

**PROTOCOLO DE ESPECIFICACIONES DE GESTIÓN DE CALIDAD EN
REDES DE TELEFONÍA MÓVIL EN COLOMBIA**

MÓNICA ANDREA RICO MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2008**

**PROTOCOLO DE ESPECIFICACIONES DE GESTIÓN DE CALIDAD EN
REDES DE TELEFONÍA MÓVIL EN COLOMBIA**

**MÓNICA ANDREA RICO MARTÍNEZ
INGENIERA DE TELECOMUNICACIONES**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial
para optar al título
Magíster en Ingeniería Área Ingeniería Electrónica

*Director: RICARDO LLAMOSA VILLALBA, PhD
Codirector: HOMERO ORTEGA BOADA, PhD*

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2008**

RESUMEN

TÍTULO: Protocolo De Especificaciones De Gestión De Calidad En Redes De Telefonía Móvil En Colombia*

AUTOR: Mónica Andrea Rico Martínez**

PALABRAS CLAVE: Protocolo, Telefonía Móvil Celular, Calidad de Servicio

CONTENIDO: En este proyecto se crea un modelo o protocolo donde se especifican los requisitos que debe desempeñar una red de telefonía móvil celular en Colombia, teniendo en cuenta cada uno de los elementos relacionados con la accesibilidad de la red, accesibilidad del servicio e integridad del servicio, los cuales conforman los bloques funcionales básicos para medir calidad de servicio en redes de TMC, a su vez este protocolo toma parámetros dados en estándares internacionales, normas GSM y CDMA, proporcionadas por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), y por la ETSI (European Telecommunications Standards Institute), igualmente se basa en la caracterización de la regulación de calidad de servicio en otros países y por último toma en cuenta mediciones de voz y datos realizadas en las redes actuales de los operadores de telefonía móvil celular en Colombia, con el fin de que mediante este protocolo, se de inicio a la regulación de calidad de servicio en redes de telefonía móvil celular del país .

Cabe señalar que éste no es un proyecto donde se evalúa la calidad de servicio actual de los operadores de telefonía móvil celular en Colombia, sino es una propuesta de regulación de calidad de servicio para Colombia, debido a la importancia y necesidad de regular y hacer mediciones de calidad de servicio para poder garantizarle al usuario niveles óptimos de comunicación, al mismo tiempo medir la calidad de servicio en Colombia será un factor influyente en la posición del mercado de cada uno de los operadores del país y permitirá a los usuarios finales, en cuanto a calidad, una transparente elección y seguimiento del operador de servicio.

* Tesis de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander. Director: Ricardo LLamosa. Codirector: Homero Ortega.

ABSTRACT

TITLE: Protocol of specifications of Management quality in cellular mobile telephone networks in Colombia

AUTHOR: Mónica Andrea Rico Martínez**

KEY WORDS: Protocol, Cellular Mobile Telephone, Quality of Service

DESCRIPTION: In this project is created a model or protocol where are specified the requirements that must perform a mobile network of cellular telephony in Colombia, considering each one of the elements related to the accessibility of the network, accessibility of the service and integrity of the service, which they conform basic the functional blocks to measure quality of service in TMC networks, this protocol as well takes parameters given in international standards, norms GSM and CDMA, provided by the ITU (International Telecommunications Union), and by ETSI (European Telecommunications Standards Institute), also it is based on the characterization of the regulation of quality of service in other countries and finally it takes the measurements of voice and data realised in the present mobile networks of the operators of cellular telephony in Colombia, in order that by means of this protocol, of beginning the regulation of quality of service in mobile networks of cellular telephony of the country.

It's possible to indicate that this one is not a project where the actual quality of service of the operators of cellular telephony in Colombia is evaluated, but is a proposal of regulation of quality of service for Colombia, due to the importance and necessity to regulate and to make measurements of quality of service that can guarantee at the user optimal communication levels, at the same time, measure the quality of service in Colombia will be an influential factor in the position of the market of each one of the operators of the country, and will allow at the end users, a transparent election and pursuit of the operator of service.

* Degree Thesis

** Physical Mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronic and Telecommunication Engineering School. Industrial University of Santander. Director: Ricardo LLamosa. Codirector: Homero Ortega.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi mamá quien ha sido mi mejor amiga y mi apoyo incondicional, y a mi papá quien siempre me recordó que debía alcanzar este logro.... Los amo...

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander y a todos los docentes de la escuela de Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones por haberme permitido formarme como magíster y alcanzar otra de mis metas profesionales.

Al Dr Homero Ortega Boada quien me brindo toda su confianza, apoyo dedicación y conocimientos para lograr consolidar mi investigación, su orientación me dio el norte del proyecto.

Al Dr Ricardo LLamosa Villalba quien me enseñó que el esfuerzo y la dedicación son la clave del éxito. Sus orientaciones me sirvieron para la vida profesional y laboral.

Al CIDLIS por todas las experiencias vividas, por toda la formación. A todas las personas que conocí allí mil gracias pues de alguna u otra forma creyeron y apoyaron este proyecto.

A Alejandro, a toda mi familia y mis amigos quienes fueron mi soporte en todo este proceso nuevamente Gracias.

LISTA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	13
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2	JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3	OBJETIVOS.....	18
1.3.1	Objetivo General.....	18
1.3.2	Objetivos Específicos	18
1.4	ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO	19
2.	CALIDAD DE SERVICIO	21
2.1.	DEFINICIÓN	21
2.1.1.	La accesibilidad de la red	22
2.1.2.	La accesibilidad del servicio	23
2.1.3.	La integridad del servicio	23
2.2.	CLASES Y BLOQUES FUNCIONALES DE LA CALIDAD DE SERVICIO ...	25
2.3.	PARÁMETROS DEFINIDOS POR ORGANIZACIONES INTERNACIONALES	31
2.3.1.	UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).....	31
2.3.2.	ETSI- 3GPP	44
2.4.	PARÁMETROS QUE REGULAN A OPERADORES INTERNACIONALES	47
2.4.1.	COFETEL[21]	47
2.4.2.	CONATEL- SENATEL[22]	49
2.4.3.	OSIPTEL[23].....	50
2.4.4.	SUBTEL[24].....	52
2.4.5.	CNC[25]	54
2.4.6.	ANTEL[26]	54
2.4.7.	SETSI[27].	56
3.	PROTOCOLO DE ESPECIFICACIONES PARA GESTIONAR LA CALIDAD EN REDES DE TELEFONÍA MÓVIL EN COLOMBIA.....	61
3.1.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	62
3.2.	MEDICIONES DE CALIDAD DE SERVICIO	64
3.3.	PARÁMETROS MÍNIMOS DE CALIDAD DE SERVICIO RECOMENDADOS EN VOZ.....	71
3.4.	PARÁMETROS MÍNIMOS DE CALIDAD DE SERVICIO RECOMENDADOS PARA SERVICIOS DE DATOS.....	73
3.5.	REPORTE DE INFORMACIÓN.....	74
4.	MEDICIONES DE CALIDAD DE SERVICIO	75
4.1.	TÉCNICAS PARA MEDIR LA CALIDAD DE SERVICIO	75
4.2.	SISTEMAS Y HERRAMIENTAS PARA REALIZAR LAS MEDICIONES.....	76
4.3.	METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA MEDICIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO EN VOZ.....	78
4.4.	METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA MEDICIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO EN DATOS.....	83
5.	RESULTADOS NÚMERICOS	86
	Fuente: Autor del proyecto	86
5.1.	MEDICIONES DE VOZ.....	86

5.1.1.	Resultados por zonas de medición.....	87
5.1.2.	Resultados comparación entre operadores.....	117
5.2.	MEDICIONES DE DATOS.....	135
6.	VALORACIÓN DE EXPERTOS.....	140
7.	CONCLUSIONES.....	144
7.1.	GENERALES.....	144
7.2.	REFERENTES A LOS OBJETIVOS.....	144
7.3.	IMPACTO.....	145
7.4.	TRABAJO FUTURO.....	146
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. NSU Global Servicio TMC prepago.....	18
Figura 2. NSU Global Servicio TMC pospago.....	18
Figura 3. Clasificación de QoS.....	21
Figura 4. Arquitectura por capas del servicio portador para la evaluación de la calidad de servicio.....	30
Figura 5. Ejemplo de estructura funcional de la calidad para servicios de telecomunicación.....	33
Figura 6. Grupos de comportamiento de aplicaciones según las necesidades de QoS.....	36
Figura 7. Modelo de capas, parámetros y aspectos de la QoS.....	44
Figura 8. Accesibilidad discriminada por zonas.....	54
Figura 9. Retenibilidad discriminado por zonas.....	55
Figura 10. Esquema de Calidad de Servicio SETSI.....	56
Figura 11. Marco de acción Protocolo de Especificaciones.....	62
Figura 12. Diagrama de flujo Mediciones de Voz.....	69
Figura 13. Diagrama de flujo Mediciones de Datos.....	70
Figura 14. Diagrama de ishikawa.....	86
Figura 15. Índices de calidad medidos en Movistar.....	93
Figura 16. Diagrama de pareto llamadas caídas.....	94
Figura 17. Diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada.....	95
Figura 18. Diagrama de pareto llamadas no completadas debido a la red.....	97
Figura 19. Índices de calidad Comcel.....	103
Figura 20. Diagrama de pareto llamadas caídas Comcel.....	104
Figura 21. Diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada Comcel....	105
Figura 22. Diagrama de pareto llamadas no completadas debido a la red Comcel...	107
Figura 23. Diagrama de pareto llamadas caídas Tigo.....	113
Figura 24. Diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada Tigo.....	114
Figura 26. Media aritmética del tiempo de establecimiento de la llamada Operadores	117
Figura 27. Picos de Tiempo de establecimiento de la Llamada en los operadores nacionales.....	118
Figura 28. Porcentajes de intentos de llamada con tiempos de establecimiento mayor a 10 segundos.....	118
Figura 29. Porcentajes de intentos de llamada no completados debido a la red.....	119
Figura 30. Porcentajes de llamadas caídas.....	119
Figura 31. Índices de calidad Redes TMC en Colombia.....	120
Figura 32. Medias aritméticas del tiempo de establecimiento de la llamada por día N=365.....	124
Figura 33. Medias aritméticas del tiempo de establecimiento de la llamada por día N=1825.....	125
Figura 34. Pantalla de adquisición de las mediciones realizadas.....	135
Figura 35. Indicadores de mediciones de datos por Operador.....	139

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clases de QoS en IMT-2000 desde la perspectiva del usuario	34
Tabla 2. Requisitos de BER y de retardo para entornos operativos de IMT-2000	35
Tabla 3. Comportamiento esperado por el usuario final – Servicios conversacionales/en tiempo real	36
Tabla 4. Comportamiento esperado por el usuario final – Servicios interactivos	37
Tabla 5. Comportamiento esperado por el usuario final – Servicios unidireccionales .	38
Tabla 6. Cantidad de porcentaje y horas a Medir por Líneas en Servicio	65
Tabla 7. Agrupación de Mediciones	66
Tabla 8. Tamaño de muestra requerido para un muestreo aleatorio simple sin reemplazo	81
Tabla 9. Agrupación de mediciones	83
Tabla 10. Mediciones Zona Álvarez	88
Tabla 11. Mediciones Zona Cabecera	88
Tabla 12. Mediciones Zona Ceiba	89
Tabla 13. Mediciones Zona Centro	89
Tabla 14. Mediciones Zona Provenza	90
Tabla 15. Mediciones Zona Real de Minas	90
Tabla 16. Mediciones Zona San Alonso	91
Tabla 17. Mediciones Zona San Francisco	91
Tabla 18. Mediciones Zona Sotomayor	92
Tabla 19. Mediciones Zona Tejar Moderno	92
Tabla 20. Datos Diagrama de pareto llamadas caídas	94
Tabla 21. Datos diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada	95
Tabla 22. Datos Diagrama de pareto llamadas no completadas debido a la red	97
Tabla 23. Mediciones Zona Álvarez	97
Tabla 24. Mediciones Zona Cabecera	98
Tabla 25. Mediciones Zona Ceiba	98
Tabla 26. Mediciones Zona Centro	99
Tabla 27. Mediciones Zona Provenza	99
Tabla 28. Mediciones Zona Real de Minas	100
Tabla 29. Mediciones Zona San Alonso	100
Tabla 30. Mediciones Zona San Francisco	101
Tabla 31. Mediciones Zona Sotomayor	101
Tabla 32. Mediciones Zona Tejar Moderno	102
Tabla 33. Datos diagrama de pareto llamadas caídas Comcel	104
Tabla 34. Datos diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada Comcel	105
Tabla 35. Datos diagrama de pareto llamadas no completadas debido a la red Comcel	107
Tabla 36. Mediciones Zona Álvarez	107
Tabla 37. Mediciones Zona Cabecera	108
Tabla 38. Mediciones Zona Ceiba	108
Tabla 39. Mediciones Zona Centro	109
Tabla 40. Mediciones Zona Provenza	109

Tabla 41. Mediciones Zona Real de Minas	110
Tabla 42. Mediciones Zona San Alonso.....	110
Tabla 43. Mediciones Zona San Francisco	111
Tabla 44. Mediciones Zona Sotomayor.....	111
Tabla 45. Mediciones Zona Tejar Moderno.....	112
Tabla 46. Datos diagrama de pareto llamadas caídas Tigo	114
Tabla 47. Datos diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada Tigo.	115
Tabla 48. Datos diagrama de pareto llamadas no completadas debido a la red Tigo	116
Tabla 49. Muestras Llamadas caídas por operador	128
Tabla 50. Prueba Anova Llamadas caídas por operador	129
Tabla 51. Prueba Anova Llamadas caídas por día con un operador	131
Tabla 52. Muestras Llamadas no completadas por operador	132
Tabla 53. Prueba Anova Llamadas no completadas por operador	133
Tabla 54. Muestras Llamadas no completadas por día.....	133
Tabla 55. Prueba Anova Llamadas no completadas por día.....	134
Tabla 56. Conclusiones referentes a los objetivos	145

1. INTRODUCCIÓN

Es indiscutible hoy en día que la educación, la información, el desarrollo del conocimiento y la capacidad de innovación tecnológica son determinantes en los resultados económicos y beneficios sociales de una región o país. En particular el conocimiento y el desarrollo de procesos de aprendizaje (en el más amplio sentido, tanto en lo social como económico) se convierten en elementos claves en la generación de ventajas competitivas de los agentes económicos.

La introducción masiva de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, conocidas por la sigla TICs, está influenciando fuertemente la estructura y dinámica de los procesos económicos y sociales, redefiniendo aceleradamente las formas de producir, vender y competir, en prácticamente todos los sectores productivos de bienes y servicios; y también, en las nuevas formas de educar, de interacción y comunicación entre la gente y organismos de la sociedad, y de comunicar y controlar las acciones de gobierno. [1]

Las TICs están transformando profundamente la economía doméstica y mundial, se puede afirmar que la nueva economía ha puesto el foco sobre los flujos electrónicos de información y conocimiento.

Este valor diferencial, en términos de productividad y competitividad, no está ceñido a lo que los computadores puedan producir, sino a la creatividad del hombre que motiva la innovación sobre los usos de estas herramientas (TIC'S).

Nadie podrá permanecer al margen de este proceso revolucionario que supone la incorporación masiva de estas herramientas en la sociedad, puesto que los beneficios que aportan son por demás relevantes, por ejemplo en materia de comunicaciones móviles, el cambio que se ha producido en el sector de las telecomunicaciones con la introducción de la movilidad ha sido crítico, no sólo por la extensión de la posibilidad de la comunicación en cualquier momento y en cualquier lugar, sino por la propia personalización en la naturaleza de la comunicación entre individuos.

Esta evolución hace evidente la necesidad de mejorar día a día los servicios de información y comunicación para la satisfacción de todos los usuarios finales.

Este proyecto pretende crear un modelo o protocolo donde se especifiquen los requisitos que debe cumplir una red de telefonía móvil en Colombia, teniendo en cuenta los elementos que conforman el acceso a la red móvil y el núcleo de voz y datos (Corazón de la Red), que aunque son heterogéneos, están íntimamente relacionados.

En este primer capítulo se describe el planteamiento del problema, la justificación por la cual se realiza este proyecto de investigación, los objetivos y la organización del documento.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia existen 3 Operadores de Telefonía móvil, los cuales utilizan tecnología TDMA, GSM y CDMA. Dada la geografía del territorio Colombiano, en algunos lugares es imposible obtener señal de estos operadores, de igual forma en muchos casos la comunicación se corta o se producen ecos, que causan una transmisión muy regular del servicio.

Cada día son mayores las quejas de los usuarios de telefonía móvil, por la baja calidad de servicio en las llamadas de voz, o porque simplemente en algunos lugares o recintos no tienen señal en su Terminal móvil.

Por otra parte en Colombia, la Comisión Reguladora de Telecomunicaciones CRT sólo tiene establecidas normas técnicas para los usuarios de Telefonía Pública Básica Conmutada Local y Extendida (TBCL, TBCLE), es decir, no hay regulación de la calidad del servicio para Telefonía Móvil Celular, o la que existe no es técnica, debido a que solo se hacen registros de la rapidez con la que se atiende las peticiones, quejas y reclamos (PQR) y el nivel de satisfacción del usuario (NSU). Aquí es donde se cuestiona, ¿Qué está pasando con las inconformidades técnicas de los clientes de telefonía móvil?, ¿Existe en Colombia algún mecanismo (ej. certificación de QoS) que pueda establecer si el operador está prestando un óptimo servicio?, ¿Qué pasa con los sitios donde no hay cobertura? ¿La información técnica puede en Colombia ser transparente a los usuarios?

Otro aspecto para tener en cuenta, es que con el avance de la tecnología y las comunicaciones, se están desarrollando muchas aplicaciones para telefonía móvil que requieren amplio ancho de banda y demandan una excelente calidad de servicio. En Colombia los operadores de telefonía móvil, están brindando cada vez mayor apoyo, al desarrollo de aplicaciones móviles, que combinan transmisiones de datos tanto por ráfagas de tiempo real con tasa de bits constante (síncronas) o tasa de bits variable (asíncronas). Visto desde esa forma, es de gran importancia que estas aplicaciones cuenten con un buen nivel de QoS, para poder operar y disfrutar los servicios, que se están gestionando a nivel nacional e internacional, en todas las áreas de la ciencia, que utilizan como por ejemplo SMS, MMS, Localización, teleconferencia, telecontrol, telemetría, portales móviles entre otros, para sus aplicaciones.

Dadas estas circunstancias, surge la necesidad de desarrollar una propuesta que sirva de guía ya sea a los operadores, organismos de regulación o a los mismos clientes para garantizar niveles mínimos de QoS.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día las telecomunicaciones han avanzado de manera sorprendente y Colombia no puede hacer de un lado este desarrollo tecnológico, por tal razón la llegada de nuevas aplicaciones multimedia, o aplicaciones con ciertos requisitos en retardo, en redes móviles, han conseguido que la provisión de cierto nivel de calidad de servicio en la red sea un objetivo de vital importancia.

Esta importancia cada vez es mayor, no sólo porque los clientes han madurado y no se conforman simplemente con acceder a los servicios, sino que demandan cada vez más una mayor calidad, tanto en el uso privado de los servicios móviles, como en el uso profesional que muchos han hecho de ellos, al hacer depender una buena parte de sus negocios de la utilización de la red móvil.

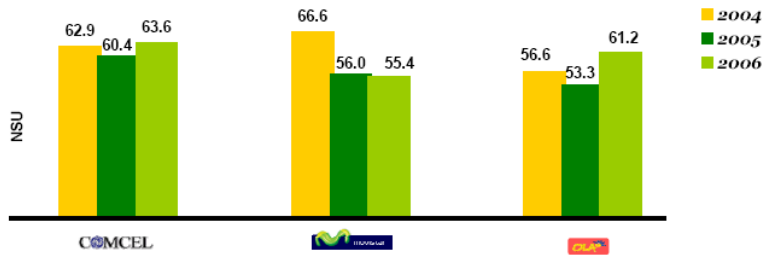
Desde el punto de vista tecnológico, es evidente la importancia de una buena calidad de servicio en las redes de telefonía móvil celular. Esto unido a los problemas que se presentan en Colombia, surge la necesidad de crear un protocolo que muestre qué requisitos debe cumplir una red móvil, entendida como un conjunto de elementos, para que los usuarios se sientan satisfechos.

Desde el punto de vista científico, es importante realizar una investigación, que comprenda un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan hechos específicos, en este caso analizar la calidad de servicio en las redes de telefonía móvil, o dar explicaciones lógicas y coherentes de las realidades planteadas y establecer teorías medianamente estables.

Observar, analizar y estudiar las redes móviles en Colombia, permitirá conocer y descubrir avances y falencias de los actores de la telefonía celular, desde los operadores, pasando por los reguladores hasta los usuarios finales.

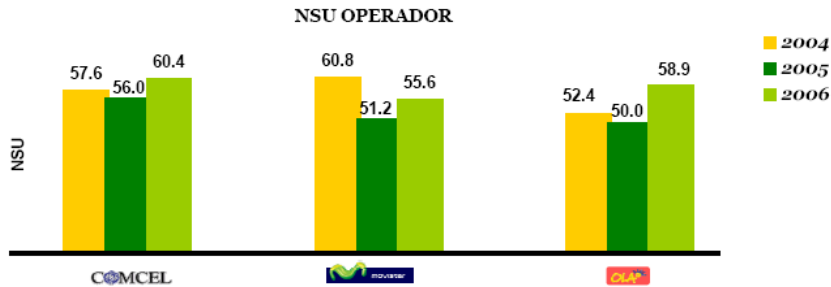
[2] y [3] Muestra un estudio de la Comisión Reguladora de Telecomunicaciones, que además de justificar este proyecto, evidencia que el nivel de satisfacción de usuario (NSU) en Colombia, no es el más óptimo, aunque ha tenido un leve crecimiento del año 2005 al año 2006. Dicho estudio estadístico que consiste en tomar una muestra aleatoria de usuarios y realizar una serie de preguntas con respecto al servicio muestra aspectos que son preocupantes por ejemplo: Una variable que se mide es la continuidad en la comunicación, este ítem sólo alcanzó un promedio de 56% a 58.9% en el servicio postpago y 56.3% a 64.2% en el servicio prepago, en el año 2006, variando de acuerdo al operador, otro aspecto medido fue la facilidad para establecer llamadas a cualquier operador, el cual obtuvo un promedio de 59.5% a 66% en el servicio postpago y 58.2% a 66.4% en el servicio prepago, dicho panorama no es alentador porque de acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones estos promedios deberían ser más altos en cuanto a calidad en la comunicación y las llamadas establecidas. De igual forma el NSU desde el año 2001 a la fecha no ha sobrepasado el 70% y algunos operadores han evidenciado desmejora en sus servicios. (Para efectos de este documento no se tomaron en cuenta las mediciones realizadas en el año 2007 ya que la Comisión Reguladora de Telecomunicaciones optó por otra metodología diferente a la efectuada en años anteriores y lo que se buscó fue realizar un seguimiento a dichos datos).

Figura 1. NSU Global Servicio TMC prepago.



Fuente: CRT [2]

Figura 2. NSU Global Servicio TMC pospago.



Fuente: CRT [3]

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un protocolo para especificar los requisitos mínimos de calidad de servicio de una red actual de telefonía móvil en Colombia, utilizando la caracterización del estado del arte y la normatividad de QoS en redes móviles existente, así como mediciones sobre los componentes funcionales de la red y aplicaciones realizadas.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Formalizar en un documento el estado del arte de las comunicaciones móviles en Colombia, para analizar como se encuentra el país con

respecto a tecnología móvil celular y qué bloques funcionales soportan la calidad de servicio.

2. Caracterizar a nivel nacional e internacional, la normatividad en QoS de la Telefonía Móvil Celular, para establecer con base en esto, los requerimientos mínimos de calidad de servicio, y con ello optimizar las redes móviles.
3. Contrastar los resultados obtenidos en la base teórica, por medio de mediciones sobre algunos componentes funcionales de la red móvil y una aplicación móvil existente.
4. Proponer las especificaciones para gestionar la calidad de servicio, de los operadores de telefonía móvil en Colombia, para que sirvan de guía a los entes reguladores o certificadores del servicio.

1.4 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

Este documento contiene 7 capítulos y 6 anexos. El capítulo 1 contiene la introducción al documento, el planteamiento del problema, justificación y objetivos del proyecto.

El capítulo 2 describe que es la calidad de servicio, las clases y bloques funcionales de la QoS, los parámetros definidos por organismos de regulación internacionales y los parámetros que regulan a operadores en otros países a nivel internacional.

El capítulo 3 define el protocolo de especificaciones para gestión de la calidad en redes de telefonía móvil celular en Colombia.

El capítulo 4 expone las técnicas, sistemas, herramientas que existen para medir la calidad de servicio y la metodología que se utilizó en el proyecto para realizar mediciones de calidad de servicio en las redes de telefonía móvil celular en Colombia.

En el capítulo 5 se muestran los resultados numéricos de las mediciones realizadas, el estudio estadístico de las mismas tanto en voz como en datos.

En el capítulo 6 se evidencia la valoración de expertos en telefonía móvil celular en los sectores académico, telefonía fija y telefonía móvil en Colombia.

En el capítulo 7 se exponen las conclusiones del proyecto.

El anexo A comprende la caracterización del estado del arte de las comunicaciones móviles.

El anexo B expone las mediciones de voz realizadas a los operadores de Telefonía Móvil Celular (TMC) en Colombia. El anexo D evidencia las mediciones de datos realizadas sobre una aplicación móvil existente.

En el anexo B se presenta la carta enviada a los operadores de Telefonía móvil Celular para solicitar apoyo en la investigación.

En el anexo E se muestran las cartas que fueron recibidas por parte del Ministerio de Comunicaciones de Colombia y la Comisión Reguladora de Telecomunicaciones.

El anexo F evidencia los correos enviados por los expertos que valoraron el documento y sus respectivas hojas de vida.

2. CALIDAD DE SERVICIO

La comunicación desempeña un papel importante en el mundo de hoy y la Calidad de Servicio (Quality of Service QoS) es una prioridad máxima.

Situaciones donde el usuario no puede establecer llamadas porque la red se encuentra ocupada o cuando logra establecer una llamada se corta, son indispensables analizar y evaluar, debido a que es un servicio y como tal debe tener buena calidad.

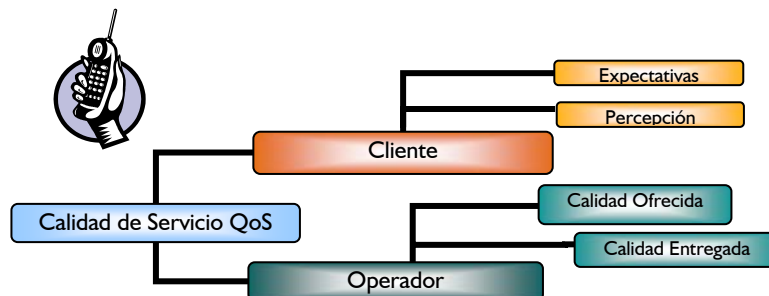
Es importante conocer la definición de Calidad de Servicio y los bloques funcionales que la soportan para analizar las medidas a tomar en las especificaciones de éste protocolo.

2.1. DEFINICIÓN

La calidad en general es el grado en el cual un conjunto de características inherentes satisfacen requerimientos [45]

Dependiendo de los elementos implicados, se puede diferenciar el concepto de calidad (ver figura 3), de tal forma que se encuentra la calidad desde el punto de vista del cliente y la calidad desde el punto de vista de la red.

Figura 3. Clasificación de QoS [4]



Fuente: Autor del proyecto

Desde el punto de vista del cliente, la calidad se entiende como la satisfacción de éste; es decir, como el grado de cumplimiento de las expectativas del servicio global frente a la percepción subjetiva del funcionamiento de la red y del terminal, así como del servicio prepago y pospago.

En Colombia esta calidad es medida a través del NSU (Nivel de satisfacción de usuario) el cuál es controlado por la Comisión Reguladora de Telecomunicaciones (CRT) cada tres meses. En este informe se toman en cuenta indicadores cómo: el producto/la comunicación, el servicio al cliente de la línea *611/*300, el servicio como tal (Prepago/pospago), los puntos de venta y atención al cliente y los planes y promociones [2][3].

Desde el punto de vista de la red, la calidad ofrecida es el resultado de las prestaciones ofrecidas por cada una de las partes implicadas; esto es, los terminales, la red de acceso, la red de transporte y los servicios.

Por otra parte, al hablar de calidad en la red, el concepto más ampliamente aceptado es el de “calidad de servicio”, también conocido por QoS (*Quality of Service*) y que la ITU-T[5] define como “el efecto colectivo de funcionamiento del servicio que determina el grado de satisfacción del usuario”. En esta etapa se pueden identificar tres aspectos que conforman la calidad de servicio:

2.1.1. La accesibilidad de la red. Se refiere a la disponibilidad de recursos de red suficientes para conectarse a un servicio: cobertura, disponibilidad de la red, etc.

En este aspecto se incluyen parámetros como:

- *El nivel de potencia recibido.* Depende de la posición del terminal móvil dentro de la célula o celda e indica la zona de cobertura que tiene cada celda de la red de telefonía móvil. La falta de cobertura temporal o permanente de la red en una determinada ubicación es una de las causas más frecuentes de pérdidas de calidad por parte de la red móvil. El parámetro que indica la cobertura de un terminal móvil es el RxLev en la tecnología GSM y el RSSI en la tecnología UMTS.

- *La disponibilidad de la red.* Cuando un usuario intenta acceder a un servicio, puede que la red atienda esta petición y por tanto provea el servicio solicitado sin mayor problema (en este caso será una petición que ha evolucionado correctamente), o puede que por el contrario la petición no llegue a desembocar en la provisión del servicio solicitado. Las causas por las cuales no es posible realizar la provisión del servicio pueden ser varias, pero en todos los casos el efecto que sufre el usuario es el de un defecto o pérdida de calidad. Entre las posibles causas se encuentran, por ejemplo, la congestión de la red o la falta de recursos para atender al usuario, las interferencias creadas por otros equipos circundantes que hacen que no se puedan atender las peticiones de un usuario, etc.

2.1.2. La accesibilidad del servicio. Incluye los aspectos relacionados con la disponibilidad del servicio: tiempo de acceso, fuera de servicio, etc.

En este segundo caso se incluyen parámetros como:

- *El tiempo de acceso a un servicio.* Es el tiempo que transcurre desde el momento en que el usuario realiza la petición de acceso a un determinado servicio hasta el instante en que se recibe la respuesta de éste. La contestación a la petición de acceso puede ser la provisión del servicio o la indicación de que el servicio no está disponible, que puede deberse bien a la falta de recursos por congestión del servicio o bien a la indisponibilidad de éste por avería.
- *Las indisponibilidades del servicio.* Las indisponibilidades del servicio se pueden deber a muchas causas, entre las que destacan las siguientes: servicio caído por avería, por congestión de recursos, por desactivación temporal, etc.
- *El resultado del acceso al servicio.* El resultado de un acceso a un servicio puede ser correcto si el servidor responde correctamente a la petición, o fallido si el servidor no responde o no proporciona alguna de las respuestas esperadas.

2.1.3. La integridad del servicio. Se refiere a la calidad ofrecida durante el uso del servicio: caídas, calidad de voz, throughput, etc.

Este aspecto incluye parámetros como:

- *La caída del servicio.* Una caída de un servicio significa la imposibilidad de continuar accediendo a él tras establecerse la comunicación en un primer momento, siempre y cuando la imposibilidad sea motivada por cualquier causa ajena a la voluntad de sus usuarios y siempre que éstos se encuentren en todo momento en la zona de cobertura de la red.
- *La calidad de la señal de voz.* Permite valorar la calidad de la señal de voz recibida por el Terminal móvil en cada instante, y constituye por tanto una indicación del estado de la calidad de la red. En el caso de GSM/GPRS se indica con el parámetro RXQual y en UMTS con el parámetro C/I.
- *La calidad de la transmisión de datos.* Permite valorar la calidad en la transmisión de archivos (datos). Se mide mediante la tasa de error BER, que mide la calidad del canal establecido por la cantidad de errores que se producen en la transmisión de datos.
- *El tiempo de navegación.* Es el tiempo que tarda el usuario en recorrer el árbol de navegación que existe desde la entrada en el servicio hasta la llegada a la página deseada.
- *La velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (throughput).* Es la cantidad de bits por segundo que se miden en una determinada transmisión durante el tiempo que dura la conexión.
- *La efectividad del servicio.* Es el porcentaje de accesos al servicio realizados y completados satisfactoriamente, frente a la totalidad de los accesos realizados.

2.2. CLASES Y BLOQUES FUNCIONALES DE LA CALIDAD DE SERVICIO

Las redes móviles han ido incorporando progresivamente mecanismos y procedimientos de gestión de la calidad que permiten ofrecer las calidades requeridas, desde los protocolos o esquemas de transmisión más idóneos hasta la asignación de los recursos de red necesarios.

Se puede mencionar que anteriormente y actualmente en las redes 1G y las redes 2 – 2.5G (ver anexo A, caracterización de las redes de TMC) tales como GSM, CDMA, HSCSD solo existe un aspecto de QoS, el cuál es la voz; El proveer la calidad de la voz se convierte en la preocupación principal. En dichas redes tratan a todos los usuarios por igual independientemente de su perfil o del servicio al que acceden.

Ahora en las redes 3G, la QoS tiene que ser proporcionada tanto para la voz así como para los datos (incluso se puede hablar que con la evolución de las redes GSM, este aspecto se está teniendo más en cuenta). Sin embargo todavía la prioridad se da para el servicio de voz debido a que se considera como el servicio primario, este servicio posee un retraso sensible y la transmisión debe ser en tiempo real.

Dentro de los servicios de datos, se encuentra el texto y las multimedias. Estos servicios son menos sensibles al retardo pero cuentan con un rendimiento de procesamiento mejor y menos o ninguna tasa de pérdidas.

Los mecanismos de gestión de la calidad, que utilizan estas redes se encargan básicamente de negociar y gestionar los perfiles y clases de QoS. El mecanismo básico de gestión es la definición del servicio portador (BS, *Bearer Service*), que se apoya fundamentalmente en el concepto de contexto PDP, introducidos ambos por primera vez en la *Release 97* [6]. El contexto PDP se puede definir como la conexión lógica establecida entre el terminal móvil y la red para el transporte del tráfico IP. De este modo, todas las aplicaciones a las que un usuario acceda por medio del mismo contexto PDP tendrán los mismos atributos de QoS.

Mientras que en la *Release 97* un mismo terminal podía establecer varios contextos PDP, cada uno con una dirección PDP diferente, el 3GPP introdujo en la *Release 99* [7] la posibilidad de usar varios contextos PDP por dirección PDP, de modo que cada uno de ellos pudiese ofrecer un perfil de QoS

diferente. En otras palabras, diferentes usuarios podrían acceder al mismo servicio con diferentes perfiles de QoS, sin necesidad de proveer servidores específicos para cada uno de ellos.

La ETSI[8] y la UIT además de lo anterior, definen cuatro clases diferentes de QoS (también denominadas clases de tráfico), para las redes UMTS o IMT2000, cuya diferencia fundamental estriba en la sensibilidad de cada una de ellas frente al retardo, la clase conversacional se refiere a las aplicaciones muy sensibles al retardo, mientras que la clase de fondo es la clase de QoS menos afectada por el retardo. Se debe observar que para cualquier aplicación particular es posible que se requiera más de una clase de servicio de QoS. Estas clases reciben el nombre de:

- *Clase conversacional* El ejemplo más conocido de este tipo es la conversación telefónica. Pero con Internet y la multimedia, habrá nuevas aplicaciones que deban pertenecer a esta categoría (voz sobre IP, vídeo sobre IP, juegos online, etc). La conversación en tiempo real siempre se desarrolla entre pares (o grupos) de usuarios finales activos. Es la única clase en que las características requeridas vienen dadas estrictamente por la percepción humana. En consecuencia, este ejemplo tiene los requisitos de QoS más estrictos y rigurosos.

La conversación en tiempo real se caracteriza por el tiempo de transferencia, que debe ser reducido puesto que el sistema es de índole conversacional; Además hay que preservar la relación (variación) de tiempos existente entre las entidades de información transmitidas de la misma manera que para los flujos en tiempo real.

El retardo de transferencia máximo viene dado por la percepción humana de una conversación en imagen y sonido. Por consiguiente, el retardo de transferencia aceptable tiene un límite muy estricto, puesto que un retardo que no sea suficientemente pequeño dará lugar a un deterioro inaceptable de la calidad. Se exige por tanto que el retardo de transferencia sea a la vez notablemente más bajo y más riguroso que el retardo de ida y retorno de aplicaciones interactivas.

Las características fundamentales para la QoS de una conversación en tiempo real son:

- Preservar la relación (variación) de tiempos entre las entidades de información del tren transmitido;
 - Modelo de conversación (retardo estricto y pequeño).
- *Clase interactiva:* Se aplica este esquema cuando el usuario final, sea una máquina o una persona, es decir servicios asimétricos donde se solicitan datos en directo de un equipo distante (por ejemplo, un servidor). Ejemplos de interacción humana con el equipo distante son: navegación por la web a través del terminal móvil, las extracciones de bases de datos, el acceso a servidores, aplicaciones interactivas, entre otras. La interrogación secuencial de registros de mediciones y las consultas automáticas a bases de datos son ejemplos de interacción de máquinas con equipos distantes.

El tráfico interactivo es el otro sistema clásico de comunicación de datos que a nivel general se caracteriza por el patrón de respuesta a peticiones que tenga el usuario final. En el destino del mensaje hay una entidad que espera el mensaje (la respuesta) dentro de un determinado tiempo. Por tanto el retardo de ida y retorno es uno de los atributos esenciales. Otra característica es que el contenido de los paquetes se ha de transferir de manera transparente (con una baja BER).

Las características fundamentales de la QoS para el tráfico interactivo son:

- El patrón de respuesta a peticiones;
 - Preservar el contenido útil transportado.
- *Clase unidireccional:* Cuando el usuario contempla (ve) un vídeo (escucha) en tiempo real, ha de aplicarse la clase de tráfico unidireccional en tiempo real (streaming de audio y video). El tren de datos en tiempo real se dirige siempre a un destino animado (humano), con transporte en un solo sentido.

Esta modalidad es novedosa en el ámbito de las comunicaciones de datos, y suscita una serie de nuevas exigencias tanto en los sistemas de telecomunicación como en los de comunicaciones de datos. Se caracteriza por la relación (variación) de tiempos existente entre las entidades de información (muestras, paquetes) dentro de un tren transmitido, que debe preservarse aunque no se imponga requisito alguno en cuanto a reducir el retardo de transferencia.

Para preservar la relación (variación) en tiempo entre las entidades de información de un tren es preciso limitar la variación del retardo del flujo de extremo a extremo. Pero como la alineación de tiempos de dicho tren se realiza normalmente en el extremo receptor (en el equipo del usuario), la máxima variación aceptable del retardo a través de los medios de transmisión vendrá dada por la capacidad de la función de alineación de tiempos de la aplicación particular. La variación de retardo aceptable es, pues, muy superior a la variación tolerada por los límites de la percepción humana.

La característica fundamental para la QoS de un tren en tiempo real es:

- Tren continuo unidireccional
- Preservar la relación (variación) en tiempos entre las entidades de información del tren.
- *Clase de fondo:* Se aplica este esquema cuando el usuario final, que suele ser un computador, envía y recibe ficheros de datos en un segundo plano. Son ejemplos la entrega de mensajes de correo electrónico (e-mail), el SMS, el MMS, la telecarga desde bases de datos, servicios de broadcasting y la recepción de registros de mediciones.

El tráfico de fondo es uno de los esquemas clásicos de comunicación de datos, caracterizado a nivel general porque en el destino no existen parámetros que impongan la recepción de los datos dentro de un cierto límite de tiempo. Por eso el sistema es más o menos insensible al tiempo. Otra característica es que el contenido de los paquetes se ha de transferir de manera transparente (con una baja proporción de BER).

Las características fundamentales de la QoS para el tráfico de fondo son:

- El destino no espera recibir los datos dentro de un tiempo determinado;
- Preservar el contenido útil transportado.

