tienen por objetivo satisfacer necesidades de información de un grupo específico vinculado con una institución para los lineamientos y metodología que debe observar en un determinado grupo, en relación con los temas y objetivos, se selecciona un determinado tema, identificando quienes lo necesitan sobre determinado tópico.

1.3.1 Partes que lleva un manual de procedimiento

Es recomendable que un manual de procesos o de procedimientos contenga, como mínimo:

1. Carátula.
2. Índice.
3. Introducción y objetivo.
4. Mapa general de los procesos o cuatro índices de los procesos incluidos, según corresponda, de forma de poder apreciar de forma global la interrogación entre los diferentes procesos y procedimientos que realizan en la entidad.

⁴Dr. Eruviel Ávila Villegas, "Guía Técnica Para La Elaboración De Manuales De Procedimientos,"(2014). Pág. 5

⁵Triás, "Los Manuales Administrativos Hoy."Pág. 24

⁶UNAM Universidad Nacional Autónoma de México, "Guía Técnica Para La Elaboración De Manuales De Procedimientos "(1994). Pág. 2

5. Organigrama de la institución, para facilitar la ubicación jerárquica, de las unidades intervinientes en los procesos y procedimientos.
6. Glosario de términos utilizados y símbolos si corresponden.
7. Descripción literal de cada procedimiento, detallando cada uno de los pasos a realizar, su forma de ejecución y el o los responsables de su ejecución.
8. Formularios, registros y archivos utilizados en el procedimiento.
9. Plano de planta física (en ocasiones).
10. Diagrama de los procedimientos, en la medida que resulten de utilidad para los usuarios.⁷
 - Carátula.
 - Índice .
 - Introducción, Objetivos y Propósito del manual.
 - Aspectos Metodológicos involucrados en su elaboración
 - Organigrama
 - Para cada órgano, su denominación, descripción de su relación formal y dependencia jerárquica, misión o propósito y las actividades o funciones asignadas.⁸
 - Carátula
 - Índice
 - Aspectos Metodológicos involucrados en su elaboración
 - Organigrama
 - Para cada órgano, su denominación, descripción de su relación formal y dependencia jerárquica, misión o propósito y las actividades o funciones asignadas.

1.4 Relación del manual con la capacitación

La utilidad que tienen los manuales de procedimientos en las dependencias y organismos auxiliares de la Administración es de suma importancia, debido a que se constituyen en instrumentos que auxilian en la inducción al puesto, así como en el adiestramiento y capacitación al personal; sirven para el análisis y revisión de los métodos y sistemas de trabajo, a fin de impulsar acciones de simplificación, mejora o reingeniería administrativa; son la base de los sistemas de control y evaluación interna; y permiten establecer estándares de calidad de los trámites y servicios.⁹

En el mundo en desarrollo a menudo las realidades financieras dictaminan que la capacitación debe ser subcontratada y financiada por agencias contribuyentes. Esto no

⁷ Trias, "Los Manuales Administrativos Hoy." Pág. 16.

⁸ Ibid. Pág. 6

⁹ Villegas, "Guía Técnica Para La Elaboración De Manuales De Procedimientos." Pág. 3

debe verse como una razón para evitar el desarrollo de una política de capacitación formal, sino todo lo contrario es más probable que las agencias contribuyentes acojan favorablemente a un grupo cuando este ha expresado una idea clara de qué es lo que quiere lograr. Las políticas de capacitación deben revisarse regularmente.¹⁰ Los manuales de procedimiento en las organizaciones y/o dependencias, ayudan a organizar y auxiliar en el adiestramiento y capacitación del personal de la fundación, sirviendo como análisis de métodos de trabajo para realizar acciones simplificando permitiendo establecer estándares de calidad de servicios.

1.5 El manual y el control de calidad

El manual de la calidad es el documento principal del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) y muestra un resumen de dicho sistema. Detalla la política de la calidad, la estructura de la institución y las principales disposiciones y actividades adoptadas para una gestión de la calidad eficiente, siguiendo las directrices de las normas utilizadas como modelo de referencia. Toda empresa que desee certificarse bajo las normas ISO debe contar con un manual de calidad. El manual de calidad constituye un documento que resume gran cantidad de información referida a la fundación y que asume carácter público: muchas organizaciones entregan su manual a clientes, proveedores, socios, para que conozcan el funcionamiento de la asociación.¹¹

Es la guía que permite seleccionar el tipo de modelo por usar. Da las pautas para que el analista escoja el modelo que más se adecua a las características de la empresa y sus relaciones con el cliente.

Requiere que la asociación documente los procedimientos y los ponga en práctica, de tal forma que si se realiza un cambio, también se registre por escrito. Es necesario contar con una base documental que se ajuste a la realidad al cien por ciento.

Es dinámico, ya que se envuelve en muchas facetas de la institución, como por ejemplo, el establecimiento y documentación de sistemas de ventas, de compras, de producción, de almacenamiento, de embarcación e ingeniería, etc.¹²

Es una política organizacional que tiene como finalidad una gestión de calidad eficiente siguiendo ciertas normas de modelo a seguir, y se ajusten a realidad al 100%.

1.6 El manual y los estándares de trabajo ante la rotación de personal

La rotación de personal, es la consecuencia de ciertos factores internos o externos en la institución sobre la actitud y el comportamiento del personal. Dentro de los factores externos podemos citar la situación de oferta y demanda de recursos humanos, uno de los factores internos que ocurren es la política salarial de la entidad.¹³

De acuerdo a los principios básicos de gerencia la rotación de personal se refiere a la cantidad de movimientos de trabajadores que entran y salen de una institución, ordi-

¹⁰ ISO, "Progresar Rápidamente,"(2004). Pág. 56

¹¹ Trias, "Los Manuales Administrativos Hoy."Pág. 20

¹² Ofelia Matamoros Ramírez, "Normas Iso 9000: Su Base Documental,"(1999). Pág. 2

¹³ Roberto. Flores, J. L. Abreu y M. H. Badii, "Factores Que Originan La Rotación De Personal En Las Empresas Mexicanas,"(2008). Pág. 66.

nariamente expresado en términos de proporción de rotación. La rotación de personal para una entidad, es a menudo, un índice importante de la eficiencia con que se están desempeñando las diferentes funciones de personal por parte de los máximos líderes de dicha institución.

La proporción de rotación puede calcularse sobre la base del número de altas o separaciones, pero el porcentaje de bajas, con referencia a las renunciaciones y separaciones obligadas, es el más usado. Es decir la rotación de personal se refiere al movimiento de trabajadores que entran y salen de una fundación. Los tratadistas con frecuencia la mencionan como uno de los factores que originan el fracaso de los índices de productividad y de eficiencia de las instituciones, tendente a mantener el mismo ritmo que el de los competidores. De acuerdo a los expertos en la administración de personal han llegado a la conclusión que la sustitución de un trabajador consume mucho tiempo y dinero.¹⁴ Los manuales dan consecuencia a los estándares de calidad ante la rotación de personal que se puede determinar por distintos factores externos e internos dentro de la asociación, la cual se puede calcular el índice de rotación que puede tener una fundación.

$$IRP = \frac{\frac{A+B}{2} \times 100}{EM} \quad (1.1)$$

El cálculo del índice de rotación de personal se basa en el volumen de entradas y salidas de personal con relación a los recursos humanos disponibles en determinada área de la asociación, dentro de un cierto periodo, y en términos porcentuales. Se utiliza la siguiente ecuación:

Donde:

IRP = índice de rotación de personal.

A = admisiones de personal en el área considerada, dentro de un periodo considerado (entradas).

D = desvinculación de personal en el área considerada, dentro del periodo considerado (salidas).

EM = promedio efectivo del área considerada, dentro del periodo considerado. Puede ser obtenido por la suma de los efectivos existentes al comienzo y al final del periodo, dividida por dos.

El índice de rotación de personal expresa un valor porcentual de empleados que circulan en la asociación con el número promedio de empleados.

2. Cuando se trata de analizar las pérdidas de personal y sus causas, no se consideran las entradas en el cálculo sino sólo las desvinculaciones.

$$IRP = \frac{D \times 100}{EM} \quad (1.2)$$

Donde:

IRP = índice de rotación de personal.

¹⁴ Ibid. Pág. 74-75

D = desvinculaciones.

EM = promedio efectivo en el periodo.¹⁵

Los manuales dan consecuencia a los estándares de calidad ante la rotación de personal que se puede determinar por distintos factores externos e internos dentro de la entidad, el cual se puede calcular el índice de rotación que puede tener una organización:

$$IRP = \frac{\frac{A+B}{2} \times 100}{EM} \quad (1.3)$$

$A = 50$: ingresos al mes.

$B = 45$: desvinculaciones mensuales.

$$IRP = \frac{\frac{50+45}{2} \times 100}{30} = \frac{230}{3} \quad (1.4)$$

¹⁵ Angélica Alejandrina Celis, Andrea García Valerio. "Trabajo presentado para el Premio Nacional de Investigación del COLPARMEX 2008 en el área de Administración Muñoz", <http://www.colpamex.org/Revista/Art10/49.htm> Pág. 77



2

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Los sistemas GSM.(2G), UMTS.(3G)

2.1.1 Sistema GSM.2G (Global System for Mobile Communications)

El *GSM* (Groupe Spéciale Mobile), es un nombre que se deriva del comité, **CEPT** (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications), establecido en 1982.

La tarea del *GSM* fue definir un nuevo estándar para las comunicaciones móviles en el rango de 900 *MHz*. Al transcurso del tiempo la *CEPT* evolucionó en una nueva organización, el Instituto de Estandarización de Telecomunicaciones Europeo (**ETSI**, European Telecommunications Standards Institute), sin embargo no cambió el objetivo. [7]

En 1990 se finalizaron las especificaciones para el primer estándar *GSM*–900. En 1991, el primer sistema *GSM* estuvo listo para ser comercializado, en este mismo año, las siglas *GSM* cambiaron por el nombre de **SMG** (Standard Mobile Group) y la sigla *GSM* se adoptó para el propio estándar (Global System for Mobile Communications).

En el año 1992 se dio la definición de Sistema Celular Digital 1800 *DCS*-1800 (Digital Cellular System 1800), el sistema *GSM* con frecuencias de 1800 *MHz*. En los Estados Unidos *DCS*–1800, fue adaptado a la banda de 1900 *MHz* (Personal Communications Service 1900, o *PCS*–1900).

En 1992 se implementan las primeras redes europeas con el sistema *GSM*–900, en este mismo año se introducían al mercado los primeros teléfonos móviles con la capacidad de soportar este sistema. Para finales de 1992 varios países europeos tenían implementadas sus redes con sistema *GSM*, los cuales empezaron a atraer el interés de todo el mundo. El *GSM* trajo sustanciales avances tecnológicos en las comunicaciones móviles y resultó ser un éxito comercial para los fabricantes de sistemas de comunicaciones móviles, así como para los operadores de red con este sistema.

Debido al gran éxito que tenía este sistema, empezaron a salir otros sistemas que trataron de imitarlo, tales como: **CDMA** (Code Division Multiple Access o Acceso Múltiple por División de Código), **DECT** (Digital Enhanced Cordless Telecommunications o Tele-

comunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente), entre otros.

Entre los principales factores que contribuyeron al éxito de este sistema se destacan los siguientes:

- La liberación del monopolio de las telecomunicaciones en Europa durante la década de 1990, se vio reflejado en precios más bajos.
- La base de conocimiento, dentro del (Groupe Spécial Mobile), junto con la cooperación de la industria.
- La falta de competencia de países como Estados Unidos y Japón, la competitividad para los servicios móviles de países no europeos comenzó cuando los sistemas *GSM* ya se tenían bien implementadas en los países Europeos.

2.1.2 La reutilización de las frecuencias en los sistemas GSM

En los sistemas GSM el reuso de frecuencias consiste en el uso de canales de radio de la misma frecuencia portadora para cubrir distintas áreas geográficas, que deben de estar separadas entre ellas lo suficiente para que no afecten con la interferencia entre canales, que pueden ser **cocanal** interferencia entre enlaces utilizando el mismo canal de radio o **adyacente** interferencia usando uno de los dos canales máximos $-f \pm 200 \text{ KHz}$, $\frac{c}{f} < 9 \text{ dB}$ o $> -9 \text{ dB}$. La realización de frecuencias se ilustra en la Figura 2.1. La interferencia es el termino empleado para designar una señal no deseada en el receptor. [5]

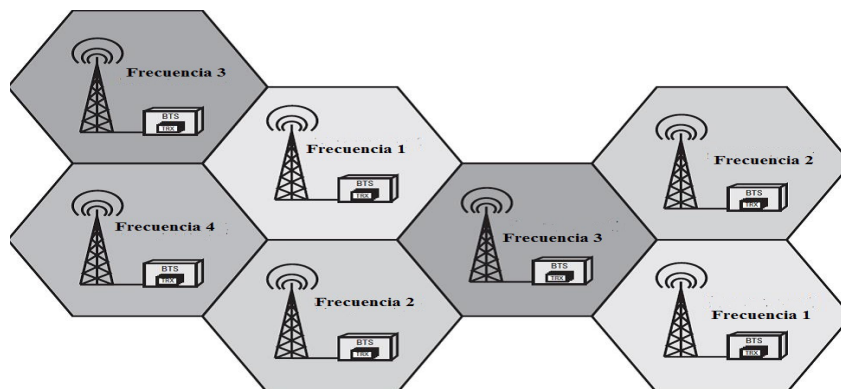


Figura 2.1: Área de cobertura de una estación móvil con reutilización de frecuencias.

2.2 Sistema UMTS.3G (Universal Mobile Telecommunications System)

En la década de 1990, a raíz de la finalización del desarrollo de los sistemas *GSM*, surgieron las primeras propuestas para diseñar un nuevo sistema de comunicaciones móviles con el objetivo de aprovechar el reconocimiento ganado por el grupo de desarrollo del *GSM*. La primera idea fue que el nuevo estándar sería el unificador de todos los estándares existentes de comunicaciones. El **ITM-200** (International Mobile Communications 2000), una iniciativa de la **UIT** (Unión Internacional de Telecomunicaciones) que se ha desarrollado como una familia de sistemas entre ellas el *UMTS*, capaz de proveer acceso inalámbrico a la infraestructura global de telecomunicaciones a través de medios terrestres, sirviendo a usuarios fijos y móviles tanto en redes públicas como privadas.

El sistema *UMTS*, conocido en Europa como sistema 3G, es uno de los principales estándares empleados junto con el **HSPA** (High Speed Packet Access) y son comúnmente utilizados en EE.UU y China debido a la evolución del sistema *GSM*.

Los beneficios tangibles que brinda el sistema *UMTS* a los usuarios, es la alta calidad con una interfaz de radio de $144 \frac{\text{Kbit}}{\text{s}}$ a $2 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}}$ de servicio multimedia sobre una red compatible con telefonía fija, celulares y por satélite. Además, les suministra información a los usuarios y les proporciona acceso a novedosos servicios y aplicaciones, ofreciendo comunicación personal multimedia al mercado de masas, con independencia de localización geográfica y con movilidad en la terminal móvil.

El éxito traspasó las fronteras europeas y mostró al mundo los grandes beneficios de tener un sistema estandarizado a nivel global. A partir de este punto nace la generación de sistemas celulares *UMTS* (tecnología 3G heredada de los sistemas 2G basados en *GSM*).




Su nacimiento se produce en una nueva organización de estandarización, el 3GPP (3rd Generation Partnership Project) que agrupa a los países europeos y de otros continentes a través de esta organización.

El *UMTS* aparecería como los primeros sistemas de comunicaciones móviles diseñados para servicios multimedia. La videollamada es uno de los servicios que una gran demanda en este sistema, junto con los accesos a Internet y los servicios de banda ancha.[7]

2.3 Objetivo general

Elaborar un manual operativo que describa los procesos para incrementar el número de usuarios y reducir el índice de llamadas caídas en una celda del sistema *GSM* y *UMTS*.

2.4 Objetivos específicos

-  Elaborar un mapa de ruta para incrementar el número de usuarios y reducir el índice de llamadas caídas en una celda.
-  Elaborar un checklist de ruta para incrementar el número de usuarios y reducir el índice de llamadas caídas.
-  Elaborar una tabla de referencia que contenga la densidad de población y el tipo de zona geográfica para incrementar el número de usuarios y disminuir las llamadas caídas.

2.5 Planteamiento

Debido a la competitividad en el sector de las comunicaciones móviles, el ingreso de nuevas empresas transnacionales prestadoras del servicio de las telecomunicaciones, las normativas requeridas por I.F.T. (Instituto Federal de Telecomunicaciones) de contar con una calidad de sus servicios de al menos 97% de su efectividad, acuerdo [9] inciso 2.1.2 con un margen máximo de llamadas caídas del 3%, para no afectar a los usuarios con el índice de llamadas caídas así como estimular a los suscriptores a no cambiarse de empresa administradora de red móvil. Estratégicamente las empresas proveedoras de este servicio se dan a la tarea de incrementar el número de usuarios o suscriptores, con la finalidad de incrementar sus ingresos, así como mantener los que ya se encuentran suscritos.

La elaboración de mapas de rutas, realización de checklist, así como tablas de referencia de densidad de población y zona geográfica así se atienden las normativas solicitadas por el I.F.T y se mantiene un control de calidad para los servicios móviles. La estrategia de mercadotecnia para incrementar el número de usuarios, así como el aprovechamiento de la infraestructura de las redes móviles. Se elaborara un manual administrativo donde se describen los procedimientos que se requiere para la optimización de campo se describen los procesos para dar solución a las problemas de calidad, a la vez que se realiza el incremento en el número de usuarios, una de las necesidades básicas para toda empresa de telefonía móvil, las llamadas caídas en los sectores afectando gradualmente la calidad del servicio pudiendo deberse a problemas sectores por obstrucción de las ondas de propagación este problema es recurrente las empresas de comunicaciones móviles.

El impacto de la realizar de un manual administrativo o en su caso un manual técnico que se pueda utilizar como “manual de campo” para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas en los sistemas *GSM* y *UMTS*, también conocido como optimización física en sistemas *GSM* y *UMTS*. De introducción al público en general, así como a los estudiantes afines a las áreas de sistemas de comunicaciones, a ingenieros que se encuentren en el proceso de aprendizaje en las áreas de las telecomunicaciones, o personal que inicia labores con empresas de comunicaciones móviles pretendiendo reducir la curva de aprendizaje, contando con apoyándose de un manual para desempeñar apropiadamente la optimización física, con la cual se estaría cumpliendo con una etapa fundamental para la optimización de redes móviles. Siendo de utilidad para los estudiantes de especializados en las áreas de automatización, para proponer a las empresas de telefonía la creación de un sistema que realice la optimización que ahora es una parte física y otra de sus etapas es vía software, la creación de control a distancia que sea capaz de conocer el punto exacto que se ubicado el sector, la detección de objetos que pudieras estar obstaculizando y enviar la información a una base de datos para su análisis para efectuar sus modificaciones, esto representa altos costo para las empresas de comunicaciones móviles debido a que existe poco personal capacitado que realice estos trabajos.