Una aplicación de fondo es aquella que no transporta información de retardo. En principio, el único requisito para esta categoría de aplicaciones es que la

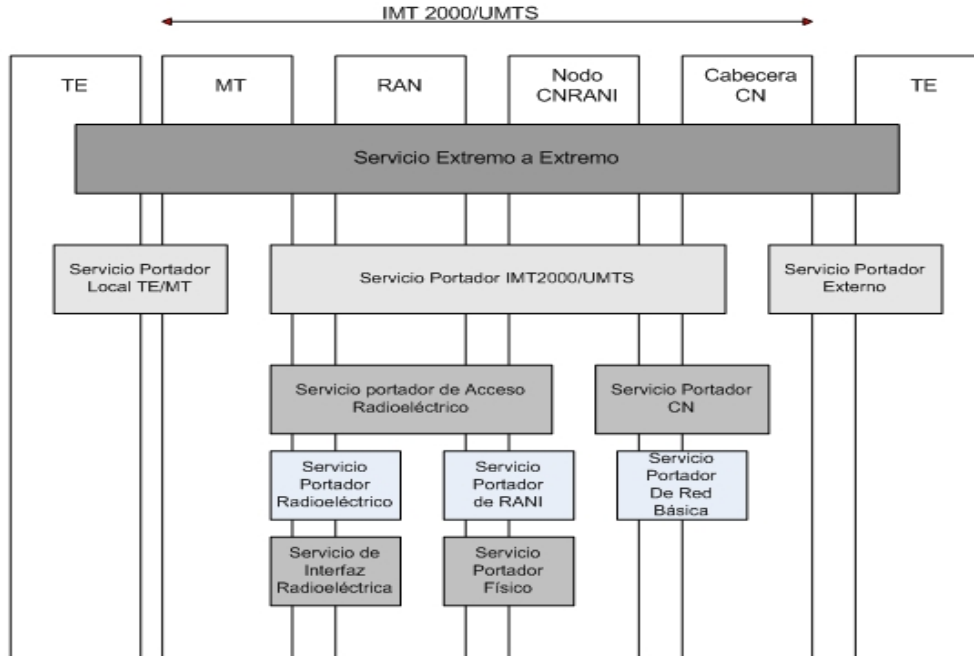
información se ha de entregar al usuario esencialmente libre de errores. Sin embargo, existe una restricción de retardo, ya que efectivamente si los datos se reciben demasiado tarde se vuelven inútiles para cualquier objetivo práctico.

Para las redes de 3G y 4G (en este caso IMT 2000 y UMTS), los servicios de red se consideran de extremo a extremo, es decir, de un equipo terminal (TE) a otro equipo terminal. Un servicio de extremo a extremo podrá proporcionar una cierta QoS al usuario de ese servicio de red. Corresponde al usuario decidir si está o no satisfecho con la QoS obtenida.

Para realizar una red con una determinada QoS, es preciso establecer un servicio portador con funciones y características claramente definidas, desde el origen al destino del servicio. El servicio portador ha de incluir todos los aspectos que permiten ofrecer la QoS contratada. Entre estos aspectos figuran la señalización de control, el transporte por el plano de usuario y la funcionalidad de gestión de la QoS.

Los bloques funcionales necesarios para la evaluación de la QoS se describen en la siguiente gráfica (cabe anotar que se trata de agrupaciones funcionales utilizadas en el desarrollo de conceptos relativos a QoS). Allí se representa la arquitectura estratificada de un servicio portador (Bearer service), cada servicio portador de una determinada capa ofrece sus servicios individuales haciendo uso de los servicios proporcionados por las capas subyacentes. Cabe destacar que esta gráfica no cuenta con los grupos funcionales que soportan el servicio portador externo entre la «Cabecera CN (Core Network)» y el «TE (Terminal Equipment)», para mayor entendimiento.

Figura 4. Arquitectura por capas del servicio portador para la evaluación de la calidad de servicio



Fuente: UIT/ETSI [9]

Un TE se conecta a la red por medio de un MT (Mobile Terminal). El servicio de extremo a extremo en el nivel de aplicación utiliza los servicios portadores de la red o redes subyacentes. El servicio de extremo a extremo utilizado por el TE se realizará por medio de un servicio portador local TE/MT, un servicio portador (Bearer Service) IMT-2000/UMTS (dependiendo de la red) y un servicio portador externo. El servicio portador de extremo a extremo es el que proporciona los diversos servicios que ofrece el operador de la red.

El servicio portador (BS) bien sea de la red IMT 2000 o UMTS es el que proporciona la QoS de la red., este servicio comprende dos partes, el servicio portador de acceso radioeléctrico y el servicio portador de CN.

El servicio portador de acceso radioeléctrico proporciona el transporte confidencial de los datos de señalización y los datos del usuario entre el MT (Mobile Terminal) y el nodo RANI (Radio Access Network Interface) de la CN (Core network) con la QoS adecuada para el servicio portador convenido, o con la QoS fijada por defecto para la señalización. Este servicio se basa en las características de la interfaz radioeléctrica y se mantiene para un MT en movimiento.

El servicio portador de la CN (Core Network) conecta el nodo RANI de la CN con la cabecera CN hacia la red externa. Este servicio tiene el propósito de controlar y utilizar de manera eficaz la red básica con el fin de prestar el servicio portador que se haya contratado.

El servicio portador de acceso radioeléctrico se realiza por medio del servicio portador radioeléctrico y de un servicio portador de RANI. El servicio portador radioeléctrico se encarga de todos los aspectos del transporte por la interfaz radioeléctrica. Utiliza la interfaz o interfaces radioeléctricas. El servicio portador de RANI juntamente con el servicio portador físico proporciona el transporte entre la RAN (Radio Access Network) y la CN. El servicio portador de CN utiliza un servicio de red básica genérico. El servicio de red básica abarca las funciones de Capa 1/Capa 2 y su elección depende de la manera en que el operador desee cumplir los requisitos de QoS del servicio portador de CN.

2.3. PARÁMETROS DEFINIDOS POR ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

En este apartado se presentará los aspectos de calidad de servicio, que cada una de las organizaciones internacionales ha predispuesto para las redes de telefonía móvil celular.

2.3.1. UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) La unión Internacional de Telecomunicaciones Define en su recomendación M1079 lo siguiente para redes IMT 2000(se tomo esta recomendación como referencia dado a que es aplicable a los sistemas actuales de telefonía móvil celular, teniendo en cuenta la evolución de las redes móviles hacia sistemas de tercera generación):

Calidad de Servicio (QoS): Es el efecto colectivo de los comportamientos funcionales de un servicio que determinan el grado de satisfacción del usuario de ese servicio. Se caracteriza por los aspectos combinados de los factores de calidad aplicables a todos los servicios, tales como:

- Operabilidad del servicio
- Accesibilidad del servicio
- Retenibilidad del servicio
- Integridad del servicio
- Otros factores específicos de cada servicio.

Calidad de las señales vocales: La calidad de las señales vocales expresa el grado de satisfacción del cliente con la transmisión de la conversación. La calidad de las señales vocales depende de la del trayecto de conversación en su conjunto, desde el hablante en un extremo de la conexión al oyente en el otro, y pueden establecerse dos categorías de calidad de las señales: la que depende sobre todo de la acústica del terminal móvil y la que depende principalmente del medio de transmisión. Los servicios de telecomunicación en los que tenga que prestarse una atención especial a la calidad de las señales vocales, tales como la teleconferencia de audio y el correo de voz, deberán también tenerse en cuenta.

Calidad de las conexiones: La calidad de las conexiones se expresa en la Recomendación UIT-T E.770 como un grado de servicio (GoS). Los parámetros de GoS son el tiempo de señalización en el establecimiento de la comunicación y la demora de liberación de la llamada, así como la probabilidad de bloqueo de extremo a extremo, la probabilidad de que se produzca un traspaso infructuoso, etc.

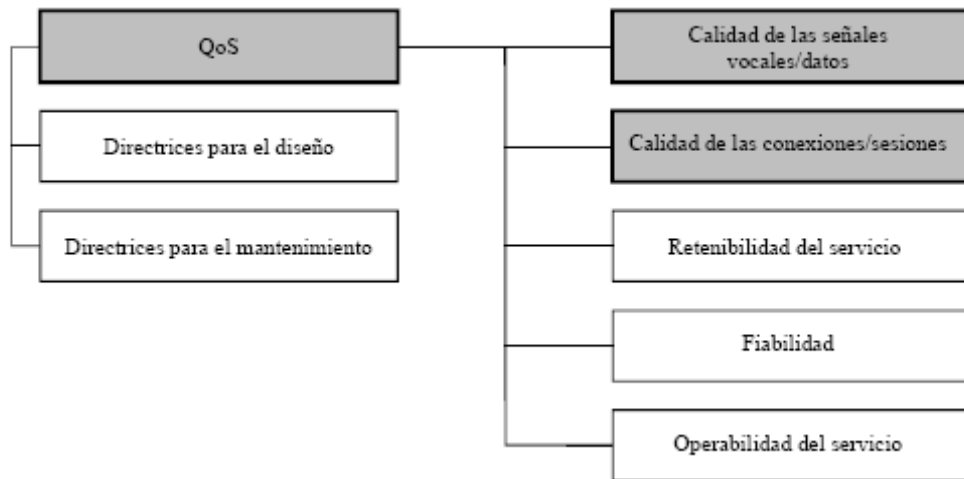
Retenibilidad del servicio: En la Recomendación UIT-T E.800 se define la retenibilidad del servicio como la probabilidad de que un servicio, una vez obtenido, continúe siendo prestado durante una comunicación en condiciones determinadas, por ejemplo en condiciones de desvanecimiento, ensombrecimiento e interferencia cocanal.

Fiabilidad: En la Recomendación UIT-T E.800 se define la fiabilidad como la probabilidad de que un elemento pueda realizar una función requerida en condiciones determinadas durante un intervalo de tiempo determinado. Las averías de una red telefónica se pueden clasificar en dos tipos. El primero de ellos se refiere a los casos en que el usuario se encuentra con una avería menor en el segmento de red que no es su propio segmento, pudiéndose restablecer el servicio si el usuario llama de nuevo una vez. El segundo tipo corresponde a aquellas averías que se producen en el segmento de usuario o bien se trata de averías importantes en el segmento de red, en cuyo caso no se puede prestar el servicio, incluso aunque el usuario llame varias veces. Una medida de la fiabilidad del segmento de usuario es la tasa de fallos y una medida, para el segmento de red, es la indisponibilidad.

Directrices para el diseño: Para prestar servicios de telecomunicación que cumplan los criterios especificados en cuanto a calidad de los mismos es preciso dar directrices relativas al diseño de la red. Cabe esperar que, la calidad de los sistemas diseñados de acuerdo con dichas directrices,

satisfagan las recomendaciones que se hacen a continuación (véase la Fig. 5).

Figura 5. Ejemplo de estructura funcional de la calidad para servicios de telecomunicación [9]



Fuente: [9]

Directrices para la gestión: Son necesarias directrices para el mantenimiento y la explotación de las facilidades. En base a dichas directrices, el proveedor de un servicio o el operador de una red mantienen el servicio, evalúan su calidad para mejorarlo y toman medidas correctoras

Clases de QoS en las IMT-2000: Un usuario convencional no está interesado en la forma en que se presta un servicio particular. Sin embargo, el usuario sí lo está en comparar un servicio con otro en términos de los parámetros generales de calidad de funcionamiento orientada al usuario que se aplican a cualquier servicio de extremo a extremo. Desde la perspectiva del usuario, la calidad de funcionamiento debe expresarse mediante parámetros que:

- Se enfoquen hacia los efectos que percibe el usuario y no en sus causas dentro de la red;
- Sean independientes del diseño interno de las redes;
- Consideren todos los aspectos de servicio desde el punto de vista del usuario y que se puedan medir objetivamente en el punto de acceso al servicio;

- Puedan garantizarse al usuario a través de los proveedores del servicio.

Como consecuencia, en la tabla 1 se ilustran cuatro clases (definidas anteriormente) de QoS para las IMT-2000 desde la perspectiva del usuario:

- Clase conversacional de servicio
- Clase interactiva de servicio
- Clase unidireccional de servicio
- Clase de fondo de servicio.

Tabla 1. Clases de QoS en IMT-2000 desde la perspectiva del usuario

Clase de servicio de QoS	Clase de servicio conversacional	Clase de servicio interactiva	Clase de servicio unidireccional	Clase de servicio de fondo
	Conversación en tiempo real	Clase interactiva al mejor nivel posible	Unidireccional en tiempo real	Clase de fondo al mejor nivel posible
Características fundamentales desde la perspectiva del usuario	– Preserva la relación (variación) de tiempo entre las entidades de información del tren – Modelo conversacional (estricto y con bajo retardo)	– Patrón de respuesta a peticiones – Preserva el contenido útil	– Preserva la relación (variación) de tiempo entre las entidades de información del tren	– El destino no espera los datos dentro de un tiempo limitado – Preserva el contenido útil
Ejemplo de la aplicación	– Voz	– Búsqueda en la web	– Vídeo unidireccional	– Telecarga de correo electrónico

Fuente: [9]

Gama de requisitos de QoS Una aplicación deberá poder señalar sus requisitos de QoS a la red mediante la petición de un servicio portador con cualquiera de los tipos de tráfico, características de tráfico, retardo máximo de transferencia, variación del retardo y BER que se han especificado.

En la tabla 2 se indica la gama de valores que debe admitir las IMT-2000. Estos requisitos tienen validez tanto para tráfico con conexión como para tráfico sin conexión. Deberá ser posible que la red satisfaga estos requisitos sin desperdiciar recursos en las interfaces radioeléctricas y de la red debido a las limitaciones por granulosidad de la QoS. Los valores en la tabla 2 ilustran la gama de valores del retardo de transferencia máxima y la BER en el nivel de transporte de portador.

Tabla 2. Requisitos de BER y de retardo para entornos operativos de IMT-2000

Entorno Operativo	Tiempo real (Retardo Constante)	Tiempo no real (Retardo variable)
	BER/Retardo de transferencia máxima	BER/Retardo de transferencia máxima
Satélite(Velocidad del terminal con respecto a tierra de hasta 1000 km/h en avión)	Retardo de transferencia máxima: menos de 400 ms BER $1 \cdot 10^{-3}$ a $1 \cdot 10^{-7}$ (1)	Retardo de transferencia máxima: 1200 ms o más ⁽²⁾ BER $1 \cdot 10^{-5}$ a $1 \cdot 10^{-8}$
Exterior Rural (Velocidad del terminal con respecto a tierra de hasta 500 km/h) ⁽³⁾	Retardo de transferencia máxima: menos de 20 a 300 ms BER $1 \cdot 10^{-3}$ a $1 \cdot 10^{-7}$ (1)	Retardo de transferencia máxima: 150 ms o más ⁽²⁾ BER $1 \cdot 10^{-5}$ a $1 \cdot 10^{-8}$
Exterior Urbano/ Suburbano(Velocidad del terminal con respecto a tierra de hasta 120 km/h e)		
Interior/Exterior de corto alcance (Velocidad del terminal con respecto a tierra de hasta 10 km/h)		

Fuente: UIT [9]. Nota: (1) Probablemente habrá un compromiso entre BER y retardo. (2) El retardo de transferencia máxima se considerará como valor deseado para el 95% de los datos. (3) Se seleccionó el valor de 500 km/h como velocidad máxima admisible en el entorno exterior rural con miras a que el servicio sea prestado en vehículos de alta velocidad (trenes, por ejemplo). Este valor no pretende ser el valor típico del entorno (más usual es el de 250 km/h).

QoS admitida por el usuario final: Este punto describe la QoS que ha de proporcionarse a las aplicaciones de usuario final. La siguiente figura resume los principales grupos de aplicaciones expresadas por sus requisitos de QoS. Hay aplicaciones y nuevas aplicaciones que pueden abarcar más de un grupo.

Figura 6. Grupos de comportamiento de aplicaciones según las necesidades de QoS

Tolerante al error	Voz y video conversacional	Mensajería de voz	Audio y video unidireccional	Fax
Intolerante al error	Telnet, juegos interactivos	Comercio electrónico, búsqueda en la Web, acceso a correo electrónico	FTP, imagen fija, radiobúsqueda	Usenet
	Conversacional (retardo $\ll 1$ s)	Interactiva (retardo aproximado 1 s)	Unidireccional (retardo < 10 s)	De fondo (retardo > 10 s)

Fuente: UIT [9]

Las siguientes tablas desagregan los requisitos en materia de QoS del usuario final o de la aplicación en una IMT-2000 para los servicios de clases conversacional (véase la tabla 3), interactiva (véase la tabla 4) y unidireccional (véase la tabla 5). Estas tablas especifican el retardo de extremo a extremo, y se han preparado desde la perspectiva del servicio de aplicación y por lo general definen tanto el retardo preferido como el retardo máximo para el servicio en cuestión. Los valores en las tablas se alinean con los de la Recomendación UIT-T G.1010. Como se trata de requisitos QoS de extremo a extremo desde la perspectiva del usuario, se deben repartir adecuadamente en la red de acceso a las IMT-2000. Las tablas 3 a 5 complementan la tabla 2

Tabla 3. Comportamiento esperado por el usuario final – Servicios conversacionales/en tiempo real

<i>Medio</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Grado de simetría</i>	<i>Velocidad de datos (kbit/s)</i>	<i>Parámetros de calidad esenciales y valores deseados</i>		
				<i>Retardo en un sentido (ms)</i>	<i>Variación del retardo (ms)</i>	<i>Pérdida de información</i>
Audio	Conversación en banda vocal estrecha	Bidireccional	4-13	Preferido < 150 Límite < 400	< 1	$< 3\%$ PLR

Audio	Conversación en banda vocal ancha	Bidireccional	4-13 10-64	Preferido < 150 Límite < 400	< 1	< 3% PLR
Vídeo	Videoteléfono	Bidireccional	32-384	Preferido < 150 Límite < 400 Doblaje < 100		< 1% PLR
Datos	Telemetría – control bidireccional	Bidireccional	< 28,8	< 250	No aplicable	Cero
Datos	Juegos interactivos	Bidireccional	< 1	< 250	No aplicable	Cero
Datos	Telnet	Bidireccional (asimétrica)	< 1	< 250	No aplicable	Cero

Fuente: UIT [9]

Tabla 4. Comportamiento esperado por el usuario final – Servicios interactivos

<i>Medio</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Grado de simetría</i>	<i>Velocidad de datos (kbit/s)</i>	<i>Parámetros de calidad esenciales y valores deseados</i>		
				<i>Retardo en un sentido</i>	<i>Variación del retardo (ms)</i>	<i>Pérdida de información</i>
Audio	Mensajería de voz	Esencialmente unidireccional	4-32	< 1 s para reproducción < 2 s para grabación	< 1	< 3% PLR
Datos	Búsqueda en la Web – HTML	Esencialmente unidireccional		Preferido < 2 s/página Aceptable < 4 s/página	No aplicable	Cero
Datos	Servicios de transacción – alta prioridad (ejemplo, comercio, ATM)	Bidireccional		Preferido < 2 s Aceptable < 4 s	No aplicable	Cero
Datos	Correo electrónico (acceso a servidor)	Esencialmente unidireccional		Preferido < 2 s Aceptable < 4 s	No aplicable	Cero

Fuente: UIT [9]

Tabla 5. Comportamiento esperado por el usuario final – Servicios unidireccionales

<i>Medio</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Grado de simetría</i>	<i>Velocidad de datos (kbit/s)</i>	<i>Parámetros de calidad esenciales y valores deseados</i>		
				<i>Retardo en un sentido (s)</i>	<i>Variación del retardo (ms)</i>	<i>Pérdida de información</i>
Audio	Audio unidireccional de alta calidad	Esencialmente unidireccional	16-128	< 10	< 1	< 1% PLR
Vídeo	Unidireccional	Unidireccional	32-384	< 10		< 1% PLR
Datos	Transferencia/extracción de datos en bloque	Esencialmente unidireccional		Preferido < 15 Aceptable < 60	No aplicable	Cero
Datos	Imagen fija	Unidireccional		Preferido < 15 Aceptable < 60	No aplicable	Cero
Datos	Telemetría – comprobación técnica	Unidireccional	< 28,8	< 10	No aplicable	Cero

Fuente: UIT[9]

Por otra parte se encuentra los principales requisitos de calidad de las señales vocales:

Calidad subjetiva: La calidad de las señales vocales deberá ser comparable a la de la red fija, para usuarios de diferente edad, sexo e idioma, de conformidad con los requisitos descritos en la Recomendación UIT-T G.174.

Calidad de voz natural y reconocimiento del hablante: Las señales vocales deberán sonar como voz humana natural. Es fundamental que el usuario sea capaz de reconocer la voz de personas llamantes cuya voz le sea familiar.

Facilidad de conversación: Deberá resultarles fácil a los abonados utilizar el sistema cuando se requiera intercambiar información en conversaciones mantenidas por la conexión, incluido el caso de habla simultánea en que ambos participantes hablan a la vez.

Pérdida de interactividad debida al retardo en el trayecto de conversación: El retardo en un sentido se define como el retardo asociado con el procesamiento, la codificación, la decodificación y la propagación

radioeléctrica entre un móvil y la conexión en la RTPC(Red Telefónica Publica Conmutada).

Las conversaciones entre los usuarios no se verán afectadas por falta de interactividad apropiada debida a retardo excesivo en la conexión. El retardo puede interferir en las aplicaciones de usuario, así como en la facilidad con la que se mantienen las conversaciones interactivas. Por lo tanto, resulta crítico controlar el retardo introducido por las IMT-2000.

El retardo medio en un sentido menor de 40 ms es un objetivo a largo plazo para las IMT-2000. Se admite, sin embargo, que puede ser extremadamente difícil o impracticable alcanzar ese valor a corto plazo. Por consiguiente, al calcular los presupuestos de retardo de transmisión debe considerarse un valor en un sentido en torno a 100 ms para la parte de acceso a IMT-2000.

Protección contra el eco: En el caso de las IMT-2000, el retardo de transmisión esperado requerirá la utilización de control de eco en el sistema.

El control del eco en el entorno de las IMT-2000 es un tema complejo. Toma como referencia la Recomendación UIT-T G.174 por lo que se refiere a los requisitos de control de eco hacia la RTPC, y la Recomendación UIT-T P.313 para los requisitos hacia el terminal.

Uniformidad en entornos diferentes: Cuando se utilicen interfaces radioeléctricas diferentes para el acceso en entornos distintos (por ejemplo, picocélulas, células grandes, etc.) se aplicarán los mismos requisitos en cuanto a calidad de las señales vocales. El abonado deberá encontrar que la calidad de las señales vocales es uniforme en todo el sistema.

Se reconoce que tal vez se requieran códecs más complejos, con un consumo de potencia mayor, para alcanzar la calidad requerida de las señales vocales de las IMT-2000 en células grandes, en donde se necesitan velocidades binarias inferiores para lograr la eficacia espectral.

Efectos de la transcodificación: Si se eligen diferentes códecs de señales vocales en entornos de acceso inalámbrico distintos y en la red fija, se producirá la concatenación de una diversidad de códecs de señales vocales

con la consiguiente pérdida de calidad de las mismas, como resultado de la necesaria transcodificación.

Deberán utilizarse técnicas que reduzcan al mínimo la necesidad de la transcodificación y la repercusión de la misma, como son la operación libre en tándem o la operación libre con transcodificador. Los efectos de la transcodificación deberán tenerse muy en cuenta para cumplir los requisitos de calidad de las señales vocales.

Acústica del terminal: La acústica del microteléfono resulta de gran importancia cuando se determina la calidad audio global de los sistemas inalámbricos. Una primera consideración consiste en asegurarse de que los niveles de señal de emisión, recepción y efecto local son compatibles con la telefonía de línea alámbrica convencional, y de que se proporciona una pérdida de acoplamiento del terminal suficiente para control de eco. Sin embargo, consideraciones de otro tipo, como por ejemplo la forma del microteléfono (posición del micrófono con respecto a la boca del usuario y hermeticidad del auricular aplicado a la oreja del usuario) también son importantes, sobre todo en condiciones de funcionamiento ruidosas.

Traspaso: El usuario no deberá percibir los efectos del traspaso en la calidad de las señales vocales o de los datos en banda vocal.

Resistencia: Es importante la capacidad de soportar errores aleatorios, errores en ráfagas y altas BER en toda la zona de servicio. La clasificación de las posibles combinaciones de códec de señales vocales/códec de canal puede ser diferente en condiciones buenas y en condiciones marginales.

Ruido acústico de fondo: Se prevé que en los entornos de las IMT-2000 se genere un mayor nivel de ruido acústico de fondo que en los sistemas alámbricos, debido a las contribuciones al ruido procedentes, por ejemplo, del tráfico rodado, los ferrocarriles, las estaciones de autobuses, etc. El códec de señales vocales y los transductores asociados deben ser resistentes, por consiguiente, frente a ese ruido acústico de fondo. El códec de señales vocales deberá resistir también la presencia de otros hablantes en el entorno.

Prueba de la calidad de las señales vocales: La aptitud de las IMT-2000 para satisfacer los requisitos de calidad de las señales vocales que se dan más

arriba deberá juzgarse con un método de selección realista, que tenga en cuenta las degradaciones del canal radioeléctrico móvil.

Las pruebas deben incluir conversaciones bidireccionales en las que los hablantes actúan en condiciones reales que imponen demandas a la utilización del canal.

Deberá estar representada la gama de escenarios de conexión, incluyendo los de móvil a fijo, móvil a móvil, la inclusión de enlaces por satélite en la interfaz móvil, de enlaces por satélite en la red, etc. Deberán incluirse degradaciones tales como los ecos y retardos de traspasos y de red.

Durante la prueba, se forzará la conexión vocal con un esquema de errores generado por un modelo de errores relacionado con la interfaz radioeléctrica.

Además de la Calidad de servicio existe otro facto que se mide y que la UIT lo define como el grado de Servicio GOS, este factor se encuentra en la recomendación E720-721 y dispone lo siguiente:

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) dispone que los conceptos generales expresados en la Recomendación E.720 (Recomendación para RDSI) son también aplicables al interfuncionamiento de redes móviles terrestres y fijas. Sin embargo, las peculiaridades de la interfaz radioeléctrica, tales como la calidad de transmisión variable a lo largo de la misma conexión y la necesidad de reutilización del espectro para hacer frente a la demanda de tráfico, como en el caso de los sistemas celulares, repercute en los parámetros GOS (Grade of Service) de tráfico de manera singular.

Los usuarios de los servicios de telecomunicaciones sustentados por interfuncionamiento de redes móviles/fijas pueden experimentar los efectos de los parámetros GOS según su percepción de eventos tales como: fallo de una demanda de llamada, o demora excesiva para satisfacer una demanda de llamada; fallo de tentativas de llamada, o demora excesiva para satisfacer tentativas de llamada; fallo de tentativas repetidas automáticas, o demora excesiva para satisfacer tentativas repetidas automáticas. Adicionalmente los específicos del servicio móvil. Estos últimos son los asociados con el fallo de los intentos de traspaso o la demora excesiva en satisfacer los intentos de traspaso. Mientras que en primeros, la posibilidad de distinguir el GOS

depende de que se disponga de indicaciones claras de las condiciones del usuario llamado y de la red, en los últimos casos los usuarios pueden apreciar el GOS directamente según la deterioración de la calidad de transmisión del canal y el posible corte de una conexión establecida.

El GDS del usuario se refiere a las demandas de llamada de los usuarios. El GDS de la red se refiere a cualesquiera tentativas de llamada que incluyan tanto tentativas de llamada generadas por los usuarios como nuevas tentativas automáticas generadas por terminales. El GDS de los componentes de la red se refiere a las tentativas de toma para la utilización de un componente de red específico, e incluye las tentativas de toma generadas por tentativas de llamada y las tentativas de toma generadas por nuevos reintentos en la red.

Los principios para asignar objetivos de GOS en conexiones que incluyan un segmento de red móvil son generalmente los mismos para una RDSI y son los siguientes [14]:

i) se define un conjunto común mínimo de parámetros de GDS para las tentativas en las capas 1, 2 y 3; dichas tentativas, pertenecientes a servicios distintos, pueden compartir o no los mismos procedimientos de establecimiento de la comunicación y de liberación de llamadas fuera de banda (véase la nota¹);

ii) los parámetros de GDS se definen y especifican de manera que el GDS pueda determinarse en puntos de referencia bien definidos (puntos significativos de tráfico);

iii) los parámetros de GDS deben especificarse haciendo referencia a las condiciones de carga de tráfico en el sentido de la Recomendación E.500;

iv) los parámetros de GDS de bloqueo pueden necesitar en el futuro tener en cuenta las repeticiones debidas a estados de la red, pero actualmente se basan en la hipótesis de que las llamadas perdidas son liberadas;

¹ Nota – Para evaluar la calidad de funcionamiento directamente percibida por un usuario, pueden también ser necesarios otros parámetros específicos del equipo terminal del usuario.

v) quedan para ulterior estudio los parámetros de GDS relativos a la fase de transferencia de información en el plano de usuario.

Por lo anterior, los valores objetivos de GOS están inicialmente fijados de extremo a extremo (GOS de usuario) y posteriormente asignados a segmentos de red.

En una conexión, los segmentos de red móvil pueden sustituir, desde el punto de vista lógico, a sus homólogos de red fija. Suele ocurrir que el acceso inalámbrico y la infraestructura de líneas alámbricas entre un terminal móvil terrestre y una central local (o de tránsito) sustituya al bucle de abonado en la red fija. Otras situaciones pueden depender de la arquitectura de los sistemas móviles, la disposición elegida para la interconexión de redes móviles/fijas, los servicios sustentados y los conceptos (por ejemplo, telecomunicaciones personales universales UPT, universal personal telecommunications) y el número y papel de las redes móviles, de los explotadores de redes móviles y de los proveedores de servicios móviles.

Puede no resultar posible, en general, que los segmentos de red móvil de sistemas existentes mantengan rentablemente algunos (o todos) los objetivos de funcionamiento establecidos para los parámetros GOS asociados con los segmentos de red fija correspondientes. Esto es consecuente con la percepción por los usuarios móviles de que un servicio proporcionado con la intervención de una red móvil, o un segmento de red, apenas puede compararse en un pie de igualdad con el mismo servicio proporcionado en su totalidad por la red fija.

Se introduce en principio una diferenciación de los objetivos de funcionamiento GOS para segmentos de red específicos y en situaciones específicas con respecto a sus homólogos lógicos de la red fija. Sin embargo, la diferenciación debe en cualquier caso garantizar que se cumplan las relaciones específicas con los valores de los parámetros de GOS de extremo a extremo. Se espera que la futura tecnología y el futuro diseño del sistema no se basen en, e incluso no exijan, la diferenciación de objetivos de GOS para los segmentos de red móvil.

En las conexiones que comprenden tantos segmentos de red móvil como de red fija, la asignación de objetivos de GOS para los segmentos de red fija será la misma que para las conexiones de red fija de extremo a extremo. En otras palabras, la interconexión de redes móviles y fijas no debe imponer

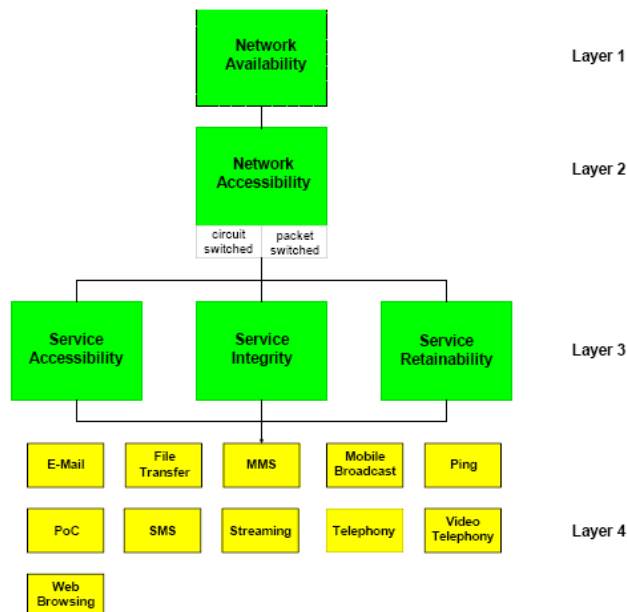
ningún requisito de calidad de funcionamiento adicional ni ninguna restricción en la explotación normal de la red fija, de acuerdo con la Recomendación E.220.

Esto permite un diseño y una realización independientes de los elementos de red funcionales, tanto fijos como móviles. Pueden resultar diferentes presupuestos de GOS para la red móvil como consecuencia de las diferentes sustituciones de segmentos de la red fija.

2.3.2. ETSI- 3GPP

La Institución Europea de estándares de Telecomunicaciones (ETSI) y el grupo 3GPP dispone en las recomendaciones de la serie TS 102 250 lo siguiente: Se establece un modelo de cuatro capas para los parámetros de calidad de servicio. La primera capa es la disponibilidad de la red, que define la QoS desde el punto de vista tanto del operador como del usuario del servicio. La segunda capa es el acceso de red. Desde el punto de vista del usuario del servicio éste es un requisito básico para el resto de aspectos y de parámetros de QoS. La tercera capa contiene tres aspectos de QoS, acceso, integridad y retenibilidad del servicio. Los diversos servicios están situados en la cuarta capa. Ver siguiente Figura

Figura 7. Modelo de capas, parámetros y aspectos de la QoS



Fuente: ETSI [18]

Se establecen los siguientes parámetros y su forma de medición:

Indisponibilidad de la Red de Radio [18]: Definida como la probabilidad de que los servicios móviles no sean ofrecidos a un usuario. Se mide de la siguiente forma:

$$\text{Radio Network Uavailability}[\%] = \frac{\text{probing attempts with mobile services not available}}{\text{all probing attempts}} * 100\%$$

No Accesibilidad a la Red [18]: Esta definida como la probabilidad de que el usuario no pueda realizar un registro acertado en la PLMN (Public Land Mobile Network). Se mide de la siguiente forma:

$$\text{Network Non - Accessibility}[\%] = \frac{\text{unsuccessful registrations on the PLMN}}{\text{all registration attempts}} * 100\%$$

Tasa de Enlaces fallidos [18]: Describe la probabilidad de que un suscriptor no pueda enlazar un PS (Packet Switched) a la red. Se mide de la siguiente forma:

$$\text{Attach Failue Ratio}[\%] = \frac{\text{unsuccessful attach attempts}}{\text{all attach attempts}} * 100\%$$

Tiempo de Establecimiento del enlace [18]: Describe el período necesitado para enlazar un PS a la red. Se toma medidas de las siguiente forma:

$$\text{AttachSetupTime}[s] = t_{\text{attachcomplete}} - t_{\text{attachrequest}}$$

Tasa de Fallas de Activación del Contexto PDP [18]: Este parámetro denota la probabilidad que el contexto PDP no pueda ser activado. Es la proporción de intentos fracasados de la activación del contexto de PDP y el número total de intentos de activación del contexto de PDP. Se mide de la siguiente forma:

$$PDP \text{ Context Activation Failure Ratio}[\%] = \frac{\text{unsuccessful PDP context activation attempts}}{\text{all PDP context activation attempts}} * 100\%$$

Tasa de Fallas de Acceso en Llamadas de Datos [18]: Esta definido por las fallas de acceso en las llamadas de datos, desde imitar los datos de la llamada, hasta alertar o enviar una señal de ocupado son cubiertos por este parámetro. Se mide así:

$$Data \text{ Call Access Failure Ratio}[\%] = \frac{\text{unsuccessful Data call accesses}}{\text{all data call access attempts}} * 100\%$$

Tiempo de Acceso a la Llamada de Datos [18]: Este parámetro determina el tiempo de acceso a la llamada de datos, no se calcula a menos que el intento de llamada sea satisfactorio y no se corta de hecho. Se mide de la siguiente forma:

$$Data \text{ Call Access Time}[s] = t_{\text{successfulcallaccess}} - t_{\text{initiationofdatacall}}$$

Tasa de llamadas fracasadas o No completadas [18]: Se define la tasa de llamadas fracasadas como el cociente de llamadas fracasadas sobre el número total de los intentos de llamada en un período especificado. Una llamada fracasada es un intento de llamada a un número válido, en un área de la cobertura, donde no se tiene acceso a la llamada, se reconoce en el acceso del usuario que llama en el plazo de 40 segundos a partir de instante en que el último dígito del número del suscriptor de la destinación es recibido por la red.

Tasa de llamadas caídas [18]: El objetivo de este parámetro es obtener una medida de la capacidad de la red móvil usada por el abastecedor de servicio para mantener una llamada una vez que se haya establecido correctamente. Este parámetro mide faltas en cobertura, problemas con la calidad de la señal, la congestión de red y fallos de la red.

Medidas y estadísticas [18]: Las medidas deben reflejar exactamente las variaciones del tráfico sobre las horas de un día, de los días de la semana y de los meses del año. La medida se debe hacer usando un sistema de colección de datos automático, basado en los contadores del elemento de la

red, que proporcionan el tráfico verdadero de la red. Los contadores de la red recogen la información para 24 horas al día, cada día del año. La estadística siguiente debe ser proporcionada: El porcentaje de llamadas fracasadas, calculado de todos los intentos de llamada en el período. Al usar llamadas de prueba, la estadística siguiente debe ser proporcionada: El porcentaje de llamadas fracasadas, junto con el número de las observaciones usadas y de los límites absolutos de la exactitud para 95 % de confiabilidad calculada de este número. Para ambos métodos, las medidas deben proporcionar una exactitud relativa mayor de 10 % y un nivel de la confiabilidad de 95 %.

Las ecuaciones que se utilizan para medir estos parámetros son:

Llamadas fracasadas

(Intentos de tomar un TCH² para una llamada – Tomas exitosas de un TCH para una llamada / Intentos de tomar un TCH para una llamada) * 100

Llamadas Caídas

(Llamadas interrumpidas/ Llamadas Satisfechas)*100

Finalmente la ETSI³, establece parámetros muy similares a los establecidos por la UIT para redes IMT 2000, en este caso para las redes UMTS (Sistemas de tercera generación), descritos en el numeral 2.3.1 de [18].

2.4. PARÁMETROS QUE REGULAN A OPERADORES INTERNACIONALES

2.4.1. COFETEL[21] La Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel) de México evalúa los siguientes parámetros de calidad:

a. Intentos de llamadas no completadas: Intento de llamada no completada significa la imposibilidad de que un usuario que ha realizado adecuadamente

² Canal de Trafico - TCH

³ Nota. Los parámetros de mediciones con respecto a FTP, Broadcast Móvil y Push to Talk Sobre celulares no se incluyeron para mayor comprensión y por efectos de la tesis.

el proceso de marcación respectivo, logre establecer la comunicación deseada con el destino final, siempre y cuando dicha imposibilidad no fuere motivada por alguna de las siguientes circunstancias: (i) que la línea de destino se encuentre ocupada; (ii) que en el número de destino marcado no se conteste; o, (iii) que habiéndose logrado el acceso con el destino final, la llamada sea enrutada hacia un sistema de respuesta automática u a otra red.

b. Llamadas caídas: Llamada caída significa la imposibilidad de continuar una comunicación ya establecida con el destino final correspondiente al número marcado, siempre y cuando, tal imposibilidad hubiere sido motivada por cualquier causa ajena a la voluntad de los usuarios en el origen o en el destino de dicha comunicación y ésta última se hubiere mantenido en forma continua dentro del área de cobertura de la red del Concesionario.

c. Tiempo de establecimiento de llamada: Tiempo de establecimiento de llamada, significa el tiempo que transcurre desde el momento en que el usuario que pretende originar una llamada mediante la realización del proceso de marcación respectivo oprime la tecla “send”, o su equivalente, hasta el momento en que recibe la señalización que le indique el estado de la línea destino, que podría ser: (i) llamando; (ii) línea ocupada; o (iii) enrutamiento hacia un sistema de respuesta automática en la línea de destino.

Los índices de calidad de referencia para los parámetros anteriores son:

- Intentos de llamadas no completadas: 6% máximo.
- Llamadas caídas: 5% máximo.
- Tiempo de establecimiento de llamada: 15 segundos máximos.

Los parámetros de calidad descritos son evaluados y verificados en los siguientes casos:

- *Llamadas originadas en una red celular y terminadas en una red celular distinta.* La industria de las comunicaciones inalámbricas ha sufrido en los últimos años diversos cambios, tanto en sus aspectos técnicos y tecnológicos, como en los hábitos de los usuarios. En el caso de los usuarios de la telefonía celular, el tipo de usuario se ha diversificado ocasionando que la industria deba cumplir con expectativas muy específicas. Entre las características principales de los usuarios está el tipo de tráfico que generan. De ahí la necesidad de incluir en la prueba llamadas originadas en una red celular y terminadas en otra red celular distinta, el cual es un tipo de tráfico que está creciendo.

- *Llamadas originadas en la red local y terminadas en una red celular.* Al muestrear sólo el tráfico saliente de cada red celular y dentro de ella se evalúa únicamente la mitad del tráfico celular. Para completar la percepción de los usuarios hay que evaluar también aquellas llamadas originadas en la red local y terminadas en cada una de las redes celulares, pues es justamente este tráfico entrante el que constituye más del 40% del tráfico total.
- *Llamadas originadas desde o hacia un aparato terminal contratado bajo un sistema de prepago.* Como muchos rubros de mercados relacionados con tecnología, la telefonía celular es un servicio cada vez más accesible a grupos socioeconómicos no privilegiados. Esto implica que el perfil del usuario en las empresas celulares es en su mayoría usuarios de prepago. De hecho, aproximadamente el 70% de los usuarios contratan el servicio bajo la modalidad de prepago y sólo 30% bajo la modalidad de paquete tarifario (Postpago). Para los fines del ejercicio, considerar la modalidad de prepago implicaba evaluar con mayor precisión el efecto en los usuarios de los sistemas de verificación de saldo disponible, que tienen incidencia particularmente en los tiempos de establecimiento de las llamadas.
- *Llamadas originadas en interiores.* Básicamente, existen tres condiciones en las que un usuario celular puede realizar llamadas: en interiores, en exteriores o en vehículos en movimiento. A diferencia de la primera prueba, en la segunda verificación habrían de realizarse llamadas bajo las tres condiciones, siguiendo lineamientos internacionales.
- *Llamadas con duración de 2 minutos.* Se introduce con el propósito de evaluar mejor el comportamiento de las redes respecto a las llamadas caídas al incluir llamadas del doble de la duración promedio de llamadas (60 segundos).

2.4.2. CONATEL- SENATEL[22] El organismo regulador de Ecuador, en cuanto a TMC es el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, cada tres meses los operadores presentan a la Superintendencia de Telecomunicaciones de Ecuador los informes sobre los siguientes parámetros mínimos de calidad de servicio:

- a. *Reutilización de frecuencias* con un diseño de cobertura basado en una relación portadora a interferencia mayor o igual que 17dB, para sistemas digitales y mayor o igual a 24dB para sistemas analógicos
- b. *Grado de servicio del canal de acceso* <UN> 1 % (menor o igual que uno por ciento)
- c. *Grado de servicio del canal de voz* <UN> 2% (menor o igual que dos por ciento), según la Tabla de Erlang B, en la hora cargada de cada estación del sistema.
- d. *Grado de servicio de las troncales hacia la red telefónica pública* <UN> 1% (menor o igual que uno por ciento)
- e. *Bloqueo de llamadas transferidas (Hand-Off)* <UN>2% (menor o igual que dos por ciento).
- f. *Caída de llamadas*: Si durante la hora cargada se establecen Q llamadas en una hora y n llamadas se caen, con lo cual Q-n se mantienen, entonces el porcentaje de caída de llamadas es $n \times 100/Q$. Se establece un valor no mayor que 2% para estaciones con celda o celdas adyacentes en todo su perímetro, no mayor que 5% para estaciones con celda o celdas adyacentes, pero que éstas no cubran el perímetro total de la estación, y no mayor que 7% para estaciones sin celdas adyacentes.
- g. *Llamadas completadas*: La tasa de completación de las llamadas, será superior al 60% hacia abonados fijos y superior al 80% hacia abonados celulares.

2.4.3. OSIPTEL[23] El organismo supervisor de inversión privado de Perú (OPSITEL) determina los siguiente parámetros para regular la calidad de servicio en ese país:

- a. *Tasa de Intentos No Establecidos* Los resultados estarán basados en los intentos generados en toda la red en el área de concesión, intentos que serán medidos por cada CCM (Centro de Conmutación Móvil) en

operación, es decir la medición será automática y al 100% de eventos producidos en el área de concesión respectiva.

La calidad será medida sólo en el ámbito de responsabilidad de la empresa operadora en evaluación, eliminándose factores de mala calidad correspondientes a otras redes. Por lo tanto, las mediciones en el caso de llamadas entre un abonado de la red en evaluación y los abonados de otras redes estarán orientadas a la medición de los intentos de toma de canal de voz y recursos de conmutación hasta el punto de interconexión, básicamente por la contribución de ocurrencias producidas en cada celda de la red y la respuesta de la central de conmutación. Para las llamadas de móvil a móvil dentro de una misma red en evaluación el intento de llamada será considerado de extremo a extremo.

Se ha establecido una meta inicial de 6%; la meta irá disminuyendo progresivamente hasta alcanzar un valor de 5%.

- b. *Cobertura Radioeléctrica.* Este indicador, señala la posibilidad de que el equipo terminal se encuentre siempre al alcance de una estación base dentro del área de concesión, sin zonas de sombra, es decir, lugares dónde la señal es débil o no llegue. Además garantiza al usuario del servicio de telefonía móvil, poder realizar una comunicación con una calidad aceptable.

Para garantizar la calidad aceptable, es necesario que la señal radioeléctrica que recibe el terminal o estación móvil sea la adecuada; es por esto que se da la necesidad de establecer un valor mínimo de señal. Este parámetro se fijó en -90 dBm como el valor mínimo requerido para cualquier lugar del área servida del contrato de concesión.

- c. *Calidad de la comunicación* Este indicador ha sido dividido en dos partes comprendiendo cada una de ellas los siguientes eventos:
- Llamadas interrumpidas debido a intentos de traspaso fallidos, pérdida de señal u otras causas.

- Calidad de las llamadas debido a ruidos, interferencias, “cortes” o interrupciones temporales de la comunicación, distorsión de la voz, etc.

Para la evaluación de punto 1 se ha establecido el indicador Tasa de Llamadas Interrumpidas (TLLI) siendo el registro de eventos de responsabilidad de cada CCM, la cual deberá registrar la interrupción total de una llamada.

La segunda parte del indicador está orientada a la percepción del usuario respecto a la calidad de la comunicación en una llamada establecida. Inicialmente se ha previsto que ésta sea monitoreada por la empresa operadora con base en mediciones de campo, que podrán realizarse aprovechando los recorridos utilizados para la medición del indicador Cobertura Radioeléctrica, mediante llamadas de prueba o utilizando equipos de medición que, con el avance tecnológico, puedan interpretar de manera objetiva los requerimientos de este indicador con un método de medición estandarizado con el cual pueda evaluarse la calidad percibida por el usuario. Por esta razón, para éste no se está estableciendo metas de calidad.

Siendo así, se solicita inicialmente una meta de 3,0% para luego alcanzar la meta de 2,0 %.

Para el usuario esta meta del 2% significa que de cada 100 llamadas establecidas, por lo menos 98 se completarán exitosamente, es decir la llamada no finalizará sino hasta que los abonados llamante o llamado corten. Hay que tener en cuenta que este comportamiento será mejor cuando el abonado se encuentre en una celda que no sea periférica y en condiciones de radiopropagación óptimas (es decir, cuando no está en un ascensor o un sótano), por lo cual esta meta asegura una calidad aceptable mínima respecto al % de llamadas interrumpidas.

2.4.4. SUBTEL[24] La Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile exige a los operadores de telefonía móvil celular reportes mensuales de los siguientes parámetros definidos por ellos de la siguiente forma:

- a. *Porcentaje de llamadas sin éxito*: Indicador Promedio Mensual de llamadas no completadas, debido a causales técnicas, tales como el bloqueo de la red, o la indisponibilidad del servicio, entre otras:
 - Dentro de su red.
 - Fuera de su red.

- b. *Porcentaje de llamadas sin Éxito en horas pico*: Indicador Promedio Mensual de llamadas no completadas, en horas de máximo tráfico, debido a causales técnicas, tales como el bloqueo de la red, o la indisponibilidad del servicio, entre otras:
 - Dentro de su red.
 - Fuera de su red.

- c. *Llamadas Interrumpidas*: Indicador promedio mensual de llamadas que no hayan finalizado por voluntad del usuario llamante ni por aquel que recibe la llamada; sino por problemas técnicos que el operador deberá señalar e identificar claramente, entregando una estadística de ocurrencias de fallas:
 - Dentro de su red.
 - Fuera de su red.

- d. *Llamadas Interrumpidas en Horas Pico*: Indicador promedio mensual, en horas de máximo tráfico, de llamadas que no hayan finalizado por voluntad del usuario llamante ni por aquel que recibe la llamada; sino, por problemas técnicos que el operador deberá señalar e identificar claramente, entregando una estadística de ocurrencias de fallas.
 - Dentro de su red.
 - Fuera de su red.

Los indicadores anteriores, deberán ser informados para cada estación base de la red y por cada Centro de Conmutación Móvil, la estadística de ocurrencia de fallas, sólo deberá entregarse por Centro de Conmutación Móvil. Por otra parte se deberá detallar el sentido de las llamadas, esto es, si son entrantes o salientes; si son internas de la red o salen de ellas o ingresan a la red desde otras, fijas o móviles, lo que deberá informarse por cada Centro de Conmutación Móvil. Las horas pico deberán ser claramente definidas por el operador. De igual forma se deberá identificar y fundamentar el método de medición y cálculo utilizado.

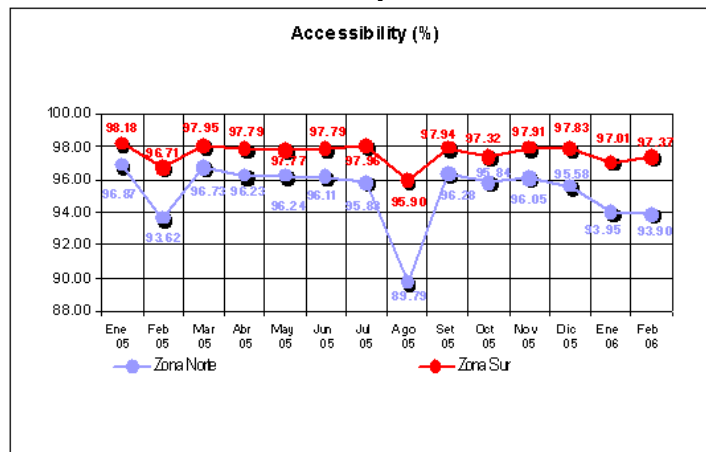
2.4.5. CNC[25] La Comisión Nacional de Comunicaciones en Argentina, dispone las siguientes especificaciones en cuanto a calidad de servicio de telefonía móvil celular:

- a. *Accesibilidad del Servicio:* Este parámetro evalúa la no recepción de señal de respuesta del corresponsal de prueba llamado, fijándose un tiempo de espera máximo de 10 segundos.
- b. *Retenibilidad del Servicio:* Para este parámetro el criterio de fallo es una interrupción con duración mayor a diez segundos.
- c. *Demora después de marcar:* Menor o igual a 10 segundos.

2.4.6. ANTEL[26] La administración Nacional de Telecomunicaciones de Uruguay evalúa los siguientes parámetros a los operadores de TMC.

- a. *Accesibilidad:* Definido como la “Capacidad del servicio de ser obtenido cada vez que sea requerido por el usuario.” Es medida por el número total de accesos exitosos sobre el total de accesos en la red. Para el cálculo se suman los contadores acumulados en el mes, por celda y agrupados por zona. Un ejemplo de estas mediciones se puede observar en la figura.

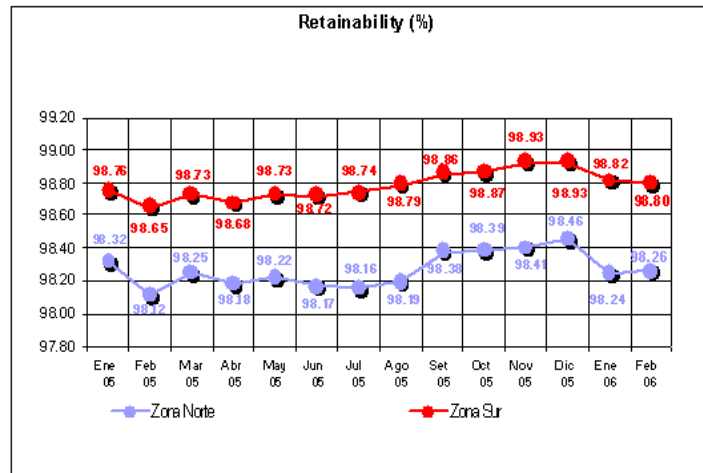
Figura 8. Accesibilidad discriminada por zonas



Fuente: [26]

- b. *Retenibilidad*: Definido como la “Capacidad del servicio de (una vez obtenido) continuar durante el tiempo requerido por el usuario”. Es medido por el Total de Llamadas completadas (terminadas por el usuario) sobre el total de establecimiento de llamadas. Para el cálculo se suman los contadores acumulados en el mes, por celda y agrupados por zona. Un ejemplo de estas mediciones se puede observar en la figura.

Figura 9. Retenibilidad discriminado por zonas



Fuente: [26]

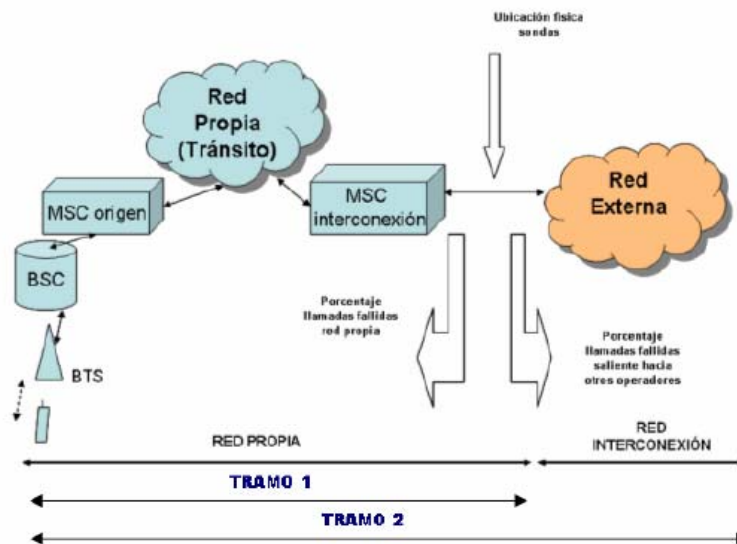
- c. *Bit Error Rate*: El indicador B.E.R muestra el porcentaje de muestras durante llamada establecida, donde la tasa de error es inferior a 1%. Para el cálculo se suman los contadores acumulados en el mes, por celda y agrupados por zona.
- d. *C/I*: El indicador C/I muestra el porcentaje de muestras en llamada establecida, donde el cociente portadora sobre interferencia es inferior a 17 dB. Para el cálculo se suman los contadores acumulados en el mes, por celda y agrupados por zona.
- e. *Tráfico*: El tráfico que se presenta en los informes mensuales es el valor acumulado mensual, analógico y digital.
- f. *Llamadas caídas*: este parámetro es medido por el total de desconexiones anormales sobre el total de designaciones de canal de

voz. Para el cálculo se suman los contadores acumulados en el mes, por celda y agrupados por zona.

2.4.7. SETSI[27]. La Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la información (SETSI) dependiente del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, es la encargada de fijar los parámetros específicos para medir la calidad de servicio en redes de telefonía móvil celular para los operadores en España, ellos dictaminan lo siguiente:

Para la obtención de los indicadores en redes móviles, se utiliza la metodología y modelo de acuerdo con el siguiente esquema. (Ver figura 10).

Figura 10. Esquema de Calidad de Servicio SETSI



Fuente: [27]

Como se aprecia en la figura, el escenario de establecimiento de la llamada se descompone en dos tramos temporales:

- El tramo 1 comprende la fase en que el mensaje de inicio de llamada viaja a través de la red de acceso y el núcleo de red del operador bajo medida, hasta alcanzar la interconexión con otras redes. Dada la simetría de funcionamiento de las redes y la ubicación física de las sondas en la interconexión, este escenario es comparable con el que

se captura en las sondas de interconexión para el tráfico entrante. Además, como las llamadas internas originadas en la red móvil bajo medida han de simularse a partir de este escenario de tráfico entrante, el origen de esta muestra de llamadas debe ser necesariamente una red móvil nacional.

- El tramo 2 comprende la fase temporal en que la llamada se establece a través de las redes externas y además debe permanecer correctamente establecida en la red propia. Este escenario es medido completamente por las sondas, pudiendo producirse liberaciones hacia adelante (procedentes de la propia red) o hacia atrás (procedentes de la red externa) cuyo resultado en cualquiera de los casos es una llamada fallida desde el punto de vista del cliente.

Los parámetros específicos son:

- a. *Medición del porcentaje de llamadas fallidas:* El cálculo total de llamadas fallidas hacia los destinos terminados en otra red de interconexión resultaría del siguiente cálculo probabilístico:

$$Prob_Fallida_{Total} = Prob_Fallida_{Tramo1} + (1 - Prob_Fallida_{Tramo1}) * Prob_Fallida_{Tramo2}$$

Esta fórmula propuesta viene a partir de la siguiente deducción: La probabilidad de que falle un llamada es igual a:

- Probabilidad que SÍ falle en TRAMO 1= tramo de red propia hasta la interconexión, o,
- Probabilidad que NO falle en TRAMO 1= red propia hasta la interconexión y SÍ en TRAMO 2= red de Interconexión (liberación hacia atrás) o red propia (liberación hacia adelante).

Por tanto, los cálculos en base a porcentajes de llamadas fallidas hacia los diferentes destinos serían:

$$\% Fallidas_{Internacional} = \% Fallidas_{Tramo1} + (1 - \% Fallida_{Tramo1} / 100) * \% Fallidas_{Tramo2_DestinoInternacional}$$

$$\% Fallidas_{Nacional_fijo} = \% Fallidas_{Tramo1} + (1 - \% Fallida_{Tramo1} / 100) * \% Fallidas_{Tramo2_DestinoNacionalfijo}$$

Donde:

- % Llamadas fallidas Tramo1 se obtiene a partir del tráfico entrante capturado por las sondas en la interconexión que procede de otras redes móviles nacionales, considerando las causas anormales de liberación de llamada según lo establecido en la guía ETSI EG 202 057 parte 2, en cualquiera de los sentidos en que se produzca la liberación (adelante o atrás).
- %Llamadas Fallidas Tramo2 (cualquier destino) se obtiene a partir del tráfico saliente capturado por las sondas en la interconexión con el destino específico aplicable a cada indicador considerando las causas anormales de liberación de llamada según lo establecido en la guía ETSI EG 202 057 parte 2, en cualquiera de los sentidos en que se produzca la liberación (adelante o atrás).

Para el caso del destino hacia móviles hay que tener en cuenta una distinción entre los destinos “red móvil propia” y “otras redes móviles”, por lo que la fórmula resultante es una suma ponderada de la siguiente manera:

$$\% \text{ Fallidas}_{\text{Nacional_movil}} + A \% \text{ Fallidas}_{\text{Trafico_Interno_Movil_Movil}} + B \% \text{ Fallidas}_{\text{TraficoExterno_DestinoOtrosMoviles}}$$

Siendo:

- $\% \text{ Fallida}_{\text{Trafico_Interno_Movil-Movil}} - \% \text{ Fallidas}_{\text{Tramo1}}$
- $\% \text{ Fallida}_{\text{Trafico_Externo_DestinoOtrosMoviles}} - \% \text{ Fallidas}_{\text{Tramo1}} +$
- $(1 - \% \text{ Fallidas}_{\text{Tramo1}} / 100) * \% \text{ Fallidas}_{\text{Tramo2_DestinoNacionalMovil}}$
- A = Porcentaje de tráfico interno (móvil a móvil) sobre el tráfico móvil total (interno más saliente hacia otros operadores móviles nacionales).

Se calcula a partir de CDRs del sistema de facturación y por tanto correspondientes a llamadas que han pasado a conversación, con la siguiente fórmula:

A = Total CDRs internos / (Total CDRs internos + Total CDRs ITX móvil saliente)

Donde:

Total CDRs internos es el total de CDRs correspondientes a llamadas originadas y terminadas en móviles del propio operador.

Total CDRs ITXmóvil saliente es el total de CDRs correspondientes a llamadas originadas en la propia operadora y terminadas en móviles de otras operadoras nacionales.

- B= Porcentaje de tráfico móvil hacia otros operadores móviles nacionales sobre el tráfico móvil total (interno más saliente hacia otros operadores móviles nacionales).

Se calcula de manera similar a A con la siguiente fórmula:

$B = \text{Total CDRs ITX móvil saliente} / (\text{Total CDRs internos} + \text{Total CDRs ITX móvil saliente})$

- b. *Medición del tiempo de establecimiento de llamadas* Para la obtención del valor medio del tiempo de establecimiento de llamadas, se aplican los mismos criterios del apartado anterior teniendo en cuenta que para el TRAMO1 se ha de sumar un factor de corrección de 2 segundos a los resultados medidos en las sondas y que para el tráfico interno móvil se simula el sentido descendente mediante el tráfico entrante procedente de otras redes móviles nacionales, medido con las sondas ubicadas en la interconexión.

Las fórmulas de aplicación resultantes son:

- $T_{\text{establecimiento}}_{\text{Internacional}} = 2\text{seg} + T_{\text{establecimiento}}_{\text{Tramo2_InterconexionInternacional}}$
- $T_{\text{establecimiento}}_{\text{Nacional_Fijo}} = 2\text{seg} + T_{\text{establecimiento}}_{\text{Tramo2_InterconexionNacional_Fijo}}$
- $T_{\text{establecimiento}}_{\text{Trafico_Interno_movil-Movil}} = 2\text{seg} + T_{\text{establecimiento}}_{\text{Red Propia_sentidodescendente}}$
- $T_{\text{establecimiento}}_{\text{Trafico_Externo_DestinoOtrosMoviles}} = 2\text{seg} + T_{\text{establecimiento}}_{\text{InterconexionNacional_Movil}}$

Es así que los parámetros que cada operador debe publicar son los siguientes:

- Tasa de llamadas establecidas con éxito
- Tasa de llamadas finalizadas con éxito
- Calidad de Voz y Tiempo de establecimiento de llamadas Distribuidas de la siguiente forma: Tiempo medio para llamadas nacionales (s), Tiempo medio para llamadas internacionales (s), Tiempo medio para llamadas a móviles (s)
- Proporción De Llamadas Fallidas Distribuidas de la siguiente forma: Porcentaje de llamadas fallidas internacionales (%), Porcentaje de llamadas fallidas nacionales (%), Porcentaje de llamadas fallidas a móviles (%)

Adicionalmente se publican resultados acerca de la Accesibilidad y del Retardo del servicio SMS.

Los parámetros mínimos de calidad de servicio que sigue la SETSI, se estiman de acuerdo a los parámetros definidos por la ETSI.

3. PROTOCOLO DE ESPECIFICACIONES PARA GESTIONAR LA CALIDAD EN REDES DE TELEFONÍA MÓVIL EN COLOMBIA

En este apartado se encontrará el protocolo para gestionar la calidad en redes de telefonía móvil en Colombia, el cual incluye especificaciones que deben considerar los operadores y entes reguladores de este servicio para garantizar niveles mínimos de calidad de servicio en sus redes, esto basado en experiencias de otros países, en la estandarización de las organizaciones internacionales como la ETSI y la UIT y la referencia que se tomó de las mediciones realizadas en las redes de TMC de Colombia, expuestas en el capítulo 4.

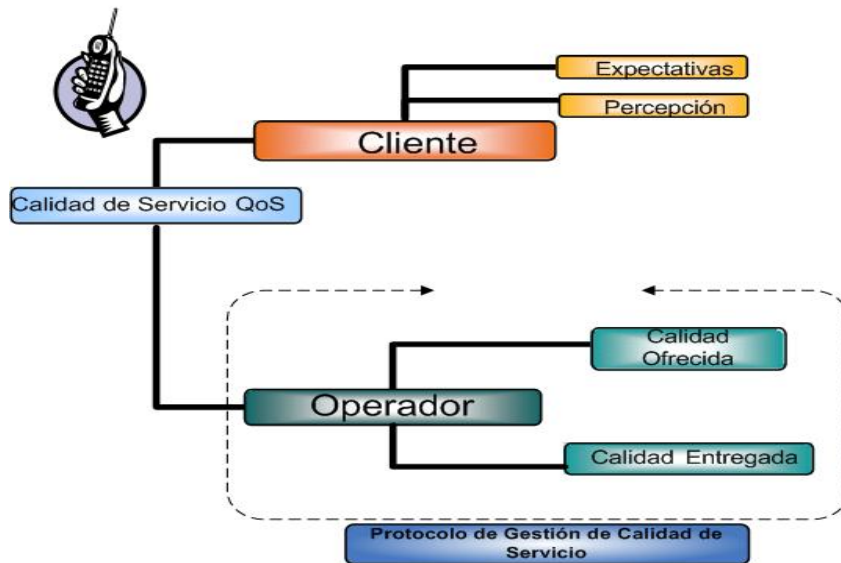
Como ya se mencionó, en Colombia existe una medición del nivel de satisfacción de usuario, que la realiza la Comisión reguladora de Telecomunicaciones CRT, sin embargo no existe aún una normatización en donde se establezcan niveles mínimos de calidad de servicio para los operadores, afirmación que se puede constatar con la carta que se recibió del Ministerio de Comunicaciones y que se encuentra en los anexos (Ver anexo E).

Es así que relacionando las distintas funciones de un servicio de comunicaciones tales como: gestión de la contratación, mantenimiento, conexión, acceso, facturación, etc., con los diversos criterios que pueden utilizar los usuarios para evaluar la calidad de funcionamiento de dichas funciones (velocidad, precisión, disponibilidad, fiabilidad, etc.) se pueden determinar un conjunto de parámetros observables y susceptibles de ser medidos, capaces de proporcionar una representación objetiva y comparable de la calidad de servicio entregada al usuario.

Para constituir que parámetros podían establecerse para ser medidos en Colombia, se realizó un máximo común denominador entre la información de otros países (chile, argentina, ecuador, etc.) , la información ofrecida por la UIT y la ETSI ya descritos en este proyecto y no menos importante las mediciones realizadas a las redes de telefonía móvil celular en Colombia. Sin embargo, se plantea que estos parámetros tienen que ser puestos a consideración de los mismos operadores de TMC en Colombia y de los entes reguladores del servicio para que en común acuerdo sean ampliados, modificados o dejados de la misma forma.

En la siguiente figura se retoma la definición de QoS y se expone en dónde está el marco de acción del protocolo de especificaciones.

Figura 11. Marco de acción Protocolo de Especificaciones



Fuente: Autor del proyecto

En este marco se establecen las condiciones relativas a la puesta a disposición de los usuarios de información adecuada sobre los niveles de calidad de servicio, garantizando la continuidad del sistema existente para el servicio telefónico móvil, primero se describirá los parámetros que posiblemente se deben adoptar para gestionar la calidad de servicio de los operadores de Telefonía Móvil celular en Colombia previendo la evolución de las redes, luego se darán recomendaciones para la metodología de medición y como se deberían publicar los datos.

3.1. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Protocolo: Se entiende por *Protocolo* como un conjunto de procedimientos, normas y/o especificaciones que contiene información que sirve como una guía de tratamiento de situaciones específicas que ha de ser observado por los dos extremos de un proceso de comunicación (emisor y receptor). Un protocolo puede incluir formatos, modos de acceso, secuencias temporales,

normas de diseño y funcionamiento, estrategias para corregir los casos de error, estrategias para asegurar la seguridad y la calidad entre otros.

Tasa de llamadas fallidas o no completadas: Este indicador se mide por los intentos de llamada no completadas, una llamada fallida se produce cuando un usuario que ha realizado adecuadamente el proceso de marcación respectivo, a otro usuario válido, no logra establecer la comunicación deseada con el destino final, siempre y cuando dicha imposibilidad no fuere motivada por alguna de las siguientes circunstancias: (i) que la línea de destino se encuentre ocupada; (ii) que en el número de destino marcado no se conteste; o, (iii) que habiéndose logrado el acceso con el destino final, la llamada sea enrutada hacia un sistema de respuesta automática u a otra red.

Llamadas caídas: Llamada caída significa la imposibilidad de continuar una comunicación ya establecida con el destino final correspondiente al número marcado, siempre y cuando, tal imposibilidad hubiere sido motivada por cualquier causa ajena a la voluntad de los usuarios en el origen o en el destino de dicha comunicación y ésta última se hubiere mantenido en forma continua dentro del área de cobertura de la red del operador. El objetivo de este parámetro es obtener una medida de la capacidad de la red móvil usada por el operador de servicio para mantener una llamada una vez que se haya establecido correctamente. Este parámetro mide fallas en cobertura, problemas con la calidad de la señal, la congestión de red y fallos de la red.

Tiempo de establecimiento de llamada: Tiempo de establecimiento de llamada, significa el tiempo que transcurre desde el momento en que el usuario que pretende originar una llamada mediante la realización del proceso de marcación respectivo oprime la tecla “send”, o su equivalente, hasta el momento en que recibe la señalización que le indique el estado de la línea destino, que podría ser: (i) llamando; (ii) línea ocupada; o (iii) enrutamiento hacia un sistema de respuesta automática en la línea de destino.

GDS (Grado de Servicio): Esta definido como el total de llamadas infructuosas por motivos de red sobre el número total de intentos de llamadas y se mide sobre las series de cada operador.

El GDS separa las llamadas infructuosas en dos grupos; las debidas a la red: congestión origen, congestión destino y falla técnica, las cuales miden al operador y las debidas al usuario se toman como exitosas para este caso.

GDS (Interno): El Grado de servicio interno esta definido como el total de llamadas infructuosas dentro de la red del mismo operador, sobre el total de intentos de llamadas dentro de la red del mismo operador.

GDS (Externo): El Grado de servicio externo esta definido como el total de llamadas infructuosas hacia la red de otros operadores, sobre el total de intentos de llamadas hacia la red de otros operadores

GDS (TOTAL): El grado de servicio total esta definido como el total de llamadas infructuosas dentro de la misma red y hacia otras redes, sobre el total intentos de llamada dentro de la misma red y hacia otras redes.

TCH: Canal de tráfico

3.2. MEDICIONES DE CALIDAD DE SERVICIO

Las medidas deben reflejar exactamente las variaciones del tráfico sobre las horas de un día, los días de la semana y los meses del año. La medida se debe hacer a través de un sistema de recogida de datos automático basado en contadores de red, que proporcionan el tráfico verdadero de la red. Los contadores de red recogen la información las 24 horas al día, cada día del año.

Es así que cada operador obtendrá la medida a través de los contadores existentes en todas las MSC's de su red y en caso de que debido a la utilización de ciertas versiones del software proporcionado por el suministrador, los contadores de alguna MSC no funcionaran de forma adecuada, se sustituirá la medida de esa parte de la red por la obtenida a través de los contadores de las BSC's.

Teniendo en cuenta de que no todos los usuarios requieren servicio a la vez y por lo tanto las llamadas telefónicas son eventos individuales e independientes (dato que se toma de la observación empírica). Se plantea que esta medida sea a cualquier hora del día entre las 7:00 y las 21:00 horas, de cualquier día de la semana entre lunes y viernes.

El periodo de análisis debe ser de acuerdo a la tabla en el trimestre (cada tres meses). Las estadísticas deben ser proporcionadas a la Comisión Reguladora de Telecomunicaciones (CRT) dentro de los primeros (20) días hábiles de Marzo, Junio, Septiembre, y Diciembre (estos datos se toman con base a lo establecido por la CRT en la resolución 409 para telefonía fija y teniendo en cuenta que estos meses son los de mayor acceso a llamadas en telefonía móvil).

Para determinar el mínimo porcentaje de destinos a medir, del total de destinos posibles que posee el operador (no tener en cuenta los destinos en las redes de otros operadores), y el número de horas al mes en que se debe medir cada serie, según lo descrito en la siguiente tabla. Si la cantidad de números destino dentro de la red del operador es superior al de líneas en servicio, deberá aplicar el porcentaje descrito en la tabla al total de números destino y no al total de líneas en servicio. El tamaño de cada serie puede ser definido por el operador. Esto se define con base a lo reglamentado por la CRT en la resolución 409 del 2001 que establece un esquema de la evaluación técnica de la calidad de servicio para TBCL y TBCLE, escalado para telefonía móvil.

Tabla 6. Cantidad de porcentaje y horas a Medir por Líneas en Servicio

Número de Líneas en Servicio a Diciembre 31 del año anterior en medición	Mínimo porcentaje de destinos a medir	Número de horas a medir por mes en cada serie destino
Más de 5.600.001	85%	2
De 2.500.001 hasta 5.600.000	90%	4
De 250.001 hasta 2.500.000	95%	6
Menos de 250.000	100%	8

Fuente: [32] Ejemplo: Un operador que cuenta con 4'000.000 de líneas en servicio, al 31 de Diciembre del año anterior, debe medir por lo menos el 90% de destinos. Si el total de números destino dentro de la red de este operador es de 4'400.00 , debe medir por lo menos el 90% de estos destinos, es decir 3'960.000 destinos agrupados en series según su necesidad

Se debe entonces:

- a) Definir un programa de mediciones teniendo en cuenta lo descrito en este documento y en especial la tabla anterior.

- b) Totalizar al final de cada mes, las llamadas caídas, las llamadas no completadas y el tiempo de espera promedio, diferenciando entre las llamadas con destino hacia su propia red y las de destino hacia otros operadores.
- c) Realizar cálculos (los que se plantean en este documento) a nivel interno (dentro de la misma red), a nivel externo (hacia otras redes) y total.
- d) Realizar auditorias internas y externas mediante la técnica drive-test, para verificar que los datos enviados son los correspondientes y así obtener un mejor análisis de las mediciones ofrecidas por los elementos de red.

Para realizar las mediciones se debe agrupar de la siguiente forma:

Tabla 7. Agrupación de Mediciones

Mediciones	Punto de medición "i"
Total de intentos de llamada	A_i
Total de intentos enviados a mensaje de red (Error de conexión de red)	B_i
Total de intentos con tono ocupado	C_i
Total de intentos con tono de ocupado rápido (Red ocupada)	D_i
Total de intentos enviados a buzón	E_i
Total de intentos con destino que no contesta	F_i
Total de intentos no completados por otras causas	G_i
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	H_i
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_i = B_i + C_i + D_i + E_i + F_i + G_i$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_i = B_i + D_i + G_i$
Total de Llamadas Caídas	J_i

Fuente: Autor del proyecto

Las ecuaciones que se proponen para realizar estos cálculos, son medias estadísticas para obtener los respectivos porcentajes sobre cada índice de calidad estimado:

Llamadas No completadas:

$$\frac{(\sum \text{Intentos toma TCH} - \sum \text{Exito toma TCH})}{\sum \text{Intentos toma TCH}} * 100 \text{ ó } (I_i/A_i) * 100 \quad (1)$$

Llamadas No completadas debido a la red

$$\frac{(\sum \text{Llamadas No Completadas debido a la red})}{\sum \text{LLlamadas con éxito}} * 100 \text{ ó } (K_i/A_i - I_i) * 100 \quad (2)$$

Llamadas Caídas

$$\frac{(\sum \text{Llamadas Interrumpidas})}{\sum \text{LLlamadas con éxito}} * 100 \text{ ó } (J_i/A_i - I_i) * 100 \quad (3)$$

Grado de Servicio:

$$\text{Total de llamadas Infructuosas / Intentos de Llamada ó } (J_i + I_i/A_i) \quad (4)$$

Referente al grado de servicio se debe hacer la distinción de grado de servicio interno, externo y total.

Se considera que el tiempo de espera promedio umbral para establecer una llamada es de 10 segundos máximo (este dato se toma haciendo un máximo común denominador de este parámetro en otros países y tomando en cuenta las mediciones realizadas), sin embargo este tiempo se pone a consideración de expertos. Con respecto a este índice de calidad se debe medir el porcentaje de llamadas que superan el tiempo de espera de 10 segundos.

Se debe proporcionar el porcentaje de llamadas fracasadas, haciendo la diferencia entre llamadas no exitosas debido a la red y llamadas no exitosas debidas a otras causas, el porcentaje de llamadas caídas, junto con el número de observaciones usadas y los límites absolutos de exactitud para un 95 % de confiabilidad calculada de este número. Para ambos métodos, las medidas deben proporcionar una exactitud relativa mayor de 10 % y un nivel de la confiabilidad de 95 % (de acuerdo a la UIT).

En el caso de las mediciones de datos, se deben agrupar todos los contadores por celda y agruparlos por zona (las estadísticas para SMS, se obtienen del SMS center). Se debe enviar reporte de los tres parámetros que a continuación se describen bajo las siguientes fórmulas:

Porcentaje de SMS Fallidos: [SMS no exitosos / Total de SMS enviados] (5)

Nota: Se tomará como exitoso cuando se obtenga el acuse de recibido o entregado del mensaje de texto en el Terminal móvil.

Tiempo de recepción de un SMS: $T_{recepción} - T_{envío}$ (6)

Nota: $T_{recepción}$: Punto del tiempo en el que el equipo móvil recibe la confirmación del centro de SMS.

$T_{envío}$: Punto del tiempo en el que la persona envía su SMS al centro de SMS

Otro aspecto que se tomará en cuenta para la medición de datos será el tiempo de transmisión de datos, que se deberá medir de la siguiente forma:

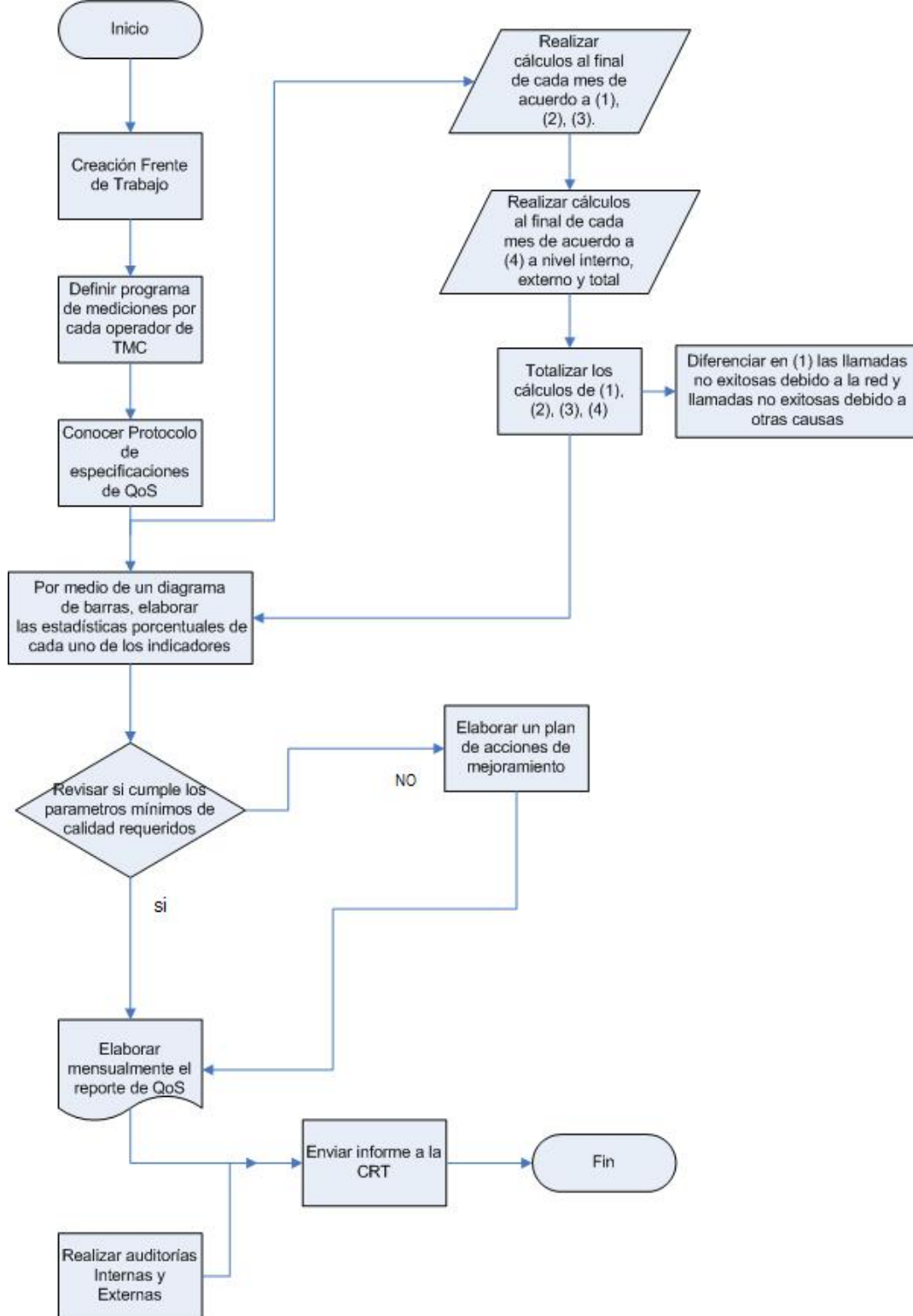
$$Ttx = \frac{\sum Trx - Tx}{\text{Numero de transmisiones}} \quad (7)$$

Donde Ttx= Tiempo de transmisión de los datos enviados

Trx= Tiempo de recepción de los datos

Ttx= Tiempo de transmisión de los datos

Figura 12. Diagrama de flujo Mediciones de Voz



Fuente: Autor del proyecto

3.3. PARÁMETROS MÍNIMOS DE CALIDAD DE SERVICIO RECOMENDADOS EN VOZ

Los parámetros recomendados en este protocolo son.