2.6 Metodología

A continuación se describe el procedimiento para cumplir con los objetivos de esta tesina:

- La realización de mediciones de potencia de señal utilizando una aplicación para equipos móviles con el sistema android. Se tomaron las mediciones de un radio de 5 Km. Tomando como referencia el sector a optimizar.
- Analizar las mediciones registradas detectando los puntos con potencias mayores a -98 dBm.
- Realizar líneas de vista para conocer el tipo de zona geográfica donde se encuentra ubicada la radio base, así como la detección de edificaciones, que pudieran obstaculizar la propagación de las ondas de radio frecuencia.
- Reorientación de sector así como, modificación de la inclinación mecánica e inclinación eléctrica con base en los puntos con niveles mayores a -98 dBm.
- Verificación de orientación de sectores así como su inclinación mecánica e inclinación eléctrica, de los sitios vecinos al sitio optimizado para obtener información real de los sectores ya existentes.
- Cotejar información recabada del sitio vecino con los que se tenían en la base de datos que nos proporcionó el departamento de optimización, para verificar que los datos fueran iguales entre lo instalado y lo que se tiene en la base de datos, en caso contrario actualización información.
- Para los casos en los que realizo optimización física y no fue posible incrementar el número de usuarios se optó por, expansión sectorial, en otros casos se realizó para ampliación de la red en la instalación una radio base, para cumplir con el objetivo de mejora.
- Documentación de tesina con las descripciones antes indicadas.
- Reporte de intensidad de señal.
- Redacción de los capítulos.



PARTE

Marco teórico de las tecnologías GSM, UMTS



3

SISTEMA 2G.GSM

3.1 La tecnología celular

Para explicar las características de los sistemas de tecnología GSM es conveniente introducir el concepto de **celular** en el cual se basan todos los sistemas de telefonía móvil hasta la actualidad, pero en este artículo estaremos mencionando solo los sistemas GSM y UMTS.

De las cuales es posible la reutilización de frecuencias, debido a que es un recurso escaso y sujeto a la concesión de licencias por las distintas administraciones de cada país para su explotación, por lo tanto implica ampliar el número de usuarios, evitar interferencias, ampliando la eficiencia, por consecuencia, mayor competencia.

Las principales características de un sistema celular son:

- Gran capacidad de usuarios.
- Utilización eficiente del espectro.
- Amplia cobertura.

Para los sistemas celulares se utilizan, estaciones base de pequeña y mediana potencia para dar servicio a un área más limitada. La zona de cobertura a la que da servicio una estación base se conoce como célula.

En cada célula se puede utilizar una subbanda (subconjunto) de frecuencias dentro de la banda total que el operador tenga asignada, de manera que en una célula solo ofrece una parte de todos los radio canales de los que el operador dispone y para dar cobertura a todo un territorio es necesario utilizar muchas células.

El problema puede parecer no resuelto aún, si una célula no puede utilizar los mismos radio canales que otra, no se ha mejorado nada, ya que el número de canales sigue siendo limitado. La gran ventaja de los sistemas es que si las células están suficientemente alejadas podrán utilizar el mismo radio canal debido a que la señal interferente se atenúa con la distancia. Ocurre este problema debido a que dos células utilizan los mismos

radio canales y se produce interferencia de cocanal. Es decir si una señal a determinada frecuencia es interferida por otra señal de la misma frecuencia (o en el mismo canal, de ahí el nombre cocanal) con potencia similar o mayor (no despreciable como ruido), la correcta demodulación de la señal original se hace imposible. Sin embargo, si la señal interferente es suficientemente baja, podría considerarse un ruido despreciable y no dar ningún problema al demodular de la señal original. La reutilización de las mismas frecuencias es, la base de todos los sistemas modernos de telefonía móvil, con independencia de su tecnología.

3.1.1 División celular

Un sistema celular se forma al dividir el territorio al que se pretende dar servicio en células, o celdas, normalmente hexagonales de mayor o menor tamaño, cada una de las cuales es atendida por una estación de radio que restringe su zona de cobertura a la misma, aprovechando el alcance limitado de la propagación de las ondas de radio a frecuencias elevadas; así, el espectro de frecuencias puede volver a ser reutilizado en cada nueva célula, siempre teniendo cuidado de evitar las interferencias células próximas. De esta manera se puede aumentar considerablemente el número de usuarios al no requerirse una frecuencia exclusiva para cada uno de ellos. Cuanto más pequeñas sean las células, mayor será el número de canales que soporte el sistema, al poder asignar conjuntos de frecuencias diferentes para áreas o células distintas, factor muy importante para un servicio público. Por lo tanto, al realizar una planificación celular, inicialmente se comienza con células de gran tamaño y, conforme aumenta el número de usuarios, se produce una división celular para aumentar su capacidad. Si en una célula con n radio canales hay más tráfico del que se puede cursar, por ejemplo, porque aumente el número de usuarios, se puede dividir la célula añadiendo más estaciones base y disminuyendo la potencia de transmisión. Esto es lo que se conoce como **splitting**. De manera que en realidad el tamaño de las células variará según la densidad de tráfico, teniendo células más grandes macroceldas en zonas rurales de hasta decenas de Km . y células más pequeñas pico y macroceldas en grandes núcleos urbanos.

3.1.1.1 Formas de celdas

La forma de las celdas en que se divide un determinado territorio depende del tipo de antena y de la potencia emitida por cada estación base. Normalmente se usan dos tipos de antenas, las de diagrama horizontal omnidireccional y las directivas. Si se usan antenas omnidireccionales, idealmente el área de cobertura será circular, y se utiliza un círculo para modelar dicha área.

Si se pretende cubrir una determinada zona con círculos, se producirá solapamiento entre ellos, lo cual es poco eficiente desde el punto de vista de uso del espectro, en la zona de superposición se atendería el tráfico con más frecuencias de las necesarias. Por ello, en los modelos de planificación, las coberturas de estaciones base se idealizan mediante polígonos regulares que recubren el plano sin superposición. De modo que los polígonos, el hexágono tiene la propiedad de que, para un radio de cobertura r dado la distancia del centro a vértice, es la figura de mayor superficie, y por lo tanto, será la que permita cubrir un área con el menor número de estación bases. Es la forma geométrica generalmente usada para representar las celdas. Cuando se desea reducir la

interferencia y obtener mayor ganancia para favorecer el enlace ascendente en entorno de cobertura difícil, como son en zonas urbanas e interiores de edificios, se utilizan en las estaciones base directivas.

Para cada emplazamiento se disponen tres antenas con diagramas de radiación horizontal que abarcan 120° cada una, para cubrir los 360° .

Idealmente, las superficies cubiertas por cada antena se asimilan a hexágonos y se les llaman sectores. Cada sector tiene sus propias frecuencias y es servido por sus propios transmisores, de forma que los sectores son celdas pero iluminadas desde un vértice. Esta disposición reduce (interferencia producida, ya que las antenas directivas radian muy poca potencia hacia atrás y en direcciones separadas angularmente de su vector de directividad, por lo cual en esas direcciones la interferencia será muy pequeña. Para un radio r de cobertura fijo (distancia del baricentro del polígono a uno de sus vértices), el hexágono es el polígono regular que presenta una mayor superficie de célula, más que los cuadrados o los triángulos, por lo que, utilizar, el número de células necesario para cubrir un territorio será mínimo. Las células circulares no son válidas, ya que sus bordes se solapan, quedando zonas sin cubrir; y si se solapasen, se producirían interferencias entre canales.

El enlace entre la terminal y la red debe mantenerse cuando éste realiza un traspasa de una célula a otra **handover**, realmente cuando conmuta la llamada entre diferentes BTS o cambia de canal dentro de la misma BTS, y cuando la red identifica la posición del móvil, realizando su seguimiento, facilidad que se conoce como roaming

Lo más común es que, en cada emplazamiento, alrededor de una estación de radio, haya tres células hexagonales y no una sola. La razón para elegir células hexagonales es que así en el retículo que se forma la relación entre el perímetro y la superficie es mínima, lo que disminuye el número de handovers que se producen cuando un móvil se desplaza aleatoriamente por las células. La razón para utilizar tres células en lugar de una sola es conseguir una mayor eficacia en el uso de las frecuencias y evitar interferencias. También, para aprovechar la potencia radiada por las antenas, se ha considerado que la relación óptima es que emitan con un haz concentrado de 60° , lo que viene a coincidir con la conclusión anterior, siendo entonces necesarias 6 antenas receptoras por cada estación base situada en el centro de una célula hexagonal. En la práctica, debido a las irregularidades del terreno, es muy difícil que se siga este modelo teórico y de lo que se trata es de, aproximándose al mismo, evitar que existan zonas de sombra.

3.1.1.2 Polarización

En lo que se refiere a la polarización, la forma más general que se puede dar para su estudio, empleada en las comunicaciones, es la polarización elíptica, en la que el extremo del vector intensidad de campo describe una elipse plana, que dependiendo del sentido de giro en que se recorre puede ser positiva + o negativa -, derechas o izquierdas. Un caso particular de ésta es la polarización circular, muy utilizada en las comunicaciones.

También, se tiene la polarización lineal, muy empleada en las comunicaciones móviles, que puede ser en el plano vertical u horizontal, lo que depende de la posición del elemento radiante, que suele ser un dipolo sintonizado a $\frac{\lambda}{2}$, siendo λ la longitud de onda. Si el dipolo se sitúa en vertical, el campo eléctrico E que genera es vertical, al igual que la polarización, y si el dipolo estuviese en horizontal, la polarización sería horizontal.

No obstante, en las comunicaciones móviles en redes celulares, la onda transmitida sufre múltiples reflexiones en su camino, lo que afecta a la polarización y al receptor llega una onda con una polarización aleatoria.

Durante las comunicaciones, con visión directa, el nivel máximo de la señal se dará cuando las antenas en ambos puntos presenten la misma polaridad; la polarización cruzada tendrá como resultado una reducción de señal de varios decibelios dB , pero puede ser muy útil para tener diversidad en recepción, utilizando una única antena.

3.1.1.3 Potencia y radiación

Las antenas emisoras-receptoras se ubican en el punto común de las tres células y no en el centro de cada una de ellas con radiación horizontal con separación entre sectores de 120° en forma de trébol. La emisión se produce en un lóbulo horizontal \mathcal{H} , con una anchura típica de haz comprendida entre 60° y 90° , y con una anchura en el plano vertical \mathcal{V} de tan solo unos pocos grados, que no suele superar los 10° de apertura en la radiación en el plano \mathcal{H} y en el plano \mathcal{V} de una sistema GSM en la banda 1900 MHz (para los sistemas GSM y UMTS son similares). Las pequeñas correcciones que se requieran en el apuntamiento del haz, se hacen mecánicamente, moviendo la antena **inclinación mecánica** ó (mechanical tilt) o con la función de ajuste de **inclinación eléctrico** ó (electrical tilt), que permite variar unos pocos grados de la dirección principal del lóbulo de radiación. Así la ganancia de antena es de varios dB superior (valor entre 15 y 20), respecto a la omnidireccional (que radia prácticamente por igual en todas las direcciones del plano, cubriendo 360°), con el consiguiente aumento de cobertura y penetración en el interior de edificios.

En un diagrama de radiación típico se puede apreciar una zona donde la radiación es máxima, a la que se denomina haz principal o lóbulo principal. Las zonas que rodean a los máximos de menor amplitud se denominan lóbulos laterales y el lóbulo lateral de mayor amplitud se denomina lóbulo secundario. Si un diagrama de radiación presenta simetría de revolución en torno a un eje, se dice que la antena es omnidireccional. Así la radiación de cualquier antena se puede representar tanto en el plano horizontal como vertical, en coordenadas polares, donde se muestran los lóbulos principales, secundarios y terciarios en función de la ganancia según el ángulo que forma su eje con el punto emisor.

Las antenas sectoriales son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Emiten un haz más amplio que una direccional, pero no tan amplio como una omnidireccional. La intensidad (alcance) de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional, pero algo menor que la direccional. Para tener una cobertura de 360° (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional), deberemos instalar o tres antenas sectoriales de 120° ó 4 antenas sectoriales de 90° . Las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales. Se pueden colocar antenas para cubrir distintos servicios o pertenecientes a distintos operadores, para ahorrar costos. También, cabe la posibilidad de compartir el elemento radiante entre varios operadores, lo que técnicamente es posible, pero no es habitual, por los problemas que conlleva de mantenimiento.

3.1.2 Reutilización de frecuencias

El principio en los sistemas celulares rige la reutilización de frecuencias, que consiste en el uso de radio canales de la misma frecuencia (portadora) para cubrir distintas áreas geográficas, que deben estar separadas entre ellas lo suficiente para que no afecte la interferencia entre canales, que puede ser cocanal (interferencia entre enlaces usando los mismos canales de radio) o adyacente (interferencia usando uno de los dos canales próximos $-f \pm 200 \text{ kHz}$, en GSM), afectando la relación $\frac{C}{I} < 9 \text{ dB}$ ó $\leq 9 \text{ dB}$, respectivamente.

La interferencia es el término empleado para designar una señal no deseada en el receptor. La reutilización de una misma frecuencia portadora en células diferentes viene limitada por la relación $\frac{C}{I}$ entre la señal deseada **C** y la señal no deseada **I** ambas en la misma frecuencia portadora. También, se producen interferencias entre canales con frecuencias próximas si el nivel es suficientemente alto.

Un conjunto de células o celdas que utilizan todos los canales de frecuencia disponibles del sistema, pero que no los reutiliza, se denomina **cluster**, existiendo distintos patrones de rehuso siendo los comunes los tipos $\frac{7}{21}$ (7 emplazamientos y 21 células o grupos de frecuencias) así como $\frac{4}{12}$, $\frac{3}{9}$ con el patrón $\frac{4}{12}$ todas las frecuencias disponibles se dividen en 12 grupos (factor de reutilización), y cada uno de estos se asigna a un sector, que se suelen denominar con una combinación de letra mayúscula A, B, C,... (Ubicación o emplazamiento) y número 1, 2, 3,... (Sector), y con el patrón $\frac{3}{9}$ en 9 grupos, como se puede ver en la figura 3.1.

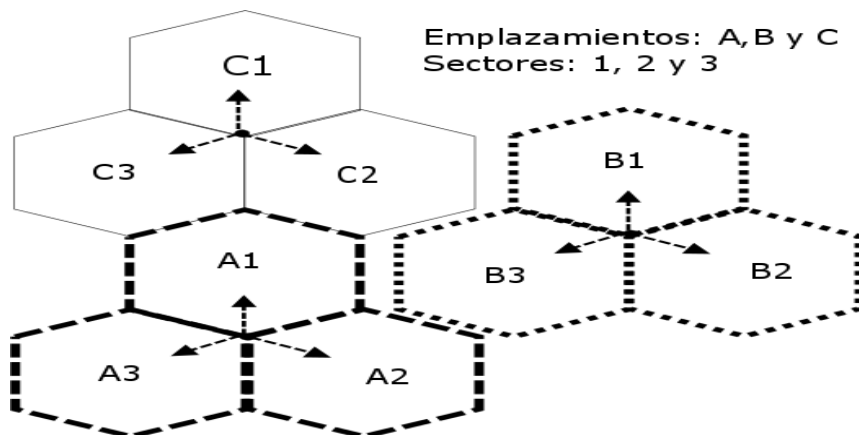


Figura 3.1: Patrón de reuso $\frac{3}{9}$, 9 grupos, se reporten en los 3 emplazamientos (A, B y C) que cubren 9 sectores.

La situación teórica ideal sería un patrón de reuso $\frac{1}{3}$, pero que en la práctica no resulta viable. En zonas rurales, con baja densidad de usuarios, se utilizan antenas omnidireccionales, con radios entre 30 – 35 Km. Un parámetro significativo es la distancia normalizada de reuso $\frac{D}{d}$, que determina el número de células que tendrán asignados diferentes radio canales el tamaño del cluster siendo **D** la distancia de reuso y **d** el radio de la célula. La distancia entre nodos consecutivos es igual a **d**.

Se conoce como distancia de reutilización a la mínima distancia entre dos células que compartan el mismo radio canal para que la interferencia cocanal no afecte a las comu-

nicaciones. Mediante la reutilización de frecuencias, en un sistema celular que presente servicio en una zona geográfica dada, podrá llevarse a cabo un número de llamadas mayor que el número de frecuencias utilizadas. El factor por el cual el número de llamadas simultáneas excede del número de canales (frecuencias) depende de varios factores y en particular, del número de células en que se haya dividido el territorio y la manera en cómo se agrupan, lo que se conoce como **cluster**, que va a fijar, en definitiva, el patrón de reutilización del conjunto de frecuencias disponibles.

El proceso de subdivisión celular tiene un límite, que está fijado por las tolerancias de los emplazamientos y la carga de procesamiento del sistema, que en la práctica resulta en un tamaño mínimo comprendido entre 500 y 1,000, metros (microcélulas). En este caso, la potencia de emisión se reduce considerablemente, dada la cercanía de la estación base y la estación móvil, reduciéndose en consecuencia los posibles efectos sobre la salud que se pudieran derivar de las radiaciones electromagnéticas que en cualquier caso son función de la potencia radiada y la distancia a la fuente. Una alternativa al proceso de división celular, que permite el crecimiento del sistema, con poca inversión, es la sectorización.

3.1.2.1 Sectorización

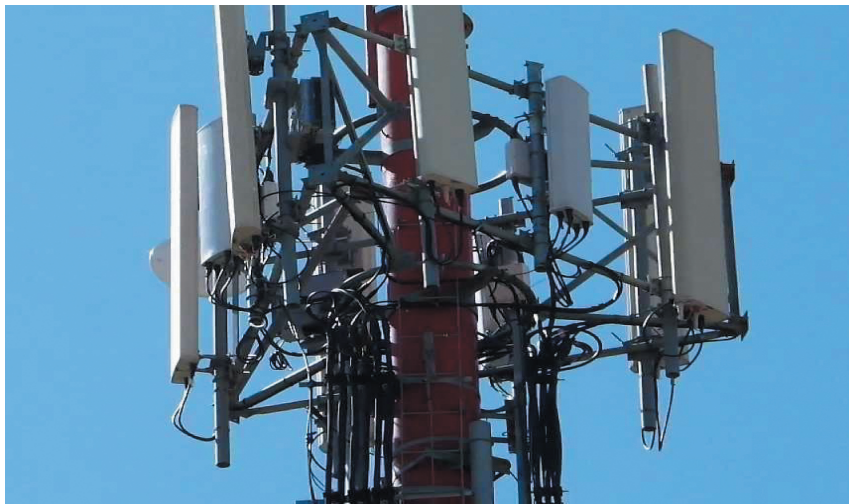


Figura 3.2: Antenas para telefonía móvil orientadas a 120°

La sectorización consiste en dividir una celda en un número de sectores, cada uno de los cuales es servido por un número determinado de canales y alimentado por una antena direccional. El sector puede considerarse una nueva celda. El uso de la sectorización disminuye notablemente las interferencias cocanales, por lo tanto, posibilita la reducción de la distancia de reutilización, consiguiendo mayor número de canales por celda o, lo que es lo mismo, mayor capacidad.

Una consecuencia derivada de la estructura celular es la sectorización (división de una célula en 3 ó 6 sectores). A medida que la demanda de usuarios aumenta en una zona geográfica, se sectoriza, de modo que, con la misma estación base y usando antenas direccionales por ejemplo, haces que cubren 120° como se aprecia en la figura 3.2, se logra triplicar el número de canales que soporta el sistema y disminuir las interferencias. Si

se dispone de 36 frecuencias para asignar a una red celular con células trisectorizadas, tipo 4 ubicaciones entre 12 sectores, el número de frecuencias asignables a cada uno de los sectores es de 3.

Con el fin de poder reducir aún más el tamaño de la agrupación, del estándar GSM define unas funcionalidades que han demostrado su utilidad por la mejora de la calidad del servicio y eficiencia espectral que aportan. Gracias a la aplicación de estas técnicas, se ha establecido para GSM un patrón tipo $\frac{3}{9}$, que proporciona una mayor utilización de las frecuencias, ya que las portadoras disponibles están repartidas entre 9 celdas en vez de entre 12.

3.1.3 Pérdida de señal

En una transmisión normal por el aire o en el espacio libre, entre dos puntos con visión directa, las pérdidas de potencia son función del cuadrado de la distancia d^2 y del cuadrado de la frecuencia f^2 lo que se conoce como pérdidas del trayecto, pero en telefonía celular la pérdida de la comunicación, debida a la distancia, rara vez se produce, ya que antes de que esto pase se habrá establecido un nuevo enlace con otra estación base.