- Intentos de llamadas no completadas debido a la red: 5% máximo.
- Llamadas caídas: 3% máximo.
- Tiempo de establecimiento de llamada: 10 segundos máximos.

Para establecer los dos primeros parámetros se tiene en cuenta que el problema de dimensionamiento de los sistemas celulares consiste en calcular cuántos radiocanales se necesitan en cada celda para lograr un grado de bloqueo previamente especificado.

En la actualidad, con los avances tecnológicos, las centrales telefónicas de conmutación fijas o móviles, son prácticamente de acceso completo, es decir casi sin pérdidas (es decir, una probabilidad de bloqueo de 0,0001%).

En telefonía, las troncales de transmisión se calculan con una probabilidad de pérdida o bloqueo del 0,01 al 0,001%.

En cambio, en telefonía móvil celular, para tener acceso a los n canales de radio de la estación base por parte de los N usuarios que transitan por el área de servicio de una celda, se calcula n con una probabilidad de bloqueo del 2%⁴. Es decir, se admite que en la peor hora, de cada 100 intentos de toma de canal en la estación base, dos (2) podrán ser no establecidas.

En el caso de una llamada móvil a móvil, la probabilidad de bloqueo en sus distintas etapas, es la siguiente (considerando una probabilidad de bloqueo en las troncales de transmisión de 0.01%):

a. Radioeléctrica entre la estación móvil y la estación base (0,02%)

⁴ En AT&T Practices 401-610-009, ítem 3, se indica el valor de 0,02, como probabilidad de bloqueo para las celdas y 0,01 para las demás troncales. UIT-R, 1994, M-parte 1), Rec. 1073, 1.3, se considera aceptable una probabilidad de bloqueo del 2%.

- b. De troncales entre la estación base y el Centro de Conmutación Móvil y viceversa (computando el tránsito entre 2 centrales y la pérdida en ellas), (0,03%)
- c. Radioeléctrica entre la estación base y la estación móvil (0,02%).

De a, b y c se tiene, (para una llamada móvil a móvil):

$$\begin{aligned} \text{Probabilidad de pérdida extremo a extremo} &= 1 - 0,98 \times 0,97 \times 0,98 \\ &= 0,0684 \end{aligned}$$

Entonces la probabilidad de pérdida o bloqueo esperada, de una llamada móvil a móvil sería 6,84 %.

En el caso de la comunicación móvil a fijo o viceversa, la probabilidad de pérdida o bloqueo total será (considerando una probabilidad de bloqueo en las troncales de transmisión de 0.01%):

- a. Radioeléctrica entre la estación móvil y la estación base (0,02%)
- b. De troncales entre la estación base y el Centro de Conmutación Móvil (0,01%)
- c. De troncales entre el Centro de Conmutación Móvil y la Central de Telefonía Fija considerando la pérdida en la central móvil (0,01%).

De a, b, c, se obtiene (para una llamada de móvil a fijo o viceversa):

$$\begin{aligned} \text{Probabilidad de pérdida} &= 1 - 0,98 \times 0,99 \times 0,99 \\ &= 0,0395 \end{aligned}$$

Entonces la probabilidad de pérdida o bloqueo para llamadas de móvil a fijo y viceversa sería 3,95%.

De ahí que, en base a las pérdidas en las distintas etapas según lo expuesto en el análisis anterior y considerando todas las llamadas que se realicen en el sistema móvil celular, así como su impacto en las proporciones por tipo de tráfico; exigir una tasa de intentos de llamadas no completadas del 5 % es una meta holgada.

Para el caso de la medición de llamadas interrumpidas, la UIT-T en su recomendación E.771 sobre la probabilidad de fallo de traspaso celular

terrestre, señala que la actual Red Móvil de Telefonía Pública arroja una probabilidad de fallo del traspaso de 0,01, es decir, de 100 comunicaciones establecidas, sólo 1 tendría la probabilidad de fallar durante el traspaso. No obstante, dado que el fallo de traspaso afecta a las comunicaciones en curso de establecimiento y dado que en muchos sistemas se comienza a utilizar asignaciones de canales dinámicos o adaptativos para mejorar la calidad de funcionamiento del traspaso, se puede obtener un valor de hasta 0,005 para ese parámetro (en condiciones normales de carga de tráfico y transmisión radioeléctrica).

Sin embargo, una llamada podrá interrumpirse no sólo debido a intentos de traspaso fallidos por falta de canales (congestión) sino cuando un móvil sale del área de cobertura y aunque haya radio canales libres en la celda más cercana, no es posible mantener la comunicación por una señal RF muy débil. Esto se da en celdas periféricas o en ambientes cerrados o con cobertura pobre (al ingresar a un ascensor mientras se está conversando por el celular, por ejemplo). Exigir una meta del 3% en llamadas caídas también es una meta holgada, sin embargo como se mencionó anteriormente se pone a disposición de expertos, de los entes reguladores del servicio y de los mismos operadores.

3.4. PARÁMETROS MÍNIMOS DE CALIDAD DE SERVICIO RECOMENDADOS PARA SERVICIOS DE DATOS

Los parámetros mínimos de calidad para los servicio de datos, se toman de acuerdo a las especificaciones de la UIT (UIT M1079) y el estándar GSM (en cuanto a SMS):

- Tiempo de transmisión: De 2 a 4 Segundos máximo
- % de SMS fallidos: 5% máximo
- Tiempo de recepción de un SMS: De 2 a 4 Segundos máximo

Estos parámetros se tomaron de acuerdo a lo estandarizado mundialmente, se debe cumplir con una exactitud relativa mayor de 10 % y un nivel de la confiabilidad de 95 %.

3.5. REPORTE DE INFORMACIÓN

Todos los operadores deben reportar los datos a la comisión reguladora de telecomunicaciones cada tres meses, esto último, de acuerdo a la ley 142 de 1994 es la encargada de velar por que se cumplan con los parámetros mínimos de calidad exigidos.

En mutuo acuerdo entre operadores y entes de regulación se diseñará un formato para la entrega de resultados trimestrales.

Cada operador es responsable de establecer auditorias internas y externas para verificar que se estén cumpliendo los resultados enviados a la CRT.

4. MEDICIONES DE CALIDAD DE SERVICIO

Las mediciones de calidad de servicio son necesarias para poder garantizarle al usuario que está recibiendo unos niveles de calidad satisfactorios, de igual forma es uno de los conceptos que más importancia toma en un entorno de competencia con otros operadores, dado que permite conocer cómo se está posicionado en el mercado, así como detectar nuevas oportunidades de negocio o conocer las propias debilidades. De la misma manera, el operador necesita tener la certeza de que la red está funcionando conforme a lo que se espera de ella. Por último, la medida de la calidad permite a un tercero comparar la calidad ofrecida por diferentes operadores o proveedores de servicio.

4.1. TÉCNICAS PARA MEDIR LA CALIDAD DE SERVICIO

Las técnicas para medir la calidad de servicio a aplicar son de distinto tipo dependiendo del parámetro de calidad que se pretenda medir. De este modo, para la medida de la cobertura se suelen realizar medidas de la potencia mínima admisible recibida de una determinada estación base, relacionándolas con una determinada posición geográfica del móvil de medida, de forma que lo que se muestra como resultado de la medida es la zona geográfica de cobertura de una determinada estación base.

En el caso de los restantes parámetros que afectan a la calidad de los servicios, lo que se suele realizar son medidas estadísticas. Estas medidas se hacen teniendo en cuenta dos factores importantes: el tiempo en el que se realizan las medidas y la posición geográfica en la que se toman. Con los resultados de las medidas se generan estadísticas e informes de la calidad.

Una vez tomadas las muestras estadísticas de las medidas de calidad, hay que realizar el procesado de los datos. Este proceso permite hacer correlaciones entre los distintos factores que se han mencionado: parámetros de calidad, tiempo, posición geográfica, y muchos otros, como comparativas entre operadores, comparativas entre las medidas realizadas antes y después de un cambio en la red o después de solucionar algún tipo de problema o avería detectado en la red.

El resultado de estas medidas se muestra en un conjunto de tablas estadísticas donde se recogen los valores de los parámetros en el tiempo y en una localización determinada. También se generan informes donde se comentan los resultados obtenidos según los criterios mencionados.

Debido a que existen muchos factores que afectan la calidad, es necesario definir ciertos conceptos comunes de medida, así como establecer procedimientos y normas para su correcta medición y análisis. De no ser así, es muy difícil por no decir imposible, realizar la comparación de las medidas efectuadas por dos herramientas diferentes, creando divergencia en la interpretación de los resultados.

4.2. SISTEMAS Y HERRAMIENTAS PARA REALIZAR LAS MEDICIONES

Existen dos formas diferentes y complementarias a la hora de medir la calidad:

- La primera se basa en la realización de medidas discretas, en zonas concretas y periodos de tiempo determinados, mediante algún equipo o teléfono capaz de recibir y decodificar la señal radio. Esta es la técnica utilizada en los sistemas de medida a bordo de vehículos, también conocidos como “*drive-test*”. Este tipo de técnica da una visión local del funcionamiento de la red, permitiendo emular el comportamiento de un usuario típico, y pudiendo así detectar problemas de cobertura, de interferencia, de traspasos, etc. Para efectos de este documento más adelante en los apartados 4.3 y 4.4 se encontrará una metodología propuesta para realizar las mediciones.
- La segunda técnica se basa en la utilización de contadores de la red, extraídos normalmente de los diferentes elementos que la conforman o a través de sus sistemas de gestión. Aunque también permiten analizar zonas o células en particular, ofrecen una imagen global del funcionamiento y prestaciones de la red. La utilización conjunta de ambos tipos de herramientas multiplica la eficacia ayudando a identificar problemas de configuración o de prestaciones que por sí solas no podrían.

En cuanto a las herramientas para realizar las mediciones podemos encontrar las siguientes:

- *Los teléfonos de ingeniería.* Un simple teléfono de ingeniería permite medir la potencia de la señal radioeléctrica radiada en una determinada posición de la célula, así como dar una estimación de la medida de la calidad de la voz recibida.
- *Los sistemas de "drive-test".* Si el teléfono anterior se conecta a un PC y se van almacenando los datos medidos en el disco duro del PC, mediante una aplicación informática se puede establecer un mapa de la zona geográfica de cobertura de una determinada señal, así como la calidad de la voz recibida en cada posición.
- *Los sistemas automáticos de medida de la calidad.* Si se utiliza un sistema de medida que sea capaz de realizar, además de la funcionalidad anterior, llamadas con varios teléfonos a la vez, a varios servicios de valor añadido, en distintos instantes de tiempo y en distintas posiciones geográficas, e ir recogiendo los datos medidos en una base de datos, se puede llegar a obtener no sólo el mapa de cobertura de una zona, sino también el mapa de calidad de los servicios de valor añadido prestados a los usuarios en función del tiempo. Con un sistema de medida como éste, se está en disposición de realizar una medida estadística de la calidad en función del tiempo y la posición, y según un criterio que se establezca a priori. Con el análisis de estas medidas se pueden obtener las estadísticas e informes de las mediciones de calidad de servicio
- Otra forma de medir la calidad de servicio se basa en la *extracción de datos de la red*, a través de sus sistemas de gestión o directamente de los elementos de red (BSC, MSC, SGSN o RNC, según corresponda). En algunos casos, dado que puede empobrecer el rendimiento de la red, se activan únicamente a petición del operador en aquellas células que se desea monitorizar, y durante un periodo determinado. Existen sistemas y herramientas de análisis que se encargan de tratar esos datos, procesarlos y entregar indicadores clave o KPIs (*Key Performance Indicators*), capaces de ofrecer una imagen fiel del funcionamiento de la red. Estos indicadores pueden referirse a la hora cargada (*busy hour*), o bien ser el valor medio diario.

Algunos de los KPIs más significativos para evaluar la calidad de servicio son:

- La tasa de llamadas con éxito (*call success rate*).
- La tasa de llamadas caídas (*dropped call rate*).
- La tasa de trasposos con éxito (*handover success rate*).
- La velocidad de transferencia por célula (*throughput per cell*).
- La ocupación de TSL (*TSL utilization*).
- El bloqueo de TBFs (*TBF blocking*).

Estos sistemas permiten identificar problemas de red o de congestión. El tratamiento adecuado de estos datos puede permitir la localización de zonas con problemas de funcionamiento por cuestiones de configuración, capacidad o interferencia, reflejados en indicadores como el número de llamadas no atendidas, caídas, reintentos, etc.

4.3. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA MEDICIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO EN VOZ

Como se mencionó en apartados anteriores existen varias formas para medir la calidad de servicio, por ejemplo se encuentra la que es directamente desde los contadores de red y la otra que propone unas mediciones desde un teléfono móvil almacenando los datos para luego realizar estadísticas de los mismos.

Para realizar las mediciones de este protocolo se solicitó formalmente (por medio de una carta que se encuentra en el anexo B) los datos referentes a calidad de servicio desde sus centrales, debido a que no se pudo obtener respuesta de los operadores por ser estos datos confidenciales se procedió a realizar las mediciones manuales que serán descritas mas adelante.

La metodología de evaluación propuesta tiene un carácter general y debe ser aplicada de manera simultánea, independiente y sin mayor diferencia a una u otro operador, pues el propósito de la misma es la comparación y establecimiento de parámetros mínimos de calidad que puedan cumplir los tres operadores de Colombia. Para fines de este protocolo se utilizará la técnica drive-test para medir la calidad de servicio actual en cada uno de los operadores.

Se considera además que una red telefónica se diseña bajo el supuesto de que no todos los usuarios requieren servicio a la vez y por lo tanto las llamadas telefónicas son eventos individuales e independientes. Esto significa que las redes móviles están diseñadas como un sistema de pérdida, es decir, si algún recurso de la red está ocupado, la llamada se libera.

Bajo la premisa de que la metodología pueda ser aplicable a todos los operadores móviles, se estableció una duración promedio de llamada de 180 segundos, que se considera tiempo suficiente para aplicar la metodología descrita.

Aquí se debe aclarar con que tipo de SIM CARD se realizaron las llamadas, para cada operador:

- Movistar: El operador facilitó una SIM CARD con la que se realizaron las mediciones.
- COMCEL: Se alquiló una SIM CARD en servicio POSTPAGO
- TIGO: Se alquiló una SIM CARD en servicio POSTPAGO

Por otra parte es de anotar que el comportamiento del tráfico durante el día en una red de telefonía móvil celular es *dinámico*, esto se afirma ya que ni la Unión Internacional de Telecomunicaciones ni ningún operador en el mundo ha establecido horas pico y días de mayor tráfico (con excepción de las fechas especiales, navidad, año nuevo, etc), por esa razón las llamadas se realizaron de lunes a viernes entre las 7 y las 21 horas, es decir desde las 7 de la mañana hasta las 9 de la noche.

Esta metodología consideró únicamente llamadas realizadas localmente (desde Bucaramanga), limitando el área de cobertura de las mediciones.

4.3.1. Unidad estadística de análisis

Para fines de la presente metodología, se define la unidad de análisis de la siguiente forma:

- Cobertura: Se analizará estadísticamente la calidad de servicio de las redes móviles en el área metropolitana de Bucaramanga.
- Tiempo: Las pruebas de campo se realizarán dentro de la ventana de prueba de las 7 a las 21 horas de cualquier día de la semana entre lunes y viernes, por lo que se mencionó anteriormente acerca del tráfico dinámico de la red de TMC.
- Período de análisis: El período de análisis para la evaluación será de 30 días, debido a que se realizaron 365 llamadas por día (5 días por operador evaluado) teniendo en cuenta asignación proporcional al universo tomado.
- Unidad de Muestreo: Llamadas entre 0 y 180 segundos. (No obstante algunas llamadas fueron de mayor duración para verificar el índice de llamadas caídas).

4.3.2. Determinación del Tamaño de Muestra

En general, los parámetros a estimar en la evaluación de calidad son distintos porcentajes y proporciones de variables referidas a una muestra de llamadas en cada red, distribuidas de acuerdo al perfil específico del total de llamadas, es decir, dentro del tamaño de muestra existen subconjuntos de llamadas, definidos por el tipo de terminal, la duración de la llamada, las condiciones en las que se hace la llamada y el destino de la misma.

Para determinar un tamaño de muestra inicial se parte del supuesto de un muestreo aleatorio simple, y de las exigencias de precisión y confianza requeridas para la investigación, expresados en términos generales por:

$$P_r [| p-P | \leq d] \geq 1 - \alpha$$

Donde:

P = valor del porcentaje o proporción real de interés,

p = porcentaje o proporción que estima la medición,

d = máxima diferencia aceptable entre el valor real, P, y su estimación, p, proveniente de la medición

1 - α = confianza requerida en la precisión, o sea la probabilidad de que se cumpla la especificación expresada con d.

La fórmula anterior y las exigencias de precisión y confianza conducen a la siguiente expresión para la estimación inicial del tamaño de muestra [46]:

$$n/(1 - n/N) \geq k^2 * P * (1 - P)/d^2$$

Donde:

n : tamaño de muestra

N : tamaño del universo (si N > 100,000 entonces $(1 - n/N) = 1$) (El tamaño del universo se supone semanalmente por operador)

k : nivel de confianza. Donde k se determina en función de la confianza requerida (el valor especificado para $1 - \alpha$, usualmente 95%).

P : valor real del porcentaje de interés que se desea estimar (0.05 en este caso)

d : precisión que se desea en la estimación (0.01 en este caso)

El tamaño de muestra requerido para distintos valores de P y d se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Tamaño de muestra requerido para un muestreo aleatorio simple sin reemplazo

Precisión D	Confianza 95% k=1.96				
	P				
	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
0.020	18.824	27,948	36,879	45,619	54,167
0.030	8.366	12.421	16.391	20.275	24,074
0.045	3.718	5.521	7.285	9.011	10.700
0.050	3.012	4.472	5.901	7.299	8.667
0.0100	753	1.118	1.475	1.825	2.167
0.0150	335	497	656	811	963

Fuente: Autor del proyecto

Dado que los índices de los parámetros de calidad a medir son del orden del 5%, se propone un tamaño de muestra para las mediciones de al menos 1,825 llamadas, para cada operador, observando en la estructura de la muestra las distintas distribuciones del perfil de llamada. Lo anterior permite estimaciones con una precisión de al menos 1% a un nivel de confianza del 95% para todos los parámetros de interés en el área geográfica bajo estudio.

Igualmente, si se utiliza la expresión para la estimación inicial, el tamaño de muestra necesario para cumplir con el nivel de precisión y confianza exigidos, para la estimación de los índices de calidad en el área geográfica bajo estudio, tomando como universo, las llamadas realizadas entre las 7 y las 21 horas de los días entre lunes y viernes, está dado por:

$$n \geq k^2 * P * (1 - P)/d^2$$

El tamaño de muestra requerido para cada corte de análisis debe contar al menos con el siguiente número de mediciones:

$$n = 1.96^2 * 0.05 * (1 - 0.05)/ 0.01^2 \\ = 1,824.76$$

Para fines prácticos se estableció una muestra de 1,825 llamadas por operador en la ciudad.

Básicamente se realizó un recorrido por la ciudad teniendo en cuenta los siguientes puntos: Zona 1. Álvarez, Zona 2. Cabecera, Zona 3. Ceiba, Zona 4. Centro, Zona 5. Tejar Moderno, Zona 6. Provenza, Zona 7. Real de Minas, Zona 8. San Alonso, Zona 9. San Francisco y Zona 9. Sotomayor. Las mediciones se realizaron manualmente, apuntando los datos obtenidos en una base de datos en EXCEL. El porcentaje de llamadas desde un operador X hacia otro operador, el mismo operador o la RTPC, se estableció mediante asignación proporcional de la siguiente forma:

- 913 Llamadas hacia el mismo operador – 50%
- 657 Llamadas hacia otros operadores – 36%
- 255 Llamadas hacia líneas fijas – 14%

La distribución porcentual del número de llamadas, se tomó teniendo en cuenta que los usuarios que son abonados de un operador, generalmente llaman más al mismo operador y casi no se realizan llamadas a fijos ya que la mayoría de las personas prefieren utilizar la red telefónica publica conmutada para llamadas locales.

Se hace hincapié que estos porcentajes en todas las llamadas se midieron los siguientes índices de calidad: tasa de llamadas fallidas, llamadas caídas y tiempo de establecimiento de llamada, (Ver capítulo 5 Resultados Numéricos de las mediciones realizadas) llevando una tabla como la siguiente:

Tabla 9. Agrupación de mediciones

Mediciones	Punto de medición "i"
Total de intentos de llamada	A _i
Total de intentos enviados a mensaje de red (Error de conexión de red)	B _i
Total de intentos con tono ocupado	C _i
Total de intentos con tono de ocupado rápido (Red ocupada)	D _i
Total de intentos enviados a buzón	E _i
Total de intentos con destino que no contesta	F _i
Total de intentos no completados por otras causas	G _i
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	H _i
Total de intentos de llamadas no completadas	I _i = B _i + C _i + D _i + E _i + F _i + G _i
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	K _i = B _i + D _i + G _i
Total de llamadas Caídas	J _i

Fuente: Autor del proyecto

Los porcentajes representativos de los índices de calidad se obtendrán de la siguiente manera:

- Porcentaje de Intentos de Llamada No completados = $[(I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6+I_7+I_8+I_9+I_{10})/1,825] * 100 \%$
- Porcentaje de Intentos de Llamada No completados debido a la red = $[(K_1+K_2+K_3+K_4+K_5+K_6+K_7+K_8+K_9+K_{10})/1,825] * 100 \%$
- Porcentaje de intentos de llamada con tiempos de establecimiento mayor a 10 segundos = $[(H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10})/1,825] * 100 \%$
- Porcentaje de Llamadas Caídas = $[(J_1+J_2+J_3+J_4+J_5+J_6+J_7+J_8+J_9+J_{10}) / (1,825 - (I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6+I_7+I_8+I_9+I_{10}))] * 100 \%$
- Grado de Servicio = $[(I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6+I_7+I_8+I_9+I_{10}) + (J_1+J_2+J_3+J_4+J_5+J_6+J_7+J_8+J_9+J_{10}) / 1825]$

4.4. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA MEDICIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO EN DATOS

Hasta el momento solo se ha mencionado mediciones para servicios de voz, en vista de que las redes de telefonía móvil no solo ofrecen voz sino que en la actualidad hay muchos servicios de datos que también requieren de buena calidad de servicio.

La metodología propuesta es enviar datos vía GPRS, a través de una investigación que corresponde a un proyecto de pregrado y un proyecto de maestría⁵, el cual consiste en una aplicación de telemetría de envío de datos de los medidores de agua hacia un servidor, toda la metodología para hacer la conexión y envío de datos se encuentra en [28] y [29] y no son objeto de este proyecto, debido a que lo que se busca es medir la calidad de servicio de las redes de datos GPRS de los tres operadores de Colombia, y no revisar cómo se establece la conexión, es decir la etapa de transmisión, envío y recepción de datos que se encuentran como se mencionó en los respectivos proyectos entregados y sustentados en la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad industrial de Santander. No obstante es importante hacer uso de una aplicación creada por los estudiantes de E3T de la UIS, ya que con esto se promueve la interdisciplinariedad y la interacción de los investigadores de diferentes proyectos de la escuela.

De los datos enviados por cada operador, se establecerá el tiempo promedio de transmisión de los datos y estará dada por la siguiente formula:

$$Ttx = \frac{\sum Trx - Tx}{\text{Numero de transmisiones}}$$

Donde Ttx= Tiempo de transmisión de los datos enviados

Trx= Tiempo de recepción de los datos

Ttx= Tiempo de transmisión de los datos

Por otra parte, por cada operador se enviarán 100 mensajes de texto a través de comandos AT[30] y el programa Docklight[31], de los mensajes enviados se revisaran cuantos fueron exitosos y cuantos fueron erróneos, así como el tiempo de recepción de un MS (Short Message). El número de mensajes de texto es tomado teniendo en cuenta que el servicio en Colombia no es muy elevado [47] y la población de Bucaramanga no alcanza los 500.000 habitantes [48] de los cuales no todos tienen un teléfono celular y los que lo utilizan no acceden a los SMS.

Se seguirá los parámetros establecidos por el instituto GSM [19] para medir calidad de servicio en los MS de acuerdo a las siguientes formulas:

⁵ Proyecto de maestría “Sistema de telemetría para automatizar la lectura de consumos en los medidores de agua”

Porcentaje de MS Fallidos: [MS no exitosos / Total de MS enviados]

Se tomará como exitoso cuando se obtenga el acuse de recibido o entregado del mensaje de texto en el Terminal móvil.

Tiempo de recepción de un MS: $T_{\text{recepción}} - T_{\text{envío}}$

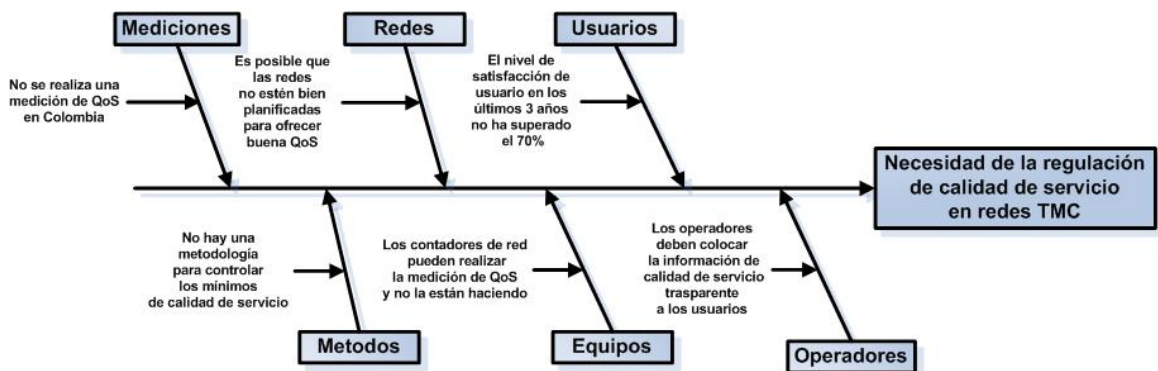
$T_{\text{recepción}}$: Punto del tiempo en el que el equipo móvil recibe la confirmación del centro de MS.

$T_{\text{envío}}$: Punto del tiempo en el que la persona envía su MS al centro de MS

5. RESULTADOS NÚMERICOS

Para empezar a analizar las mediciones de calidad en el servicio de voz es importante realizar un diagrama de ishikawa o diagrama de causa-efecto en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema de este estudio.

Figura 14. Diagrama de ishikawa



Fuente: Autor del proyecto

El diagrama anterior con el fin de destacar que los resultados expuestos en este capítulo, no pretenden indicar cual de los tres operadores actualmente existentes tiene mejor o peor calidad de servicio, las mediciones aquí expuestas se realizan con el fin de hacer un contraste con la base teórica del proyecto, y de esta forma fundamentar el protocolo de especificaciones tanto con datos reales y alcanzables en la actualidad, como con fundamento teórico. Todas las mediciones realizadas se pueden revisar en el anexo C de éste proyecto.

5.1. MEDICIONES DE VOZ

Como se mencionó en el capítulo anterior, se siguió la metodología expuesta, donde por cada operador se realizaron 1825 llamadas entre las 7 y las 21

horas de lunes a viernes, haciendo cada día de la semana asignación proporcional es decir 365 llamadas por día para el total indicado.

Posterior a eso se realizaron nuevas mediciones con un solo operador (MOVISTAR) y se tomo el universo de 100.000 llamadas en un día, lo que proporciona una muestra de 1825 llamadas en un día, esto se realizó durante tres días (ver anexo C).

Los puntos desde donde se realizaron las llamadas se tomaron como están establecidos en la metodología, para cubrir el área metropolitana de Bucaramanga, y así abarcar varias celdas de las redes de telefonía móvil celular de la ciudad.

Se calculó en cada llamada el tiempo de establecimiento de la llamada, llamadas exitosas, llamadas no exitosas, revisando cada uno de los casos especiales (por ejemplo caída de la llamada, correo de voz, error de conexión de la red, red ocupada, etc), como ya se había mencionado previamente.

Se realizará el análisis estadístico por zonas de medición mediante diagramas de pareto por índice de calidad y la metodología establecida previamente (tablas de agrupación de mediciones); La comparación entre operadores mediante sus medias generales y la comparación de las dos medidas tomadas mediante estimativos proporcionales con intervalos de confianza para dos muestras diferentes.

5.1.1. Resultados por zonas de medición

La metodología establecida para realizar el análisis por cada zona de medición, consiste fundamentalmente en agrupar las mediciones por zona y posterior a esto mediante las respectivas fórmulas, extraer los resultados.

Los índices de calidad que se colocaron a prueba en este proyecto, relacionan el porcentaje de llamadas exitosas y no exitosas de cada operador nacional y evidencian el porcentaje de llamadas caídas en los mismos, por cada zona de medición.

A continuación se presenta las mediciones realizadas con cada uno de los operadores: MoviStar, Comcel y Tigo

Mediciones Movistar

Zona Álvarez (Punto de medición 1)

Tabla 10. Mediciones Zona Álvarez

Mediciones	Punto de medición "1"
Total de intentos de llamada	184
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	6
Total de intentos enviados a buzón	40
Total de intentos con destino que no contesta	11
Total de intentos no completados por otras causas	4
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	12
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_1 = 61$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_1 = 10$
Total de llamadas Caídas	4

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Cabecera (Punto de medición 2)

Tabla 11. Mediciones Zona Cabecera

Mediciones	Punto de medición "2"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	3
Total de intentos enviados a buzón	37
Total de intentos con destino que no contesta	6
Total de intentos no completados por otras causas	2
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	19
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_2 = 48$

Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_2 = 5$
Total de llamadas Caídas	20

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Ceiba (Punto de medición 3)

Tabla 12. Mediciones Zona Ceiba

Mediciones	Punto de medición "3"
Total de intentos de llamada	183
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	12
Total de intentos enviados a buzón	38
Total de intentos con destino que no contesta	5
Total de intentos no completados por otras causas	2
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	6
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_3 = 57$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_3 = 14$
Total de llamadas Caídas	4

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Centro (Punto de medición 4)

Tabla 13. Mediciones Zona Centro

Mediciones	Punto de medición "4"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	3
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	10
Total de intentos enviados a buzón	35
Total de intentos con destino que no contesta	4
Total de intentos no completados por otras causas	2
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	3
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_4 = 54$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_4 = 12$

Total de Llamadas Caídas	6
--------------------------	---

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Provenza (Punto de medición 5)

Tabla 14. Mediciones Zona Provenza

Mediciones	Punto de medición "5"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	2
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	7
Total de intentos enviados a buzón	39
Total de intentos con destino que no contesta	10
Total de intentos no completados por otras causas	2
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	8
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_5 = 60$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_5 = 9$
Total de Llamadas Caídas	1

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Real de Minas (Punto de medición 6)

Tabla 15. Mediciones Zona Real de Minas

Mediciones	Punto de medición "6"
Total de intentos de llamada	183
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	8
Total de intentos enviados a buzón	40
Total de intentos con destino que no contesta	4
Total de intentos no completados por otras causas	0
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	17
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_6 = 52$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_6 = 8$
Total de Llamadas Caídas	6

Fuente: Autor del Proyecto

Zona San Alonso (Punto de medición 7)

Tabla 16. Mediciones Zona San Alonso

Mediciones	Punto de medición "7"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	1
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	12
Total de intentos enviados a buzón	30
Total de intentos con destino que no contesta	7
Total de intentos no completados por otras causas	0
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	9
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_7 = 50$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_7 = 12$
Total de llamadas Caídas	4

Fuente: Autor del Proyecto

Zona San Francisco (Punto de medición 8)

Tabla 17. Mediciones Zona San Francisco

Mediciones	Punto de medición "8"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	1
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	12
Total de intentos enviados a buzón	30
Total de intentos con destino que no contesta	9
Total de intentos no completados por otras causas	0
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	6
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_8 = 52$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_8 = 12$
Total de llamadas Caídas	10

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Sotomayor (Punto de medición 9)

Tabla 18. Mediciones Zona Sotomayor

Mediciones	Punto de medición "9"
Total de intentos de llamada	183
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	8
Total de intentos enviados a buzón	41
Total de intentos con destino que no contesta	8
Total de intentos no completados por otras causas	1
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	17
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_9 = 58$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_9 = 9$
Total de Llamadas Caídas	5

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Tejar Moderno (Punto de medición 10)

Tabla 19. Mediciones Zona Tejar Moderno

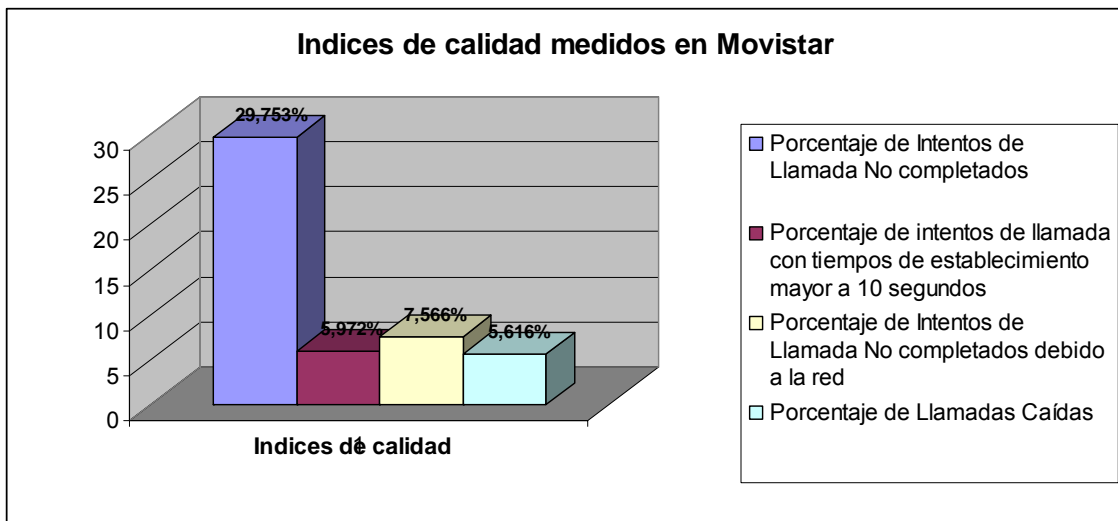
Mediciones	Punto de medición "10"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	2
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	6
Total de intentos enviados a buzón	39
Total de intentos con destino que no contesta	4
Total de intentos no completados por otras causas	0
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	12
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_{10} = 51$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_{10} = 6$
Total de Llamadas Caídas	12

Fuente: Autor del Proyecto

- *Porcentaje de Intentos de Llamada No completados* = $[(48+60+57+54+52+50+61+58+52+51)/1,825] * 100 \% = 29.753\%$
- *Porcentaje de intentos de llamada con tiempos de establecimiento mayor a 10 segundos* = $[(19+8+6+3+17+9+12+17+6+12)/1,825] * 100 \% = 5.972\%$
- *Porcentaje de Intentos de Llamada No completados debido a la red* = $[(5+9+14+12+8+12+10+9+12+6)/(1,825 - (48+60+57+54+52+50+61+58+52+51))] * 100 \% = 7.566\%$
- *Porcentaje de Llamadas Caídas* = $[(20+1+4+6+6+4+4+5+10+12)/(1,825 - (48+60+57+54+52+50+61+58+52+51))] * 100 \% = 5.616\%$
- *Grado de Servicio* = $[(48+60+57+54+52+50+61+58+52+51) + (20+1+4+6+6+4+4+5+10+12) / 1,825] = 0.33$

A continuación se presenta una gráfica de los índices de calidad y sus respectivos porcentajes.

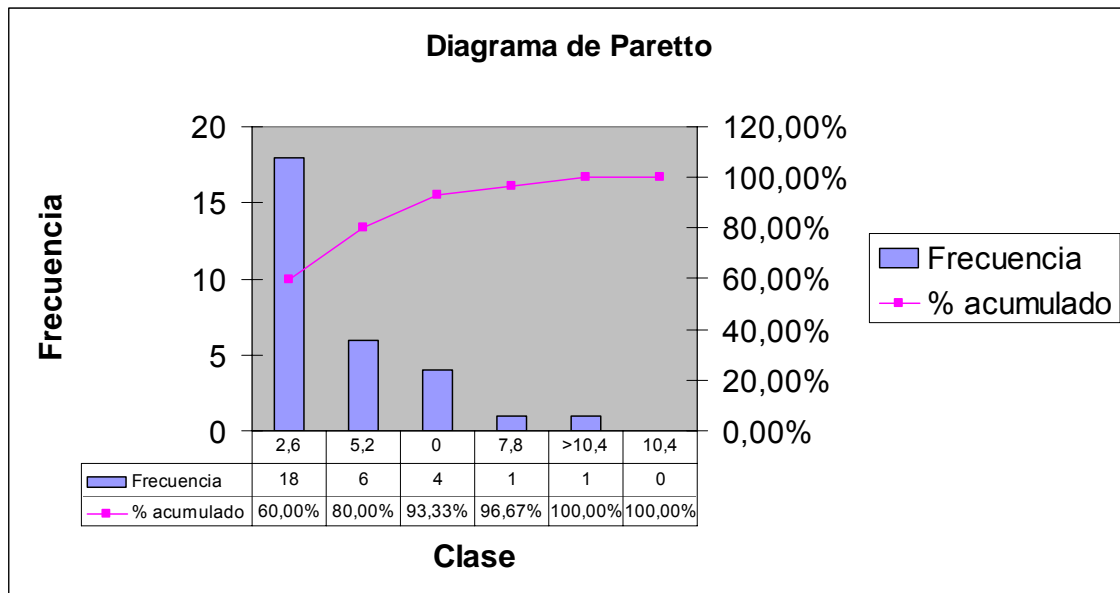
Figura 15. Índices de calidad medidos en Movistar



Fuente: Autor del proyecto

Para continuar con el análisis estadístico, se realizó un diagrama de pareto para revisar las frecuencias del tiempo de establecimiento de la llamada, la frecuencia de las llamadas caídas y la frecuencia de las llamadas no completadas debido a la red. Ver figuras 16-18

Figura 16. Diagrama de pareto llamadas caídas



Fuente: Autor del proyecto

Para realizar este diagrama se agruparon las llamadas caídas por zona y por destino tomando como mayor numero de llamadas caídas 13 y menor 0. Se tomó 5 clases con un ancho de 2.6, siendo éstas las clases

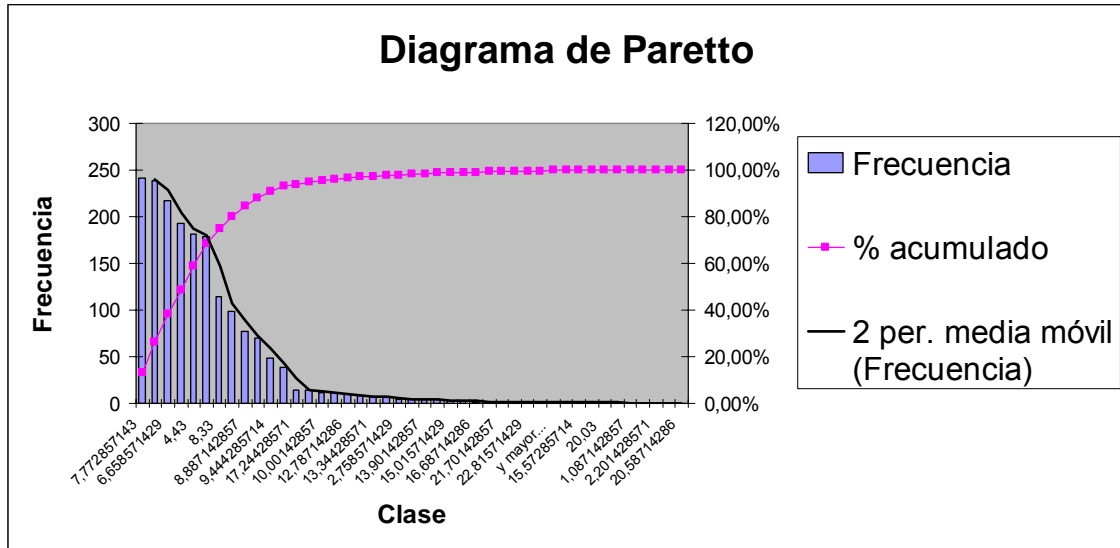
Tabla 20. Datos Diagrama de pareto llamadas caídas

Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
0	4	13,3333333
2,6	18	60
5,2	6	20
7,8	1	3,33333333
10,4	0	0
>10,4	1	3,33333333

Fuente: Autor del proyecto

A continuación se presenta el diagrama de Pareto que hace referencia a la frecuencia del tiempo de establecimiento de la llamada en MoviStar.

Figura 17. Diagrama de Pareto tiempo de establecimiento de la llamada



Fuente: Autor del proyecto

Para el anterior diagrama se estableció la siguiente tabla de datos.

Tabla 21. Datos diagrama de Pareto tiempo de establecimiento de la llamada

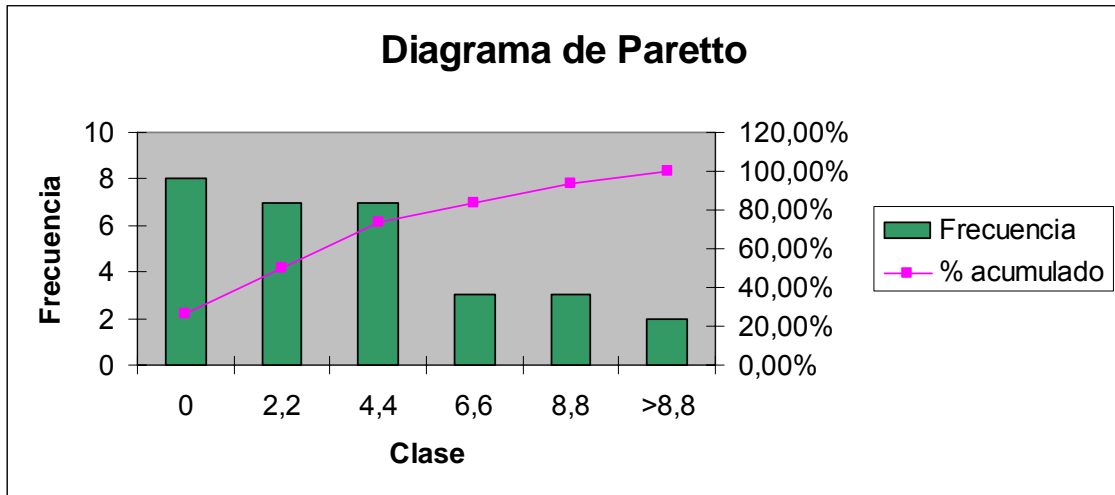
Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
0,53	1	0,05479452
1,08714286	0	0
1,64428571	0	0
2,20142857	0	0
2,75857143	5	0,2739726
3,31571429	39	2,1369863
3,87285714	193	10,5753425
4,43	181	9,91780822
4,98714286	70	3,83561644
5,54428571	99	5,42465753
6,10142857	179	9,80821918
6,65857143	217	11,890411
7,21571429	239	13,0958904
7,77285714	242	13,260274

8,33	114	6,24657534
8,88714286	77	4,21917808
9,44428571	48	2,63013699
10,0014286	12	0,65753425
10,5585714	14	0,76712329
11,1157143	8	0,43835616
11,6728571	5	0,2739726
12,23	11	0,60273973
12,7871429	10	0,54794521
13,3442857	7	0,38356164
13,9014286	4	0,21917808
14,4585714	4	0,21917808
15,0157143	3	0,16438356
15,5728571	1	0,05479452
16,13	1	0,05479452
16,6871429	2	0,10958904
17,2442857	15	0,82191781
17,8014286	7	0,38356164
18,3585714	3	0,16438356
18,9157143	0	0
19,4728571	2	0,10958904
20,03	1	0,05479452
20,5871429	0	0
21,1442857	1	0,05479452
21,7014286	2	0,10958904
22,2585714	2	0,10958904
22,8157143	2	0,10958904
23,3728571	2	0,10958904
>23,37	2	0,10958904

Fuente: Autor del proyecto

Por último se muestra el diagrama de pareto referente a las llamadas no completadas debido a la red.

Figura 18. Diagrama de Pareto llamadas no completadas debido a la red



Fuente: Autor del proyecto

Para el anterior diagrama de Pareto se utilizó la siguiente tabla de datos

Tabla 22. Datos Diagrama de Pareto llamadas no completadas debido a la red

Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
0	8	26,6666667
2,2	7	23,3333333
4,4	7	23,3333333
6,6	3	10
8,8	3	10
>8,8	2	6,6666667

Fuente: Autor del proyecto

Mediciones Comcel

Zona Álvarez (Punto de medición 1)

Tabla 23. Mediciones Zona Álvarez

Mediciones	Punto de medición "1"
Total de intentos de llamada	184
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de	1

conexión)	
Total de intentos con tono ocupado	3
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	11
Total de intentos enviados a buzón	59
Total de intentos con destino que no contesta	3
Total de intentos no completados por otras causas	5
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	37
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_1 = 82$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_1 = 17$
Total de llamadas Caídas	3

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Cabecera (Punto de medición 2)

Tabla 24. Mediciones Zona Cabecera

Mediciones	Punto de medición "2"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	5
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	3
Total de intentos enviados a buzón	45
Total de intentos con destino que no contesta	5
Total de intentos no completados por otras causas	2
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	9
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_2 = 60$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_2 = 5$
Total de llamadas Caídas	7

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Ceiba (Punto de medición 3)

Tabla 25. Mediciones Zona Ceiba

Mediciones	Punto de medición "3"
Total de intentos de llamada	183
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	2
Total de intentos con tono ocupado	2

Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	5
Total de intentos enviados a buzón	51
Total de intentos con destino que no contesta	0
Total de intentos no completados por otras causas	0
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	15
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_3 = 60$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_3 = 7$
Total de llamadas Caídas	11

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Centro (Punto de medición 4)

Tabla 26. Mediciones Zona Centro

Mediciones	Punto de medición "4"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	1
Total de intentos con tono ocupado	1
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	4
Total de intentos enviados a buzón	45
Total de intentos con destino que no contesta	0
Total de intentos no completados por otras causas	2
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	32
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_4 = 53$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_4 = 6$
Total de llamadas Caídas	4

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Provenza (Punto de medición 5)

Tabla 27. Mediciones Zona Provenza

Mediciones	Punto de medición "5"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	1
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	2
Total de intentos enviados a buzón	31
Total de intentos con destino que no contesta	3
Total de intentos no completados por otras causas	4

Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	27
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_5 = 41$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_5 = 7$
Total de Llamadas Caídas	4

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Real de Minas (Punto de medición 6)

Tabla 28. Mediciones Zona Real de Minas

Mediciones	Punto de medición "6"
Total de intentos de llamada	183
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	0
Total de intentos con tono ocupado	2
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	2
Total de intentos enviados a buzón	38
Total de intentos con destino que no contesta	2
Total de intentos no completados por otras causas	2
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	18
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_6 = 46$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_6 = 4$
Total de Llamadas Caídas	4

Fuente: Autor del Proyecto

Zona San Alonso (Punto de medición 7)

Tabla 29. Mediciones Zona San Alonso

Mediciones	Punto de medición "7"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	3
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	3
Total de intentos enviados a buzón	46
Total de intentos con destino que no contesta	1
Total de intentos no completados por otras causas	5
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	27

Total de intentos de llamadas no completadas	$I_7 = 58$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_7 = 11$
Total de llamadas Caídas	3

Fuente: Autor del Proyecto

Zona San Francisco (Punto de medición 8)

Tabla 30. Mediciones Zona San Francisco

Mediciones	Punto de medición "9"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	3
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	4
Total de intentos enviados a buzón	35
Total de intentos con destino que no contesta	0
Total de intentos no completados por otras causas	3
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	26
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_8 = 45$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_8 = 10$
Total de llamadas Caídas	6

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Sotomayor (Punto de medición 9)

Tabla 31. Mediciones Zona Sotomayor

Mediciones	Punto de medición "9"
Total de intentos de llamada	183
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	4
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	6
Total de intentos enviados a buzón	44
Total de intentos con destino que no contesta	0
Total de intentos no completados por otras causas	1
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 12 segundos	32
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_9 = 55$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_9 = 11$

red	
Total de llamadas Caídas	3

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Tejar Moderno (Punto de medición 10)

Tabla 32. Mediciones Zona Tejar Moderno

Mediciones	Punto de medición "10"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	3
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	6
Total de intentos enviados a buzón	35
Total de intentos con destino que no contesta	0
Total de intentos no completados por otras causas	3
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	34
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_{10} = 47$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_{10} = 12$
Total de llamadas Caídas	5

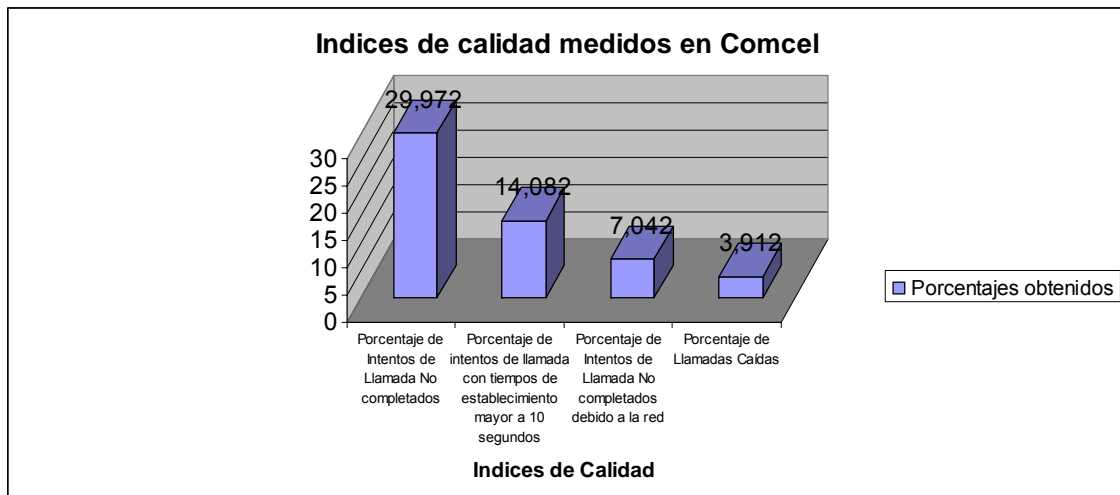
Fuente: Autor del Proyecto

- Porcentaje de Intentos de Llamada No completados =*
 $[(60+41+60+53+46+58+82+55+45+47)/1,825] * 100 \% = 29.972\%$
- Porcentaje de intentos de llamada con tiempos de establecimiento mayor a 10 segundos=* $[(9+27+15+32+18+27+37+32+26+34)/1,825] * 100 \% = 14.082\%$
- Porcentaje de Intentos de Llamada No completados debido a la red =* $[(5+7+7+6+4+11+17+11+10+12) / (1,825 - (60+41+60+53+46+58+82+55+45+47))] * 100 \% = 7.042\%$
- Porcentaje de Llamadas Caídas =* $[(7+4+11+4+4+3+3+3+6+5) / (1,825 - (60+41+60+53+46+58+82+55+45+47))] * 100 \% = 3.912\%$

- Grado de Servicio = $[(60+41+60+53+46+58+82+55+45+47) + (7+4+11+4+4+3+3+3+6+5) / 1,825] = 0.327$

A continuación se presenta una gráfica de los índices de calidad y sus respectivos porcentajes.

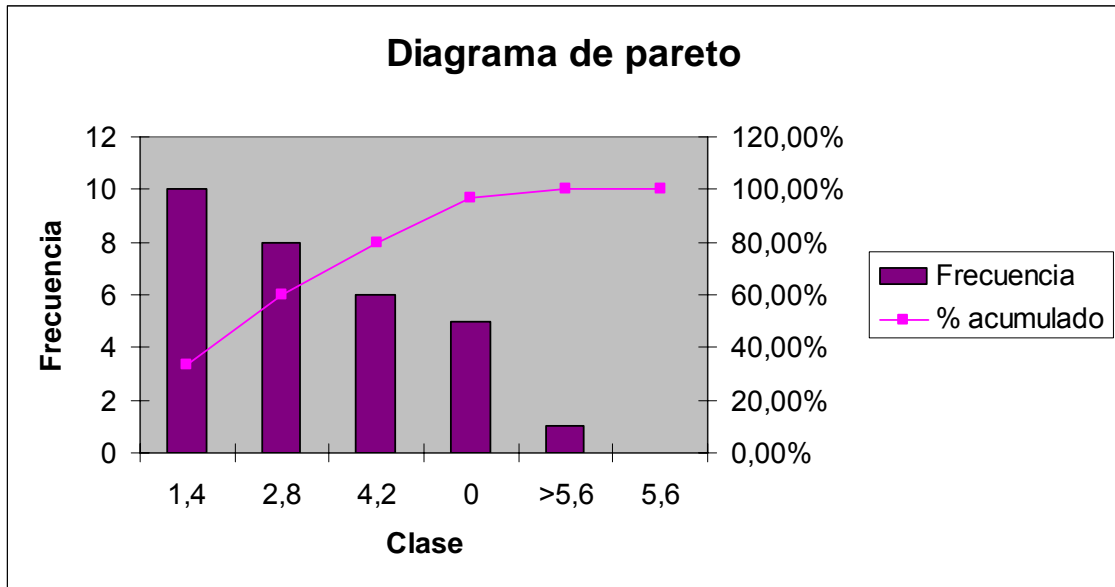
Figura 19. Índices de calidad Comcel



Fuente: Autor del proyecto

De la misma forma como se realizaron los diagramas de pareto con el operador MoviStar, se aplicaran con el operador Comcel, con el fin de revisar las frecuencias de las llamadas caídas, el tiempo de establecimiento de la llamada y las llamadas no completadas debido a la red.

Figura 20. Diagrama de pareto llamadas caídas Comcel



Fuente: Autor del proyecto

A continuación se presenta la tabla de datos de la figura anterior.

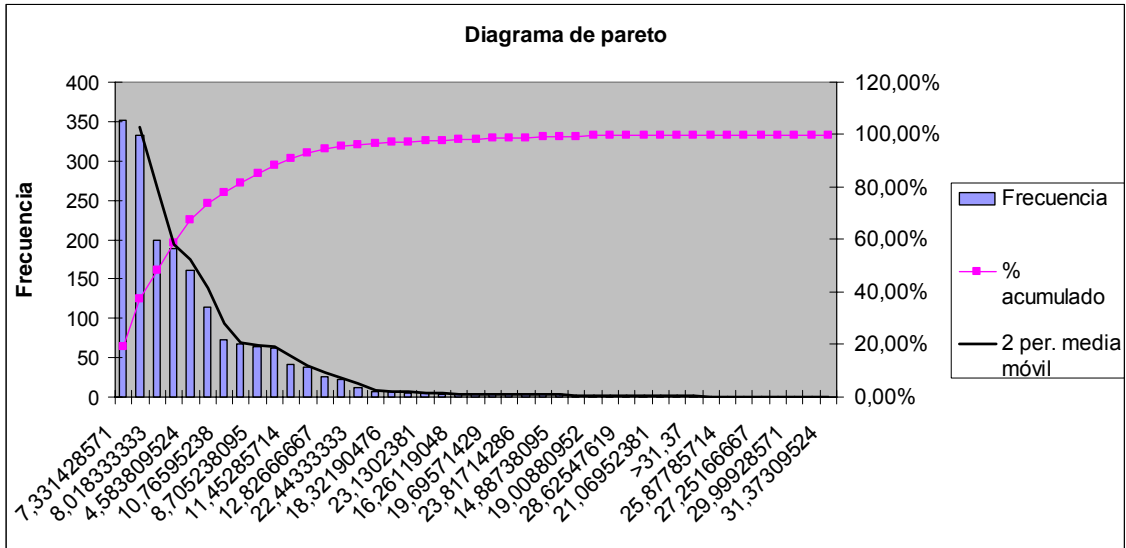
Tabla 33. Datos diagrama de pareto llamadas caídas Comcel

<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa (%)</i>
0	5	16,6666667
1,4	10	33,3333333
2,8	8	26,6666667
4,2	6	20
5,6	0	0
>5,6	1	3,33333333

Fuente: Autor del proyecto

Referente al tiempo de establecimiento de la llamada en Comcel se obtuvieron los siguientes datos:

Figura 21. Diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada Comcel



Fuente: Autor del proyecto

La tabla de datos para el anterior diagrama se presenta como sigue:

Tabla 34. Datos diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada Comcel

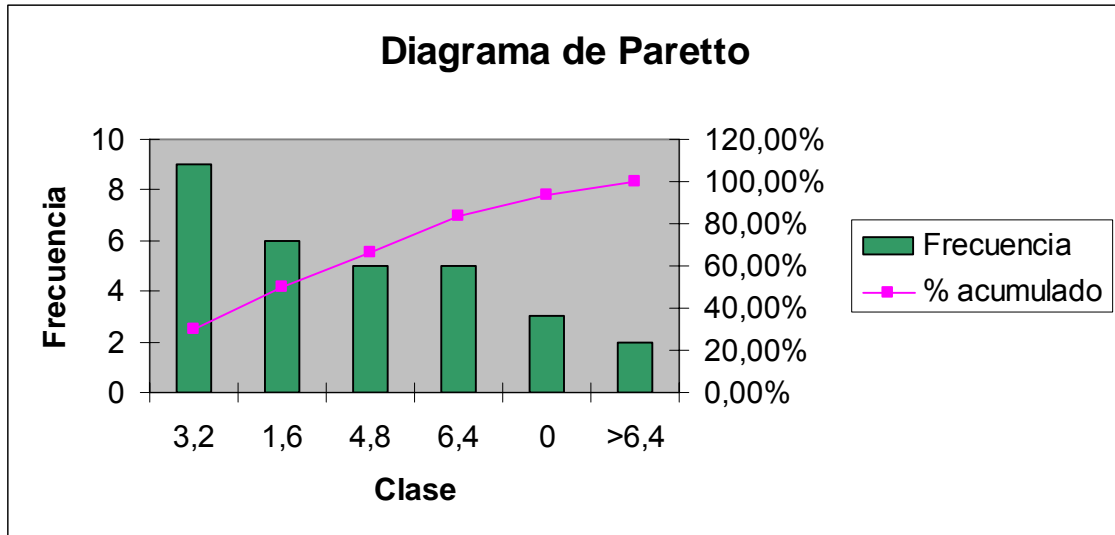
Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
3,21	1	0,05482456
3,89690476	63	3,45394737
4,58380952	161	8,82675439
5,27071429	115	6,30482456
5,95761905	189	10,3618421
6,64452381	332	18,2017544
7,33142857	352	19,2982456
8,01833333	199	10,9100877
8,7052381	64	3,50877193
9,39214286	38	2,08333333
10,0790476	68	3,72807018
10,7659524	72	3,94736842
11,4528571	41	2,24780702
12,1397619	23	1,26096491
12,8266667	26	1,4254386
13,5135714	6	0,32894737
14,2004762	7	0,38377193

14,887381	3	0,16447368
15,5742857	4	0,21929825
16,2611905	4	0,21929825
16,9480952	2	0,10964912
17,635	4	0,21929825
18,3219048	7	0,38377193
19,0088095	2	0,10964912
19,6957143	4	0,21929825
20,382619	0	0
21,0695238	1	0,05482456
21,7564286	4	0,21929825
22,4433333	12	0,65789474
23,1302381	6	0,32894737
23,8171429	4	0,21929825
24,5040476	4	0,21929825
25,1909524	1	0,05482456
25,8778571	0	0
26,5647619	0	0
27,2516667	0	0
27,9385714	2	0,10964912
28,6254762	2	0,10964912
29,312381	0	0
29,9992857	0	0
30,6861905	0	0
31,3730952	0	0
y mayor...	1	0,05482456

Fuente: Autor del proyecto

Por último se presenta el diagrama de pareto referente a las llamadas no completadas debido a la red, es de anotar que las mediciones se agruparon por zona y por destino, obteniendo 30 muestras, para las cuales se presenta la siguiente gráfica y tabla de datos.

Figura 22. Diagrama de Pareto llamadas no completadas debido a la red Comcel



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 35. Datos diagrama de Pareto llamadas no completadas debido a la red Comcel

Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
0	3	10
1,6	6	20
3,2	9	30
4,8	5	16,6666667
6,4	5	16,6666667
>6,4	2	6,66666667

Fuente: Autor del proyecto

Mediciones Tigo

Zona Álvarez (Punto de medición 1)

Tabla 36. Mediciones Zona Álvarez

Mediciones	Punto de medición "1"
Total de intentos de llamada	184
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	16

Total de intentos con tono ocupado	2
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	16
Total de intentos enviados a buzón	21
Total de intentos con destino que no contesta	6
Total de intentos no completados por otras causas	3
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	34
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_1 = 64$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_1 = 35$
Total de Llamadas Caídas	8

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Cabecera (Punto de medición 2)

Tabla 37. Mediciones Zona Cabecera

Mediciones	Punto de medición "2"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	9
Total de intentos con tono ocupado	3
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	17
Total de intentos enviados a buzón	14
Total de intentos con destino que no contesta	2
Total de intentos no completados por otras causas	3
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	23
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_2 = 48$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_2 = 29$
Total de Llamadas Caídas	5

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Ceiba (Punto de medición 3)

Tabla 38. Mediciones Zona Ceiba

Mediciones	Punto de medición "3"
Total de intentos de llamada	183
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	12
Total de intentos con tono ocupado	1
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red	18

ocupada)	
Total de intentos enviados a buzón	13
Total de intentos con destino que no contesta	1
Total de intentos no completados por otras causas	3
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	31
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_3 = 48$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_3 = 33$
Total de Llamadas Caídas	8

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Centro (Punto de medición 4)

Tabla 39. Mediciones Zona Centro

Mediciones	Punto de medición "4"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	12
Total de intentos con tono ocupado	2
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	13
Total de intentos enviados a buzón	16
Total de intentos con destino que no contesta	1
Total de intentos no completados por otras causas	1
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	44
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_4 = 45$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_4 = 26$
Total de Llamadas Caídas	11

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Provenza (Punto de medición 5)

Tabla 40. Mediciones Zona Provenza

Mediciones	Punto de medición "5"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	10
Total de intentos con tono ocupado	2
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	8
Total de intentos enviados a buzón	9

Total de intentos con destino que no contesta	1
Total de intentos no completados por otras causas	3
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	44
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_5 = 33$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_5 = 21$
Total de Llamadas Caídas	11

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Real de Minas (Punto de medición 6)

Tabla 41. Mediciones Zona Real de Minas

Mediciones	Punto de medición "6"
Total de intentos de llamada	183
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	8
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	10
Total de intentos enviados a buzón	7
Total de intentos con destino que no contesta	1
Total de intentos no completados por otras causas	2
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	44
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_6 = 28$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_6 = 20$
Total de Llamadas Caídas	8

Fuente: Autor del Proyecto

Zona San Alonso (Punto de medición 7)

Tabla 42. Mediciones Zona San Alonso

Mediciones	Punto de medición "7"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	13
Total de intentos con tono ocupado	0
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	8
Total de intentos enviados a buzón	10
Total de intentos con destino que no contesta	0
Total de intentos no completados por otras causas	8

Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	43
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_7 = 39$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_7 = 29$
Total de Llamadas Caídas	9

Fuente: Autor del Proyecto

Zona San Francisco (Punto de medición 8)

Tabla 43. Mediciones Zona San Francisco

Mediciones	Punto de medición "8"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	16
Total de intentos con tono ocupado	5
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	12
Total de intentos enviados a buzón	13
Total de intentos con destino que no contesta	0
Total de intentos no completados por otras causas	6
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	54
Total de intentos de llamadas no completadas	$I_8 = 52$
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	$K_8 = 34$
Total de Llamadas Caídas	5

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Sotomayor (Punto de medición 9)

Tabla 44. Mediciones Zona Sotomayor

Mediciones	Punto de medición "8"
Total de intentos de llamada	183
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	7
Total de intentos con tono ocupado	4
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	13
Total de intentos enviados a buzón	6
Total de intentos con destino que no contesta	0
Total de intentos no completados por otras causas	4
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 12 segundos	50

Total de intentos de llamadas no completadas	I ₉ = 34
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	K ₉ = 24
Total de Llamadas Caídas	4

Fuente: Autor del Proyecto

Zona Tejar Moderno (Punto de medición 10)

Tabla 45. Mediciones Zona Tejar Moderno

Mediciones	Punto de medición "10"
Total de intentos de llamada	182
Total de intentos enviados a mensaje de red (error de conexión)	15
Total de intentos con tono ocupado	1
Total de intentos con tono de ocupado rápido (red ocupada)	13
Total de intentos enviados a buzón	1
Total de intentos con destino que no contesta	0
Total de intentos no completados por otras causas	1
Total de intentos con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos	49
Total de intentos de llamadas no completadas	I ₁₀ = 31
Total de intentos de llamadas no completadas debido a la red	K ₁₀ = 29
Total de Llamadas Caídas	6

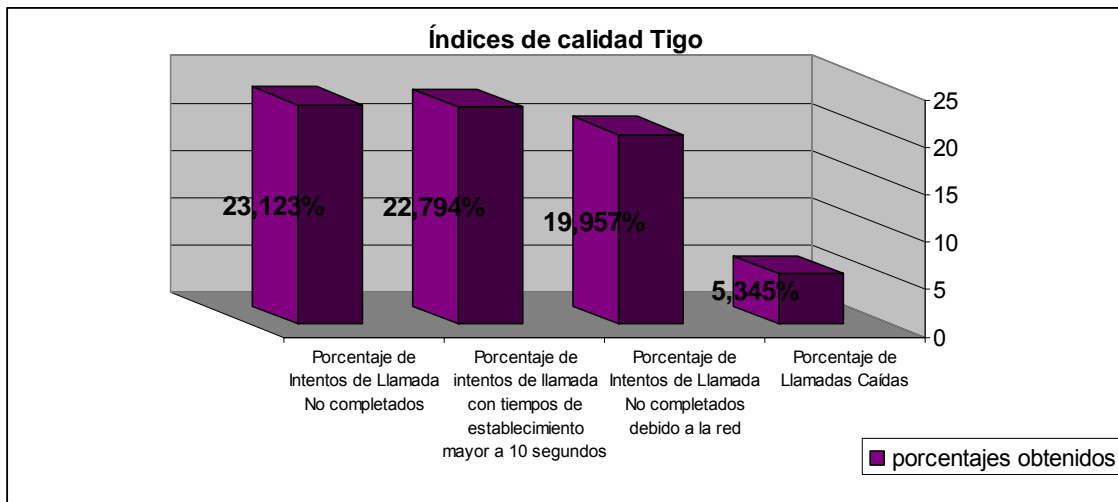
Fuente: Autor del Proyecto

- Porcentaje de Intentos de Llamada No completados* = [(48+33+48+45+28+39+64+34+52+31)/1,825] * 100 % = 23.123 %
- Porcentaje de intentos de llamada con tiempos de establecimiento mayor a 10 segundos* = [(23+44+31+44+44+43+34+50+54+49)/1,825] * 100 % = 22.794 %
- Porcentaje de Intentos de Llamada No completados debido a la red* = [(29+21+33+26+20+29+35+24+34+29)/ (1,825 – (48+33+48+45+28+39+64+34+52+31))] * 100 % = 19.957 %
- Porcentaje de Llamadas Caídas* = [(5+11+8+11+8+9+8+4+5+6) / (1,825 – (48+33+48+45+28+39+64+34+52+31))] * 100 % = 5.345 %

- Grado de Servicio = $[(48+33+48+45+28+39+64+34+52+31) + (5+11+8+11+8+9+8+4+5+6) / 1,825] = 0.272$

A continuación se presenta la gráfica donde se exponen los índices de calidad medidos para el operador TIGO.

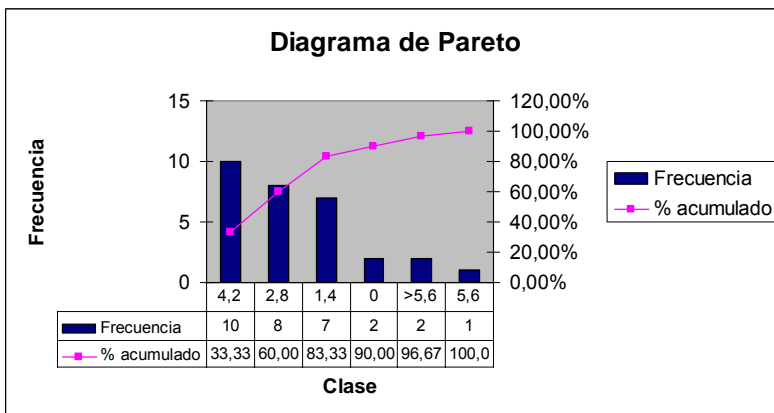
Figura 23. Índices de calidad Tigo



Fuente: Autor del Proyecto

A su vez se presentan los respectivos diagramas de pareto para cada índice de calidad medido.

Figura 23. Diagrama de pareto llamadas caídas Tigo



Fuente: Autor del proyecto

A continuación se presenta la tabla de datos de la figura anterior.

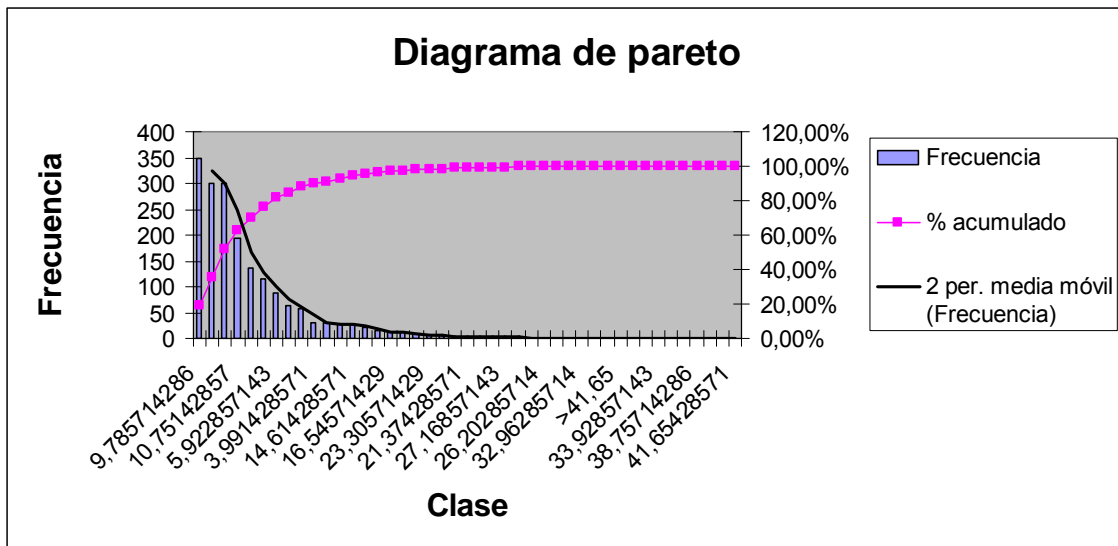
Tabla 46. Datos diagrama de pareto llamadas caídas Tigo

Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
0	2	6,66666667
1,4	7	23,3333333
2,8	8	26,6666667
4,2	10	33,3333333
5,6	1	3,33333333
>5,6	2	6,66666667

Fuente: Autor del proyecto

Referente al tiempo de establecimiento de la llamada en Tigo se obtuvieron los siguientes datos:

Figura 24. Diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada Tigo



Fuente: Autor del proyecto

La tabla de datos para el anterior diagrama se presenta como sigue:

Tabla 47. Datos diagrama de pareto tiempo de establecimiento de la llamada Tigo

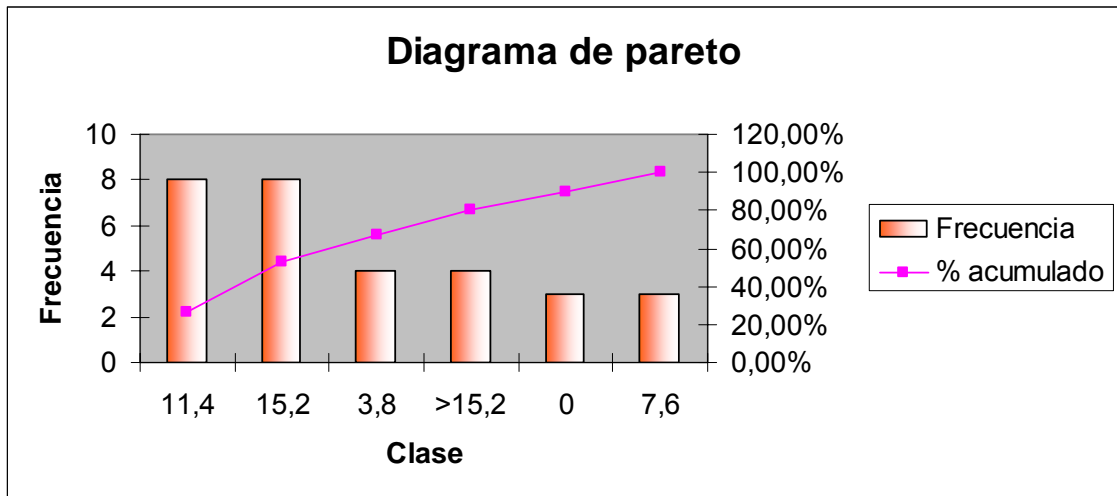
<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa (%)</i>
2,06	1	0,05482456
3,02571429	2	0,10964912
3,99142857	30	1,64473684
4,95714286	115	6,30482456
5,92285714	88	4,8245614
6,88857143	137	7,51096491
7,85428571	301	16,502193
8,82	299	16,3925439
9,78571429	350	19,1885965
10,7514286	195	10,6907895
11,7171429	63	3,45394737
12,6828571	58	3,17982456
13,6485714	29	1,58991228
14,6142857	26	1,4254386
15,58	12	0,65789474
16,5457143	13	0,7127193
17,5114286	27	1,48026316
18,4771429	21	1,15131579
19,4428571	4	0,21929825
20,4085714	14	0,76754386
21,3742857	4	0,21929825
22,34	8	0,43859649
23,3057143	5	0,27412281
24,2714286	3	0,16447368
25,2371429	5	0,27412281
26,2028571	1	0,05482456
27,1685714	3	0,16447368
28,1342857	1	0,05482456
29,1	4	0,21929825
30,0657143	1	0,05482456
31,0314286	0	0
31,9971429	0	0
32,9628571	1	0,05482456
33,9285714	0	0
34,8942857	1	0,05482456
35,86	1	0,05482456
36,8257143	0	0
37,7914286	0	0
38,7571429	0	0
39,7228571	0	0
40,6885714	0	0
41,6542857	0	0

>41,65	1	0,05482456
--------	---	------------

Fuente: Autor del proyecto

Por último se presenta el diagrama de pareto referente a las llamadas no completadas debido a la red y su respectiva tabla de datos.

Figura 25. Diagrama de pareto llamadas no completadas debido a la red Tigo



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 48. Datos diagrama de pareto llamadas no completadas debido a la red Tigo

Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa (%)
0	3	10
3,8	4	13,3333333
7,6	3	10
11,4	8	26,6666667
15,2	8	26,6666667
>15,2	4	13,3333333

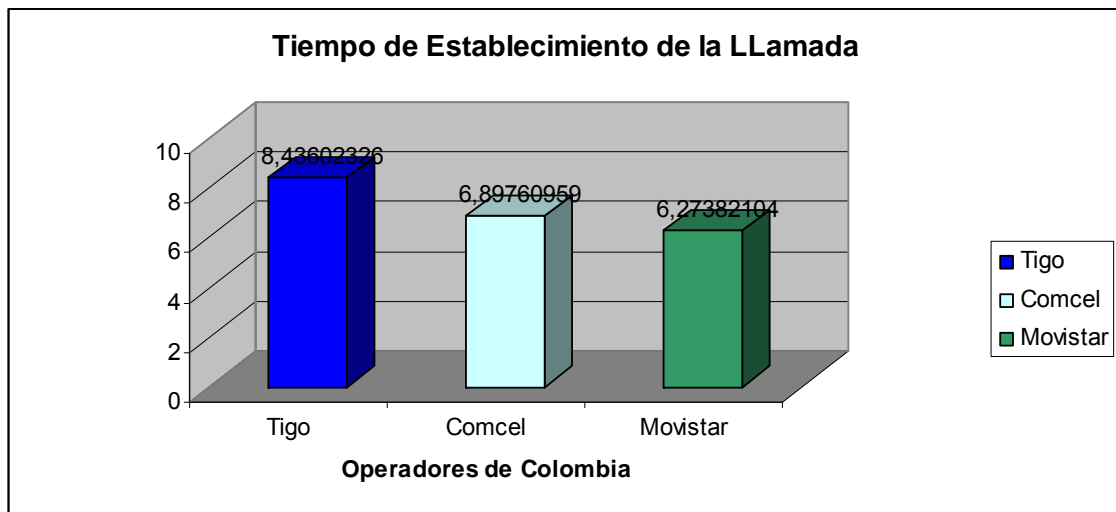
Fuente: Autor del proyecto

5.1.2. Resultados comparación entre operadores

En este apartado se mostrará los resultados obtenidos de los tres operadores y su comparación por cada índice de calidad medido.

Se iniciará exponiendo la gráfica de las medias aritméticas del tiempo de establecimiento de la llamada por operador.

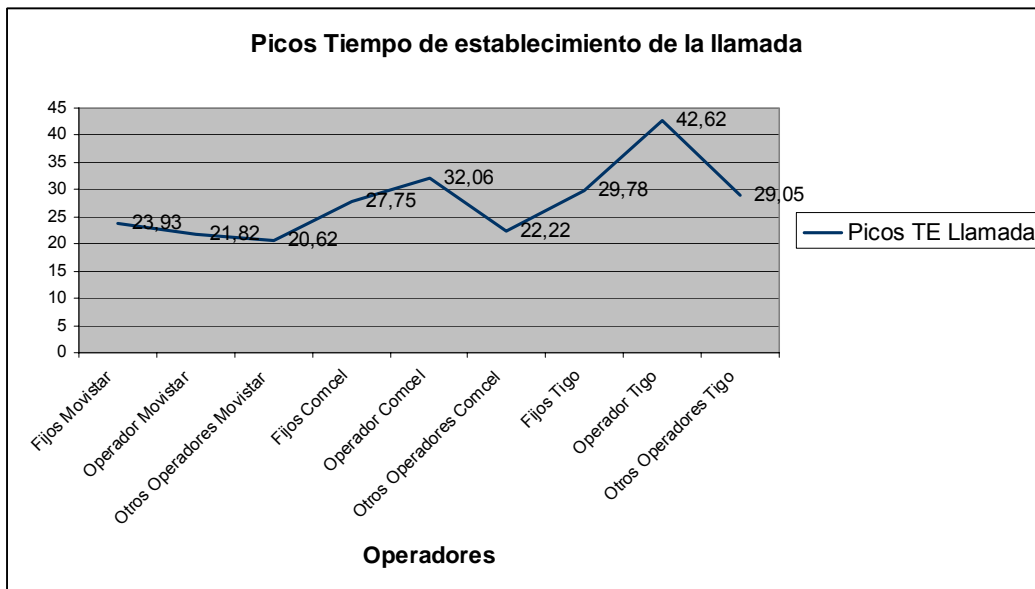
Figura 26. Media aritmética del tiempo de establecimiento de la llamada Operadores



Fuente: Autor del proyecto

No obstante a pesar que la media aritmética es un indicador significativo, es importante exponer los picos de establecimiento de la llamada por operador y a su vez discriminando el destino de la llamada, para su posterior análisis.