Las pérdidas de trayecto (atenuación de la señal) hacen que la señal recibida sea menor a medida que el transmisor se encuentre más alejado, este hecho, que puede ser un inconveniente, también es una ventaja, ya que, sin él, las interferencias producidas por otras fuentes de señal podrían ser tan intensas que sería imposible una comunicación en un entorno donde hubiese múltiples emisores. Además, la intensidad de la señal se puede ver alterada cuando hay obstáculos físicos lejanos (shadow fading) en su camino, dando la atenuación una distribución log-normal, ya que si se traza la curva que representa al logaritmo de la señal a una distancia determinada alrededor de una estación base, ésta toma la forma de una distribución normal (campana de Gauss) alrededor de un valor medio. Se llama desvanecimiento lento.

Cuando la señal procedente de la estación base encuentra objetos cercanos, se refleja rebota en ellos, algo muy común en las ciudades, donde la señal sigue múltiples caminos (multitrayecto) al reflejarse en los edificios, llegando a la estación móvil por diferentes caminos y con diferente fase sin que domine ninguna (la MS recibe la suma de todas ellas, con interferencias destructivas y constructivas), lo que se conoce como desvanecimiento de Rayleigh en honor al físico británico que fue el primero en estudiar este fenómeno, que permite recibir las ondas de radio sin visión directa entre las antenas de la estación móvil y la estación base. Dependiendo de las pérdidas en el canal de radio y de la sensibilidad del receptor, se podrá tener una señal adecuada o no. La zona de cobertura es aquella en que la potencia recibida supera el margen definido. Otro fenómeno que también puede suceder, en las transmisiones digitales, es el que se denomina **dispersión en el tiempo**, que tiene su origen en las reflexiones en objetos lejanos, que ocasiona la interferencia entre símbolos (ISI, Inter-Symbol Interference). En este caso, si la señal directa y la reflejada están separadas más del tiempo que transcurre en enviar un bit (en GSM son 3,7 micro segundos, que equivale a poco más de 1 km), se mezclarán los dos bits, pudiendo dar lugar a errores.

Diversidad Todos los efectos que hemos visto, debidos al multitrayecto, hay que tratar de minimizarlos o, incluso, aprovecharlos, tanto en cuando se emplean las técnicas FDMA y TDMA como CDMA. Son varias las técnicas que se utilizan para ello:

Diversidad espacial: utilizando dos antenas receptoras (o combinando polarizaciones) es mayor la probabilidad de que no se experimenten los mismos efectos nocivos del multitrayecto al mismo tiempo.

Diversidad en frecuencia: cambiando la frecuencia de trabajo se varía la posición de los máximos de desvanecimiento, con lo que estos afectan solo a parte de las ráfagas.

Diversidad por multitrayecto: distintas señales pueden llegar por caminos separados y en tiempos diferentes, combinándose en el receptor.

Macro diversidad: consiste en el uso simultáneo de varios enlaces entre el móvil y las estaciones fijas, con lo cual se puede proporcionar un cambio de enlace suave (softhandover) al moverse el móvil de una a otra célula.

Diversidad temporal: se obtiene al utilizar entrelazado entre símbolos (símbol interleaving) y codificación, introduciendo correlación temporal en la señal.

3.1.3.1 Cobertura y enlace

Los equipos móviles enlazan vía radio con las estaciones de radio, emplazadas en lugares dominantes y espaciadas a lo largo del territorio al que se ofrece el servicio. Los terminales se sintonizan automáticamente en cada momento a la estación base de la que están más cerca, de modo que. Al desplazarse, irán saltando de una a otra estación base. Esas estaciones base están conectadas a su vez a la red telefónica básica haciendo posible la comunicación entre los terminales móviles y el resto de los terminales fijos de la red.

Para ofrecer el servicio en una determinada región, hay que instalar un cierto número de estaciones base (**BTS**) repartidas estratégicamente, de forma que el territorio en cuestión quede cubierto. Dado que, cuando un terminal móvil se desplaza entre dos estaciones, se sintoniza con aquella de la que recibe una mejor señal, cabe decir que cada estación contiene con sus adyacentes en orden a establecer su área de influencia, el territorio puede considerarse así fragmentado en un conjunto de zonas de cobertura o células, razón por la que se aplica el calificativo de redes celulares.

3.1.3.2 Itinerancia y traspaso

La capacidad de seguimiento de la posición de los portátiles y continuidad del servicio cuando pasan de una red a otra se conoce como Itinerancia ó roaming, lo que implica que el sistema ha de conocer en todo momento en qué célula o celda se encuentra el móvil; da la posibilidad al usuario de moverse a voluntad por la red o redes de varios operadores y facilita la facturación en un punto único, independientemente del punto en el que se haya originado ó recibido la llamada, ya que esta información se recoge en una base de datos para su posterior tratamiento. Al ir orientados al servicio móvil, con vehículos que pueden recorrer grandes distancias, estos sistemas deben ser

capaces de cubrir porciones de territorio realmente extenso, garantizando para el móvil la posibilidad de comunicarse en cualquier punto que se halle dentro del área que se afirme atender (cobertura efectiva). Si un vehículo en comunicación está viajando, es posible que, durante el transcurso de dicha comunicación, pase de la zona de influencia de una estación radio a la de otra es decir, que cambie de célula, con lo que, en principio, la llamada podría perderse o, en cualquier caso, la calidad de la señal de radio se degradaría. Los primeros sistemas celulares ya preveían, a este respecto, un mecanismo automático de traspaso de la comunicación durante una llamada (handover) de una a otra estación base. El traspaso o **handover** es el proceso por el cual se transfiere una comunicación de un canal de voz o datos de una célula a un nuevo canal de voz o datos, en la misma célula o en otra, cuando el canal se degrada (calidad), por ejemplo, por un problema técnico, porque la señal cae por debajo de un determinado nivel (potencia) o porque el móvil pasa de una a otra célula; así, el servicio se puede soportar de manera continua y sin que sea perceptible por el usuario el cambio de una célula a otra. El traspaso de canal, dependiendo del tipo de sistema móvil, puede ser decidido íntegramente por la propia red (NCHO: Network Control Handover), por el terminal móvil o por una combinación de ambos (MAHO: Mobile Assisted Handover). En el caso de GSM, el handover es de tipo MAHO. El terminal, en estado activo, mide continuamente en el canal descendente la potencia y calidad de la señal, en su propia célula y en las portadoras procedentes de las células vecinas, y se lo comunica a la BTS, mientras que ésta hace lo propio en el canal ascendente y con estos resultados, decide si es necesario el traspaso o no y a qué canal. Hay distintos tipos de handover en función de las células que intervengan en el proceso; según esto podemos hablar de cuatro tipos diferentes de handover que pueden producirse, dos de ellos internos (intracell) y otros dos externos (intercell):

Handover de canales en la misma célula **intracell**.

Handover células controladas por el mismo BSC **intracell**.

Handover células que pertenecen al mismo MSC, pero controladas por diferentes BSC **intercell**.

Handover células de diferentes MSC **intercell**.

3.1.4 Características técnicas del GSM

El sistema GSM es, utiliza un acceso FDM, un sistema de acceso por multiplexado en el tiempo (TDM) de banda estrecha, dentro de la banda 900/1.800 MHz (1.900 en EE.UU y América del Sur) y una separación de 200 kHz entre portadoras (canalización de banda ancha), en cualquiera de las tres bandas, lo que proporciona al menos una selectividad de canal adyacente de radiofrecuencia dentro del sistema igual a 18 dB. El sistema GSM puede utilizarse en distintas bandas de frecuencia, aunque las más comunes son las de 900, 1.800 y algo menos la de 1.900 MHz. Para cada uno de los sistemas se reservan las siguientes bandas (subbandas) de frecuencias y se tienen las características que se muestran en la tabla 3.1.

	GSM 900	GSM 1800	GSM 1900
Ascendente (Uplink)	890-915 MHz	1.710-1.785 MHz	1.850-1.910 MHz
Descendente (Downlink)	935-960 MHz	1.805-1.880 MHz	1.930-1.990 MHz
Ancho de banda	25 MHz	75 MHz	60 MHz
Separación portadoras	200 kHz	200 kHz	200 kHz
Distancia dúplex	45 MHz	95 MHz	80 MHz
Número de portadoras	124	374	299
Radio tipleo de célula	300 m–35 km.	100 m–15 km.	100 m–1 5 km.
Potencia del terminal	0.8–2 W	0.25–1 W	0.25–1 W

Tabla 3.1: Característica de las bandas de frecuencia de sistemas de GSM

3.1.4.1 Portadoras y enlaces

En cualquier tecnología celular se utilizan señales portadoras moduladas convenientemente y distintas técnicas de acceso radio para la comunicación entre las antenas y los equipos de usuario. Según la modalidad de transmisión y el rango de frecuencia asignado, cada portadora puede soportar un determinado número de canales, distinguiéndose además entre los canales que van desde los terminales hasta las antenas **uplink** y desde éstas a los terminales **downlink**.

La distancia entre una frecuencia ascendente del móvil a la estación base y su correspondiente frecuencia descendente de la estación base al móvil se denomina distancia dúplex. Los canales ascendentes y descendentes van en parejas. La separación especificada entre portadoras, en las tres bandas de frecuencias, es de 200 kHz y, como cada una admite 8 usuarios simultáneos, eso significa que es lo mismo que 1 por cada 25 kHz FDMA, que es una eficiencia espectral que está bastante bien.

En el caso concreto de GSM, como cada una de las portadoras tiene 8 canales TDMA, el número total de canales intervalo temporal dentro de una trama que admite el sistema es:

GSM 900 $124 \times 8 = 992$ canales

GSM 1800 $374 \times 8 = 2.992$ canales

GSM 1900 $299 \times 8 = 2.392$ canales

Cada uno de los canales de radio se denomina mediante un número entero (ARCN, Absolute Radiofrequency Channel Number), y las frecuencias centrales de cada uno se asignan mediante la siguiente fórmula, para el caso de GSM 900:

- Frecuencia uplink (n) = $890 + 0.2 \times n$ MHz
- Frecuencia downlink (n) = f uplink $\times n + 45$ MHz

Con valores posibles de (n) desde 1 a 124

Como se dejan dos bandas de guarda, las primeras y últimas portadoras asignables son las de 890.2 y 914.8 MHz y 935.2 y 959.8 MHz respectivamente para las bandas de subida y de bajada. La parte Uplink siempre es la que se asigna a los terminales, que transmiten con baja potencia, ya que, al ser de menor frecuencia, las pérdidas son menores, mientras que la parte downlink se asigna a las estaciones base, que transmiten con hasta algunos cientos de vatios de potencia máxima, ya que al disponer de alimentación a la red eléctrica o mediante generadores diésel o estaciones fotovoltaicas o eólicas, no presentan inconveniente.

3.1.4.2 Planificación

El número de llamadas simultáneas en cada célula, o más exactamente el de llamadas simultáneas por km^2 . por MHz, viene a expresar la capacidad del sistema, y una manera de incrementarlo es disminuyendo el tamaño de las mismas conforme va haciendo falta al aumentar el número de usuarios. En la práctica, se empieza por formar células de gran tamaño y, conforme se va necesitando, se disminuye su tamaño, llegando incluso a la sectorización de las mismas en zonas de alta densidad de usuarios, como son las ciudades. De alguna manera, se puede decir que el tamaño de las células se va adaptando a la densidad de tráfico.

Cuando se planifica una red celular hay que tener en consideración, al menos, los siguientes principios:

- Número previsto de usuarios en la zona a dar servicio.
- Estimación del tráfico cursado por todos los usuarios.
- Zona de servicio de cada estación base.
- Máxima capacidad de canales en la zona de servicio.
- Grado de servicios requerido y porcentaje de congestión tolerado.

- Nivel de interferencias permitido.

La asignación óptima de frecuencias es aquella en la que se evitan las posibles fuentes de interferencias, pero como esto no siempre es posible, hay que intentar evitar las interferencias cocanal (reutilizar entre sectores que no se interfieran) y minimizar las interferencias adyacentes.

Este proceso, el de planificación celular, es complejo y necesita de potentes aplicaciones especialmente diseñadas para ello; además de tener en cuenta los factores expuestos, se basa en los mapas topográficos de las zonas a cubrir y en otros parámetros, como pueden ser las alturas de los edificios, proximidad entre ellos que pueden dar lugar a reflexiones, proximidad de otras antenas que generan emisiones en la misma banda de frecuencia, normativa urbanística que limita la altura a la que se pueden colocar las antenas y la disposición de espacios a alquilar, ya que no siempre es accesible el punto idóneo (edificio) por la negativa de los propietarios a ceder el espacio físico para la instalación de la antena, así como a la normativa sobre Campos Electro Magnéticos (CEM), que condiciona la ubicación de las antenas y la potencia a las que éstas pueden transmitir para estar dentro de los niveles admitidos como no perjudiciales.

3.1.4.3 RF en GSM

Los estándares GSM definen un sistema de comunicaciones por radio que funciona correctamente solo si cada uno de sus componentes opera dentro de unos límites precisos. De este modo, se establece un compromiso entre lo que sería la calidad experimentada por un usuario individual y el nivel de interferencia experimentado por el resto de usuarios. Es decir, por una parte los teléfonos móviles y las estaciones base (BTS) deben transmitir suficiente potencia como para mantener una calidad de llamada aceptable en función de un nivel mínimo de relación señal a ruido en el receptor. Pero por otra parte, no debe transmitirse excesiva potencia como para que se interfiera a los canales de frecuencia o ranuras de tiempo vecinas; además de tener que respetar en todo momento los límites vigentes en cada país para las radiaciones electromagnéticas por razones de prevención de la salud. Recordemos que GSM opera con un esquema de transmisión conjunta FDMA–TDMA.

Para caracterizar las prestaciones de los transmisores GSM se emplean tres tipos de análisis distintos:

Medidas de canal: determinan la calidad experimentada por el usuario e incluyen errores de frecuencia y de fase, potencia media de portadora de RF transmitida y potencia de portadora de RF transmitida en función del tiempo.

Medidas fuera de canal: hacen referencia a la interferencia que un usuario causa al resto de usuarios GSM. Estas medidas incluyen espectro debido a la modulación y al ruido, espectro debido a la conmutación y espúreas de transmisión-recepción.

Medidas fuera de banda: determinan la interferencia que un usuario GSM causa a otros usuarios del espectro radioeléctrico e incluyen las espúreas de banda cruzada.

3.1.4.4 Canales en GSM

GSM utiliza dos bandas de 25 MHz para transmitir y para recibir (FDD). La banda de 880-915 MHz se usa para las transmisiones desde la MS hasta la BTS **uplink** y la banda de 925-960 MHz se usa para las transmisiones entre la BTS y la MS **downlink**. Usa FDD y una combinación de TDMA y FHMA para proporcionar a las estaciones base y a los usuarios un acceso múltiple. Las bandas de frecuencias superiores e inferiores se dividen en canales de 200 kHz llamados ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number ó números de canales de radio frecuencia absolutos). El ARFCN denota un par de canales uplink y downlink separados por 45 MHz y cada canal es compartido en el tiempo por hasta 8 usuarios usando TDMA. Cada uno de los 8 usuarios utiliza el mismo ARFCN y ocupa un único slot de tiempo (TS) por trama.

Para llegar a comprender el uso del método TDMA es necesario explicar el concepto de canal; existen dos tipos: físico y lógico. A su vez, estos pueden ser de tráfico y comunes.

Canales físicos Un canal físico, formado por un intervalo de tiempo por trama, da una capacidad bruta de $24.7 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$. El empleo de un canal físico para una conversación de voz o datos requiere la consideración de agrupaciones de 26 tramas, denominadas multitrama. De los 26 intervalos de tiempo resultantes por multitrama para el canal físico considerado, solo se puede enviar voz o datos en 24 de ellos. Si además tenemos en cuenta que por motivos de protección frente a errores solo 260 de cada 456 bits son de información, el resultado es de $13 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$ de capacidad neta, que coincide con la velocidad de transmisión que requiere la voz, frente a los $22.8 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$ de velocidad binaria que resulta. En el caso de los datos la proporción es similar, dando una velocidad máxima de $9.6 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$. cada una de las frecuencias resultantes de la partición del ancho de banda disponible, se procede a una segmentación en intervalos de tiempo (time slot), que se denominan de TS0 a TS7, en la figura 3.3 se muestran el establecimiento de un trama de semicanales temporales. Cada conversación se asigna a una de las tramas y digitalizada se transmite como un tren de impulsos de datos, cada uno de $577 \mu\text{s}$, que se entrelaza con los procedentes de otras, por lo que cada canal puede admitir varias conversaciones, en lugar de una sola como ocurre en los sistemas analógicos.

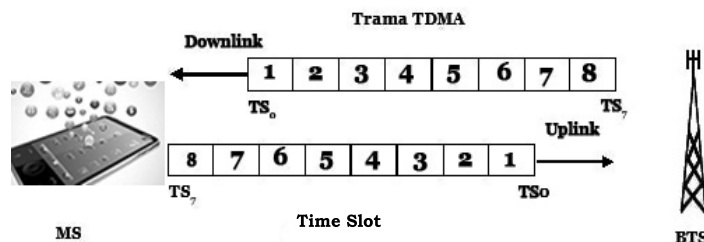


Figura 3.3: Canales TDMA, sobre las frecuencias portadoras FDMA

Canales lógicos: Los canales físicos anteriormente comentados pueden soportar varios canales lógicos que se repartirán los intervalos de tiempo de los primeros. Existen

varios canales lógicos normalizados en GSM, cada uno transmitiendo un tipo de información diferente y con una determinada capacidad.

Entre las estaciones base y los terminales se puede transmitir información muy variada, por ejemplo, de datos de usuario y de control o señalización, dependiendo del tipo de información que se va a transmitir se utilizan distinta “canales lógicos”, que se multiplexan sobre los canales físicos. De estos, existen de dos tipos: canales de tráfico y canales comunes o de control.

Canales de tráfico: Un canal de tráfico, (Traffic channels, **TCH**), se emplea para transportar voz y datos entre las MS y la BTS, así como canales especiales de señalización asociada a la llamada, que ocupan ciertos intervalos de la trama.

Canales comunes: Los canales comunes, también denominados de control, sirven para regular el acceso de los terminales al sistema; son aquellos que transmiten información de señalización común a todos los móviles que se encuentren en una célula, y pueden ser accedidos tanto por terminales en modo espera como dedicado. Los canales comunes se usan por los terminales en modo espera para intercambiar la información de señalización necesaria para pasar al modo dedicado.

Canales de Control Común: Los Canales de Control Comunes (CCCH) sirven para comunicar una MS con la red en lo referente a intercambio de información, solicitud de un canal dedicado para el inicio de una sesión radio y confirmación del canal asignado por la red.

Los canales comunes son los siguientes:

- Random Access Channel (RACH).
- Notification Channel (NCH).
- Pagine Channel (PCH)
- Access Grant Channel (AGCH)
- Cell Broadcast Channel (CBCH)

Canales de Control dedicado: Los canales de control dedicados (DCCH) son canales de señalización bidireccionales que se asignan dinámicamente y de manera exclusiva a las MS, para el establecimiento y liberación de llamadas. También se emplean para intercambio de información entre MS y BTS sobre distintas medidas.

Los canales de control dedicados son los siguientes:

- Specific Dedicated Control Channel (SDCCH).
- Cell Broadcast Channel (CBCH).
- Slow Associated Control Channel (SACCH).
- Fast Associated Control Channel (FACCH)

3.1.5 Arquitectura de la red GSM

Una red GSM se organiza como un conjunto de células radioeléctricas continuas que proporcionan cobertura completa al área de servicio. Cada una de estas células

pertenece a una estación base (BTS), que se denomina también RBS, que opera en un conjunto de canales de radio diferentes a los usados en las células adyacentes y que se encuentran distribuidas según un plan celular de frecuencias.