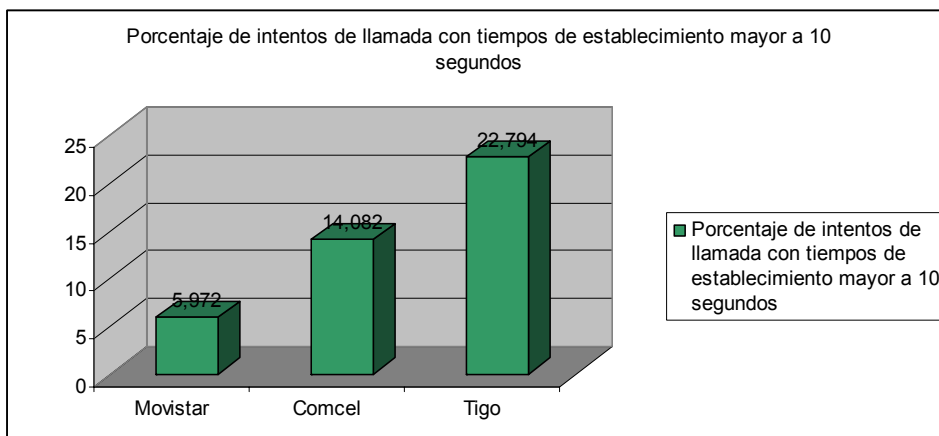
Figura 27. Picos de Tiempo de establecimiento de la Llamada en los operadores nacionales



Fuente: Autor del proyecto

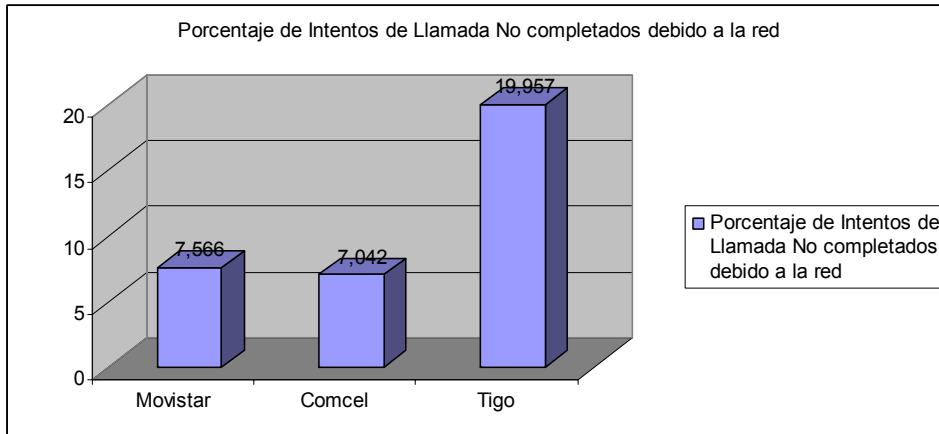
A continuación se presentan las gráficas de los porcentajes obtenidos por cada índice de calidad medidos, discriminados por operador.

Figura 28. Porcentajes de intentos de llamada con tiempos de establecimiento mayor a 10 segundos



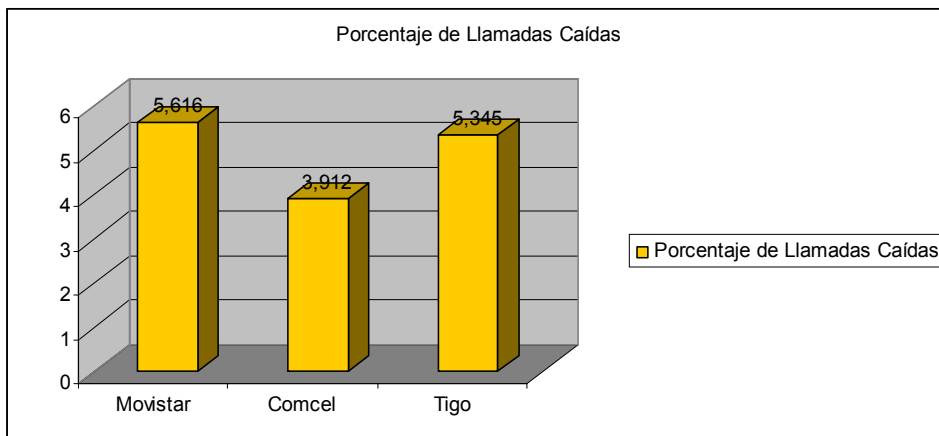
Fuente: Autor del Proyecto

Figura 29. Porcentajes de intentos de llamada no completados debido a la red



Fuente: Autor del Proyecto

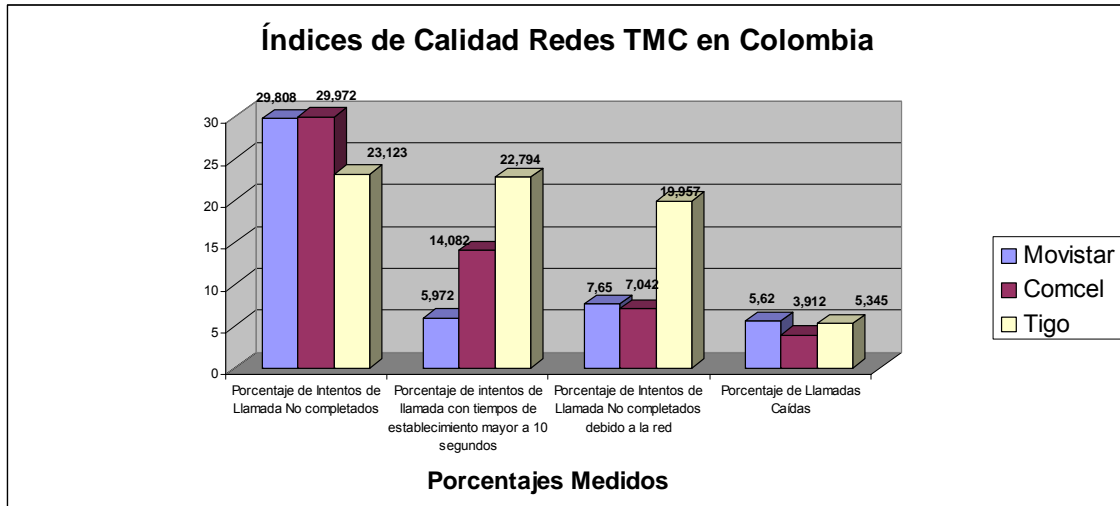
Figura 30. Porcentajes de llamadas caídas



Fuente: Autor del Proyecto

Finalmente se expone la gráfica donde se encuentran los índices de calidad medidos y sus resultados.

Figura 31. Índices de calidad Redes TMC en Colombia



Fuente: Autor del Proyecto

5.1.3. Análisis entre dos muestras

Para reforzar las mediciones realizadas, se efectuó una nueva medición que consistió en realizar 1825 llamadas por día con un solo operador (MoviStar), durante tres días diferentes de la semana.

La comparación de las mediciones nuevas con las anteriores mediciones, se realizará mediante estimados proporcionales, con un intervalo de confianza de 95% y un error de 1%, mediante las siguientes ecuaciones tomadas de [49]:

$$\text{Estimativos proporcionales: } \hat{p}_1 - \hat{p}_2 \pm z \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{N_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{N_2}} \quad (1)$$

Donde

\hat{p}_1, \hat{p}_2 Proporciones 1 y 2 respectivamente

Z constante = 1.96

N_1 y N_2 tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente

$$\text{Intervalo de confianza para proporciones: } \hat{p} \pm z \sqrt{\frac{pq}{N}} \quad (2)$$

Donde:

\hat{p} Proporción de éxitos en la muestra de tamaño N
P probabilidad de éxito
Z constante=1.96
N Tamaño muestra

El primer índice de calidad a comparar es las llamadas caídas, se tomará una proporción de cada día, con las mediciones realizadas con N=365 muestras

$$\text{Proporción (por día de medición)} = \frac{\sum \text{llamadas caídas}}{N} \quad [50]$$

$$p_1 = \frac{13}{365}; \quad p_2 = \frac{17}{365}; \quad p_3 = \frac{10}{365}; \quad p_4 = \frac{16}{365}; \quad p_5 = \frac{16}{365}$$

De la misma forma se toma una proporción por día, de las mediciones realizadas con N=1825 muestras

$$p_1 = \frac{74}{1825}; \quad p_2 = \frac{76}{1825}; \quad p_3 = \frac{74}{1825}$$

Para realizar la comparación se tomará la proporción que más se repite en cada uno de los experimentos y se aplicará la fórmula (1).

$$\hat{p}_1 - \hat{p}_2 \pm z \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{N_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{N_2}}$$

Donde

$$P_1 = \frac{16}{365} \text{ y } P_2 = \frac{74}{1825}$$

De reemplazar se obtiene el valor de 0.02615 para la suma y -0.019582 para la resta, como se estimo un error de 1%(se toma la parte derecha de la fórmula como 0.01), aplicando la fórmula (2) se obtienen los siguientes intervalos:

$$\begin{array}{ll} [-0.0958228 & 0.03615762] \\ [-0.01615762 & 0.02958228] \end{array}$$

Los anteriores resultados en porcentajes:

$$\begin{array}{ll} [-0.95822773\% & 3,61576198\%] \\ [-1,61576198\% & 2,958228773\%] \end{array}$$

Contrastando con la base teórica y el porcentaje mínimo de calidad descrito en el protocolo (3%), se analiza que las mediciones realizadas son significativas y evidencia que se puede seleccionar 3% como parámetro mínimo de porcentaje de llamadas caídas.

El siguiente índice de calidad a comparar es las llamadas no completadas debido a la red, de la misma forma se tomó una proporción de cada día, con las mediciones realizadas con N=365 muestras

$$\text{Proporción (por día de medición)} = \frac{\sum \text{llamadas no completadas debido a la red}}{N}$$

$$p_1 = \frac{12}{365}; \quad p_2 = \frac{29}{365}; \quad p_3 = \frac{16}{365}; \quad p_4 = \frac{10}{365}; \quad p_5 = \frac{17}{365}$$

Y se tomó una proporción por día, de las mediciones realizadas con N=1825 muestras

$$p_1 = \frac{91}{1825}; \quad p_2 = \frac{96}{1825}; \quad p_3 = \frac{129}{1825}$$

Para realizar la comparación no se puede tomar el evento que mas se repite porque todos son diferentes, por tanto se tomará una proporción con N=365 y una proporción con N=1825.

$$\hat{p}_1 - \hat{p}_2 \pm z \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{N_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{N_2}}$$

Donde

$$P_1 = \frac{29}{365} \text{ y } P_2 = \frac{129}{1825}$$

De reemplazar se obtiene el valor de 0.0389 para la suma y -0.02136 para la resta, como se estimó un error de 1% (se toma la parte derecha de la fórmula como 0.01), aplicando la fórmula (2) se obtienen los siguientes intervalos:

$$\begin{array}{ll} [-0.01136693 & 0.04890117] \\ [-0.02890117 & 0.03136693] \end{array}$$

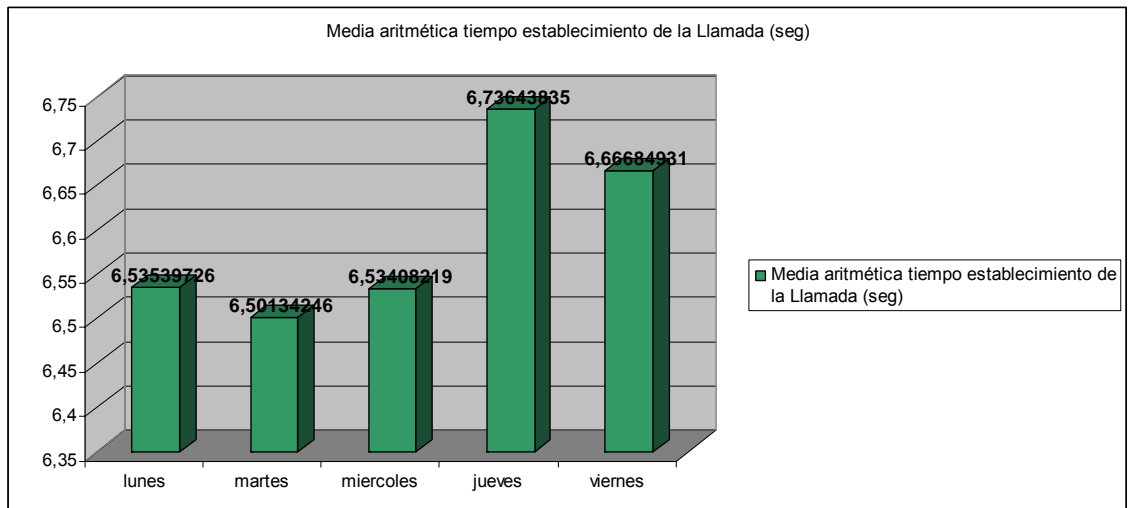
Los anteriores resultados en porcentajes:

$$\begin{array}{ll} [-1.13669271\% & 4.89011736\%] \\ [-2.89011736\% & 3.13669271\%] \end{array}$$

De aquí se analiza que los rangos de confianza están dentro del valor establecido (5%), lo que indica que los operadores pueden alcanzar éste mínimo propuesto.

Por último se analiza el índice de calidad referente al tiempo de establecimiento de la llamada, éste ítem se analizará mediante las medias aritméticas y las gráficas que se exponen a continuación:

Figura 32. Medias aritméticas del tiempo de establecimiento de la llamada por día N=365.

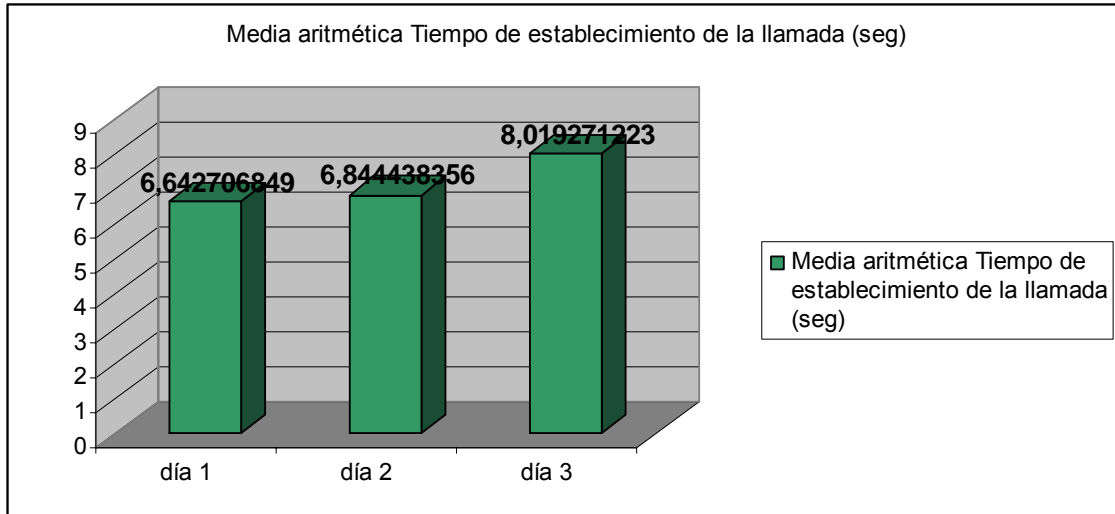


Fuente: Autor del Proyecto

La anterior figura evidencia que con 365 muestras por día, el promedio del tiempo de establecimiento de la llamada en el día no supera los 7 segundos, por tanto la medida de 10 segundos puede ser aceptable.

La siguiente figura expone las medias aritméticas por día de medición cuando la muestra fue de 1825 llamadas, se observa que no supera los 9 segundos, por tanto la medida tomada de 10 segundos es significativa ya que en los dos experimentos ninguna de las medias aritméticas superan esta marca, lo que quiere decir que es posible de alcanzar para los operadores en Colombia.

Figura 33. Medias aritméticas del tiempo de establecimiento de la llamada por día N=1825.



Fuente: Autor del Proyecto

5.1.4. Análisis Mediciones de Voz

En éste apartado se realizará el análisis respectivo a los resultados expuestos en los apartados 5.1.1 y 5.1.2.

Con referencia a los resultados obtenidos de las mediciones de voz en el apartado 5.1.1 se encuentra:

- El diagrama de Pareto indica la frecuencia con la que ocurre un evento y en la figura 16 se evidencia que la clase 2.6 tiene una frecuencia porcentual de 60% lo que indica que es la medida que más veces se repite, y si se analiza es una medida que está dentro del rango establecido en el protocolo (3%) para las llamadas caídas. A su vez el diagrama de Pareto de la figura 17 referente al tiempo de establecimiento de la llamada para el operador MoviStar, indica que la medida de 7.772 segundos tiene una frecuencia relativa de 13.095%, señalando que el parámetro tomado en el protocolo es correcto al proponer 10 segundos como tiempo mínimo para establecer una llamada. Por último el diagrama de Pareto de la figura 18 referente a las llamadas no completadas debido a la red, la medida que más se repite es 4.1 con una frecuencia relativa de 23.33%, esta última medida también es un indicador para tomar 5% como parámetro mínimo en el protocolo de llamadas no completadas debido a la red.

- En cuanto a los porcentajes obtenidos para el operador MoviStar, se analiza que el porcentaje de llamadas caídas es un poco alto (5.616%) en comparación con el porcentaje propuesto en el protocolo (3%), lo cual implica una mejora en los equipos de red, lo mismo en referencia al porcentaje de llamadas no completadas debido a la red que de acuerdo a las mediciones es de 7.566% y el establecido en el protocolo es de 5%, no obstante se considera aceptable el porcentaje de intentos de llamadas con tiempo de establecimiento mayor a 10 segundos, para dicho operador.
- Las medidas realizadas con el operador Comcel y sus respectivos diagramas de Pareto evidencian que en el ítem de llamadas caídas, las clases 1.4 y 2.8 tienen una frecuencia relativa de 33.33% y 26.66% respectivamente, lo que afirma la medida tomada en el protocolo del 3%. A su vez en el indicador de llamadas no completadas la medida que más se repite es 3.2 con una frecuencia relativa de 30%, aseverando una vez más la medida establecida en el protocolo del 5%. Por último en Comcel el tiempo para establecer una llamada que más se repite es de 7.33 con una frecuencia relativa de 19.29% lo que ratifica que se pueda establecer como parámetro mínimo en el protocolo un tiempo de establecimiento de la llamada de 10 segundos.
- Todos los porcentajes obtenidos en Comcel se considera que se deben mejorar ya que superan los propuestos en el protocolo, no obstante no están muy lejanos de las metas propuestas.
- Los diagramas de Pareto para el operador Tigo señalan que la clase 4.2 tiene una frecuencia relativa de 33.33%, esta medida supera el 3% propuesto en el protocolo, sin embargo se toma dado que en los otros dos experimentos es una buena medida, lo mismo ocurre con el índice de llamadas no completadas debido a la red puesto que la medida que más se repite es 11.4 con una frecuencia relativa de 26.67%, y la propuesta es de 5%. En cuanto al tiempo de establecimiento de la llamada en Tigo se establece que la clase 9.785 tiene una frecuencia relativa de 19.18%, lo que corrobora el parámetro de 10 segundos como tiempo mínimo para establecer una llamada.
- Todos los porcentajes obtenidos en Tigo se considera que se deben mejorar ya que superan los propuestos en el protocolo, una causa de esto puede ser la migración de tecnología por la que afronta el operador en cuestión.

Con referencia a los resultados obtenidos de las mediciones de voz en el apartado 5.1.2 se encuentra:

- Como se mencionó al inicio del capítulo, no es objeto de este proyecto evaluar la calidad de servicio de cada uno de los operadores en Colombia e indicar cual operador presta mejor servicio o tiene mejor calidad de servicio en sus redes actualmente. No obstante los objetivos de las mediciones eran, primero constatar que en efecto es necesario un protocolo de especificaciones de calidad de servicio, para las redes de telefonía móvil celular en Colombia, y segundo tomar los índices de calidad de servicio medidos para tener una referencia y así contrastar los parámetros mínimos propuestos en el protocolo.
- Se hace hincapié en que no se incluyó en el número de llamadas no completadas debido a la red, el ítem de intentos de llamadas enviadas a buzón, ya que este ítem puede indicar o que el usuario se encuentra en una zona de no cobertura y por esta razón entra a buzón o que el usuario voluntariamente ha apagado el celular. No obstante esto señala que este índice de calidad en los tres operadores puede ser más alto, debido a que gran porcentaje de llamadas (mediciones) realizadas entraron a buzón o correo de voz.
- El tiempo de establecimiento de la llamada de acuerdo a la figura 27 no es superior a los 10 segundos en los operadores nacionales, por tanto y tomando en cuenta la base teórica antes expuesta, se puede proponer en el protocolo un tiempo de establecimiento de la llamada de 10 segundos, de tal forma que todos los operadores lo puedan cumplir. No obstante si se revisan las mediciones (anexo c) se expone que hay picos de establecimiento de la llamada muy altos, como se demuestra en la figura 28, los cuales afectan la calidad de servicio de las redes de telefonía móvil celular.
- En la figura 28 se puede observar que en el operador Movistar hay picos de tiempo de establecimiento de la llamada de hasta 23.93 segundos para llamadas a Fijos nacionales, en el operador Comcel se evidencian picos de hasta 32.06 segundos para llamadas al mismo operador y finalmente en el operador Tigo se muestran picos de hasta 42.62 segundos para llamadas al mismo operador, lo que coloca en detrimento la calidad de servicio de las redes de TMC en Colombia, aspecto que podría mejorar mediante una reglamentación o regulación de la calidad de servicio de los operadores de TMC.
- La figura 29 presenta el porcentaje de intentos de llamada con tiempo de establecimiento superior a 10 segundos en los tres operadores, esta medida ratifica lo mencionado, dado que se expone que el tiempo de establecimiento igual a 10 segundos es una buena medida, sin embargo existen algunas mediciones donde éste tiempo se supera y es esto lo que se debe controlar con la regulación, para que la comunicación sea transparente al usuario.

- La figura 30 expone los porcentajes de llamadas no completadas debido a la red, en algunos operadores estos porcentajes no están muy lejanos de alcanzar respecto a los propuestos, esto indica que la regulación es necesaria para poder controlar y mejorar este indicador. Lo mismo ocurre con el porcentaje de llamadas caídas expuesto en la figura 31.
- En la figura 31, se observa que es necesario una regulación de calidad de servicio, debido a que los índices de QoS medidos en los tres operadores, están por encima de lo valores que señala la UIT o la ETSI, incluso se encuentran por encima de los parámetros que evalúan otros países en cuanto a nivel de calidad de servicio en redes de telefonía móvil celular.
- Finalmente mediante la teoría de repetitibilidad y reproducibilidad se afirma que el instrumento de medición utilizado es repetible y reproducible, repetible en cuanto a que hay homogeneidad en los datos y reproducible en cuanto a que otras personas colaboraron en la adquisición de los datos. Para llegar a esta afirmación se realizó una prueba de anova en los dos experimentos realizados, y se analizaron dos factores llamadas caídas y llamadas no completadas debido a la red. A continuación se muestra los resultados de éstas pruebas.

Prueba Anova Llamadas caídas experimento 1

Este experimento consistió como se mencionó en tomar mediciones en cada uno de los operadores, se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Se Plantea la Hipótesis nula y la Hipótesis alternativa.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ hipótesis Nula .Donde se afirma que las tres medias de las lecturas son homogéneas.

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ hipótesis alternativa. Donde se niega que las tres medias de las lecturas sean homogéneas.

Tabla 49. Muestras Llamadas caídas por operador

Operador 1	Operador 2	Operador 3
2	1	3
5	2	3
1	7	4
1	1	3
0	3	4
2	3	3

0	2	2
1	3	3
1	2	1
4	2	2
2	2	4
13	3	2
1	1	2
1	2	7
0	1	5
2	0	4
2	1	6
6	1	0
2	1	2
4	1	3
0	0	1
2	2	0
2	3	2
4	1	1
1	0	2
2	1	1
2	0	1
3	2	2
2	0	1
4	3	1

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 50. Prueba Anova Llamadas caídas por operador

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Operador 1	30	72	2,4	6,248275862		
Operador 2	30	51	1,7	2,010344828		
Operador 3	30	75	2,5	2,74137931		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	11,4	2	5,7	1,554545455	0,217096605	3,101295757
Dentro de los grupos	319	87	3,666666667			
Total	330,4	89				

Fuente: Autor del proyecto

Se establece la regla de decisión. Para establecer esta regla se necesita el valor crítico. El valor crítico del estadístico con base en los grados de libertad.

Grado de Libertad del numerador : $k-1 = 3-1= 2$
 Grado de Libertad del denominador : $n-k = 90-3= 87$

Donde se obtiene de la tabla de valores críticos de la distribución F para un nivel de significancia 5%

$$F(3, 87) = 3.101295757 > F_{obtenida} = 1.5545$$

Por tanto se acepta la hipótesis nula y se dice que los datos son homogéneos.

Prueba Anova Llamadas caídas experimento 2

Este experimento se realizó con sólo un operador durante tres días. Se establece el mismo nivel de significancia del 5% y se hace el mismo análisis del experimento anterior.

Tabla 51. Muestras Llamadas caídas por día con un solo operador

Día 1	Día 2	Día 3
4	4	1
6	5	2
2	1	3
1	1	3
0	0	3
2	2	3
0	1	3
1	1	1
1	2	1
4	2	5
2	1	3
10	10	7
1	2	2
2	2	6
0	4	3
2	3	3
2	4	2
6	3	1
2	3	1

4	3	4
0	1	0
2	2	2
2	2	2
4	4	3
1	1	2
2	2	1
2	2	0
3	2	3
2	2	1
4	4	3

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 51. Prueba Anova Llamadas caídas por día con un operador

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Día 1	30	74	2,466666667	4,533333333		
Día 2	30	76	2,533333333	3,429885057		
Día 3	30	74	2,466666667	2,533333333		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,088888889	2	0,044444444	0,012702584	0,987379584	3,101295757
Dentro de los grupos	304,4	87	3,498850575			
Total	304,4888889	89				

Fuente: Autor del proyecto

De la misma forma como se analizó el anterior experimento el valor de F teórica es:

$$F(3,87) = 3.101295757 > F_{obtenida} = 0.0127025$$

Por tanto se acepta las mediciones y se dice que el experimento es estable por tanto repetible.

Prueba Anova Llamadas no completadas debido a la red Experimento 1

Para este experimento se toma el factor “Red ocupada” en las mediciones. De la misma forma se establece un nivel de significancia del 5%

Tabla 52. Muestras Llamadas no completadas por operador

Operador 1	Operador 2	Operador 3
0	3	9
3	3	10
1	4	9
1	4	3
2	2	4
4	1	4
4	2	3
4	3	5
3	4	6
1	4	6
6	7	7
0	0	7
11	1	9
9	0	10
5	0	4
4	1	6
8	1	4
8	0	7
5	1	6
5	2	6
0	1	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
0	0	1

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 53. Prueba Anova Llamadas no completadas por operador

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	30	84	2,8	10,1655172		
Columna 2	30	46	1,53333333	3,08505747		
Columna 3	30	128	4,26666667	11,5126437		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	112,266667	2	56,1333333	6,80040847	0,00180269	3,10129576
Dentro de los grupos	718,133333	87	8,25440613			
Total	830,4	89				

Fuente: Autor del proyecto

$$F(3,87) = 3.101295757 < F_{obtenida} = 6.80040$$

En este experimento se rechaza la hipótesis nula, no obstante las pruebas son significativas.

Prueba Anova Llamadas no completadas debido a la red Experimento 1

Este experimento se realiza haciendo 1825 llamadas durante tres días diferentes con un mismo operador, se toma como factor a analizar “Red ocupada”. Se establece un nivel de significancia del 5%.

Tabla 54. Muestras Llamadas no completadas por día

Día 1	Día 2	Día 3
3	0	8
5	3	6
3	1	10
3	1	13
3	3	7
5	6	2
5	4	4
5	4	1
3	3	5
1	2	5
5	7	9

5.2. MEDICIONES DE DATOS

En cuanto a la medición de datos, los resultados numéricos se evidencian en el anexo D. Como se mencionó anteriormente los parámetros a medir son el tiempo promedio de transmisión, el porcentaje de mensajes fallidos y el tiempo de recepción de los mensajes de texto enviados.

La siguiente figura muestra como se realizaron las mediciones en cada uno de los operadores.

Figura 34. Pantalla de adquisición de las mediciones realizadas



```
Send Sequences
Send Name Sequence
men27 1.111127<CR>
des1 +++AT<CR>
des2 AT+E2IPC<CR>
tx1 AT+CMGF=1<CR>
tx2 AT+CNMI=3,2,0,0,0
tx3 AT+CMGS="30031614
tx4 AT+E2IPD=1,"200.21
txlp ESTO ES UNA PRUEB
2 AT+CGDCONT=1,"IP",
men1 prueba001<SUB>

Receive Sequences
Active Name Sequence Answer

Communication
ASCII HEX Decimal Binary
UR<CR><LF>
10/07/2008 16:00:29.79 [TX] - AT+CMGF=1<CR>
10/07/2008 16:00:29.83 [RX] - AT+CMGF=1<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
10/07/2008 16:00:31.89 [TX] - AT+CMGS="3003161460"<CR>
10/07/2008 16:00:31.95 [RX] - AT+CMGS="3003161460"<CR>
<CR><LF>
>
10/07/2008 16:00:34.40 [TX] - ESTO ES UNA PRUEBA DE COMUNICACION<SUB>
10/07/2008 16:00:34.47 [RX] - ESTO ES UNA PRUEBA DE COMUNICACION<SUB>
+CMGS: 65<CR><LF>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
10/07/2008 16:00:53.75 [TX] - AT+CGDCONT=1,"IP","internet.comcel.coa.co"<CR>
10/07/2008 16:00:53.84 [RX] - AT+CGDCONT=1,"IP","internet.comcel.coa.co"<CR>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
10/07/2008 16:01:18.65 [TX] - AT+CMGS="3003161460"<CR>
10/07/2008 16:01:18.72 [RX] - AT+CMGS="3003161460"<CR>
<CR><LF>
>
10/07/2008 16:01:19.39 [TX] - prueba001<SUB>
10/07/2008 16:01:19.42 [RX] - prueba001<SUB>
10/07/2008 16:01:20.06 [TX] - AT+CMGS="3003161460"<CR>
10/07/2008 16:01:20.15 [RX] - <CR><LF>
OK<CR><LF>
<CR><LF>
OK<CR><LF>
10/07/2008 16:01:21.03 [TX] - prueba0002<SUB>
10/07/2008 16:01:21.06 [RX] - a
10/07/2008 16:01:21.70 [TX] - AT+CMGS="3003161460"<CR>
10/07/2008 16:01:21.76 [RX] - AT+CMGS="3003161460"<CR>
<CR><LF>
```

Fuente: 1 tomado de [29], 2 Autor del Proyecto

Básicamente para realizar las mediciones en datos, cómo se mencionó anteriormente, se utilizó una aplicación realizada por el grupo CEMOS de la UIS, que consiste en el envío de datos de un contador de agua a través de la red GPRS.

En dicha aplicación como lo evidencia la figura 16, se conectaba un módem GPRS a un computador y con la ayuda del programa Docklight, mediante comandos AT se envían datos alfanuméricos, los cuáles se transmitían por las redes de datos GPRS, a un servidor que registra el envío de dichos datos.

Los comandos AT utilizados fueron los siguientes:

```
ATE0<CR> " Con este comando se inicia el envío de datos"  
AT+CGDCONT=1,"IP","Internet.movistar.com.co"<CR> "Con este comando  
se envía el APN del operador"  
AT*ENAD=1,"GPRS 1","movistar","movistar",1,0<CR> "Con este comando  
se envía el usuario y el password de cada operador para el envío de  
datos vía GPRS"  
AT+CGATT=1<CR> "Comandos de interconexión"  
AT+E2IPA=1,1<CR>  
AT+E2IPI=0<CR>  
AT+E2IPO=1,"200.21.228.105",10011<CR> "Con este comando se enviaba  
la dirección IP del servidor y el puerto de salida"
```

Las mediciones sobre la aplicación móvil existente consistieron en observar los tiempos de transmisión y recepción de los datos, para de ésta forma evaluar un parámetro de calidad de servicio de las redes GPRS, y con ello apuntar a que la velocidad de transmisión de datos utilizado por los operadores del servicio, sea la indicada.

No obstante se hace hincapié que las mediciones apuntaban a revisar los tiempos de recepción y transmisión de los datos enviados.

Las mediciones de datos realizadas sobre la aplicación existente sólo se efectuaron sobre dos de los tres operadores de las redes de TMC en Colombia, debido a inconvenientes que se presentaron para realizar las mediciones sobre el operador TIGO. No obstante se considera que con las mediciones realizadas, es posible alcanzar el objetivo de contrastar lo investigado en la base teórica con la práctica en Colombia, y con ello generar las especificaciones para gestionar la calidad de servicio en datos de las redes de telefonía móvil celular en Colombia.

Operador Comcel

Para evaluar la velocidad de transmisión de datos por la red GPRS, se tomó una ventana de medición de 180 transmisiones en donde cada transmisión enviada constaba de 66 bits para un total de 11880 bits enviados.

El tiempo promedio de transmisión en las mediciones realizadas al operador Comcel estaba dado por la siguiente fórmula

$$T_{tx} = \frac{\sum Trx - Tx}{\text{Numero de transmisiones}}$$

Donde Ttx= Tiempo de transmisión de los datos enviados
Trx= Tiempo de recepción de los datos
Tx= Tiempo de transmisión de los datos

Obteniendo un tiempo de transmisión promedio de 3.5634 segundos, que es un tiempo aceptable para la transmisión de datos vía GPRS.

En cuanto a los mensajes de texto se enviaron 100 mensajes de texto, de los cuales 31 mensajes de texto no llegaron al receptor, a pesar de que el software registraba que si se había recibido, de aquí se hace la anotación de que cuando los mensajes eran enviados con muy poco espacio de tiempo entre uno y otro el mensaje no llegaba correctamente al receptor, no obstante si se dejaba un espacio de tiempo superior a tres minutos entre el envío de un mensaje y otro, el mensaje llegaba correctamente.

El promedio de tiempo de transmisión de un mensaje de texto y el porcentaje de mensajes fallidos esta dado por:

*Porcentaje de MS Fallidos: 31/100*100: 31%*

Tiempo de recepción promedio de un MS: 4.56 segundos

En cuanto a los mensajes de texto enviados, se observa que el porcentaje de mensajes fallidos es un poco alto, no obstante el tiempo de recepción del mensaje es un tiempo medianamente aceptable.

Operador Movistar

Para evaluar la velocidad de transmisión de datos por la red GPRS, se tomó una ventana de medición de 160 transmisiones en donde cada transmisión enviada constaba de 74 bits para un total de 11840 bits enviados.

Utilizando la misma fórmula para medir el tiempo de transmisión de datos en éste operador, se concluye que el tiempo promedio de transmisión en las mediciones realizadas en Movistar fue de 2.2 segundos, el cual de igual forma es un tiempo aceptable en cuanto a transmisión de datos vía GPRS.

En cuanto a los mensajes de texto se enviaron 100 mensajes de texto, de los cuales 12 mensajes de texto no llegaron al receptor.

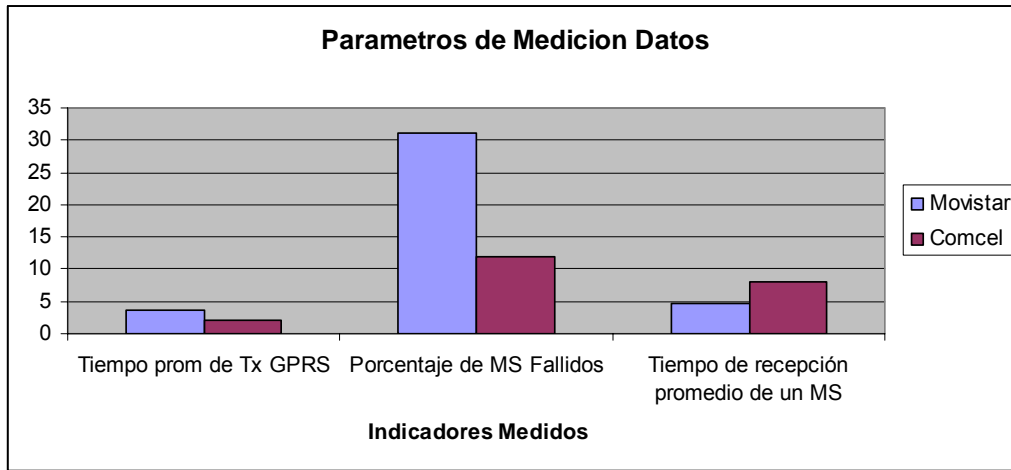
El promedio de tiempo de transmisión de un mensaje de texto y el porcentaje de mensajes fallidos esta dado por:

*Porcentaje de MS Fallidos: $12/100*100$: 12%*

Tiempo de recepción promedio de un MS: 8.51 segundos

En cuanto a los mensajes de texto enviados, se observa que el porcentaje de mensajes fallidos no es tan alto, no obstante el tiempo de recepción del mensaje es alto para los estándares de calidad de servicio internacional.

Figura 35. Indicadores de mediciones de datos por Operador



Fuente: Autor del proyecto

5.2.1. Resultados Mediciones Datos

Referente a las mediciones de datos se observa lo siguiente:

- El Tiempo de transmisión sobre una aplicación GPRS para los operadores sobre los cuales se efectuaron las mediciones es aceptable, por tal razón en el protocolo de especificaciones se puede establecer como un indicador mínimo un tiempo de transmisión de 2 a 4 Segundos.
- En cuanto a los mensajes de texto enviados, se evidencia en las mediciones un porcentaje alto de mensajes fallidos, y un tiempo de recepción de SMS elevado, no obstante se sugiere evaluar éste servicio en cada uno de los operadores, para alcanzar un % de SMS fallidos del 5% y un tiempo de recepción de SMS de 2 a 4 segundos, de acuerdo como lo establece la UIT, en sus especificaciones para datos.

6. VALORACIÓN DE EXPERTOS

En éste capítulo se expone la valoración de expertos, a los cuáles les fue enviado el protocolo de especificaciones, una vez fue generado.

Los expertos se seleccionaron de acuerdo a la experiencia en el campo de las comunicaciones móviles. Para efectos de sondeo, el documento fue enviado a tres sectores: Sector académico, Sector empresarial (operadores del servicio) y Sector gubernamental (Comisión Reguladora de Telecomunicaciones).

A continuación se presenta la opinión de cada experto que realizó la validación del protocolo de especificaciones. *Nota: Ver Anexo E (Evidencias de Validación y Resumen Curriculum Vitae de cada par)*

- **SECTOR EMPRESARIAL**

Ing. GUSTAVO ADOLFO DÍAZ TABARES

Valoración del Documento

“Después de revisar el documento, veo que tiene los parámetros básicos necesarios para hacer las medidas de QOS en redes móviles. Lo único que recomiendo es sugerir un estándar para las causas de liberación de llamadas (no las veo en el documento que me enviaste), estas causas determina de forma explicita el indicador GDS Y CDS. Con esto se lograría que los operadores midieran los mismos parámetros partiendo de las mismas causas de liberación”.

Ing. JULIO CESAR MANZANO ASCANIO

Valoración del Documento

“La Tesis es buena, porque indica en detalle los procedimientos y normas para determinar calidad del servicio en Redes Celulares. Y adicionalmente se presenta una resultado “práctico” de las mediciones de calidad del servicio que prestan los actuales operadores de Celular en Colombia, tomadas desde diferentes puntos de vista.

La crítica constructiva, es que si se especializa cada uno de estos tópicos: Por ejemplo: Calidad del servicio de Llamadas, Calidad del servicio para de Mensajes SMS o servicios de Datos Móviles, o la calidad de Tx de la conexión entre el celular y su estación base, etc. Y se desarrolla en profundidad, se logra una mayor identificación de posibles fallas en la Red de los diferentes operadores, y mejorar el servicio, que es un valor agregado muy importante que puede dejar este documento al interior de estas Empresas.

Otro aspecto a analizar que se deriva de este documento, es generar un Ranking comparativo de Calidad del servicio de los operadores, con las implicaciones de imagen que esto puede generar ante la opinión pública. Este es un modelo que se puede aplicar para desnudar las fortalezas o debilidades que tienen los diferentes Operadores en la Calidad del Servicio que prestan a sus clientes, y que puede orientar a las personas para escoger la mejor alternativa (además de la económica) para adquirir los servicios de uno u otro operador.