En la red GSM podemos distinguir tres partes bien diferenciadas, que se explicarán con detalle a continuación:

- BSS (Subsistema de estaciones base).
- NSS (Subsistema de red).
- NMS (Subsistema de gestión de red).

3.1.5.1 Subsistema de estaciones base (BSS)

El subsistema de estaciones base (BSS) se compone de:

BSC (Controlador de estación base): Para coordinar la transferencia de llamadas entre distintas BTS (gestión del handover), con objeto de mantener la continuidad, y la potencia con que éstas emiten, para evitar interferencias. La interfaz entre la MSC y la BSC se denomina interfaz.

BTS (Estación transeptora base): Contiene los transmisores y receptores, incluyendo las antenas y todo el procesamiento de las señales en la interfaz de radio, para cubrir una determinada área geográfica (una o más celdas). La interfaz entre la BTS y la BSC se denomina interfaz A bis, y suele ser un enlace MIC.

TC (Unidad de adaptación de velocidad y transcodificación) : Es la responsable de la transcodificación de la voz (conversión de la voz de un formato de codificación digital a otro y viceversa) y adaptación de velocidad $\frac{64}{16} \frac{kbit}{s}$. Este elemento no siempre se contempla como independiente, sino integrado en el conjunto $\frac{BSC}{BTS}$, por lo que no siempre aparece como tal. Tanto si el TC está en el BSC (interfaz Abis) o próximo al MSC (interfaz A), cada canal de $2 \frac{Mbit}{s}$ puede transportar hasta un máximo de 120 canales de tráfico.

3.1.5.2 Subsistema de red (NSS)

El subsistema de red (NSS) consta de varios elementos distintos que son analizados a continuación:

MSC (Centro de conmutación de servicios móviles): Es el equivalente a una central de conmutación digital en la red fija, pero añadiendo las características necesarias para el servicio móvil. Realiza la función de conmutación telefónica del sistema y el control de llamadas desde y hacia otros teléfonos y elementos de red de datos. También captura la información de facturación de una llamada. Está conectado al BSS a través de la interfaz A. La interfaz de señalización entre el MSC y la red pública conmutada utiliza el Sistema de Señalización.

GMSC (Gateway Mobile Services Switching Center): Dentro de las MSC de la red hay un tipo particular que es el GMSC (gateway), que sirve como puerta de acceso a otras redes. Es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware) que se encarga de interconectar dos redes, la de telefonía fija y la red GSM.

VLR (Registro de posiciones de visitantes): contiene información de abonado necesaria para el roaming de una MS en una red visitada. Aunque se especifica como una entidad separada, se integra en una MSC. Cuando un terminal accede a una red visitada, esta información es transferida desde el HLR usando el procedimiento de actualización de ubicación.

HLR (Registro de localización local): Es una base de datos central para una PLMN para almacenar información de suscripción de los abonados. Guarda información sobre el perfil de servicio, ubicación y estado de actividad de un abonado. El HLR está conectado a los MSC y VLR.

AuC (Authentication Center): Proporciona parámetros necesarios para la autenticación para verificar el acceso de usuario. También proporciona parámetros de encriptación para cifrar la información en la interfaz aire.

EIR (Equipment Identity Register): Es una base de datos que contiene información para evitar llamadas desde estaciones móviles autorizadas y robadas. La base de datos mantiene esta información basada en el identificador de equipo IMEI (International Mobile Equipment Identity).

GIWU (GSM Interworking Unit): Sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para comunicación.

3.1.5.3 Subsistema de gestión de red (NMS)

El subsistema de operación y soporte se conecta al BSS y NSS para controlar y monitorear toda la red GSM. Como los diferentes elementos de la red se encuentran dispersos en grandes áreas geográficas.

OMC, (Centro de operación y mantenimiento): Realiza las funciones de operación y mantenimiento propias del sistema, estableciendo correctamente los parámetros que controlan los procedimientos de comunicación.

3.1.5.4 Terminales móviles (MS)

La MS (Estación móvil) es el equipo o terminal de usuario que se comunica con la red a través de una interfaz radio. La interfaz radio entre la estación móvil MS y la BTS. La estación móvil (MS) consiste en el equipo móvil o ME y una tarjeta inteligente llamada Subscriber Identity Module (SIM). Así, pues, la estación móvil es una combinación de un terminal más un abonado. La MS consta de una MT (Mobile Termination) y el suscriptor se almacena como un módulo aparte llamado SIM, por lo tanto $MT + SIM = MS$. La MT (Mobile Termination) realiza las funciones necesarias para soportar el canal físico entre la MS y la estación base (BTS), como terminación de la transmisión, control de los canales de radio, soporte de múltiples terminales, codificación/decodificación de la voz. Permite el acceso a la red a través de la interfaz radio con funciones de procesamiento de señales y de radiofrecuencia.

3.1.5.5 Realización de una llamada

El abonado móvil marca un número o, en otras palabras, pide un servicio a la red a la cual está actualmente registrado como visitante. Tras recibir la petición, la red analiza los datos del abonado que inicia la llamada. Los datos le son necesarios para realizar tres operaciones:

- Autorización de uso de la red.
- Activación del servicio solicitado.
- Encaminamiento de la llamada.

La llamada puede tener dos tipos de destino, una estación móvil o un teléfono en una red fija. Si la llamada es dirigida hacia un teléfono en una red fija, en primer lugar se dirigirá hacia la RTC, que, posteriormente, la encaminará hacia su destino siguiendo los procedimientos establecidos para redes fijas, que asocian los números a posiciones fijas, según el plan de numeración aprobado.

3.1.5.6 Traspaso ó (handover)

El handover es el cambio de radiocanal, es decir de frecuencias de trabajo, de un terminal móvil que tiene establecida una comunicación, y se puede dar por varios motivos. Surge como solución al problema del mantenimiento de comunicación con una estación móvil que está en movimiento y pierde la señal dentro de su célula o pasa de una célula a otra. En este último caso, es necesario establecer una conexión con la nueva célula y liberar la antigua.

Dos razones para que se realice un traspaso:

- La primera de ellas es que se produzca un desvanecimiento de señal, es decir que la potencia o calidad de la señal baje de los parámetros estipulados por el BSC. Este deterioro de la señal es detectado mediante las constantes medidas llevadas a cabo tanto por la estación móvil como por la BTS. Como consecuencia del desvanecimiento, la conexión se traspasa a una célula en la que la señal sea más robusta.
- La segunda de las razones es que la capacidad de tráfico de la célula esté próxima a su límite. En este caso, las estaciones móviles que se encuentren cerca de los límites de la célula pueden ser traspasadas a células vecinas que estén soportando una menor carga de tráfico.

La decisión de realizar un traspaso siempre la toma la BSC que se ocupa del abonado en ese momento, excepto si ésta se efectúa por motivos de tráfico. En este caso es la MSC quien lo decide.

Hay cuatro tipos de traspaso:

Traspaso intra célula e intra BSC: Se produce cuando se cambia de radio canal dentro de la misma célula. Esto puede darse si se detectan demasiadas interferencias y se decide cambiar de radio canal. También se utiliza simplemente para prevenir interferencias. Es la más pequeño de los traspasos que se pueden presentar. En él

se cambia el canal de tráfico por el que el abonado realiza la señalización, generalmente en otra frecuencia pero dentro de la misma célula. La decisión de realizar el traspaso la toma el BSC que controla la célula.

Traspaso intercélula e intra BSC: El abonado se mueve desde una célula hasta otra, provocando un proceso de traspaso que controlará el BSC. En el momento en que se establece la conexión con la nueva célula, se libera la antigua.

Traspaso intercélula e ínter BSC: el abonado vuelve a moverse de una célula a otra, pero en este caso la nueva célula está controlada por un BSC distinto. Ahora la decisión de realizar el traspaso depende aún del primer BSC, pero es llevado a cabo por el MSC. La conexión con el primer BSC y BTS es liberada en el momento en que se realiza la conexión con el nuevo.

Traspaso ínter MSC: En este caso de traspaso, que es un poco más complicado que los anteriores, el abonado se desplaza desde una célula controlada por un MSC hasta una célula que está en el dominio de otro MSC. En este caso, el MSC original, conocido como MSC ancla, contacta con el MSC destino transfiriéndole la conexión de tráfico.



4

SISTEMA UMTS.3G

4.1 Sistema UMTS

El UMTS habría de ser un sistema de comunicaciones móviles capaz de ofrecer significativos beneficios a los usuarios, incluyendo una alta calidad y servicios multimedia sobre una red convergente con componentes fijos, celulares y por satélite. Suministraría información a los usuarios y les proporcionaría acceso a nuevos y novedosos servicios y aplicaciones, ofreciendo comunicaciones personales multimedia al mercado de masas, con independencia de la localización geográfica y del terminal empleado (movilidad del terminal, personal y de servicios). Por su parte, HSPA (High Speed Packet Access) es la evolución de UMTS para ofrecer más velocidad y nuevas prestaciones. Como se ha visto, GSM fue el primer sistema de telefonía celular especificado por el organismo de estandarización europeo ETSI (Europea, Telecommunications Standards Institute) para permitir la interoperabilidad de los sistemas en la Unión Europea (entonces Comunidad Económica Europea). Sin embargo, su éxito traspasó las fronteras europeas y mostró al resto del mundo los grandes beneficios de tener un sistema estandarizado a nivel global; de ahí su importancia. Con esta idea, nacería más tarde la siguiente generación de sistemas celulares: el UMTS (tecnología 3G, heredera de los sistemas 2G basados en GSM). Su nacimiento se produjo en el seno de una nueva organización de estandarización, el 3GPP (Third Generation Partnership Project), que agrupaba no solo a los países europeos, sino también a países de otros continentes (a través de sus respectivos organismos de estandarización).

Además del objetivo de ser un sistema de comunicaciones globales que permitiese una fácil interoperabilidad y uso a nivel de usuario en cualquier lugar, el otro gran propósito de UMTS fue proporcionar un sistema completo de comunicaciones con voz y datos, donde estos últimos permitiesen desplegar de forma muy eficiente y flexible los nuevos servicios de multimedia que se prevén que iban a ser altamente demandados por los usuarios.

4.1.1 Características de UMTS

La tercera generación de móviles, uno de cuyos componentes principales lo constituye UMTS, se ha diseñado, básicamente, en Europa, y contempla la validez para todas las regiones del mundo y sistemas, tanto terrestres como por satélite. La estandarización de UMTS se ha llevado a cabo (coordinado) desde 1998, por el 3GPP, que ha trabajado intensamente para definir los estándares de IMT-2000 (Internacional Mobile Telecommunications 2000). UMTS sistema de 3G basado en WCDMA (Wideband Code División Multiple Acceso) o W-CDMA, como también se puede expresar, es equivalente emplear una u otra denominación.

4.1.1.1 Funcionamiento: FDD y TDD

Para que un sistema de comunicaciones sea **full dúplex**, es decir, que nos permita transmitir y recibir información simultáneamente, hemos de utilizar alguna de las técnicas de multiplexación. Básicamente, existen dos: multiplexación por división en frecuencia (FDD, Frequency División Duplexing) en la que el envío y recepción se realiza en diferentes frecuencias, y multiplexación por división de tiempo (TDD, Time División Duplexing) en la que el envío y recepción se realizar en la misma frecuencia pero en intervalos de tiempo diferentes.

En WCDMA, existen dos modos de operación: ion

TDD: En este método bidireccional, las transmisiones del enlace ascendente **UL/uplink** y del descendente **DL/downlink** se transportar en la misma banda de frecuencia usando intervalos de tiempo (slots de trama) de forma síncrona. Así las ranuras de tiempo en un canal físico asignan para los flujos de datos de transmisión y de recepción.

FDD: Los enlaces de las transmisiones de subida y de bajada emplear dos bandas de frecuencia separadas para este método a dos caras. Par de bandas de frecuencia con una separación específica se asignan para cada enlace. Puesto que diversas regiones tienen diversos esquemas de asignación de la frecuencia, la capacidad de funcionar en modo de FDD o TDD permite la utilización eficiente del espectro disponible.

En la figura 4.1 muestra la asignación inicial de las bandas de frecuencias UMTS para ambos modos, FDD y TDD:

FDD (60+60 MHz); UL: 1920-1980 y DL: 2110-2170) y CDMA

TDD (35 MHz, 1900-1920 y 2010-2025 MHz) y TDMA/CDMA

4.1.1.2 Tramas (FDD y TDD)

En la modalidad FDD hay dos tramas diferentes soportadas por dos portadoras, para los enlaces ascendente y descendente, respectivamente; mientras que en TDD la trama y la frecuencia portadora son únicas, como es lógico suponer, y cada TS (Time Slot) se puede emplear para ambos enlaces. Al igual que sucede en GSM, también en UMTS

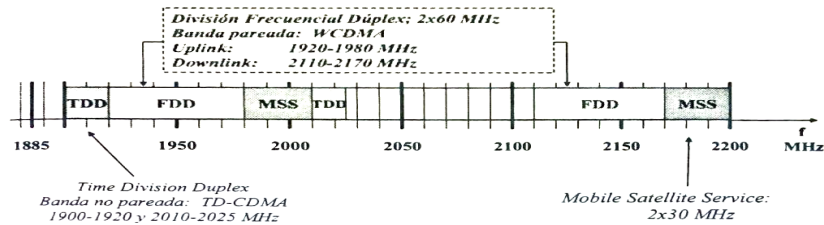


Figura 4.1: Bandas de frecuencias para FDD y TDD en el sistema UMTS

como muestra la figura 4.2, se emplea una estructura jerárquica con diferentes divisiones en el tiempo (técnica TDMA), donde el nivel jerárquico inferior está constituido por intervalos de tiempo (TS), con una duración cada uno de $0,666$ milisegundos ($\frac{2}{3}$ ms). Entonces, la capacidad resultante es de $\frac{2}{3} \text{ ms} \times 3,84 \frac{\text{Mchip}}{\text{s}} = 2.560 \text{ chips}$ (un *chip* equivale a $0,26$ ms). Una trama (que se envía en 10 ms y tiene 15 TS) contiene 38.400 chips. En función del factor de ensanchamiento (SF), un intervalo contendrá más o menos símbolos; por ejemplo, con un SF = 256, un intervalo tendrá 10 símbolos complejos, que en modulación BPSK corresponderán a 10 bits ($15 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$) y en modulación QPSK corresponderán a 20 bits ($30 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$). Con QPSK se consiguen aproximadamente $2 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}}$ con SF = 4 (4 usuarios simultáneos) y unos $120 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$ con SF = 4 (64 usuarios simultáneos).

El nivel intermedio (trama) se forma por 15 TS y tiene una duración de 10 ms. El nivel superior es la supertrama, constituida por 72 tramas, con una duración de 720 ms, que equivale a 6 multiramas-26 de GSM. Se numeran según el SFN (System Frame Number), variable entre 0 y 4.095 (12 bits).

El nivel intermedio (trama) se forma por 15 TS y tiene una duración de 10 ms. El nivel superior es la supertrama, constituida por 72 tramas, con una duración de 720 ms, que equivale a 6 multiramas-26 de GSM. Se numeran según el SFN (System Frame Number), variable entre 0 y 4.095 (12 bits).

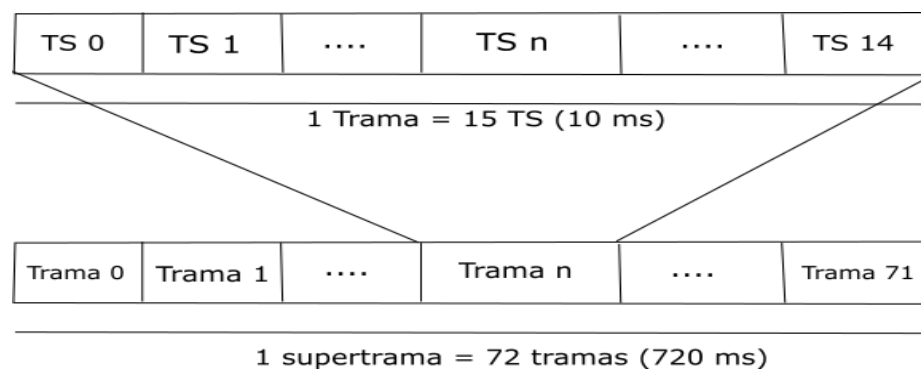


Figura 4.2: Esquema de la estructura temporal del UMTS

4.1.2 Multiplexación por códigos

Para que un sistema de telecomunicaciones pueda dar servicio a múltiples usuarios ha de usar alguna de las técnicas de multiplexación, es decir, alguna manera de

compartir el canal de comunicaciones entre esos usuarios. Las tres formas básicas de multiplexación de acceso son las siguientes: en de la frecuencia (FDMA. Frequency Division Multiplexing Access) en la que diferentes usuarios usan distintas frecuencias del canal: en tiempo (TDMA, Time Division Multiplexing Access) en el que el reparto del canal entre los usuarios se realiza en el tiempo, teniendo cada usuario un tiempo de transmisión asignado para él, y en códigos (CDMA, Code Division Multiplexing Access), en el que los usuarios transmiten al mismo tiempo y en la misma frecuencia, pero usando diferente codificación. En este último caso, el uso de códigos especiales (ortogonales, basados en funciones de Walsh y códigos de árbol para UMTS que permiten la expansión con un factor variable) permite que cada usuario codifique su información de forma que luego pueda ser correctamente recuperada en el receptor (y separada del ruido e interferencias). CDMA es la técnica de multiplexación usada en UMTS, que adicionalmente realiza una expansión del espectro (de ahí la W, Wideband, que se añade para WCDMA). En UMTS, a diferencia de GSM, no es necesaria una planificación de reuso de frecuencias, y la misma frecuencia se usa en todas las celdas, por lo que se han de usar códigos diferentes. Adicionalmente diferentes códigos se usan para separar a los distintos usuarios de una misma celda, como se muestra en la figura 4.3 se puede ver la situación para GSM, con factor de reusó ($N = 4$) y para UMTS con factor de reuso ($N = 1$).

En UMTS se usan principalmente dos tipos de códigos, para diferentes funciones: los

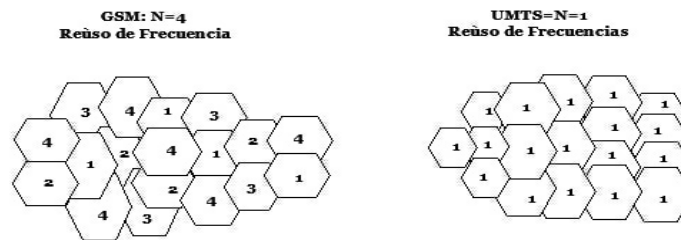


Figura 4.3: Reuso de frecuencia en GSM y UMTS

códigos de canalización (channelization codes) y los códigos de scrambling (scrambling codes). Los primeros son códigos cortos usados para la separación de los distintos canales en uplink (desde el terminal a la estación base) y downlink (desde la estación base al terminal), utilizándose los mismos códigos en todas las celdas. Los segundos (los códigos de scrambling) son códigos largos. En el uplink se usan para diferenciar a los distintos usuarios, mientras en el downlink diferencian a las distintas estaciones base.

5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de haber obtenido los estadísticos con el software **octixone** y haber filtrado y graficado, como se puede apreciar en la figura 5.1, la información de los sectores

que se agrupan en una LAC (Location Area Identity), y en base a esta información, se observa qué sectores presentan problemas de llamadas caídas e indisponibilidad, para los cuales se debe dar una solución, se inicia con la revisión de alarmas en la

BTS para cerciorarse de que no existan alarmas presentes, en el caso de existir, se deben realizar las configuraciones necesarias para la limpieza de éstas y se deja en observación el sector con problemas.