Sería interesante que la CRT se entere de este desarrollo, como marco de referencia de un procedimiento que en mi concepto se puede desarrollar más a fondo y determinar indicadores que permitan mejorar la calidad del servicio del servicio de Telefonía Móvil Celular, que en mi concepto la Comisión no lo ha desarrollado con la importancia que esto implica”.

Ing. JOSE RICARDO DIAZ ESPINOSA

Valoración del documento

“Creo que se debería apuntar a menos temas pero con mayor profundidad, es decir, trabajar por ejemplo solamente con el indicador de Calidad del Servicio, apalancando la posibilidad de trabajar sobre la mejora continua en el proceso de completación de llamadas y, por ahora, dirigido al servicio de voz.

Con un objetivo definido como el que planteo, la metodología de recolección de información es el principio y fundamento elemental sobre el cual actuar; de cara a ello se debería recavar datos de un histórico de por lo menos un año, a fin de no trabajar sobre probabilidades sino sobre tráfico real. Esto implica 7X24X365 de información de los tres operadores en servicio.

A partir de una base de datos como la expuesta antes, con seguridad podremos determinar cifras objetivas de la operación de la TMC en Colombia y, con ella, ahora si referida a estándares internacionales proyectar metas de cumplimiento mensual orientadas al mejoramiento continuo del servicio a los clientes; (allí se determinarían los índices de completación y pérdidas admitidas.).

Una regulación sobre el particular implicaría entonces, la generación de un esquema de mediciones periódico para todos los operadores con metas definidas de mejora, atadas por ejemplo, al tema tarifario.”

- **SECTOR ACADÉMICO**

Ing. ANDRÉS NAVARRO

Valoración del Documento

“El documento es muy bueno para Colombia, y la metodología se puede aplicar, sólo tengo 3 observaciones: La primera, el SMS no es un servicio de datos estrictamente hablando, y las estadísticas se obtienen del SMS center. Segundo, Me parece que los porcentajes mínimos que sugieres están un poco altos, pues como se dice en el mismo texto, en GSM se maneja un porcentaje del orden del dos por ciento.

La tercera, para el cálculo del GDS se debe dar un peso específico mucho mayor a las llamadas caídas que a los intentos fallidos, pues la percepción del servicio es diferente en ambos casos.”

- **SECTOR GUBERNAMENTAL (CRT)**

Ing. ROBERTO DÍAZ GRANADOS

Valoración del Documento

“No corresponde a las funciones de la CRT, emitir concepto u opiniones sobre esta clase de trabajos, pues esto podría interpretarse como una forma de avalar el protocolo, cosa que no se puede hacer pues la CRT adopta esta clase de disposiciones a través de actos administrativos. La Dra. Mónica podría aportar sus estudios como un insumo para una eventual revisión de

las disposiciones, sin que por ello la CRT adquiriera una obligación contractual con ella. En tal caso, el camino a seguir sería proponer un proyecto regulatorio debidamente sustentado.”

6.1. Resultados Valoración de Expertos

Como resultado de la valoración de expertos se hace evidente que la propuesta de una regulación en calidad de servicio para los operadores de telefonía móvil en Colombia es muy importante. En todos los sectores se opina que además de ser importante es necesario y que ello conllevaría a revisar otros aspectos como la tarificación, la cobertura y los equipos de red de cada uno de los operadores actuales.

En cuanto a las observaciones de los expertos, se tuvieron en cuenta en la medida de lo posible, de forma que no se afectara los objetivos de la tesis.

7. CONCLUSIONES

7.1. GENERALES

- Es evidente la ausencia de una regulación clara para medir los parámetros de calidad de servicio en los operadores de TMC en Colombia y que estos a su vez sean transparentes a los usuarios.
- Las mediciones realizadas evidenciaron que aún existen falencias en la integridad del servicio, la accesibilidad a la red y la accesibilidad del servicio, aunque sólo se realizaron medidas sobre algunos de los parámetros que a estos se refiere.
- Mediante un protocolo de especificaciones de calidad de servicio los organismos de regulación de las telecomunicaciones en Colombia tendrán más control sobre los operadores de telefonía móvil celular.
- En caso de establecerse una regulación de calidad de servicio, Colombia se uniría a los países que ya la poseen y habría un avance en regulación de los servicios de telecomunicaciones del país.
- Al exigir unos parámetros mínimos de QoS a los operadores en Colombia, cabe la posibilidad de crear organismos de certificación de calidad de servicio de los mismos, los cuales realizarían auditorías de calidad sobre los operadores, lo que a su vez crearía la necesidad de la existencia de un sistema de gestión de calidad, que corregiría de alguna forma muchas de las quejas y peticiones de los usuarios.

7.2. REFERENTES A LOS OBJETIVOS

Se concluye que con el presente documento se da cumplimiento a los objetivos propuestos inicialmente, lo que se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 56. Conclusiones referentes a los objetivos

Objetivo Relacionado	Producto	Indicador verificable
1	Estudio del estado del arte de las comunicaciones móviles	Anexo A
2	Caracterización de la normatividad en calidad de servicio de redes de Telefonía Móvil a nivel nacional e Internacional	Capitulo 2 del presente documento
3	Pruebas, Mediciones y Validación de las especificaciones de QoS	Capitulo 4, 5 y 6 del presente documento
4	Especificaciones de calidad de servicio para los componentes de la red	Capitulo 3 del presente documento.

Fuente: Autor del proyecto

7.3. IMPACTO

El presente documento cumple con su alcance debido a que apunta a resolver una necesidad colombiana en cuanto a que no existe actualmente una revisión de calidad de servicio en los operadores de telefonía móvil celular, lo que lo convierte en un aporte para la sociedad, para agilizar los trámites normativos a los cuales hace referencia. Como se mencionó el documento fue enviado a la Comisión Reguladora de Telecomunicaciones CRT y fue agendado para ser revisado en junta de comisionados, debido a su importancia.

Por otra parte fue presentado ante diferentes expertos en el área de comunicaciones móviles y todos concluyeron que el documento tiene alto impacto, debido a que con ello se generan nuevos procesos internos en los operadores de TMC para mejorar tarificación, cobertura, problemas de red, entre otros.

De la presente tesis, se generaron productos académicos como: 2 artículos en la revista indexada “Gerencia Tecnológica Informática” y una ponencia virtual en el III Seminario Internacional de Telecomunicaciones en la Habana-Cuba.

Por otra parte se promovió la pluridisciplinariedad al retomar una aplicación móvil construida por el grupo de investigación CEMOS de la UIS y realizar las mediciones de datos sobre dicha aplicación.

7.4. TRABAJO FUTURO

La visión para el protocolo de especificaciones de calidad de servicio, es en efecto convertirlo en un proyecto de ley ante el Ministerio de Comunicaciones y generar como proyectos de pregrado temas que no se revisaron en ésta tesis como por ejemplo los procesos internos que deben llevar los operadores de TMC para cumplir con los indicadores de QoS, la generación de empresas auditoras y/o certificadoras de calidad de servicio de los operadores de telefonía móvil celular, aplicación de un proceso de certificación ISO a los operadores de TMC, identificación de elementos comunes de fallas de red para genera un plan de mejoramiento de la calidad de servicio de los operadores de TMC en Colombia.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Tecnología de la Información y las comunicaciones. Tomado de Internet www.conicet.gov.ar/becas/archivos_gral/2005/listado_areas_vacancia/tecn_info_y_comunic.doc -
- [2] Nivel de satisfacción del usuario de telefonía móvil celular.-Prepago-.Concenso S.A Investigación de Mercados. Comisión Reguladora de Telecomunicaciones. Colombia. Noviembre de 2006.
- [3] Nivel de satisfacción del usuario de telefonía móvil celular.-Pospago-.Concenso S.A Investigación de Mercados. Comisión Reguladora de Telecomunicaciones. Colombia. Noviembre de 2006.
- [4] Ruth Vilar Mateus. Calidad de Servicio IP en redes móviles. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. España. 2005
- [5] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT. <http://www.itu.int/net/home/index-es.aspx>
- [6] Release 97. GSM and GPRS. ETSI. Noruega. 1997
- [7] Release 99. GSM and GPRS. ETSI. Noruega. 1999
- [8] ETSI. European Telecommunication Standard Institute. www.etsi.org
- [9] Recomendación UIT-R M.1079-2. Requisitos relativos a la calidad de funcionamiento y servicio en las redes de acceso a las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000). Estados Unidos. 2003
- [10] Recomendación UIT-T E770. Calidad de servicio, gestión de la red e ingeniería de tráfico. Concepto de grado de servicio de Tráfico en la interconexión de Redes móviles terrestres y fijas. Estados Unidos. 1993
- [11] Recomendación UIT-T E800. Términos y definiciones relativos a la calidad de servicio y a la Calidad de funcionamiento de la red, incluida la seguridad de funcionamiento. Estados Unidos. Agosto 1994.
- [12] Recomendación UIT-T E801. Marco para los acuerdos sobre calidad de servicio. Estados Unidos. Octubre 1994.
- [13] Recomendación UIT-T G174. Objetivos de calidad de transmisión para los sistemas digitales terrenales sin hilos que utilizan terminales portátiles para acceder a la red telefónica pública conmutada. Junio 1994.
- [14] Recomendación UIT-T E720. Concepto de grado de servicio en la RDSI. Estados Unidos. Noviembre 1988.
- [15] Recomendación UIT-T E721. Parámetros y valores objetivo de grado de servicio de red para servicios con conmutación de circuitos en la RDSI en evolución. Estados Unidos. Mayo 1999.
- [16] ETSI TS 123 107. Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Quality of Service (QoS) concept and architecture. Diciembre 2004.

- [17] ETSI TS 123 107. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Quality of Service (QoS) concept and architecture. Junio 2005.
- [18] ETSI TS 102 250. Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks. Octubre 2004.
- [19] GSM Technical Specification. European Telecommunications Standards Institute. GSM 02.01 version 5.5.0 Release 1996.
- [20] ETSI EG 201 769. Speech Processing, Transmission & Quality Aspects (STQ); QoS parameter definitions and measurements. Octubre 200.
- [21] Comisión federal de telecomunicaciones. Acuerdo mediante el cual la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de la Comisión Federal de Telecomunicaciones, emite el Plan Técnico Fundamental de Calidad de las Redes del Servicio Local Móvil. México. Agosto de 2003
- [22] CONATEL. www.conatel.gov.ec/
- [23] OPSITEL. <http://www.osiptel.gob.pe/Index.ASP?T=P&P=3383>
- [24] Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, subsecretaria de telecomunicaciones República de Chile. Norma Técnica para el servicio público de telefonía móvil celular que opera en la banda de 800 Mhz.Pdf. Santiago de Chile. Abril 1997.
- [25] Resolución N° 18.979/99. CNC. Reglamento de calidad de servicio para el servicio de Radiocomunicaciones movil celular (srmc) Y para el servicio de telefonía movil (stm). Buenos Aires Argentina Julio 1997.
- [26] ANTEL. <http://www.antel.com.uy/>
- [27] ORDEN ITC/912/2006, condiciones relativas a la calidad de servicio en la prestación de los servicios de comunicaciones electrónicas. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Secretaría de estado de Telecomunicaciones y para la sociedad de la información. <http://www.mityc.es/Telecomunicaciones/Secciones/calidadservicio/>
- [28] Saavedra Lisa. Sistema de telemetría para automatizar la lectura de consumos en los medidores de agua. Tesis de Maestría. UIS. 2008.
- [29] Álvarez Mario, Ballesteros Edinson. Diseño De Un Sistema De Telemetría Inalámbrico Para Automatizar La Lectura De Consumos En Los Medidores De Agua. Tesis de Pregrado. UIS. 2007.
- [30] AT Command Manual. Sony Ericsson Mobile Communications International. Abril 2006.
- [31] Software Docklight. <http://www.docklight.de/>
- [32] Resolución 425 de 2001. Por medio de la cual se modifica la metodología de medición del indicador “Nivel de satisfacción del usuario”. República de Colombia. Bogotá . Septiembre de 2001.
- [33] C. Chioariu, “QoS in UMTS”, Helsinki University of Technology, Seminar on Interworking 2004

- [34] Servicios de Valor Añadido en Redes Móviles Ad-hoc, Iván Vidal, Carlos García, Ignacio Soto, José Ignacio Moreno Departamento de Ingeniería Telemática Universidad Carlos III de Madrid
- [35] Pervasive and Mobile Computing., Revistas EBSCO, ISSN 1574-1192, Elsevier Science.
- [36] Exploring the impact of culture on quality management, *Stefan Lagrosen*. The International Journal of Quality & Reliability Management. Bradford: 2003. Vol.20, Iss. 4/5; pg. 473, 15 pgs.
- [37] Solving the Qos puzzle. *Alun Lewis*. Telecommunications International. Norwood: Aug 2002. Vol.36, Iss. 8; pg. 22, 3 pgs
- [38] Mobile Communication Engineering. Lee, William C.(Author). Mobile Communications Engineering. Blacklick, OH, USA: McGraw-Hill Professional Book Group, 1997. p 692.
<http://site.ebrary.com/lib/bibliouis/Doc?id=10015288&ppg=717>
- [39] Telefónica. Sociedad de la Información. Publicaciones. Las Telecomunicaciones de nueva generación. España 2004. Tomado de Internet:
http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/html/publicaciones_home.shtml
- [40] Ferrer David. Redes de Telefonía Móvil. Jornadas de Localret. Barcelona. Diciembre 2004
- [41] Vodafone Comunicaciones. Online.
<http://www.vodafone.es/responsabilidad>
- [42] Overview Telefonía Celular GSM/GPRS. Curso Práctico.
- [43] Gavilan Javier. Evolución de los Sistemas Móviles Conceptos Básicos GSM. Introducción al GSM. España: Curso Enero 2000.
- [44] Guerrero Fabio, Vejarano Gustavo Adolfo, Moreno Parra Javier. Introducción A Los Sistemas De Comunicaciones Móviles Modernos. Área de Telecomunicaciones EIEEE Universidad del Valle.
- [45] Grupo de Consultoría CMMI. Disponible online
<http://www.grupoconsultoria.com.co/glorariocmmi.htm>
- [46] Martínez Bencardino Ciro. Estadística y Muestreo. Decimo segunda edición. Ecoe-ediciones. Bogotá. 2005.
- [47] Cintel Online. <http://www.cintel.org.co>
- [48] Datos Históricos Bucaramanga. Online.
<http://www.bucaramanga.gov.co>
- [49] Martín Miguel. Mateos Aparicio Greoria. El análisis de la varianza en la investigación comercial. Prentice Hall. Madrid 2002.
- [50] Devore Jay L. Probabilidad y estadística para ingenierías y ciencias. Sexta edición. Editorial Thomson. México 2005.

ANEXO A. CARACTERIZACIÓN TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

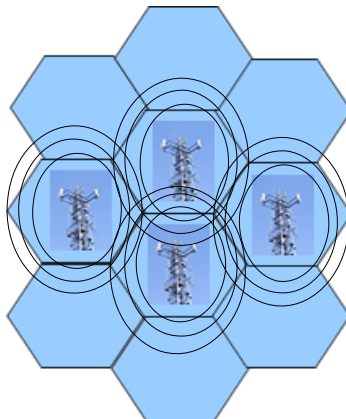
1. TELEFONÍA MÓVIL CELULAR TMC

En este anexo se contextualizarán y caracterizarán los conceptos sobre Telefonía Móvil Celular, así como la historia y evolución y el estado del arte a nivel nacional e internacional.

1.1. DEFINICIÓN

El concepto básico de la Telefonía Móvil Celular (TMC) es muy sencillo: es una red que se compone de áreas, las cuáles a su vez se dividen en celdas (células) hexagonales que se encajan para poder formar un patrón de panal, como se muestra en la figura 1. Esta división permite la re-utilización de frecuencias a través del área o ciudad, permitiendo que muchas personas puedan acceder a una llamada telefónica simultáneamente.

Figura 1. Cluster de una Red Móvil



Fuente: Autor del Proyecto

En cada área geográfica de una red de telefonía móvil celular se distribuyen 666 canales de radio celular; esto significa que cada transceptor con un área envolvente tiene un subconjunto fijo de 666 canales de radio disponibles, basados en el flujo de tráfico anticipado.

Como se mencionó anteriormente, las áreas se componen de celdas; la forma de hexágono de cada celda se debe a que la transmisión que

proporciona es más efectiva que la de un patrón circular, dado a que elimina espacios presentes entre los círculos adyacentes (técnicamente elimina la interferencia cocanal).

Una célula o celda se define por tres características: tamaño físico, tamaño de población a la cual le va a proporcionar cobertura y patrones de tráfico, siendo estas dos últimas las más importantes. De acuerdo con el tipo de celda varían de tamaño, pueden abarcar desde pocos metros hasta 64 kilómetros cuadrados o más. El radio mínimo está determinado por limitaciones técnicas en los procesos de handoff y de instalación de equipos. Para dar mayor servicio se utilizan celdas de menor tamaño. El número de celdas por área lo define el operador y lo establece de acuerdo con los patrones de tráfico establecidos con anterioridad.

Existen diferentes tipos de celdas (Ver figura 2), debido a que la densidad de población en un país es muy variada. Éstas se dividen en:

- *Macroceldas:* Son celdas grandes, para áreas con población dispersa.
- *Microceldas:* Éstas celdas son usadas para áreas densamente pobladas.
- *Picoceldas:* Son las celdas de menor tamaño utilizadas para interiores
- *Celdas Selectivas:* Son celdas con una forma particular de cobertura.
- *Celdas Paraguas:* Son celdas que tienen el nivel de potencia aumentado, para reducir el número de handoff.

Figura 2. Tipos de Celdas



Fuente: [39]

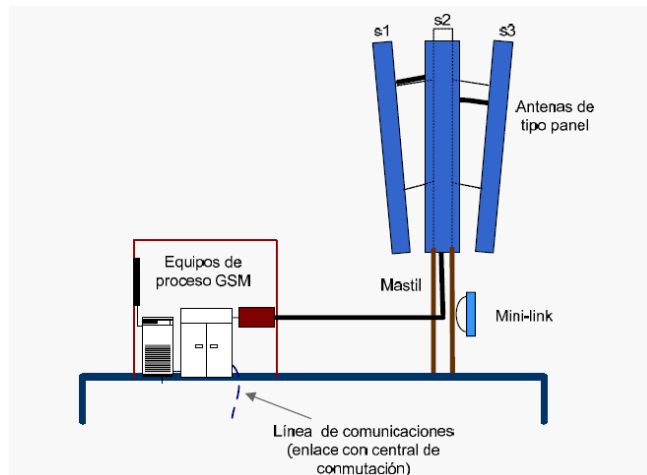
1.2. COMPONENTES, EQUIPOS DE UNA RED DE TMC

Las redes de telefonía móvil celular comprenden una serie de equipos hardware y software, los cuales permiten que éste sea un servicio de telecomunicaciones haciendo posible la comunicación de un punto a otro. A continuación se describen brevemente:

1.2.1. Estación Base Es denominada como uno de los elementos más importante que se encuentran en las celdas, la estación base o Base Transceiver Station (BTS) consiste en una torre de antenas y una pequeña construcción donde se alberga el equipo de radio comunicaciones. Las antenas y casetas están conectadas mediante cable coaxial o fibra óptica.

Una Estación Base es así, el primer eslabón en la conexión entre un teléfono móvil y otro teléfono, ya sea fijo o móvil, éstas sirven como un control central para todos los usuarios dentro de una célula. Entre sus funciones podemos encontrar que una BTS , puede servir como una estación retransmisora de alta potencia, dado a que las TM (Terminal Mobile) o teléfonos móviles transmiten a la estación base y la estación base emite esas transmisiones a una potencia mayor. Otra función es la de proporcionar cobertura para que desde cualquier punto se pueda establecer la llamada.

Figura 3. Elementos de una estación base GSM





Fuente: [40] [41]

Cada estación base está interconectada con la otra por medio de una red de radio con una frecuencia de 900-1900 MHz, (dependiendo del estándar que se emplee, los cuáles se mencionarán más adelante) que comunica un conjunto de celdas; así pues la red de radio se define por el conjunto de transmisores y receptores de radio frecuencia ubicados en el centro físico de cada celda, los cuáles transmiten ondas electromagnéticas de baja intensidad que hacen posible la comunicación.

1.2.2. Controlador de Estaciones Base Las estaciones base están distribuidas sobre un área de cobertura del sistema, el conjunto de las BTS junto con la BSC (Base Station Controller, controla las BTS) se denomina BSS (Base Station Subsystem). El controlador de estaciones base (BSC) se introduce para eliminar complejidad de la BTS, y es el que se encarga de las funciones de control de radio y concentración de tráfico.

En otras palabras, el BSC administra cada uno de los canales de radio en el sitio, supervisa llamadas, enciende y apaga el transceptor de radio, inyecta información a los canales de control y usuario y realiza pruebas de diagnóstico en el equipo de sitio de la celda.

1.2.3. Centro de Conmutación Móvil El subsistema de estaciones base opera bajo la dirección de un centro de conmutación móvil, que básicamente es un conmutador telefónico digital y es el corazón del sistema celular; éste agrupa a un conjunto de BSS cubriendo una amplia zona geográfica, y es similar a una central de conmutación de la red fija pero con funcionalidades propias de la red móvil.

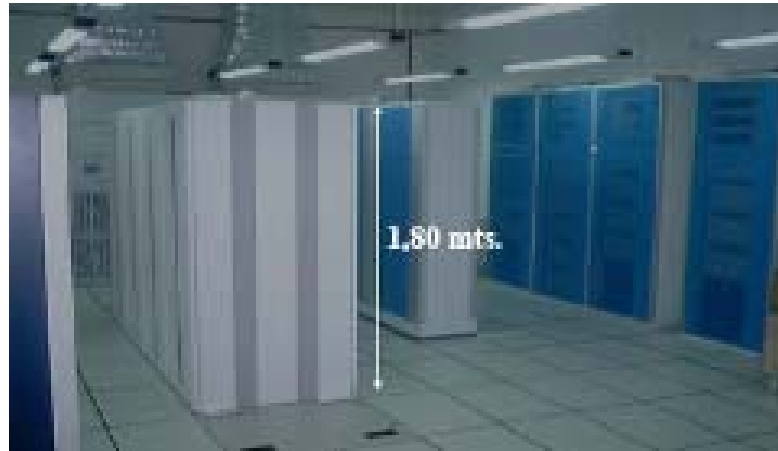
A éstos conmutadores se les conoce por diferentes nombres dependiendo del fabricante y la configuración del sistema. En esta tesis lo denominaremos MSC (Mobile Switching Center) que es el nombre más común. Por ejemplo los laboratorios Bell lo denominaron MTSO (Mobile Telephone Switching Office), Motorola lo nombro EMX (Electronic Mobile Exchange), Ericsson lo denomino AEX, NEC lo nombró NEAX, y Novatel MMC (Master Mobile Center).

Entre las funciones del MSC(Ver figura 4), encontramos las siguientes:

- Administración de llamadas CM (Call Management): es el encargado del establecimiento, liberación y routing entre llamadas, es decir controla el procesamiento y establecimiento de llamadas así como la realización de llamadas.
- Interfaz con otras redes (PSTN, ISDN): un MSC puede funcionar como GMSC enrutando tráfico hacia otras redes como la red de telefonía pública conmutada (PSTN) o la red digital de servicios Integrados (ISDN); controla la conmutación entre la red telefónica pública y los BSC para todas las llamadas de alámbrica a móvil, móvil a alámbrica y móvil a móvil, acordando las instalaciones de transmisión de voz con líneas alámbricas y servicios de telefonía con líneas alámbricas convencionales.
- Administración de Movilidad MM (Mobility Management): se encarga de administrar la localización, autenticar las llamadas e identificar los terminales móviles. Procesa información recibida de los BSC que contiene el estado de la unidad móvil e información de diagnóstico. Mantiene la información de acceso en el VLR(Virtual Local Register) asociado.
- Administración de Radio RM (Radio Management): gestiona los Handovers entre MSC, el Paging, señalización, supervisión, conmutación y distribución de los canales de RF.
- Información de Facturación: Procesa la información y compilación de facturas

El conmutador electrónico se comunica con los BSC por medio de un protocolo de comunicaciones.

Figura 4. MSC físico



Fuente: [42]

1.2.4. Transcodificador y unidad de adaptación de tasa de tráfico Otro elemento que compone la red de telefonía móvil celular es el TRAU(Transcoder and Rate Adaption Unit) o Transcodificador y Unidad de adaptación de tasa de tráfico, como su nombre lo menciona su función es realizar la transcodificación entre la voz de la Ley A (PCM) a 64 Kbps y la voz RPE-LTP (Regular Pulse Excited coding with a Long Term Prediction) a 13 Kbps, de igual forma realiza la adaptación entre las tramas de datos utilizadas en la red fija y la parte radio.

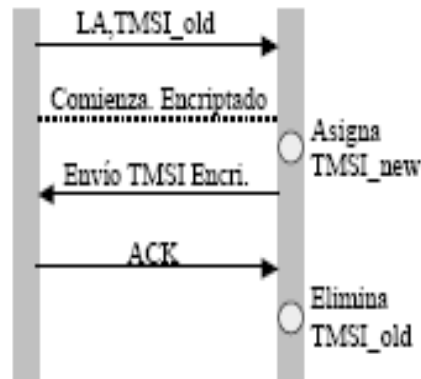
EL TRAU puede estar situado en el BSS, pero en determinados casos se aloja en el propio MSC con el fin de minimizar costos de transmisión.

1.2.5. Registro Local Virtual y Registro Local de área Un componente que se mencionó anteriormente es el VLR (Virtual Local Register) Registro Local Virtual, que junto con el HLR (Home Local Register) o registro local de área consignan toda la información tanto del terminal móvil como la estación base.

El VLR suele estar asociado a un MSC (par MSC/VLR). Su función es proporcionar un repositorio de datos de suscripción de los móviles que operan en un área de localización. Se denomina virtual debido a que los datos que se depositan están en constante actualización cada 24 horas.

Cuando un Terminal móvil entra en una red o se mueve a un MSC/VLR dentro de la propia red, el MSC/VLR interroga al HLR o al antiguo MSC/VLR, preguntándole los datos del Terminal móvil. (Ver la figura para comprender mejor su funcionamiento).

Figura 5. Funcionamiento del VLR



Fuente: [43]

El VLR contiene la información de:

- IMSI (Internacional Mobile Subscriber Identity)
- MSISDN (Mobile Station International ISDN Number)
- TMSI (Temporal Mobile Subscriber Identity)
- Área de localización donde el terminal móvil está registrado
- Mobile Station Roaming Number
- Parámetros de servicios suplementarios
- Información de autenticación

Por otra parte cada red debe tener por lo menos un HLR, que se sitúa normalmente en una instalación central, el HLR proporciona un repositorio central de datos de suscripción.

Generalmente existe un código nacional, código de destino nacional y código de suscripción, los cuáles se almacenan en el HLR.

El HLR contiene la siguiente información:

- Información de suscripción para facturación

- Información de Localización (MSC y VLR en que se encuentra el móvil)
- IMSI
- Información de suscripción a los diferentes teleservicios y servicios portadores
- Información de los servicios suplementarios
- Restricciones de servicios.
- Mobile Station International ISDN Number

1.2.6. Centro de Autenticación Asociado al HLR encontramos el AUC (Authentication Center) o Centro de Autenticación, éste contiene una base de datos que mantiene los datos de cada abonado móvil para permitir la identificación internacional de abonados móviles (IMSI), realizar la autenticación del abonado y cifrar la comunicación vía radio entre el móvil y la red.

Para realizar la autenticación y el cifrado existen varias claves que se envían a la red de TMC vía HLR hasta el VLR. Estas claves son las siguientes:

- Clave de autenticación secreta Ki, que consta de 128 bits y esta directamente relacionada con el AUC y la SIM card del Terminal móvil.
- RAND. Número aleatorio de 128 bits generado por el AuC.
- SRES (Signed Response). Número de 32 bits generado a partir del Algoritmo A3 [7] con Ki y RAND como entradas.
- Kc Secuencia de 64 bits generada a partir del algoritmo A8 [7].

1.2.7. Equipo de Registro de Identificación Por otra parte encontramos el EIR (Equipment Identity Register), cuya función es servir como repositorio de datos que almacena los IMEI (International Mobile Station Equipment Identity) utilizados por el sistema GSM.

Éste componente es muy importante dado que allí es donde se guardan las listas de los teléfonos que están legalmente en forma, los teléfonos robados y los fraudes que se producen en el mercado, éstas listas se denominan de esta forma:

- La lista blanca. Ésta lista siempre debe reposar en el EIR, identifica a los equipos que están autorizados de recibir y realizar llamadas.

- La lista gris identifica a los equipos que pueden hacer y recibir llamadas, pero que pueden ser monitoreados para descubrir la identidad del usuario utilizando la información almacenada en la SIM.
- La lista negra identifica a los equipos que se les impide conectarse a la red. Por lo tanto no pueden realizar ni recibir llamadas.

1.2.8. Canal Para realizar una comunicación se utilizan canales lógicos. Los cuáles agrupan la información a transmitir entre la estación base y el Terminal móvil. Los canales lógicos se pueden separar en dos categorías principalmente: - Los Canales de Tráfico (TCHs) - Los Canales de Control. A continuación se describirán los diferentes tipos canales que hacen posible la comunicación:

1.2.8.1. Canales de Control Dentro de ésta categoría se encuentran tres subdivisiones: los canales de difusión ("broadcast" ó BCH), los canales comunes (CCCH) y los canales dedicados (DCCH). Cada canal de control consiste en varios canales lógicos distribuidos en el tiempo para proporcionar las funciones de control necesarias. Así pues se dividen en tramas temporales de 4,61 ms, fragmentadas en 8 slots cada una (esto para redes GSM/TDMA).

Los canales de control downlink de difusión y comunes se implementan sólo en ciertos *Canales de Radio Frecuencia Absolutos (ARFCN)* y se localizan en slots de tiempo de una forma específica. Concretamente, estos canales se localizan solo en el TS (Time Slot) 0 y se emiten sólo durante ciertas tramas dentro de una secuencia repetitiva de 51 tramas (llamada multitrama de control del canal) sobre aquellos canales de radio frecuencia absolutos que se diseñan como canales "broadcast". Desde TS1(Time Slot 1) hasta TS7(Time Slot 7) se lleva canales de tráfico regulares.

1.2.8.1.1. Canales "Broadcast" (BCH) El Canal de difusión opera exclusivamente en el enlace "downlink" de un canal de radio frecuencia absoluto específico dentro de cada celda, y transmite datos sólo en el primer slot (TS 0) de algunas tramas. Entre sus funciones encontramos las siguientes:

- El BCH sirve como un canal guía para cualquier Terminal móvil cercano que lo identifique y se incorpore a él.

- El BCH proporciona sincronización para todos los terminales móviles dentro de la celda y se monitoriza ocasionalmente por los terminales móviles de celdas vecinas para recibir datos de potencia y poder realizar las decisiones de handover.

Dentro de los canales BCH se definen tres tipos de canales separados que tienen acceso al TS0 durante varias tramas de la multitrama de control formada por 51 tramas.

- a. Canal de Control de "Broadcast" (BCCH)- El BCCH es un canal downlink cuya función es enviar información de identificación de celda y de red, así como características operativas de la celda (estructura actual de canales de control, disponibilidad de canales, y congestión). El BCCH también envía una lista de canales que están en uso en una celda. Desde la trama 2 a la 5 de una multitrama de control están contenidos los datos BCCH. En general este canal comunica desde la estación base al Terminal móvil la información básica y los parámetros del sistema.
- b. Canal Corrector de Frecuencia (FCCH) - El FCCH es una ráfaga de datos que ocupa el TS0 para la primera trama dentro de la multitrama de control, y que se repite cada diez tramas. Su función principal es permitir a cada terminal móvil sincronizar su frecuencia interna de oscilación a la frecuencia portadora exacta de la estación base.
- c. Canal de Sincronización (SCH) - El SCH se envía en el TS0 de la trama inmediatamente después del canal corrector de frecuencia y se usa para identificar a la estación base servidora mientras que permite a cada móvil la sincronización de las tramas con la estación base. En otras palabras el canal de sincronización informa al terminal móvil sobre la secuencia de entrenamiento (*training*) vigente en la estación base, para que el móvil la incorpore a sus ráfagas. El número de tramas (FN), que oscila entre 0 hasta 2,715,647, se envía con el código de identificación de la estación base (BSIC) durante la ráfaga SCH. El BSIC es asignado individualmente a cada estación base. Dado que un móvil puede estar hasta a 30 km de la estación base, es necesario frecuentemente ajustar la temporización de un usuario móvil particular de forma que la señal recibida en la estación base se sincroniza con el reloj de la estación base.

1.2.8.1.2. Canales de Control Comunes (CCCH) Los canales de control comunes ocupan el Time Slot (TS0) de cada trama que no esté ocupada por los canales de difusión o por tramas inactivas. Entre sus funciones se encuentra que se utilizan para buscar a los abonados, asignar canales de señalización a los usuarios, y recibir contestaciones de los móviles para el servicio.

Un Canal de control común puede estar formado por tres tipos diferentes de canales: el canal de búsqueda (PCH) "downlink", el canal de acceso aleatorio (RACH) "uplink", y el canal de acceso concedido (AGCH) "downlink".

- a. Canal de Búsqueda (PCH) – También se denomina canal de Paging, su función es proporcionar señales de búsqueda a todos los terminales móviles de una celda, y avisa a los terminales móviles si se ha producido alguna llamada entrante hacia el terminal. Son los canales usados para mantener en ubicación temporal a un terminal. El PCH transmite el IMSI (Identificación de Abonado Móvil Internacional) del abonado destino, junto con la petición de reconocimiento del terminal móvil a través de un canal de acceso aleatorio (ver más adelante). Alternativamente, el PCH se puede usar para proporcionar envíos de mensajes tipo ASCII en las celdas, como parte del servicio SMS.
- b. Canal de Acceso Aleatorio (RACH) - El RACH es un canal "uplink" usado por el terminal móvil para confirmar una búsqueda procedente de un canal de paging, y también se usa para originar una llamada. El canal de acceso aleatorio alberga las peticiones de acceso a la red del terminal móvil a la estación base. Todos los móviles deben solicitar acceso o responder ante una petición por parte de un PCH dentro del TS0 de una trama. Para establecer el servicio, la estación base debe responder a la transmisión RACH dándole un canal de tráfico y asignando un canal de control dedicado (SDCCH) para la señalización durante la llamada. Esta conexión se confirma por la estación base a través de un canal de reconocimiento de acceso (AGCH).
- c. Canal de reconocimiento de Acceso (AGCH) - El AGCH lo emplea la estación base para proporcionar un enlace de comunicaciones con el terminal móvil, de igual forma lleva los datos que ordenan al terminal móvil operar en un canal físico en particular con un canal de control dedicado. El canal de reconocimiento de acceso procesa la aceptación, o no, de la BS de la petición de acceso del móvil.

1.2.8.1.3 Canales de Control Dedicados (DCCH) Los canales de control dedicados son duplex y cumplen la misma función tanto en enlace uplink como en el downlink. Existen tres tipos de canales de control dedicados. Los Canales de Control Dedicados Estándares Únicos (SDCCH) se emplean para proporcionar servicios de señalización requeridos por los usuarios. Los Canales de Control Asociados Lentos y Rápidos (SACCH y FACCH) se utilizan para supervisar las transmisiones de datos entre la estación móvil y la estación base durante una llamada. Este tipo de canales pueden residir en cualquier slot de cualquier canal de radio frecuencia absoluto, excepto en el time slot cero, dado a que allí se encuentran los canales de difusión.

- a. Canal de Control Dedicado Estándar Único (SDCCH) - El SDCCH transporta los datos de señalización entre la estación base y el terminal móvil. Éste canal asegura que la estación móvil y la estación base permanezcan conectados mientras que la estación base y el Centro de Conmutación Móvil (MSC) verifica la unidad de abonado y localiza los recursos para el terminal móvil. El canal de control dedicado estándar único puede asumir funciones como un canal intermedio y temporal que acepta una nueva llamada procedente de un BCH y mantiene el tráfico mientras que está esperando que la estación base asigne un TCH (canal de tráfico). El SDCCH se usa para enviar mensajes de autenticación y de alerta (pero no de voz).
- b. Canal de Control Asociado Lento (SACCH) - El SACCH siempre se asocia a un canal de tráfico o a un canal de control dedicado estándar único y se asigna dentro del mismo canal físico. Por tanto, cada canal de radio frecuencia absoluto sistemáticamente transporta los datos del SACCH hacia todos los usuarios actuales. El SACCH transporta información general entre la MS y el BTS. En el downlink, el SACCH se emplea para enviar información lenta pero regular sobre los cambios de control al terminal móvil, tales como instrucciones sobre la potencia a transmitir e instrucciones específicas de temporización para cada usuario del canal de radio frecuencia. En el uplink, transporta información acerca de la potencia de la señal recibida y de la calidad del canal de tráfico, así como las medidas del canal de difusión de las celdas vecinas.
- c. Canales de Control Asociados Rápidos (FACCH) - El FACCH transporta mensajes urgentes, y contienen esencialmente el mismo tipo de información que los SDCCH. Un FACCH se asigna cuando un SDCCH no se ha dedicado para un usuario particular y hay un mensaje urgente (como una respuesta de handover). El FACCH gana tiempo de acceso a un slot "robando" tramas del canal de tráfico al

que está asignado. Esto se hace activando dos bits especiales, llamados bits de robo ("stealing bits"), de una ráfaga TCH (canal de tráfico). Si se activan los stealing bits, el slot sabe que contiene datos FACCH y no un canal de tráfico, para esa trama.

1.2.8.2 Canales de Tráfico Conocidos también como Canales de Voz, es el canal encargado de conducir el tráfico (voz y datos) entre la estación base y el terminal móvil cuando existe una llamada en proceso. Entre otras funciones se encuentra que es empleado para enviar mensajes de señalización de la BTS hacia el terminal móvil, también se utilizan para maniobrar el proceso de handover, y el control de potencia de transmisión del terminal.

Los canales de tráfico se pueden encontrar a velocidad completa ("full-rate") y a media velocidad ("half-rate"). Cuando se transmite a velocidad completa, los datos están contenidos en un time slot por trama. Cuando se transmite a mitad de la rata de velocidad, los datos de usuario se transportan en el mismo slot de tiempo, pero se envían en tramas alternativas.

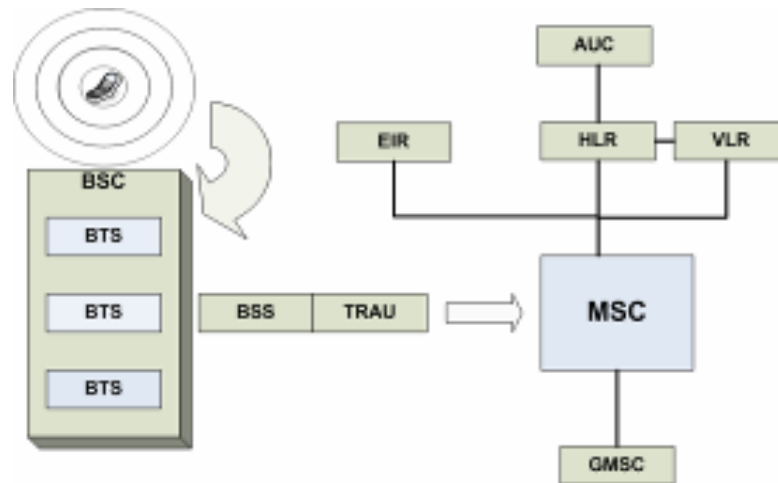
Los TCHs se usan para llevar voz codificada o datos de usuario como se mencionó anteriormente. Se definen dos formas generales de canales de tráfico:

- Canal de Tráfico a Velocidad completa (TCH/F). Este canal transporta información a una velocidad de 22.8 kbps.
- Canal de Tráfico a Velocidad Media (TCH/H). Este canal transporta información a una velocidad de 11.4 kbps.

1.2.9. Terminal Móvil Por último tenemos la MS (Mobile Station) o estación móvil, que se compone del terminal o teléfono móvil (TM) y la SIM Card (Subscriber Identity Module). La mayoría de lectores por obvias razones conocen los terminales o teléfonos y conocen la SIM card, sin embargo explicaré brevemente en que consiste cada uno de ellos.