Posterior a 48 horas de los cambios, se obtienen nuevos estadísticos para ser cotejados con los obtenidos con anterioridad, una vez cotejados se observan que sectores continúan con el problema. Para los que continúen con ejercicio, se debe realizar movimientos de azimut, así como inclinación eléctrica e inclinación mecánica.

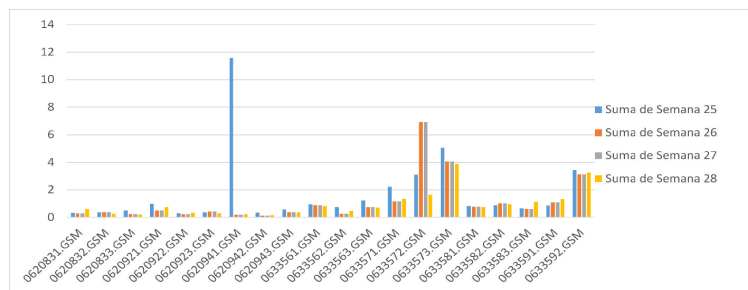
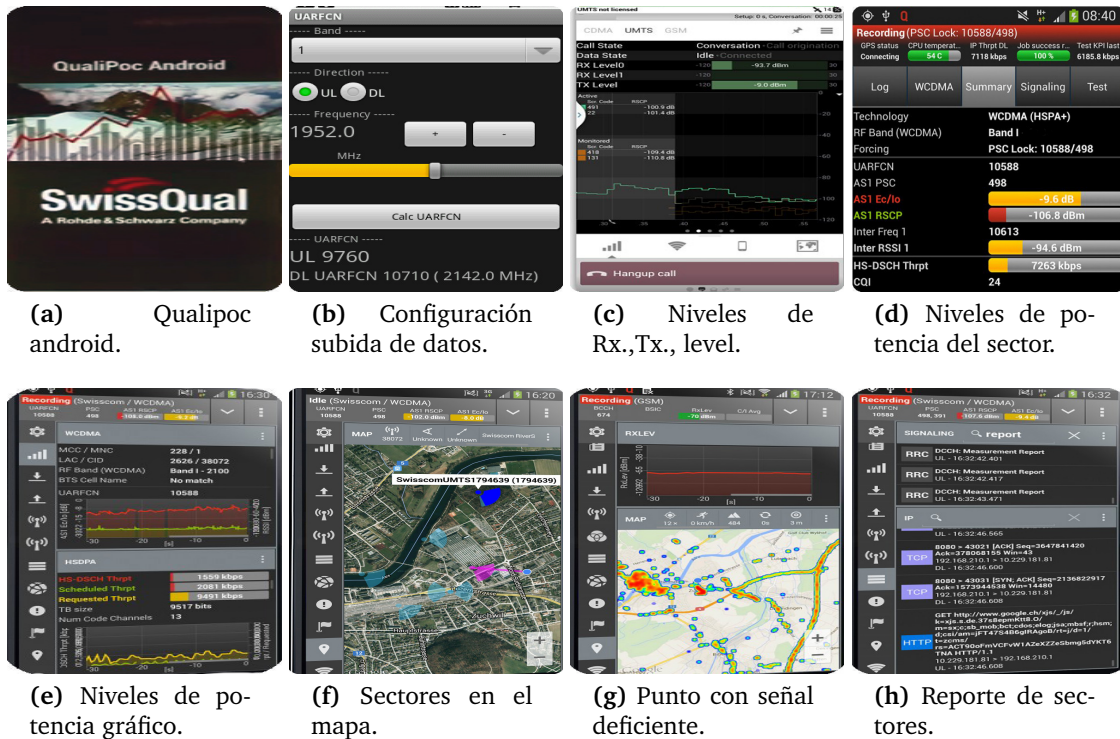


Figura 5.1: Sectores con mayor indisponibilidad en GSM, UMTS

Antes de realizar movimientos de los sectores, se deberá efectuar un **recorrido de prueba** o (drive test de radio frecuencia), como se muestra en la figura 5.2, con la finalidad de conocer los niveles de potencia, velocidad de carga y descarga de datos en distintos puntos geográficos; donde emite el sector con problemas así como conocer los niveles de potencia que emiten los sectores vecinos en el mismo punto geográfico.

Realizado el recorrido de prueba se analizarán los resultados con el software de análisis de optimización, en este caso se analizó con NQDI (Network Quality Data In-

investigador), para conocer los puntos deficientes de la zona de propagación y alcance del sector, y también conocer la potencia y alcance de los sectores vecinos.

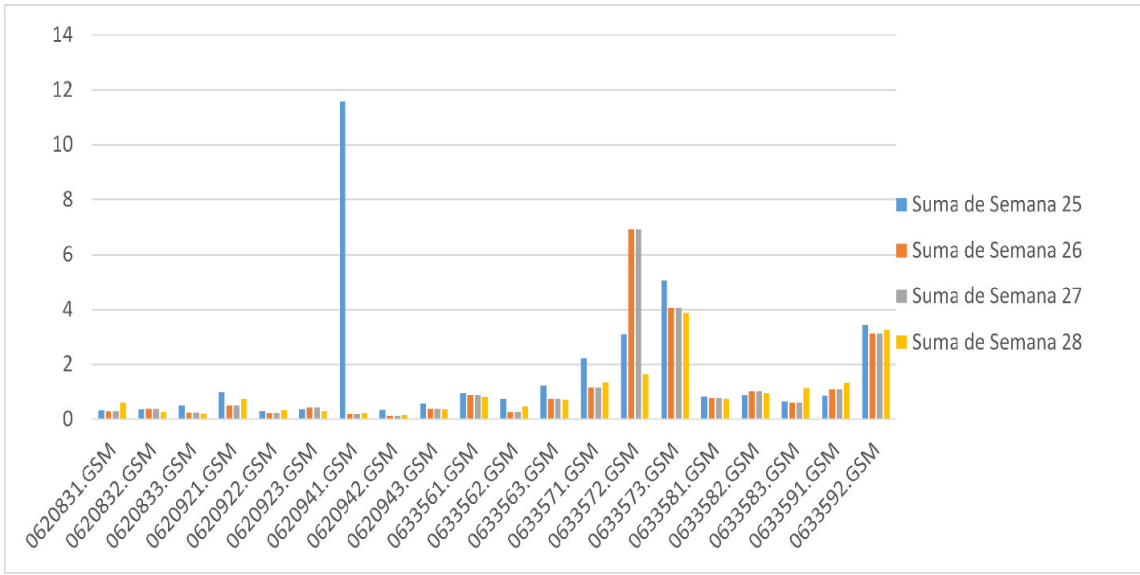


Figuras 5.2: Imágenes de recorrido prueba o drive test de radio frecuencia.

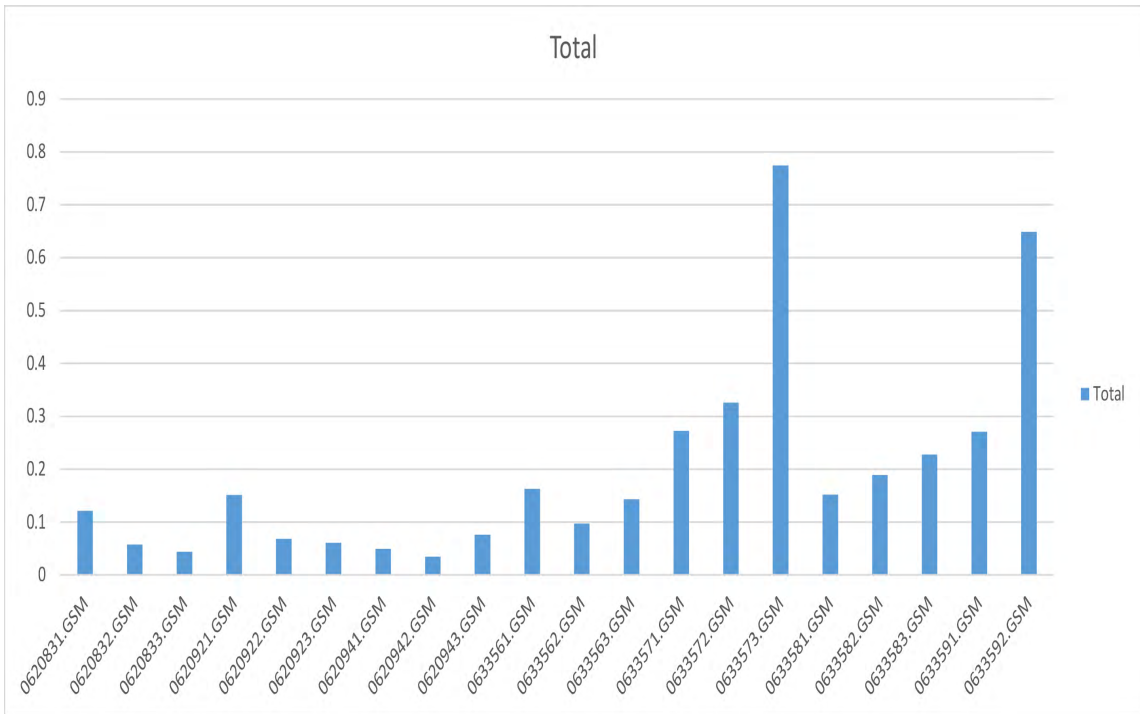
Realizado el recorrido de prueba se analizarán los resultados con el software de análisis de optimización, en este caso se analizó con NQDI (Network Quality Data Investigator), para conocer los puntos deficientes de la zona de propagación y alcance del sector, y también conocer la potencia y alcance de los sectores vecinos.

Una vez analizada la información obtenida del recorrido de prueba, se realizan los movientes de azimuth, inclinaciones mecánica y eléctrica, en base al análisis obtenido del software NQDI, posterior a los cambios realizados, se deberá repetir el procedimiento para, obtener la información que se tiene después de los cambios; hasta obtener los niveles adecuados para un óptimo desempeño de la red.

En la figura 5.3 se muestran los resultados sectores de una LAC que presentan mal desempeño por lo que para su óptimo función se realizaron los cambios descritos en el manual de campo, obteniendo al final de las actividades de campo los resultados como se indican en la figura 5.4 los cuales se puede ver un notable decremento en los sectores de mal desempeño y obteniendo un incremento en el número de usuarios así como disminución de llamadas caídas.



Figuras 5.3: 20 sector de la LAC con mayor indisponibilidad.



Figuras 5.4: Sectores con indisponibilidad después de realización optimización de campo.



CONCLUSIONES

A lo largo de los trabajos realizados en campo y cambios físicos generados en los sectores, para obtener en las redes de telefonía móvil un óptimo desempeño, tuvieron como fin el incrementar el número de usuarios y disminuir las llamadas caídas. Con la labor diaria, para obtener un buen desempeño de la red, se fueron realizando trabajos tanto en configuración de parámetros en las BTS, como de movimientos en los sectores; hasta lograr un desempeño óptimo de la red, así también estar en los parámetros de calidad que los organismos reguladores de telefonía móvil solicitan. Con la experiencia obtenida para obtener los niveles deseados en la red, se llega a la conclusión que los trabajos; que son necesarios para los objetivos deseados, se llevan a cabo como se describen en el manual de campo, para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas.

En la figura 5.3 de análisis de resultados se muestran los sectores de una LAC que presentan mal desempeño por lo que para su óptimo función se realizaron los cambios descritos en el manual de campo, obteniendo al final de las actividades de campo los resultados como se indican en la figura 5.4 los cuales se puede ver un notable decremento en los sectores de mal desempeño y obtenido un incremento en el número de usuarios así como disminución de llamadas caídas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Laura Marcela Rojas Salazar. Andrés Felime Angude Gaviria, Paula Andrea Castañeda Tabares. Diseño del manual de procesos, procedimientos y funciones para la distribuidora e importadora C. I. coffee inn de la Ciudad de Pereira.
- [2] Andrea García Valerio. Angélica Alejandrina Celis Muñoz. *Trabajo presentado para el Premio Nacional de Investigación del COLPARMEX 2008 en el área de Administración.*
- [3] Yael Colunga Chávez. Propuesta de optimización de cobertura de telefonía celular del Municipio de Acajete, Puebla. page 201.
- [4] J. L. Abreu y M. H. Badii. Flores, Roberto. *Factores Que Originan La Rotación De Personal En Las Empresas Mexicanas.*
- [5] Hunnar Heine. *GSM Networks Protocols Terminology and Implementation*, volume sexta. Publishers, Artech Hause, 1999. 8
- [6] ISO. Progresá rápidamente.
- [7] José Manuel Huidobro Moya. *Comunicaciones Móviles. Sistemas GSM, UMTS y LTE.* AlfaOmega Grupo Editor, S.A. de C.V., 6a edition, Diciembre 2014. 7, 9
- [8] UNAM Universidad Nacional Autónoma de México. Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos.
- [9] DIARIO OFICIAL, editor. *ACUERDO No. P/EXT/280503/28*, volume 1, 2003. 11
- [10] Juan Ramiro and Khalid Hamied. *Self-organizing networks self-planning, self-optimization and self-healing for GSM, UMTS, and LTE.* Wiley.
- [11] Ofelia Matamoros. Ramírez. Normas ISO 9000: Su base documental.
- [12] Martin Sauter. *Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme : UMTS, HSDPA und LTE, GSM, GPRS und Wireless LAN.* Vieweg+Teubner, 4., überarbeitete und erweiterte auflage. edition. von Martin Sauter. Elektronisk udgave.
- [13] Javier Sánchez and Mamadou Thioune. *UMTS.* ISTE USA, newport beach, ca, usa edition.
- [14] Morten Tolstrup. *Indoor radio planning for GSM, DCS, UMTS, HSPA and LTE.* Wiley, 2da edition.

3

PARTE

Manual de campo para aumentar la
capacidad y disminuir el número de
llamadas caídas en GSM, UMTS

(ANEXO)

MANUAL DE CAMPO

Para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS.



SOLIS PÉREZ J.

Puebla, Pue., 2016.

ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras	II
Índice de tablas	III
A.1. Perfil del ingeniero de campo en radio frecuencia	A-4
A.2. Introducción y objetivo	A-6
A.3. Clasificación de sitios rurales y urbanos.	A-8
A.4. Estadísticos en desempeño de la red GSM y UMTS.	A-10
A.5. Ubicación de sitio	A-13
A.6. Mediciones de potencia al aire libre u outdoor	A-14
A.7. Mediciones de potencia en interiores o indoor	A-15
A.8. Identificación de antenas sectoriales.	A-16
A.9. Orientación de antenas sectoriales en azotea	A-17
A.10. Impermeabilización en conectores de antenas	A-18
A.11. Orientación de sectoriales en torre.	A-19
A.12. Movimiento de antenas sectoriales.	A-20
A.13. Recorrido de prueba de radio frecuencia	A-21
A.14. Análisis de las mediciones de potencia.	A-22
A.15. Comparación de resultados	A-24
Bibliografía	A-26

ÍNDICE DE FIGURAS

A.1. Organigrama por departamentos y puesto de ingeniero de campo en radio frecuencia	A-5
A.2. Zona de cobertura GSM, UMST y LTE en el territorio Mexicano.	A-6
A.3. Zona rural con problemas de cobertura en telefonía móvil.	A-8
A.4. Antenas en zonas urbanos sobre una edificación.	A-9
A.5. Selección de <i>LAC</i> para la descargar de estadisticos.	A-10
A.6. Obtención de estadísticos de una <i>LAC</i> con ActixOne	A-11
A.7. Pantalla de ActixOne obteniendo los estadísticos de una zona determinada. . .	A-11
A.8. Grafica de sectores con mayor indisponibilidad en GSM.	A-12
A.9. Ubicación de sectores por medias coordenadas geográficas para ubicación precisa por medio de mapas.	A-13
A.10. Imágenes de realización de mediciones de potencias al aire libre u outdoor. . .	A-14
A.11. Imágenes de realizacion de pruebas de potencia en interiores.	A-15
A.12. Imágenes de torres donde cubican varias empresas de telefonía móvil.	A-16
A.13. Imágenes tomando el azimut de los sectores en una azotea.	A-17
A.14. Imágenes en el proceso de impermeabilización de conectores de antenas sectoriales.	A-18
A.15. Imágenes en linea de vista y desinstalacion de antenas sectorial.	A-19
A.16. Realización de movimientos de sectores en torre.	A-20
A.17. Imágenes de recorrido de prueba o (drive test de radio frecuencia).	A-21
A.18. Carga de registros a NQDI	A-22
A.19. Graficos de potencia de sectores.	A-23
A.20. Medicion de alcance de sector.	A-23
A.21. Zona cubierta por el sector.	A-24
A.22. Grafica de sectores con mayor indisponibilidad en <i>GSM</i> y <i>UMTS</i>	A-25
A.23. Sectores con indisponibilidad después de realizar trabajos en campo.	A-25

ÍNDICE DE TABLAS

A.1. Valores de sectores con indisponibilidad en GSM.	A-12
---	------



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.1. Perfil del ingeniero de campo en radio frecuencia

Personal idóneo: No acrofóbico, proactivo, conocimiento del idioma inglés, disponibilidad para trabajos en alturas.

Preparación profesional: Ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, mecatrónica, licenciado en computación e informática.

Sexo: Indistinto.

Edad: 23-45.

Conocimientos: ■

- En radio frecuencia (RF).
- Cableado de voz.
- Redes de comunicación móvil.
- Instalación de equipos de radio base.
- Alineación de equipos de transmisión de microondas.
- Supervisión de equipos a nivel SDH (Synchronous Digital Hierarchy) y PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).
- Operación y mantenimiento de RBS y fibra óptica.
- Optimización de sitios de celulares.

Funciones: ■

- Planificar y validar la ubicación para el despliegue de sitios nuevos para mejorar la capacidad y cobertura de la red *GSM, UMTS*.
- Auditar y asegurar la optimización de parámetros de calidad y capacidad para el óptimo desempeño de la red.
- Examinar y dar atención a los casos reportados como problemas de cobertura analizando la mejor implementación.
- Analizar y solucionar los folios generados por problemas de calidad en la red.
- Informar y dar solución a los problemas de capacidad en la red con las diferentes áreas implicadas y evitar limitaciones del sistema y afectación a los usuarios.
- Especificar y analizar la configuración física del sistema radiante para mejorar el patrón de cobertura y capacidad evitando posibles interferencias.
- Dar atención a los problemas de fibra óptica.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

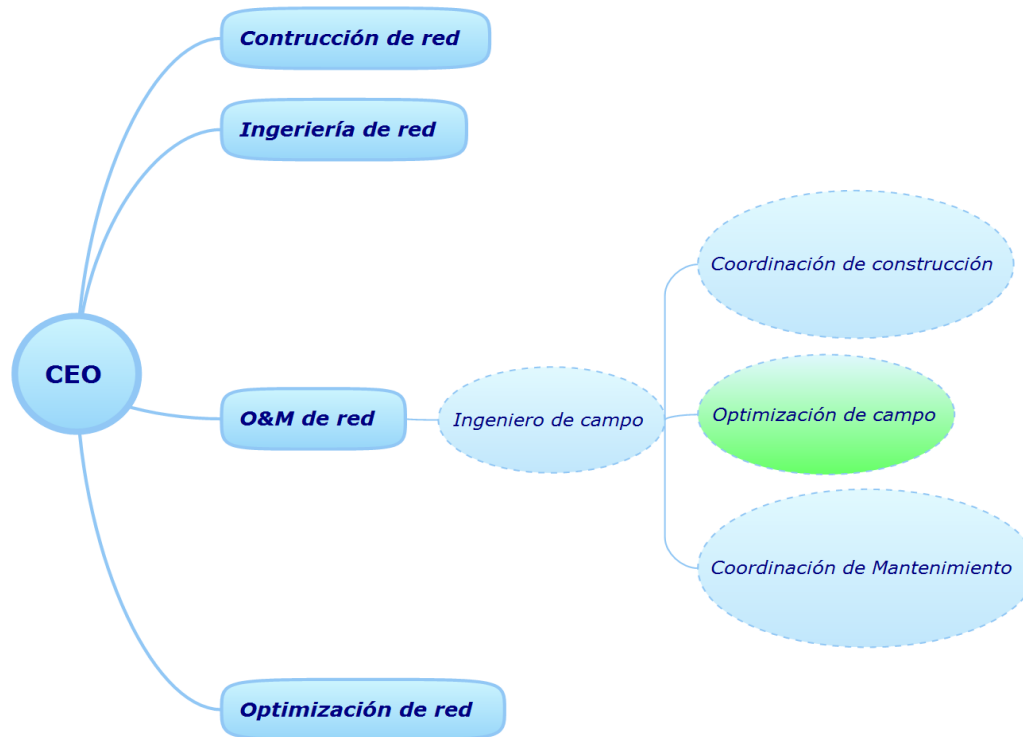


Figura A.1: Organigrama por departamentos y puesto de ingeniero de campo en radio frecuencia



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.2. Introducción y objetivo

La cobertura de señal *GSM* y *UMTS* en el territorio mexicano se concentra en las grandes ciudades como se puede ver en la figura A.2 se indica con los siguientes colores, las zonas en cada una de las tecnologías, en color verde se representa la tecnología GSM, en azul el UMTS, así como la tecnología de cuarta generación LTE, ¹ en color rojo, a pesar de que se tiene cubierto la mayoría de las ciudades principales, aún hace falta cubrir la totalidad del territorio nacional, existen municipios y poblaciones, donde es bastante limitada o nula la infraestructura con que cuentan las compañías prestadoras de servicio de telefonía móvil, para este tipo zonas geográficas.

¹ En México la tecnología LTE aún es mínima se espera que en los próximos años se encuentre por todo el territorio nacional, en la actualidad existe una implementación del 10% aproximadamente.

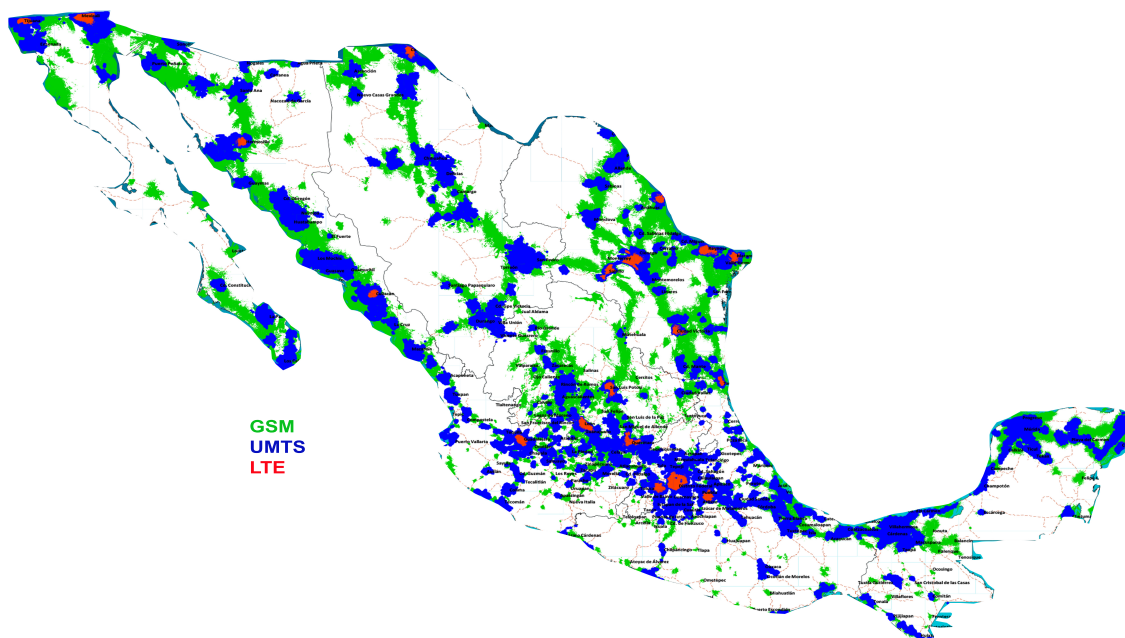


Figura A.2: Zona de cobertura GSM, UMST y LTE en el territorio Mexicano.

Son en las principales ciudades, donde se localiza la mayor infraestructura de telecomunicaciones, debido a la densidad de población; que puede requerir del servicio al mismo tiempo. Para las empresas, esta forma de trabajo representa mayores utilidades, de ahí que suelen concentrar sus nodos; principalmente en este tipo de zonas urbanas, para evitar el tráfico de larga distancia, debido a que su infraestructura es limitada en zonas rurales, en algunos de ellos, son nulos los servicios móviles, por lo que las grandes empresas son obligadas a prestar el servicio en las zonas



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

rurales, aunque no represente utilidad para las empresas, debido al alto costo que representa la implementación de equipamiento para prestar el servicio, muchas de las veces el medio de transmisión se localiza a cientos de kilómetros de la población, que se pretende dar servicio, por el alto costo de la ampliación de su red. Por otro lado la optimización de su infraestructura, es primordial para el aprovechamiento de su equipamiento existente, con el fin de reducir costos.² Conocer las problemáticas de la red y sus posibles causas asegura una mejora en calidad del ser-

² Representa un alto costo el llevar el servicio a una zona rural, principalmente cuando no se tiene medios de transmisión. La optimización es vital importancia para una buena calidad de los servicios, reduciendo costos por la compra de más equipamiento, mejorando el servicio, así como también cumplir con las normativas estipuladas por las leyes en telecomunicaciones.

vicio prestado. La optimización de campo permite conocer las limitantes que puedan ocasionar, interferencias en la propagación de ondas de señal de radio frecuencia, así como de microondas, el conocer las obstrucciones que se tienen en determinadas zona geográfica, permite identificar los puntos en los cuales la transmisión se verá interrumpida o atenuada por las obstrucciones, lo cual se tendrá una señal limitada o nula, en los puntos con obstrucción. Conocer las problemáticas de la red y sus posibles causas asegura una mejora en calidad del servicio prestado. En zonas urbanas, identificar las grandes edificaciones o cual tipo de obstruccionismo a línea vista. En zonas urbanas, es vital; identificar las grandes edificaciones o cualquier tipo de obstruccionismo a línea vista. La atenuación de la propagación de las ondas, deberán corregirse, considerando los mejores puntos para cubrir todas las zonas, proporcionando información precisa para realizar la optimización, o en su caso, la ampliación de red.

La finalidad de contar con una estandarización de los trabajos que se realizan en la optimización de campo y la optimización por software, son de vital importancia para el buen desempeño de la red. Por lo que contar con un manual de procedimientos, sirve de apoyo para las personas que tienen la tarea de optimizar una red de telefonía móvil, así como para las personas del público en general; que deseen adquirir conocimientos en esta rama de las telecomunicaciones móviles. Especialmente sirve a las empresas, para tener documentando, los procedimientos que se realizan, lo que permitirán la implementación de normas de calidad, que puedan requerir las empresas.³

³ Es importante mencionar que son muy pocas las empresas en telecomunicaciones que cuentan con normas de calidad establecidas, debido a que es muy rápido el cambio de tecnología que ocurre en la actualidad.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.3. Clasificación de sitios rurales y urbanos.

Respecto a las zonas rurales de alto tráfico, son sitios que con regularidad son utilizados como nodos de red y se utilizan para recepción y transmisión de larga distancia, se condicionan con equipo $Rx. - Tx.$ ya sea por *trama E1* o fibra óptica, que se acondiciona con compresores de E1, para multiplexar el E1 y ser utilizado por varias radio bases compartiendo el mismo E1, con la finalidad de utilizar las 2.048 Mb que tiene el E1; para emplearse en larga distancia. El compactar E1 para el tráfico de larga distancia, disminuye costos, pudiendo llegar a más zona rurales, también es frecuente rentar el medio de transmisión a otra empresa de telecomunicaciones, los compresores de E1 más comunes, compactan y multiplexan un E1 en cuatro troncales y depende de la cantidad de tráfico que circule por las troncales, los compresores son configurables para zonas rurales y suelen programarse de 1 a 4 por el bajo tráfico que suele circular en una zona rural, en algunos se les instala equipamiento como amplificadores de fibra óptica.

En otro de los casos la transmisión se renta a empresas que dan servicio de datos en zonas rurales, en zonas campestres aisladas que no existe medio de transmisión, con regularidad suelen equiparse solo con tecnología GSM, debido a la poca medio de transmisión o los costos suelen ser muy elevados por lo que solo se puede garantizar la implementación de voz, contando con datos limitados de 16.9 Kbits, es limitado aunque las terminales tengan la capacidad para soportar UMTS, o incluso LTE pero las condiciones de la red están limitadas el medio de transmisión siendo la principal limitante para brindar de mayores servicio a estas zonas, Otras estrategias de empresas de telefonía móvil realizan acuerdos para compartir infraestructura como operarios virtuales, la utilización de medios satelitales, en zonas aisladas por su tipo de geográfica en zonas montañosas con lluvias constantes, hacen complicada la transmisión satelital, debido a la atenuación que provoca la lluvia en la transmisión satelital.⁴

⁴ Para las empresas de telecomunicaciones los sitios rurales representan poca rentabilidad. A las grandes empresas de telefonía móvil son obligadas a prestar servicio en zonas rurales en las normas de sus licitaciones de espectro radio eléctrico.



Figura A.3: Zona rural con problemas de cobertura en telefonía móvil.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

En la figura A.3, se muestra una persona tratando de realizar una llamada desde su equipo móvil en una zona rural, el cual se ubica en una franja con mayor elevación para poder realizar una llamada, a mayor altura son menores las obstrucciones que evitan la propagación de las ondas de radio.

Para las zonas urbanas su situación es distinta debido a que se cuenta con mayor infraestructura por parte de las empresas de servicio de telecomunicaciones, así como de variados servicios que pueden ofrecer, esto hace que se más accesible los servicio tanto de voz y datos, en algunas de las empresas pueden ofrecer servicios en paquetes, en los que se pueden incluir de 3 o más servicios como puedes ser servicio de voz, de datos y televisión, entre otros para las empresas en telefonía móvil.

En las grandes ciudades, es donde se concentra la mayor infraestructura, con los equipos de mayor capacidad para el transporte de datos y voz; que se requiere para dar servicio a miles de personas a la vez que llega a alcanzar más de las 300 *Erlang*⁵ a determinadas horas del día, por lo que se requiere de una transmisión de cientos de $\frac{Gb}{s}$, por lo que las tecnologías de fibra óptica son las más utilizadas para este fin, y suelen concentrarse en enlaces de microondas para la transición de datos de área local, aquí es en donde se concentran las *BSC* para brindar servicio a las a las *BTS* tanto locales como las rurales.

⁵ Una Erlang es una unidad adimensional utilizada en telefonía como una medida estadística del volumen de tráfico. Recibe el nombre del ingeniero danés A. K. Erlang, pionero de la teoría de colas.



Figura A.4: Antenas en zonas urbanas sobre una edificación.

En las zonas urbanas cada vez más se implementan antenas sobre las edificaciones; como se puede apreciar en la figura A.4, esta modalidad representa menores costos que la expansión de su red e implementación nuevo sitios.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.4. Estadísticos en desempeño de la red GSM y UMTS.

Las estadísticas de desempeño se pueden obtener por medio del software Actix-One.⁶ El cual nos brinda la facilidad de obtener estadísticas de desempeño de radio bases o en una en particular, así como de una *LAC* como se puede ver en la figura A.5, incluso de una red completa de cientos de radio bases, es un software gráfico que proporciona las herramientas necesarias para la obtención de estadísticos de una red móvil, el inconveniente de este software, es que no poder obtener estadísticas en tiempo real, a pesar de este inconveniente es de gran apoyo para la obtención de estadísticos cuando la cantidad de sectores es numeroso, por ejemplo cuando se requiere el estadístico de una *LAC*, o de un estado de la república que demoraría bastante tiempo; ya que la infraestructura es instalada por distintos fabricantes, lo hace complicado. Una *LAC* puede llegar a cientos de sectores de distintos fabricantes. Muchas de las estadísticas no requieren ser tratadas en tiempo real, por lo que esta herramienta nos proporciona las estadísticas de los sectores con mal desempeño y que requieren ser atendidos para su óptimo desempeño.

⁶ Actix-One es un software diseñado para la optimización de redes móviles, su utilización es restringido bajo licencia.

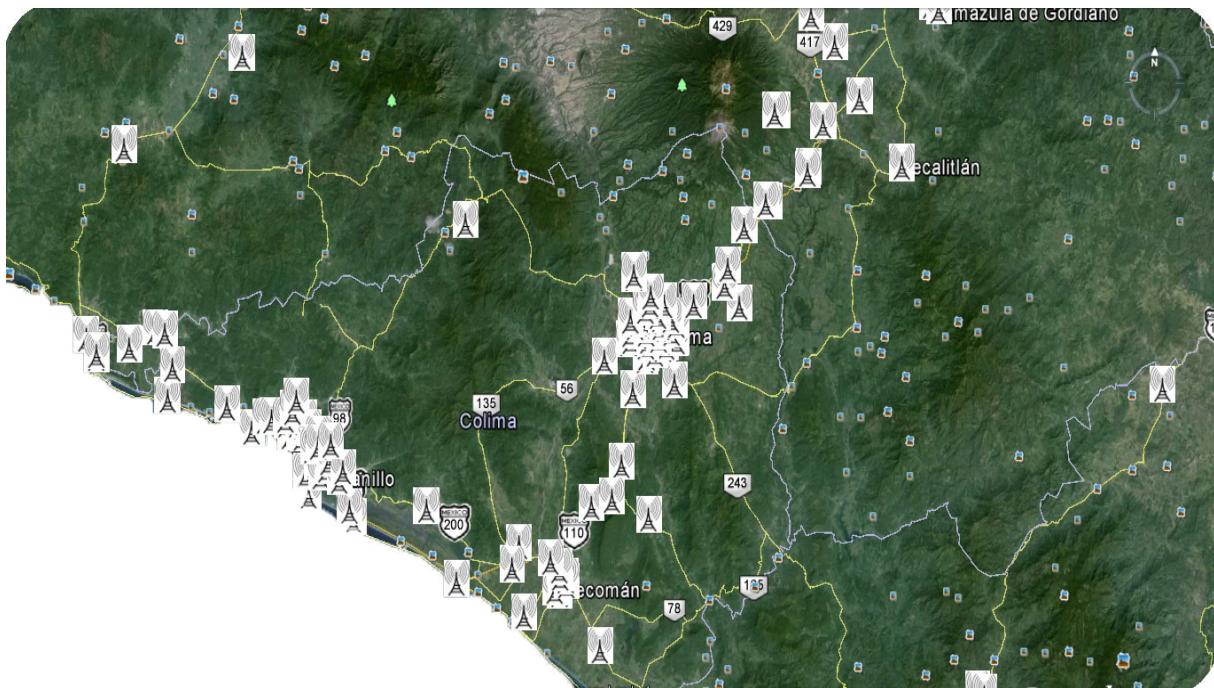


Figura A.5: Selección de *LAC* para la descarga de estadísticos.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

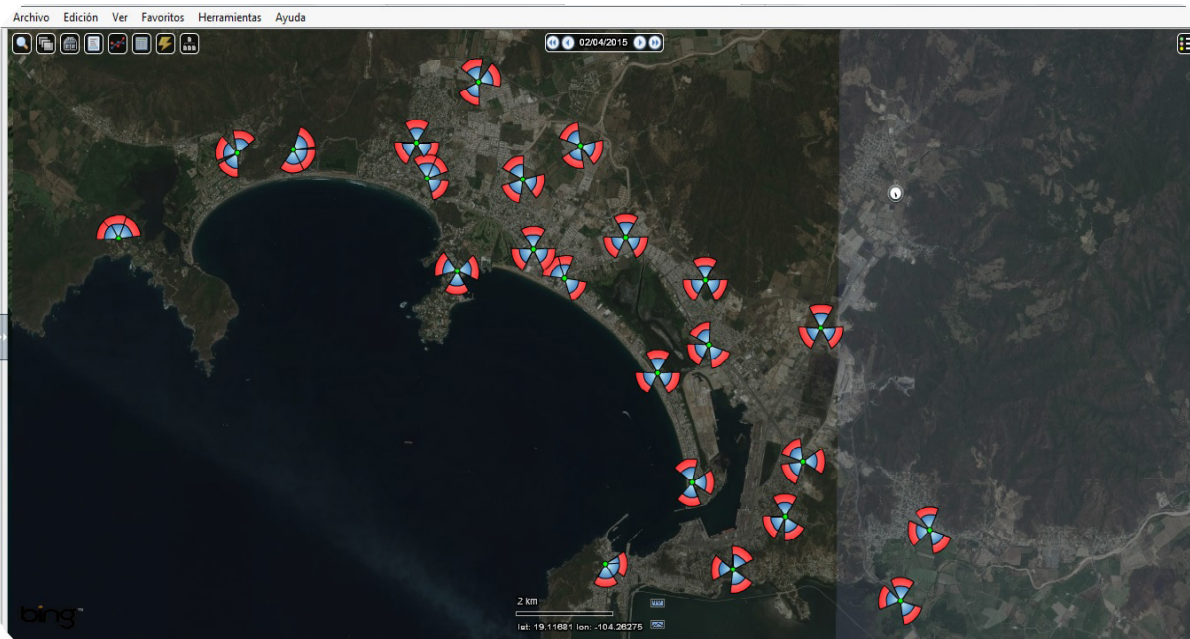


Figura A.6: Obtención de estadísticos de una LAC con ActixOne

Diagnosis

#	Diagnosis	Sector
1	Post Coverage	SE04673A_A
2	System Released	SE05088A_A

Event Information

WESE_C09C_s13_k01_001_07072009_007.LOG
Time: Wed Jul 8 2009 07:05:24 AM

Further Explanation

Over a 5-second window before the event, the serving RxLev and neighboring RxLev values are all within 5dB of each other, and both RxLev and RxQual were worse than -95.0dBm and 3 respectively.

Further Analysis

Improve the coverage in the area around the dropped call.

Measurement Information

Serv BCCH	700
Serv BSIC	31
RxLev Sub	-108.9 dBm
RxQual Sub	6.5
TX Pwr	n/a
Ser Dist	3.18km
RLT	n/a

Last Measurement Report

	BCCH	BSIC	RxLev
NBR 0	711	54	-102
NBR 1	714	31	-106
NBR 2	707	7	-106
NBR 3	721	76	-107
NBR 4	719	47	-107
NBR 5	702	25	-109

Note: These average values are derived from the measurement reports that occurred in the 5 seconds before this event.

Msg

Msg	Absolute	Relative	Offset	L3_Direction	GSM_UM_Msg...
006755	7:05:24:530	0:22:34:960	000330	Downlink	RR Channel Rele...
006759	7:05:25:040	0:22:35:470	000510	Uplink	CC Disconnect
006764	7:05:27:140	0:22:37:570	002100	Downlink	RR System Inform...
006765	7:05:27:150	0:22:37:580	000010	Downlink	RR System Inform...
006766	7:05:27:170	0:22:37:600	000020	Downlink	RR System Inform...

006755 7:05:24:530 L3 DL RR Channel Release
Abnormal release, unspecified (Hex 01)

Site

Site	Sector	Ch
SE04673A	SE04673A_A	700
SE04673A	SE04673A_C	711
SE05124B	SE05124B_A	714
SE04672A	SE04672A_A	707
SE04674D	SE04674D_B	721
SE05240A	SE05240A_C	719
SE05562A	SE05562A_A	702

#Chan: 5

Figura A.7: Pantalla de ActixOne obteniendo los estadísticos de una zona determinada.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

Sectores	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28
0620831.GSM	0.3249	0.2915	0.2915	0.6055
0620832.GSM	0.3817	0.3889	0.3889	0.2869
0620833.GSM	0.5093	0.258	0.258	0.2204
0620921.GSM	0.9797	0.5037	0.5037	0.7569
0620922.GSM	0.317	0.2399	0.2399	0.3416
0620923.GSM	0.3756	0.4402	0.4402	0.3052
0620941.GSM	11.5766	0.1961	0.1961	0.2486
0620942.GSM	0.3547	0.1344	0.1344	0.1742
0620943.GSM	0.5736	0.3842	0.3842	0.3801
0633561.GSM	0.9604	0.8833	0.8833	0.8137
0633562.GSM	0.7436	0.2724	0.2724	0.4883
0633563.GSM	1.231	0.7612	0.7612	0.716
0633571.GSM	2.2112	1.1582	1.1582	1.3613
0633572.GSM	3.1047	6.9187	6.9187	1.6311
0633573.GSM	5.0672	4.0684	4.0684	3.8721
0633581.GSM	0.831	0.7699	0.7699	0.76
0633582.GSM	0.8792	1.0257	1.0257	0.9451
0633583.GSM	0.6672	0.6104	0.6104	1.1396
0633591.GSM	0.8668	1.0845	1.0845	1.3545
0633592.GSM	3.4376	3.129	3.129	3.2455

Tabla A.1: Valores de sectores con indisponibilidad en GSM.

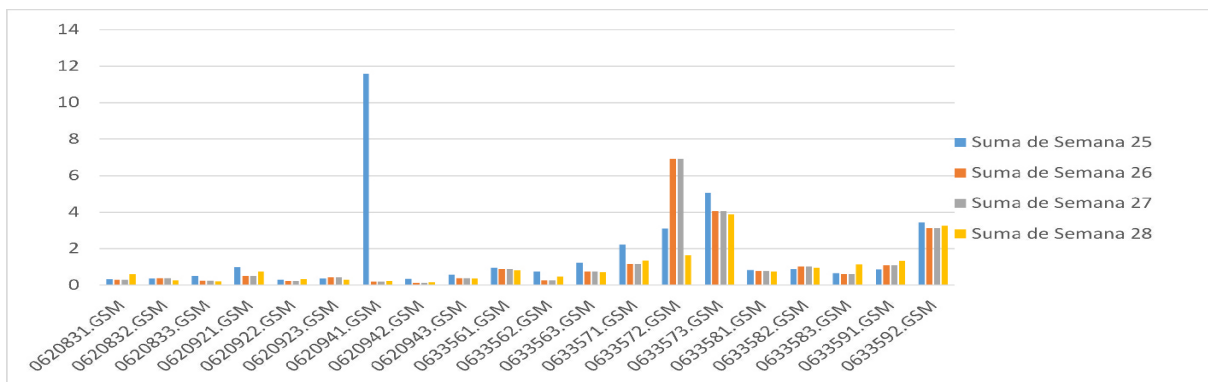


Figura A.8: Grafica de sectores con mayor indisponibilidad en GSM.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

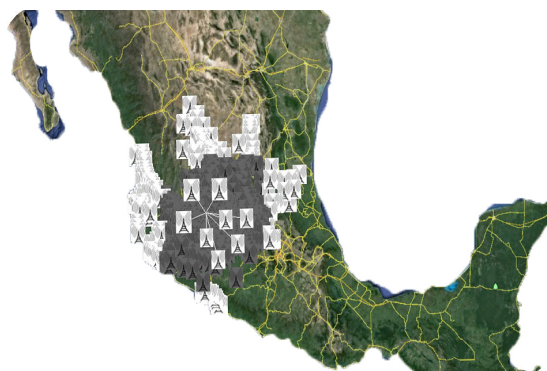
Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

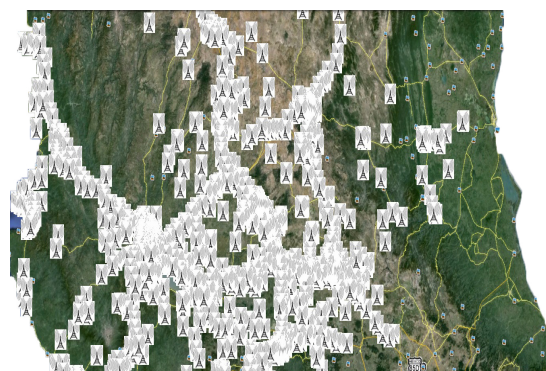
Revisor:

A.5. Ubicación de sitio

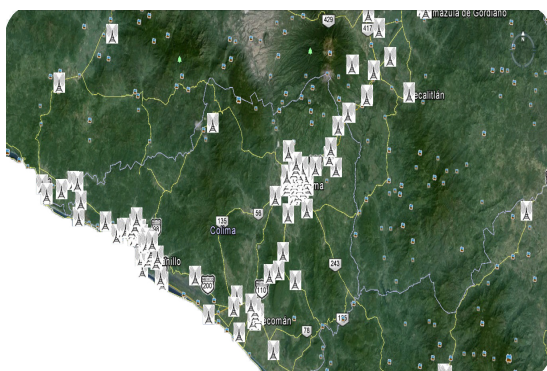
Después de obtener los estadísticos y conocer cuales sectores requieren atención por bajo desempeño, así como la revisión de alarmas que pudieran estar ocasionando el mal desempeño, en el caso de no presentar alarmas se procede a ubicar el sector por medio coordenadas geográficas en un mapa como se muestra en la figura A.9, ubicar en donde se encuentra localizado el sector para proceder a trasladarse a sitio y realizar una minuciosa revisión de las causas que pudieran estar ocasionando el bajo desempeño. Las causas pudieras no ser determinadas en la revisión del sector por lo que se debe de hacer un drive test telecommunication en la zona de ubicación del sector; para poder conocer los niveles de potencia que está recibiendo la terminal móvil.



(a) Zona occidente de México



(b) Ingresando coordenadas para la ubicación de sectores.



(c) Delimitación de sectores.



(d) Ubicación de sector en el mapa.

Figuras A.9: Ubicación de sectores por medias coordenadas geográficas para ubicación precisa por medio de mapas.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

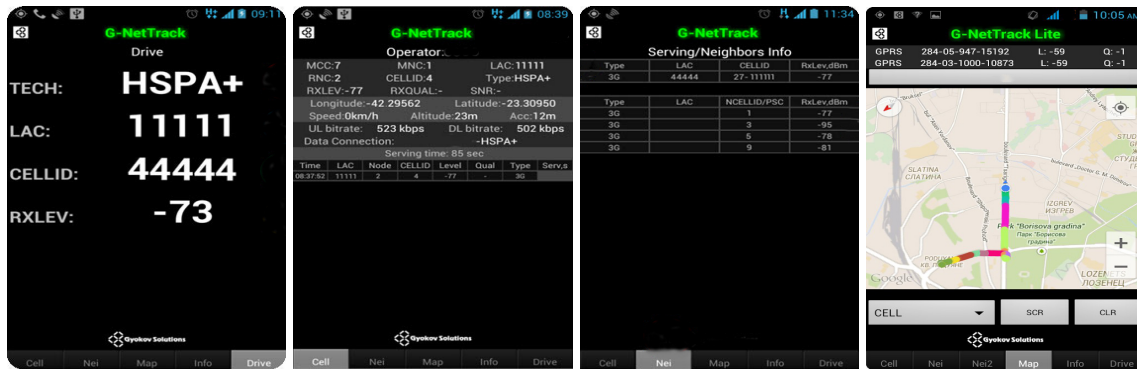
Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.6. Mediciones de potencia al aire libre u outdoor

Normalmente, se realizan mediciones de potencia con una terminal móvil, con sistema operativo androide, en estas pruebas se utiliza la aplicación *G – NetTrack*, que son de uso libre para realizar mediciones de potencia para distintas tecnologías, entre ellas *GSM* y *UMTS*, como se puede ver en la figura A.10. De ahí que se realizan mediciones de potencia para conocer los puntos con bajos niveles en los sectores que se indican en la figura A.8 y así, dar solución; así como conocer los niveles de todos los sectores instalados en la *BTS*, para determinar que los movimientos no afecten a zonas con niveles de potencia adecuadas para su óptimo desempeño.⁷

⁷ Las aplicaciones libres para androide, nos dan una información con un margen elevado de error, por lo que para realizar un drive test, es recomendable realizarlo con una aplicación mas profesional; como es la aplicación Qualipoc.



(a) Niveles de potencia sectorial. (b) Parámetros del sector anclado (c) Sectores disponibles (d) Muestreo de niveles de potencia



(e) Puntos en rojos niveles \geq a 95 dBm (f) sectores de sitios vecinos (g) Niveles de potencia en el mapa (h) Potencia \leq 80 dBm

Figuras A.10: Imágenes de realización de mediciones de potencias al aire libre u outdoor.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

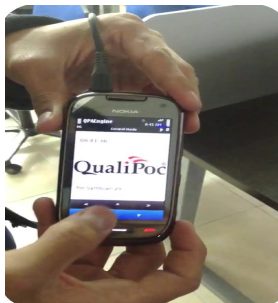
Revisor:

A.7. Mediciones de potencia en interiores o indoor

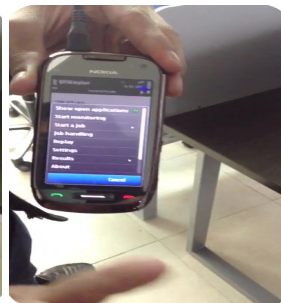
Se realizan mediciones de potencia en interiores con la aplicación Qualipoc⁸ como se puede ver en la figura A.11, pueden ser en edificios públicos como plazas comerciales, hospitales, edificios gubernamentales, centrales de autobuses, aeropuertos, edificios de particulares con grandes cuentas, etc. Debido a los gruesos muros de concreto sólido que tienen algunas edificaciones, se imposibilita la penetración de las ondas de frecuencia, también la utilización en sus estructuras fierro, ocasiona que se cree una “jaula de Faraday”, provocando un aislante para las ondas electromagnéticas, entre estas, las ondas de radio frecuencia, provocando que la propagación, sea muy pobre con niveles mayores a 98 dBm provocando constantes llamadas caídas, o imposibilidad la comunicación en el interior del edificio.⁹

⁸ La aplicación Qualipoc es de la marca SwissQual su utilización requiere de licencia.

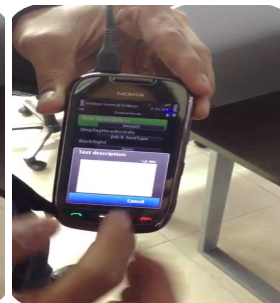
⁹ Cuando se presenta la problemática de baja potencia en los interiores de los edificios se realiza la instalación de un repetidor de frecuencia para que se introduzca la señal de radio frecuencia al interior del edificio.



(a) Inicio de Qualipoc.



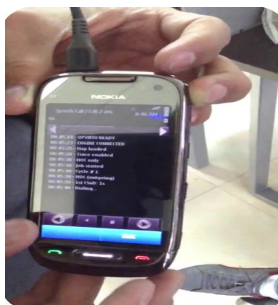
(b) Menu de Qualipoc.



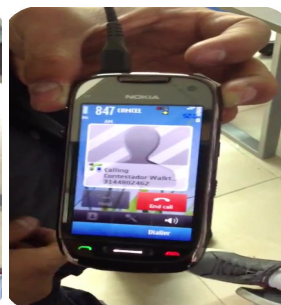
(c) Abriendo job.



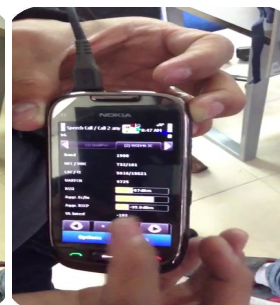
(d) Inicio de sesión.



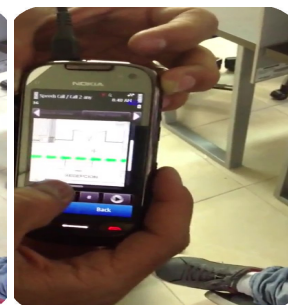
(e) Búsqueda de señal.



(f) Realización de llamada.



(g) Niveles de potencia



(h) Ubicación en el Edificio

Figuras A.11: Imágenes de realización de pruebas de potencia en interiores.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.8. Identificación de antenas sectoriales

En las antenas de telefonía móvil, es constante encontrar la ubicación de varias empresas en la misma torre, por lo que se convierte en una tarea laboriosa, la identificación de sectores que se desean conocer su azimut. El obtener valores mas cercanos a lo que se tiene instalado nos ayudara a realizar una correcta optimización así como a la realización de los movimientos de sectores, como se aprecia en la figura A.12 en la que la mayoría de las torres llegan a tener antenas de mas de una empresa de telefonía.¹⁰

¹⁰ Una técnica para facilitar esta tarea es conocer la marca del fabricante de la antenas esto ayudara a identificar las antenas que se desea conocer su azimut.



(a) Torres auto soportadas y mástil



(b) Torre auto soportada



(c) Torre arriostrada



(d) Torre tipo mástil



(e) Torre arriostrada



(f) Torre tipo mástil

Figuras A.12: Imágenes de torres donde cubican varias empresas de telefonía móvil.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.9. Orientación de antenas sectoriales en azotea

Lo primero que se debe de hacer antes de realizar algún movimiento de antenas es conocer su orientación actual, para determinar a qué sector corresponde, la antenas que se encuentre lo más cercano a 0° , corresponderá al sector número 1, sucesivamente se localizaran los sectores subsecuentes, en base a la rotación de las manecillas del reloj, en la figura A.13 se puede apreciar a un profesional, realizando las mediciones del azimut que tiene cada antena instalada, es recomendable realizarlo a cierta distancia ya que la brújula se magnetiza por el metal de la torre, por lo que si las medidas son tomadas a un costado de la antena instalada, con toda seguridad nos arrojará una orientación errónea.



(a) Ubicar dirección del norte



(b) Sector cercano a 0°



(c) Identificación del sector 1



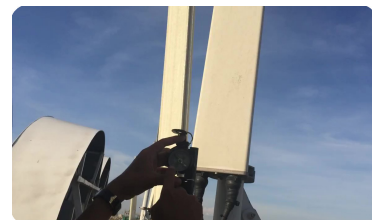
(d) Toma de orientación



(e) identificación de sector



(f) Ubicación centro de sector



(g) Orientación del sector

Figuras A.13: Imágenes tomando el azimut de los sectores en una azotea.

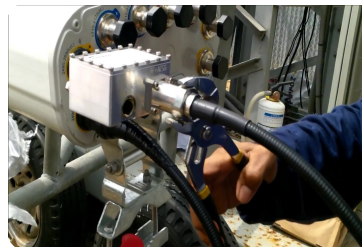


A.10. Impermeabilización en conectores de antenas

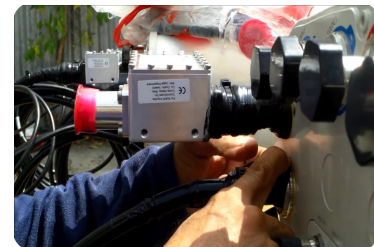
La impermeabilización en los conectores de las antenas sectorial es un punto importante a tomar en cuenta, debido a que uno de los principales problemas que se presentan; es debido a una mala impermeabilización de los conectores, al momento en que se hace la impermeabilización. En las figuras A.14 se indican los pasos adecuados para realizar la impermeabilización correctamente, también puede presentarse problemas por desgaste del impermeabilizado, al estar expuestas a la intemperie por los factores climáticos como la lluvia y el sol.



(a) Conectores de antena



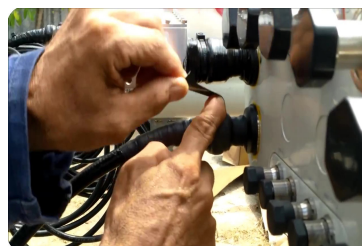
(b) Colocación de puente



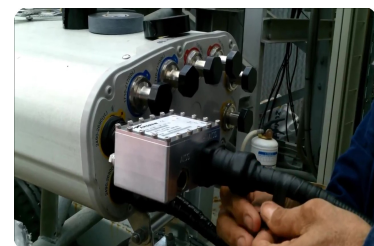
(c) Encintado



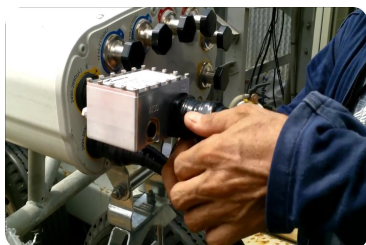
(d) Colocación cinta aislante



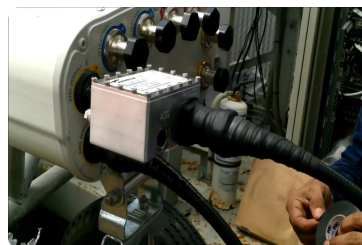
(e) Colocación cinta térmica



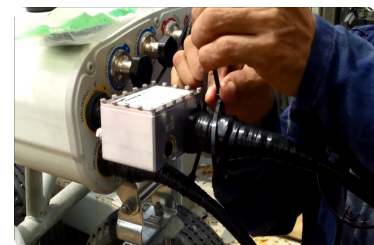
(f) Colocación cinta aislante



(g) Revisión de encintado



(h) Termino de encintado



(i) Colocación correa plástica

Figuras A.14: Imágenes en el proceso de impermeabilización de conectores de antenas sectoriales.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.11. Orientación de sectoriales en torre

Para tener una mejor orientación de la zona radiante del sector, en la cima de la torre se debe lograr una línea vista de mayor alcance. La altura promedio de las torres es de 15 m a 80 m, lo que hace que se tenga una mejor percepción de la zona radiante del sector, por lo que se podrán orientar los sectores. En zonas rurales o carreteras están muy definidas las zonas que requieren ser direccionados los sectores, ya sea sobre las viviendas existentes o sobre la carretera; debido a que no se requiere cubrir grandes extensiones de población o por la existencia de grandes edificaciones.¹¹ Como se puede ver en las figura A.15, existen zonas en donde no se tiene edificaciones o carretera para cubrir esa zona con cobertura, por lo que es recomendable desinstalar el sector; para evitar problemas de bajo tráfico, afectando las estadísticas de calidad.

¹¹ Para zonas carreteras, es aconsejable orientar los sectores con inclinaciones a 0°, para cubrir la mayor distancia posible, debido a que el factor de mayor importancia, es la cobertura.



(a) Línea de vista



(b) Desinstalación de sector



(c) Bajando antena sectorial

Figuras A.15: Imágenes en línea de vista y desinstalación de antenas sectorial.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.12. Movimiento de antenas sectoriales

El movimiento de sectores en zonas urbanas, es mas limitado debido a que por cada sector, se tiene una instalación entre dos a cuatro antenas por sector, estas configuraciones se hacen para descongestionar el alto flujo de datos que son transmitidos bidireccionalmente. Debido al incremento en el uso de datos con tendencias a seguir creciendo, habrá necesidad en el futuro cercano de la instalación de antenas tipo *MIMO* (multiple-input and multiple-output) para abastecer la demanda de trafico; así como la implementación de radio bases de 4G o *LTE* para cubrir la demanda de datos de alta velocidad.



(a) Ubicación de antena.



(b) Movimientos de sectores.



(c) Exploración de conectores.



(d) Colocación de puente.



(e) Línea de vista en torre.



(f) Comprobación de azimut.

Figuras A.16: Realización de movimientos de sectores en torre.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.13. Recorrido de prueba de radio frecuencia

Realizando un **recorrido de pruebas** o drive test de telecomunicaciones se podrán conocer los puntos deficientes en la zona de propagación del sector, sobre todo los que tienen altos niveles mal desempeño; así como el conocimiento de los sectores vecinos al sector y con cuanto nivel llegan a este; a los puntos de mal desempeño como se puede ver en la figura A.17, que con la aplicación de Qualipoc podemos darnos cuenta de la deficiencia real, ya que se está en situaciones en donde los usuarios estarían utilizando el servicio para realizar sus llamadas. Con este paso conoceremos, si se requiere algún otro movimiento en los sectores, o se han corregido los altos niveles de desempeño; por lo tanto, con esto nos permitirá saber que niveles se tienen en cada punto geográfico del sector, con lo que nos incrementaría los numero de usuarios a los que puede dar servicio, sin la problemática de que se realice una llamada caída, afectando a los usuarios.¹²

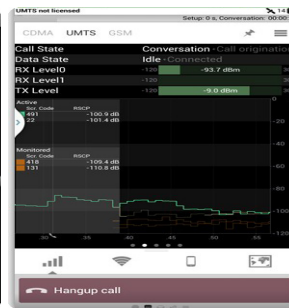
¹² Para un análisis más minucioso, se utiliza el software NQview, NQDI, NetQual que son marcas registradas de SwissQual, bajo en el uso de licencias.



(a) Qualipoc android.



(b) Configuración subida de datos.



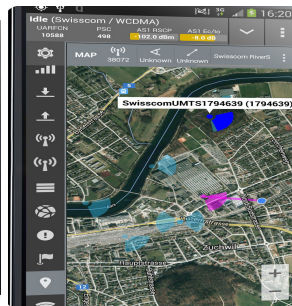
(c) Niveles de Rx.,Tx., level.



(d) Niveles de potencia del sector.



(e) Niveles de potencia gráfico.



(f) Sectores en el mapa.



(g) Punto con señal deficiente.



(h) Reporte de sectores.

Figuras A.17: Imágenes de recorrido de prueba o (drive test de radio frecuencia).



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

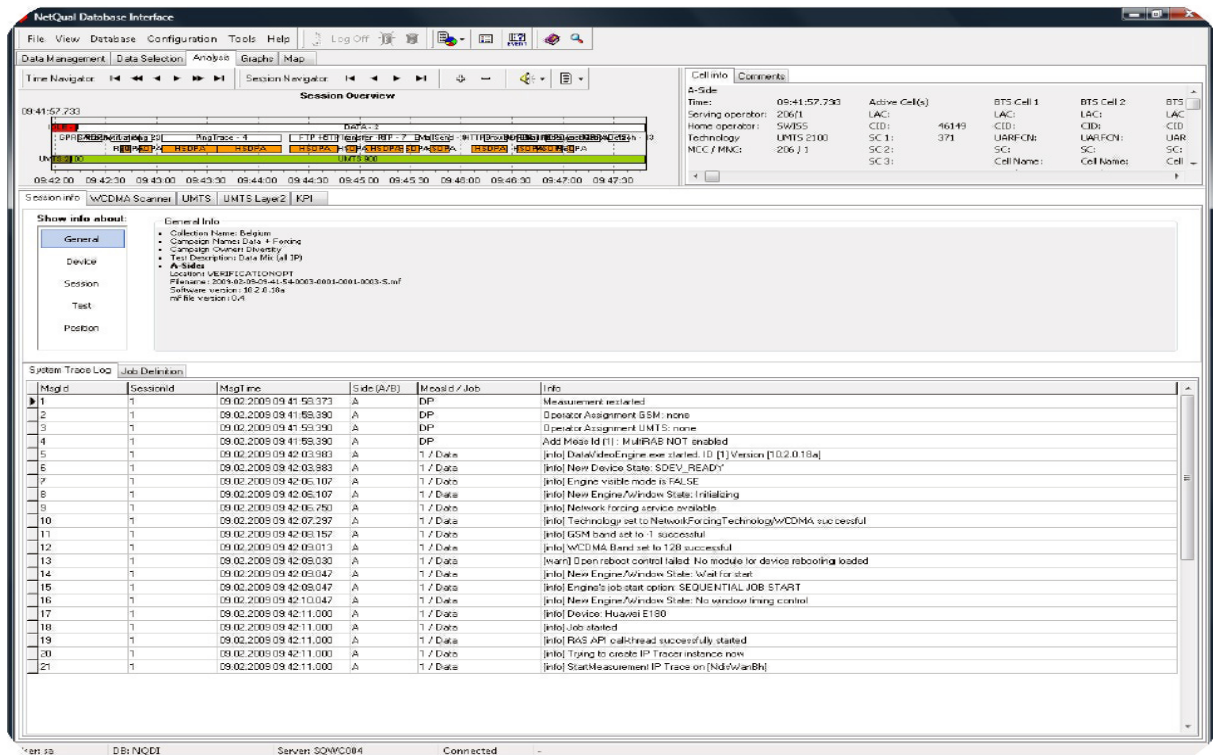
Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:

A.14. Análisis de las mediciones de potencia

El análisis de **recorrido de prueba** o (drive test de radio frecuencia) es básico para conocer con precisión los niveles de potencia del sector con bajo desempeño así como los sectores vecinos, la carga y descarga de datos en el tráfico del sector, la diversidad. El Qualipoc creo registros internamente cada determinado tiempo como una muestra de los niveles de potencia, carga y descarga de datos los registra y se almacenan en un archivo que puede ser abierto con alguno de los programas de análisis de SwissQual diseñados para este fin, para el análisis se utilizó NQDI (Network Quality Data Investigator), como se puede ver en las figura A.18 se carga el archivo de registros generado por el Qualipoc proporcionándonos una lista de los sectores que fueron detectados, también podemos verlo gráficamente figura A.19 donde el sector con bajo desempeño es comparado con los sectores vecinos, comparando su intensidad de cada uno de los sectores figura A.20, así como la intensidad con es recibida figura A.21 en cada punto geográfico que cubre el sector.



Figuras A.18: Carga de registros a NQDI



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

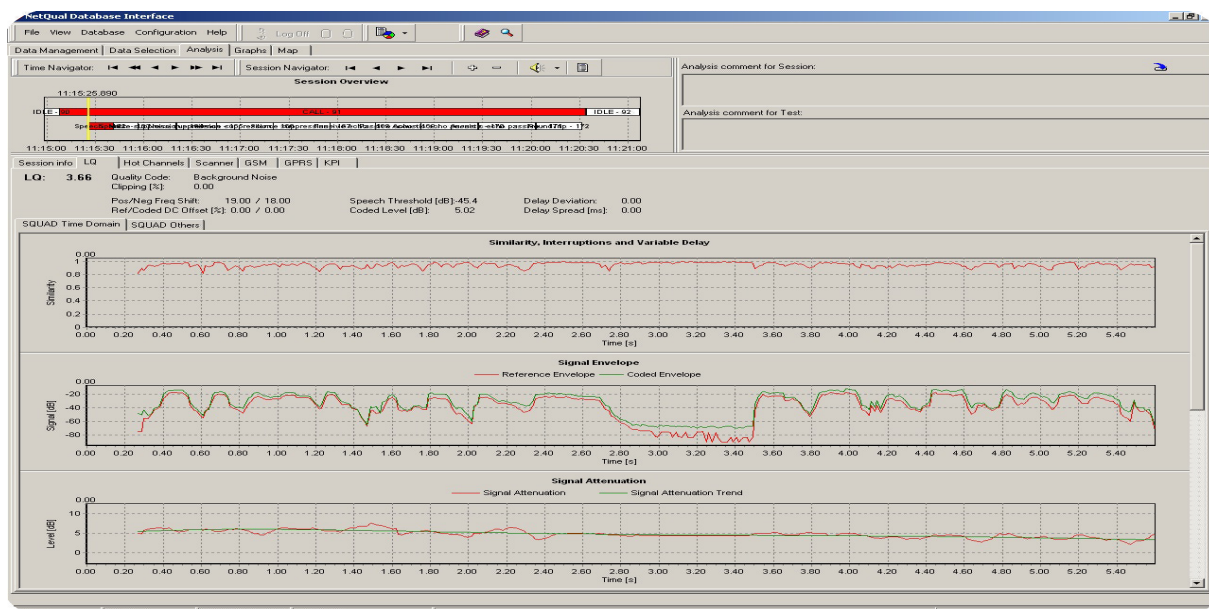
Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

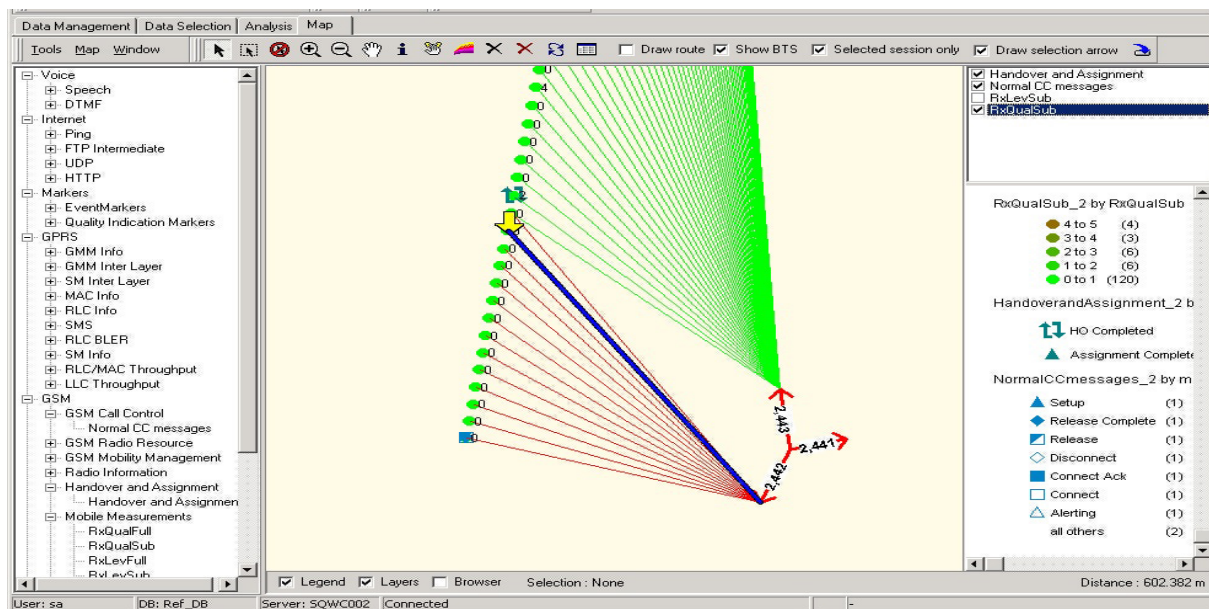
Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:



Figuras A.19: Graficos de potencia de sectores.



Figuras A.20: Medicion de alcance de sector.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

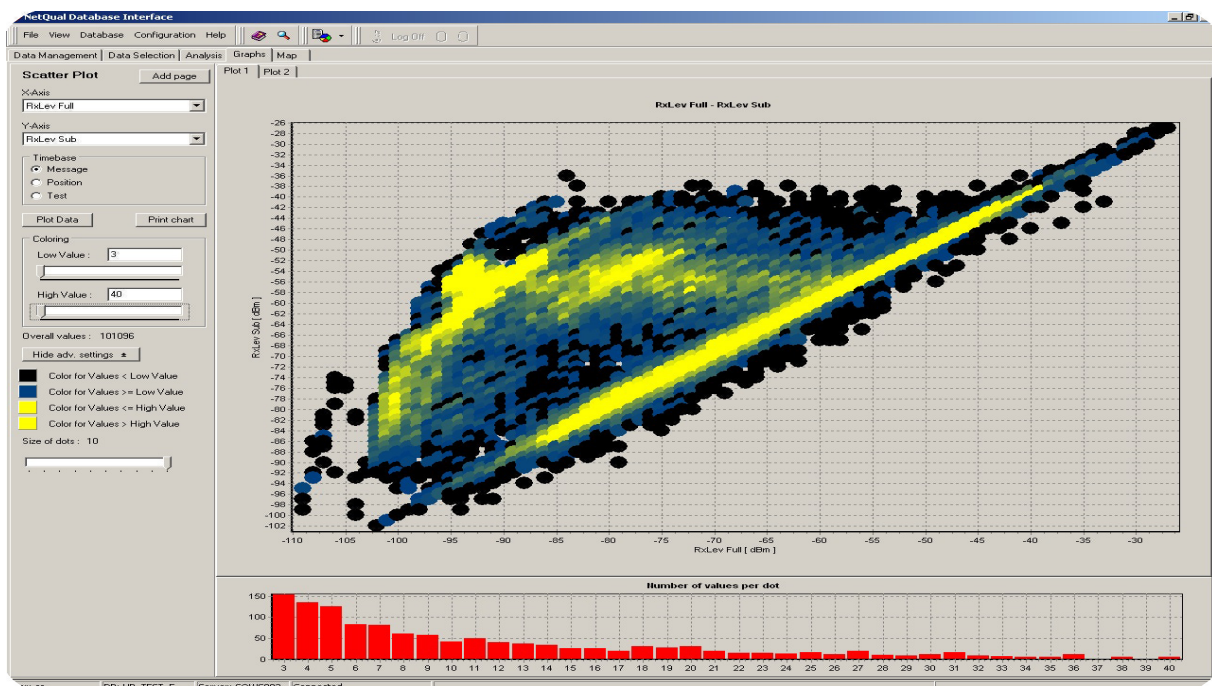
Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:



Figuras A.21: Zona cubierta por el sector.

A.15. Comparación de resultados

Realizado el análisis del recorrido de pruebas se hacen las comparaciones de los resultados inicial y final se muestran la gráfica A.22 iniciales y gráfica A.23 final donde se observan las diferencias del antes y el después de realizados los cambios que se obtuvieron al haber hecho los movimientos de sectores, así como de cambios en los parámetros de inclinaciones mecánica y eléctrica, con que se dar por aceptados los niveles de desempeño de los sectores, con los que se proporcionan un mayor número de usuarios y la disminución, esta actividad se realiza con todos los sectores con problemas de desempeño hasta lograr la realización de la optimización de la LAC, a la vez que se van realizando los cambios se optimiza en campo la red de telefonía móvil.



Manual de campo para aumentar la capacidad y disminuir el número de llamadas caídas de los sistemas GSM, UMTS

BUAP-CFE

Movimiento orientaciones e inclinaciones eléctricas, mecánicas en las antenas RF

CÓD:XX-P-XXX-#

Emite: Operación & Mantenimiento

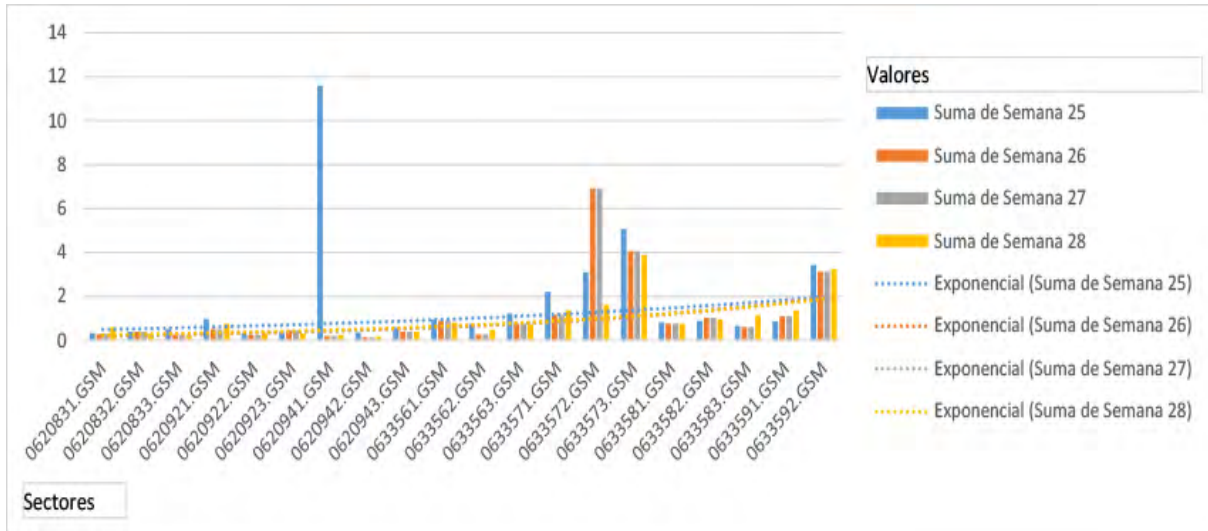
Revisión: X001

Elaborado: 15/12/2015

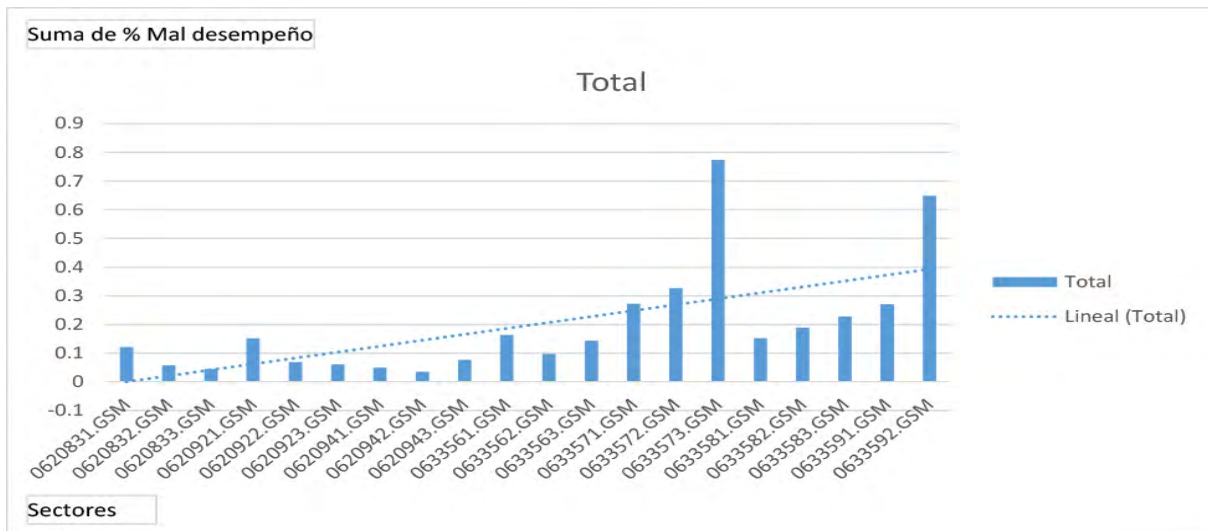
Fecha de revisión: 24/02/2016

Departamento revisor: Operaciones

Revisor:



Figuras A.22: Grafica de sectores con mayor indisponibilidad en GSM y UMTS.



Figuras A.23: Sectores con indisponibilidad después de realizar trabajos en campo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Actix. *ActixOne User Guide V 6.0.2*, 2012.
- [2] Atlas. *Guía de procedimientos para utilizar Google Earth*, 2010.
- [3] SwissQual. *QualiPoc Symbian 7.0.1 Manual*. A Rohde & Schwarz Company, 7ma edition, Jun 2007.
- [4] SwissQual. *NQDI Network Quality Data Investigator - Manual*. A Rohde & Schwarz Company, 8va edition, November 2008.
- [5] SwissQual. *QualiPoc Android 10.0.0 Manual*. A Rohde & Schwarz Company, 1era edition, July 2010.