Los terminales móviles son dispositivos electrónicos con diferentes diseños y fabricantes que poseen generalmente: un circuito integrado que es el cerebro del teléfono, una antena, una pantalla de cristal líquido (LCD), un teclado, un micrófono, una bocina, un transceptor (trasmisor y receptor actúan simultáneamente) de radio, software (interfaz a usuario) y una batería; éstos elementos son los encargados de procesar millones de cálculos por segundo

Figura 7. Diagrama de bloques de los componentes de una red de TMC



Fuente: Autor del proyecto

1.3. PROCESO DE UNA LLAMADA EN UNA RED DE TMC

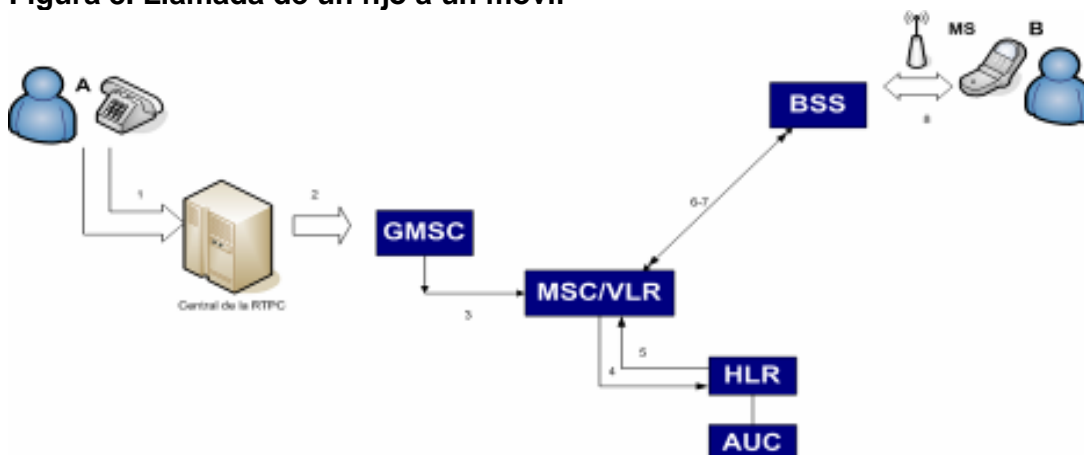
Una vez comprendidas cada una de las funciones de los componentes de una red de telefonía móvil celular, se expondrá cómo se realiza una llamada en dichas redes.

El proceso de una llamada sobre una red de telefonía móvil celular es similar al proceso en una red telefónica pública conmutada (PSTN). Para realizar una llamada en una red de telefonía móvil celular se necesitan básicamente dos canales de voz full duplex simultáneamente, denominados canal de usuario y canal de control.

En esta tesis se describirá tres casos de llamadas: de fijo a móvil, de móvil a fijo y de móvil a móvil, en todos los casos el terminal móvil realiza una serie de procedimientos de arranque cuando se enciende. Una vez finalizado estos procedimientos, prueba la intensidad de la señal recibida en todos los canales de usuario prescritos, y sintoniza automáticamente el canal con la intensidad de la señal de recepción mas fuerte, de la misma forma se sincroniza para controlar la información transmitida por el BSC. Una vez establecida la comunicación el MT (Mobile Terminal) interpreta la información y continúa monitoreando el/los canal(es) de control, para asegurarse que está utilizando el mejor canal.

El procedimiento para realizar una llamada de fijo a móvil es el siguiente: el abonado A que posee una línea en la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada) digita el número del abonado B, la central de la RTPC se comunica con la MSC por medio del GMSC, el par MSC/HLR traslada los dígitos marcados y se comunica con el HLR para determinar si el terminal móvil a la cuál se está llamando está ocupado o desocupado. Si el terminal móvil está disponible, el MSC/HLR se comunica con la estación móvil, ésta le envía una respuesta al MSC, diciéndole que efectivamente se encuentra disponible, entonces el MSC asigna un canal desocupado e instruye a la MS que se sintonice en ese canal. Una vez sintonizados la MS envía una señal de verificación por medio del BSC, por otra parte el MSC envía tonos de progreso de llamada al terminal móvil del abonado B, causando que éste suene, cuando recibe la indicación positiva que el abonado B ha contestado el teléfono se establece la conversación entre dos personas. Ver figura 10.

Figura 8. Llamada de un fijo a un móvil



Fuente: Autor del proyecto

Por otra parte para realizar una llamada desde un terminal móvil a un teléfono fijo, el proceso es al contrario, una vez el abonado marca el número en el terminal móvil y oprime enviar(o la tecla snd), se transmiten estos dígitos junto con el número de identificación del suscriptor móvil al par MSC/VLR, éste interroga al HLR y si el número de identificación es válido, el conmutador enruta la llamada sobre una interconexión de línea terminada a la red de telefonía pública conmutada. Usando el BSC, el MSC asigna un canal para que el terminal móvil se sintonice, después que el MSC verifica que el terminal móvil esta sintonizado en el canal asignado, el MSC envía al MT un tono de llamada en progreso el cuál es escuchado por el terminal móvil hasta que el abonado de la línea fija conteste y se pueda establecer la comunicación.

Para realizar una llamada de un móvil a otro móvil, el proceso es el siguiente: el abonado que llama realiza el mismo proceso, marca los números y oprime la tecla enviar o SND. El MSC recibe tanto el número de identificación del que llama cómo el número marcado, luego se comunica con el HLR y determina si ese terminal móvil está disponible para recibir llamadas.

El MSC envía una señal a todos los BSC para revisar con cuál estación base se puede establecer la comunicación, debido a que el canal puede estar en cualquier parte del área de servicio. Una vez responda de manera positiva el BSC, el MSC asigna a los dos abonados un canal de usuario desocupado y les envía una señal pidiéndoles que se sintonicen en el canal, el transceptor de radio, que existe en el terminal móvil utiliza un sintetizador de frecuencias para sintonizar cualquier canal del sistema celular asignado. Una vez sintonizados los dos abonados comienzan a recibir el tono de repique y timbre respectivamente, cuando el abonado B contesta, envía una señal al MSC, indicándole que ha contestado, y éste termina el tono de llamada progresiva, abriéndole paso a que comience la conversación entre las dos terminales.

En caso de que un abonado o usuario desee establecer una llamada y los canales de usuario estén ocupados, el MSC envía una señal al terminal móvil indicándole que la red está ocupada, que insita más tarde (en el teléfono aparece un mensaje de red ocupada). Por otra parte si se está llamando a un terminal móvil y éste se encuentra ocupado, cuando existe el servicio de llamada en espera, el abonado B puede recibir la llamada que esta entrando y dejar en espera la que tenía en curso, en caso de que no exista el servicio, el que llama recibe una señal de usuario ocupado. Por otra parte, cuando el número al que se está marcando no es valido, el EIR envía al MSC una señal y éste a su vez envía un mensaje grabado o proporciona un aviso de que la llamada no pudo procesarse, por medio del canal de control al terminal móvil.

1.4. HISTORIA Y ESTADO DEL ARTE DE LA TMC EN EL MUNDO

En este apartado se expondrá lo relacionado a la evolución de la telefonía móvil celular y su caracterización mundial.

1.4.1. Historia Para comenzar, en este aspecto los primeros en utilizar un sistema de radio móvil fueron los norteamericanos, quiénes en 1921 utilizaron un sistema de radio móvil que operaba a una frecuencia cercana a los 2 MHz, así como la mayoría de los desarrollos en telecomunicaciones, éste no pudo ser la excepción y fue creado en el seno de la policía de Detroit, departamento de defensa de Estados Unidos.

En 1940, la comisión federal de comunicaciones FCC de Estados Unidos otorgo nuevas licencias de frecuencias para este sistema y empezó a operar entre los 30 y 40 MHz, sin embargo, a ésta frecuencia el sistema presentaba varias interferencias y mucho ruido, por lo tanto era poco útil.

Para esta época en Europa también surgió el primer sistema de telefonía móvil en Suecia Estocolmo, Ericsson pionero en telefonía móvil, formuló un sistema con terminales móviles, que por su peso y tamaño elevado, sólo se podían instalar en vehículos, éste sistema no era óptimo dado que consumía mucha batería.

En 1946, en St Louis (Missouri)[43], Estados Unidos, aparece el primer sistema de telefonía móvil comercial, utilizando seis canales de telefonía móvil de 60KHz a una frecuencia de 150MHz, en 1947 se estableció un sistema móvil público que cubría la autopista entre la ciudad de Nueva York y Boston, en un rango de frecuencia de 35 a 40 MHz.

Durante finales de los 40 y los 50, la FCC adicionó más canales en una frecuencia más alta (12 canales a una frecuencia de 450MHz) con el fin de solucionar los primeros inconvenientes que presentaba ésta tecnología; por otra parte en Europa, la operadora sueca Teverket, instaló un sistema de prueba que entró en servicio en 1956 y que a finales de los sesenta tenía 125 abonados. Todos estos sistemas operaban en modo manual, es decir una operadora manejaba cada llamada, en 1964 gracias a los sistemas selectores de canales automáticos para telefonía móvil, permitió a los usuarios realizar directamente las llamadas.

A estos sistemas se les denominó Mobile Telephony System o sistemas de telefonía móvil, los que surgieron en los 60 se les llamó sistemas de telefonía móvil mejorado (IMTS), éstos operaban en un área de 60Km a la redonda, cada canal podía asignarse a varios usuarios, pero sólo uno podía ser utilizado a la vez y si el canal preasignado estaba ocupado se debía esperar hasta que se desocupara antes de hacer o recibir una llamada.

A principios de los años 70 surge el concepto de telefonía móvil celular, este sistema corrige muchos de los problemas de los servicios de telefonía móvil de dos direcciones tradicionales, dado que utiliza el concepto de reutilización de frecuencia, para aumentar la capacidad del canal.

A partir de esta época comienza la evolución de la telefonía móvil celular, la cual se explicara a continuación:

1.4.1.1. Primera Generación Los laboratorios BELL empezaron a trabajar en los 'sistemas celulares', dando lugar al concepto NMT (Nordiska Mobile Telphongruppen). En 1981 este servicio fue inaugurado en Arabia Saudita (servicio proporcionado por Ericsson) y Suecia a una frecuencia de 450 MHz, lo que se denominó NMT-450, después se asignó una frecuencia mayor, 900 MHz (NMT-900). Debido a la falta de capacidad del NMT y al constante aumento de usuarios, se implantó el sistema TACS con terminales de un menor tamaño, manejables y con precios al alcance de un público más amplio, aunque siempre privilegiado, éste estándar utilizaba una banda de frecuencia de 15 MHz, que abarca 600 canales con un espacio entre canales de 25 kHz.

Paralelo en Estados Unidos AT&T creó el servicio de Telefonía Móvil Avanzado (AMPS). El sistema celular AMPS usa una banda de frecuencia de 20 MHz compuesta de 666 canales con espacios, entre canales de 30 kHz. Para las unidades móviles el canal 1 tiene una frecuencia de transmisión de 825,03 MHz, y el canal 666 de 889,98 MHz. Un espectro de frecuencias de 5 MHz adicional se aumentó posteriormente a la banda de 20 MHz existente, lo cuál incrementa el número total de canales disponibles a 832.

Estos sistemas hacen parte de lo que se conoce como *primera generación* [44] de la telefonía móvil celular, como se puede observar son sistemas análogos y su mayor problema era los costos elevados y la capacidad de transmisión de datos que alcanzaba muy difícilmente a superar tasas de bit de 4800 bit/s o 1200 bit/s.

1.4.1.2. Segunda Generación A mediados de los años 80 y a principios de los 90 en el seno de la CEPT (*Conférence Européenne des Postes et Télécommunications*) un grupo de trabajo denominado GSM (Groupe Special Mobile), dio lugar a lo que se conoce como *segunda generación de telefonía móvil celular*[44] con el estándar GSM proporcionado por la ETSI (*European Standards Telecommunications Institute*), dicho estándar es uno de lo más utilizados hoy en día a nivel mundial (3 de cada 4 terminales móviles son de tecnología GSM) debido a motivos tanto tecnológicos como de mercado y organización. Se utiliza TDMA y CDMA como técnicas de acceso al medio, y todos los canales son digitales. La digitalización permitió, además de reducir los costos de fabricación, mejorar el número de comunicaciones que podían cursarse en un ancho de banda dado, GSM también incorpora servicios de datos como el tan conocido SMS (Servicio de mensajería corta o servicio de mensajes de texto), proporciona mayor capacidad y mayor cobertura. En 1994 llega a Colombia la Telefonía Móvil Celular, mediante dos operadores Celumovil y Comcel, utilizando TDMA, actualmente se está utilizando tecnología GSM/EDGE en la banda de 1800-1900MHz, a lo que se le conoce como 2.5 G (Generación 2.5).

1.4.1.3. Tercera Generación A finales de siglo XXI también aparece la *tercera generación* con IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications 2000*), con el objetivo de superar las limitaciones de los sistemas móviles de segunda generación. Sus principales metas son:

- Reservar una porción de espectro común en todo el mundo, tanto para sistemas terrestres como de satélite.
- Usar terminales móviles de bolsillo, con capacidad de roaming mundial y capacidad para acceder a servicios multimedia.
- Maximizar la compatibilidad de las interfaces radio para poder operar en distintos entornos, como son vehículos, personas caminando, oficinas y sistemas de acceso fijo sin hilos (FWA). De esta forma se puede utilizar una red común para prestar servicios que hasta ahora han utilizado infraestructuras específicas.
- Alta velocidad de transmisión de datos, con capacidad para soportar tanto conmutación de circuitos como de paquetes, así como sistemas multimedia. Las capacidades mínimas especificadas son las siguientes:
 - Entorno de vehículos: 144 kbit/s.
 - Entorno pedestre: 384 kbit/s.

- Entorno en interior de oficinas: 2.048 Mbit/s.
- Entorno de satélite: 9,6 kbit/s.
- Capacidad de soportar servicios simétricos y asimétricos en todos los entornos de operación.
- Compatibilidad de servicios dentro de IMT- 2000 y con la red fija.
- Favorecer la normalización de un entorno de creación de servicios que pueda ser utilizado por los operadores para definir sus propios servicios.
- Eficiencia espectral, flexibilidad en el uso y reducción de costos como resultado de la utilización de nuevas tecnologías.

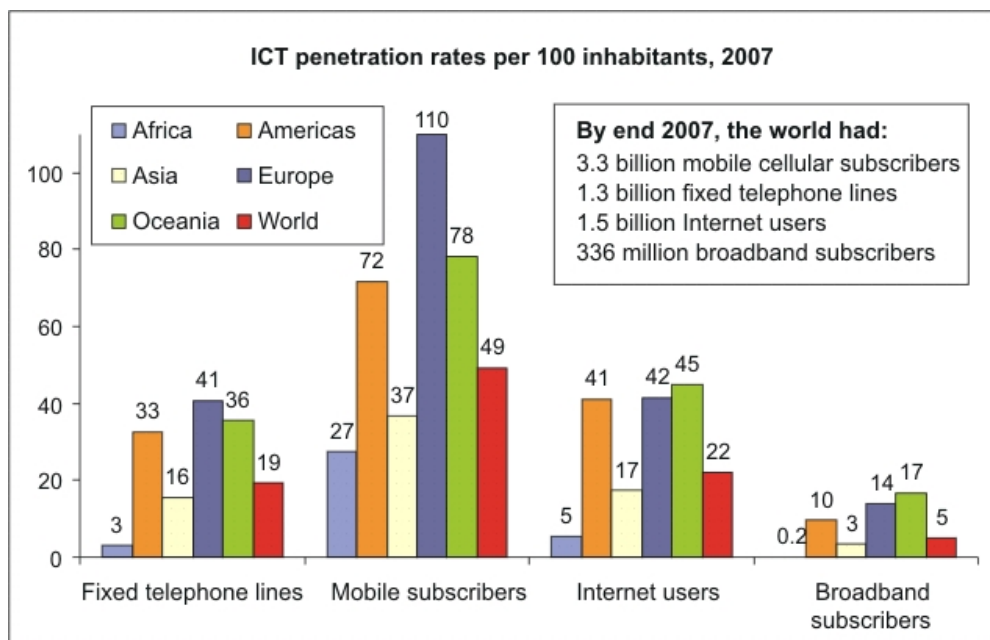
En la familia de IMT 2000 encontramos los siguientes estándares: UMTS –FDD y TDD-, cdma2000 y UWC-136. Operan en las bandas 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz, que incluyen 1980-2010 MHz y 2170-2200 MHz para la componente de satélite. Con la tercera generación aparecen nuevos terminales, nuevos sistemas operativos, nuevas aplicaciones y nuevas oportunidades de negocio.

1.4.1.4. Cuarta Generación Finalmente aparece la *cuarta generación*, uno de los aspectos más importantes de ésta generación es que no trata de desarrollar un nuevo sistema adicional a los ya existentes, sino más bien buscar soluciones de red que combinadas con soluciones ya disponibles o disponibles a corto plazo, puedan lograr una red integrada de comunicaciones o lo que se ha venido denominando Convergencia de las tecnologías de comunicaciones existentes.

1.4.2. TMC En Europa La telefonía móvil celular es una tecnología que marco una pauta dentro del contexto de la sociedad de la información y las comunicaciones, pues introdujo la telefonía a grandes distancias sin hilos, proporcionándoles a los usuarios movilidad en los dos extremos de la comunicación, además de ofrecer un ancho de banda amplio para el despliegue de servicios y ser redes fáciles de implementar, dado que no conllevan obras civiles grandes.

La figura que se muestra a continuación recopila los datos estadísticos al año 2007.

Figura 9. Suscriptores móviles vs. Suscriptores de redes conmutadas, Usuarios Internet, Suscriptores BroadBand



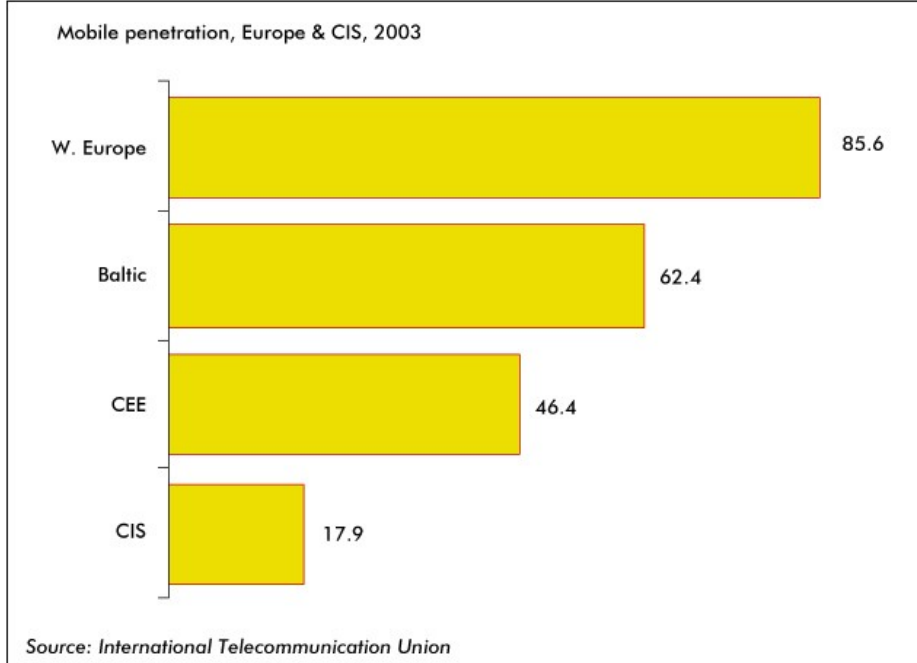
Fuente: UIT [http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/ict/graphs/ICT_penetration_2007.jpg]

El negocio de las comunicaciones móviles celulares desde antes de los años 80, representa para Europa una parte importante dentro del mundo de las telecomunicaciones en general, debido a que desde los inicios de la telefonía móvil celular, esta tecnología ha sido estudiada y desarrollada en este continente. De forma global las estadísticas de los principales grupos hablan por sí solas acerca de como la telefonía móvil es un fenómeno social en el mundo.

Para empezar a dar una visión general (ver figura 10-13) de los alcances de esta tecnología, el número de usuarios de telefonía móvil en los cinco continentes ha aumentado en los últimos años un 137 por ciento, hasta alcanzar en el año 2007 los 3'313'982.5 (000s) de usuarios, según datos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-2007). En Europa este servicio tiene una penetración de aproximadamente el 28% alcanzando un número de 882'794.2 (000s) de abonados.

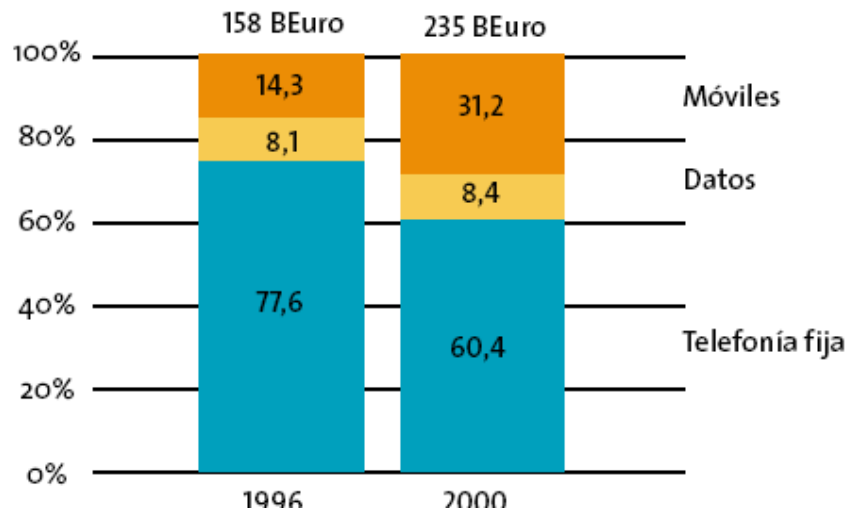
Las figuras que se muestran a continuación recopilan los datos estadísticos al año 2003.

Figura 10. Crecimiento de las comunicaciones móviles en Europa



Fuente: UIT [<http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/ict/graphs/eu4.jpg>]

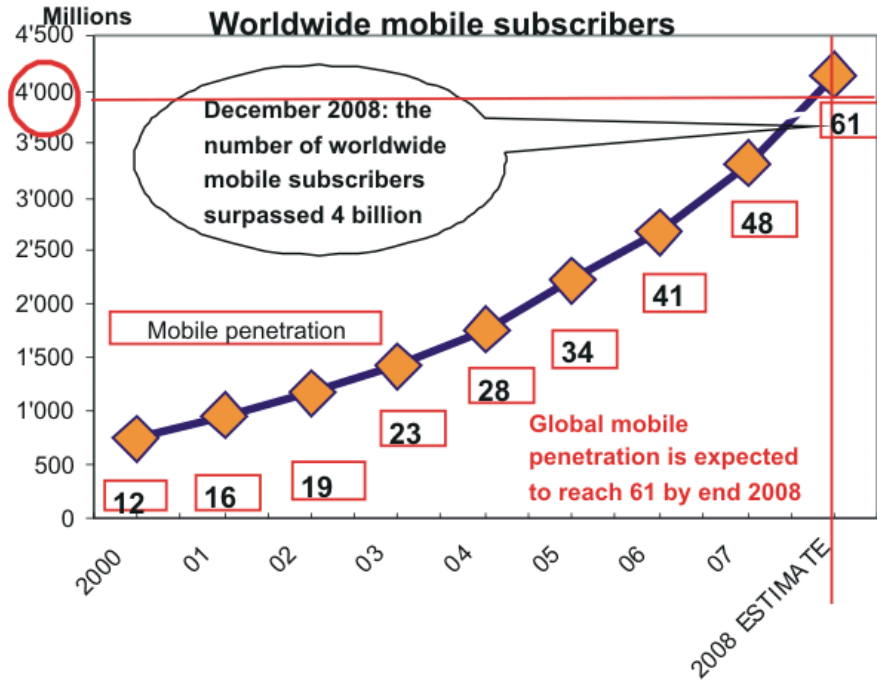
Figura 11. Proporción de la participación de la telefonía móvil en el negocio global en Europa



Fuente: Comisión Europea

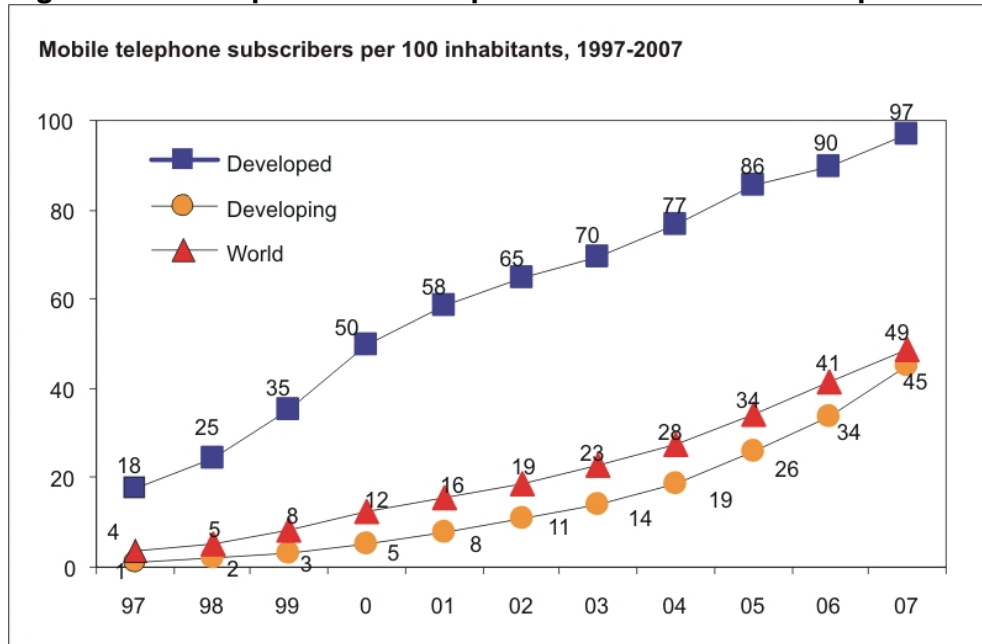
Las figuras que se muestran a continuación recopilan los datos estadísticos al año 2007.

Figura 12. Crecimiento de los suscriptores móviles mundial



Fuente: UIT
 [http://www.itu.int/ITU-D/ict/newslog/Worldwide+Mobile+Cellular+Subscribers+To+Reach+4+Billi
 on+Mark+Late+2008.aspx]

Figura 13. Suscriptores Móviles por 100 habitantes en Europa



Fuente: UIT [http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/ict/graphs/mobile.jpg]

Dentro de los países europeos que se destacan por la tasa de penetración de la telefonía móvil habiéndose producido una evolución vertiginosa del mercado de las comunicaciones móviles en los últimos años, se encuentra: Rusia, Albania, Italia, Republica Eslovaca, Republica Checa, Portugal, Polonia, Hungría, Rumania, Finlandia. Estonia y España.

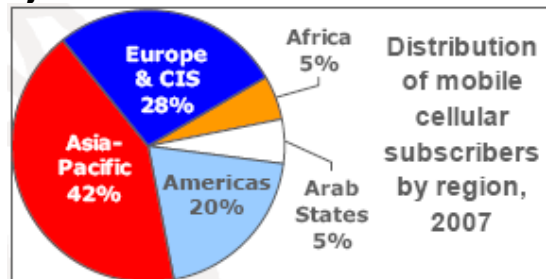
En la etapa inicial de desarrollo del mercado el principal objetivo de los operadores era la captación de clientes para aprovechar la economía de escala y de red. De esta etapa inicial se ha pasado a una segunda etapa caracterizada por una situación de elevada penetración, en la que la estrategia de los operadores persigue mantener la cuota de mercado conseguida, fidelizar a sus clientes, incentivar la migración del prepago al postpago y captar los clientes de sus competidores aprovechando las facilidades de movilidad.

Entre los operadores móviles de Europa se encuentran compañías como: Alands, Orange, Amena, Proximus, D2, RadioLinja, DNA , SFR, E Plus, Sonera, Europolitan, T-Mobile, Hutch 3G, Tele2, Vodafone, KPN, Telecel, Libertel, Telefónica, Mobilkom ,TIM, Movistar , Moviline, TMN, Omnitel, Xfera, One, Amena y Wind, entre otros.

1.4.3. TMC En Asia, África y Oceanía En el mundo aproximadamente más de un tercio de la población posee celular (ver figura 14), la cifra puede llegar a superar los 4000 millones de usuarios, la mayor parte de este crecimiento se localiza en los países en vía de desarrollo, especialmente en los continentes de África y Asia.

Asia posee el Mercado de telefonía móvil más grande del mundo, con 1'475'254.3 (000s) de usuarios con una penetración mundial del 42% Esto debido a que países como Japón y China se han preocupado por estudiar y desarrollar esta tecnología.

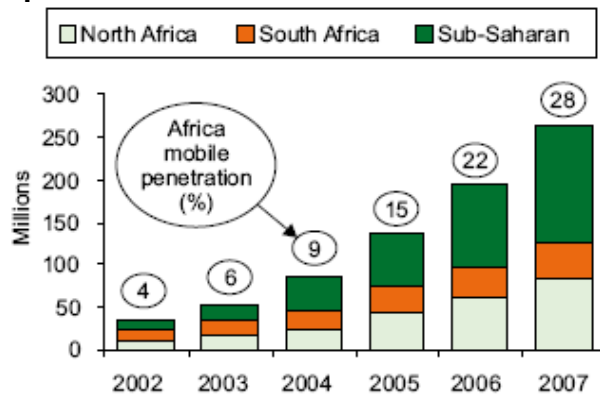
Figura 14. Porcentaje de Penetración Mundial de TMC



Fuente: UIT [Asia-Pacific Telecommunication/ICT Indicators 2008 - Broadband in Asia-Pacific: Too much, too little? Presented by Vanessa Gray at ITU Telecom Asia 2008. Bangkok, Thailand. 1 September 2008]

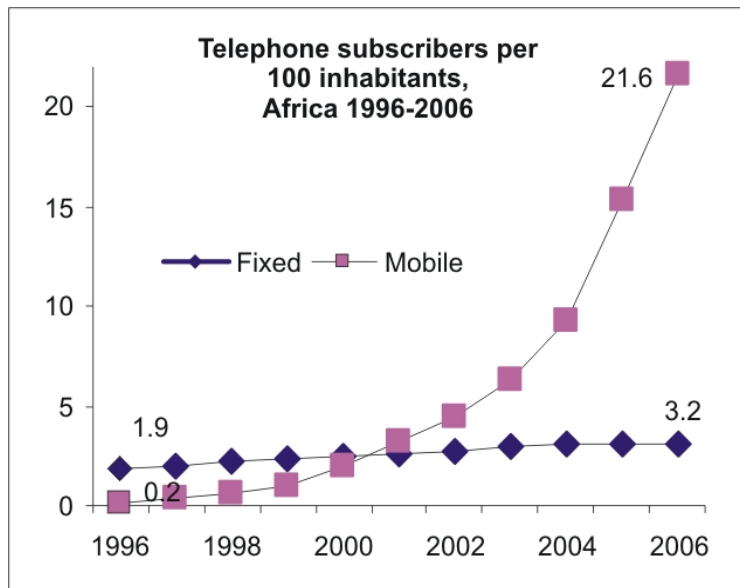
Por otra parte en continentes como África el panorama de las comunicaciones móviles es bastante alentador (ver figuras 15 y 16), debido a que los africanos han encontrado en la telefonía móvil celular un aliado en la comunicación, ya que distribuir redes fijas por todo el país era demasiado costoso por las distancias, y este servicio comenzó a ofrecer comunicación a personas que antes no tenían como lograrla. África cuenta con 271'909.0 (000s) de usuarios al año 2007 de acuerdo con las cifras de la Unión internacional de Telecomunicaciones, dato que en comparación con el año 2000 que tan solo contaba con 37'036.5 (000s) de usuarios refleja una penetración del 82.5% de éste servicio en el continente. En el mundo la penetración de África es muy pequeña aún con sólo aproximadamente un 5 ó 6%.

Figura 15. Suscriptores de Telefonía Móvil en África



Fuente: UIT [9]

Figura 16. Suscriptores de Telefonía Móvil Vs Telefonía Fija en África



Fuente: UIT [<http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/ict/graphs/af1.jpg>]

Oceanía cuenta con el aproximadamente 1% de la penetración de telefonía móvil celular mundial, con 26'918.4 (000s) de usuarios.

Si bien estos datos, se han convertido en referencia obligada al hablar de comunicaciones móviles, este servicio está dando muestras de cierta saturación. Los nuevos clientes pertenecen a niveles sociales con menor poder adquisitivo y su consumo es notablemente inferior al de los primeros. Sin embargo en muchos países aún este servicio sigue logrando buena rentabilidad en el producto interno bruto nacional.

Por otra parte en estos continentes encontramos operadores de telefonía móvil celular como: DoComo, Hutch 3G (HK), J-Phone, KT, M1, SK, Vodafone, Telekom, Millicom International Cellular (MIC), China Mobile, China Unicom, PCCW-HKT, entre otros.

1.4.4. TMC en América del Norte América del norte está comprendida por cuatro países: Groenlandia, Canadá, Estados Unidos y México. En cuanto a Telefonía Móvil Celular, Estados Unidos es pionera en esta región, debido a que allí se originaron los primeros sistemas de telefonía móvil celular y además se ha estudiado y desarrollado parte de la evolución de este servicio, con el desarrollo de tecnologías como CDMA entre otras.

Tanto ha sido el auge de esta tecnología (TMC), que la magnitud de los ingresos generados por la prospera industria celular ha sido por supuesto considerable. Según cifras del informe de las Telecomunicaciones de la UIT, la telefonía móvil generó ingresos por US\$154 miles de millones en 1998, más del doble que los generados por la larga distancia internacional y casi la mitad de los ingresos por telefonía local y de larga distancia nacional. Claro está que al 2008 con el crecimiento que se ha mostrado anteriormente estas cifras se pueden doblar y hasta triplicar, ya que en muchos países los ingresos de la telefonía móvil sobrepasan a los de la telefonía local y de larga distancia nacional e internacional juntos.

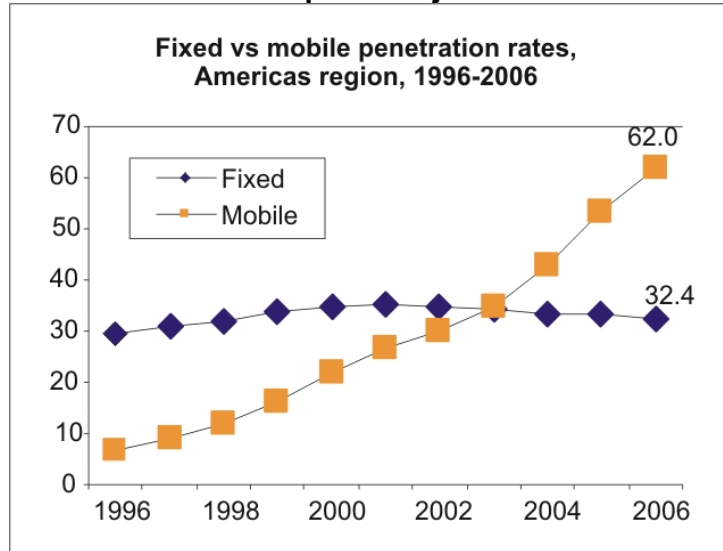
Según el informe de la UIT, al sumar toda la información relativa a ingresos obtenidos por concepto de internet, líneas arrendadas, redes de datos privadas y telex entre otras, realizadas por los operadores de telecomunicaciones, estos apenas alcanzarían a la mitad de los ingresos correspondientes a los de la telefonía móvil.

En Estados Unidos el porcentaje de penetración mundial en Telefonía Móvil celular es el más grande de América del norte con el 9.43% y 255'395.6 (000s) de usuarios, Canadá cuenta con 20'277.4 (000s) de usuarios, México cuenta con 68'253.6 (000s) y Groenlandia sólo posee 430 mil usuarios, para un total

en América del norte de 12.4% de penetración mundial, lo que es aproximadamente un octavo de la penetración mundial total.

En la gráfica se puede observar al año 2006, la tasa de penetración de las líneas móviles en comparación con las líneas fijas, es considerablemente mayor.

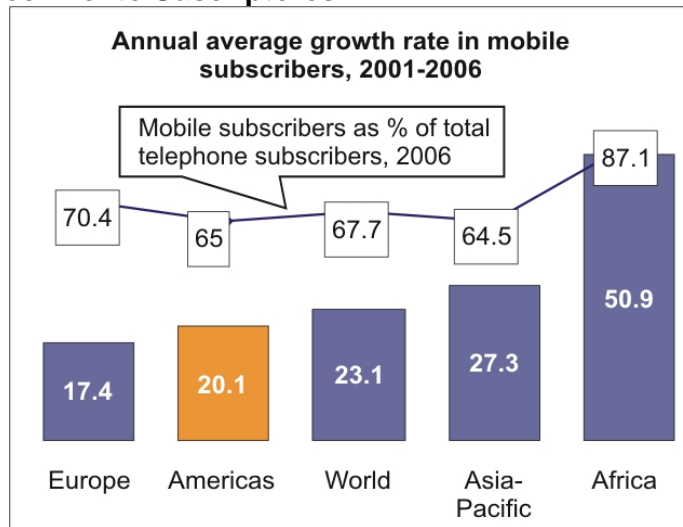
Figura 17. Penetración de Suscriptores Fijos Vs Móviles



Fuente: UIT[<http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/ict/graphs/am1.jpg>]

La siguiente gráfica evidencia la tasa de crecimiento anual de los suscriptores móviles al año 2006.

Figura 18. Crecimiento Suscriptores M



Fuente: <http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/ict/graphs/am2.jpg>

En cuanto a operadores en América del Norte encontramos compañías como: Telmex, Equant, Sprint Nextel Corporación, Lusacell, Ufone, Telus Mobility, Bell Mobility, Bellsouth Internacional, MT&T, Newtel, Cell Express, Telcel, Microcell, Rogers & Wireless, Verizon Wireless, entre otras.

1.4.5. TMC en América Central y el Caribe Esta región la conforman los siguientes países: Belice, Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Panamá, Cuba, Guatemala, Antillas Holandesas, Antigua y Barbuda, Aruba, Bahamas, Barbados, Bermudas, Dominica, Granada, Guadalupe, Haití, Islas Caimán, Islas Vírgenes, Jamaica, Martinica, Puerto Rico, República Dominicana, San Cristóbal-Nevis, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía y Trinidad & Tobago.

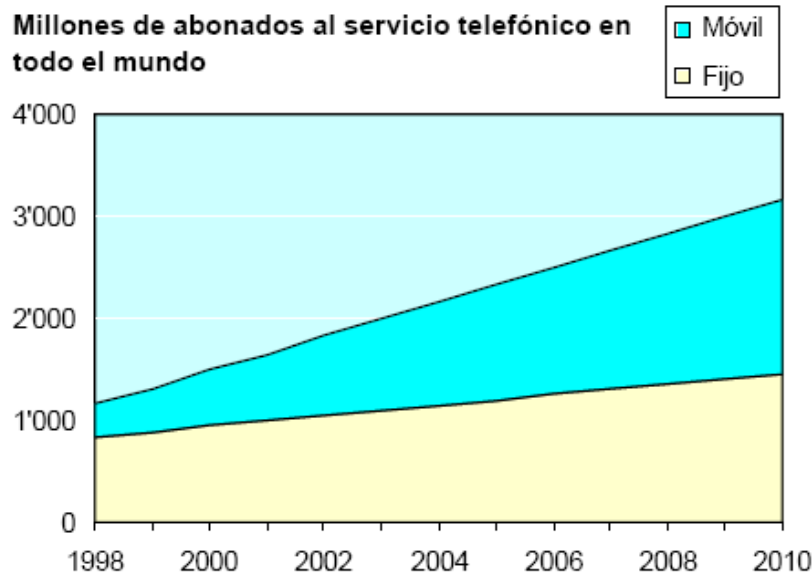
Esta región por comprenderse de tantos países tiene un total de 42.412,4 (000s) usuarios de telefonía móvil celular, lo que significa un 1.08% de la penetración mundial.

Dentro de estos países se destaca el crecimiento desde el año 2000 al año 2007, los países como Dominica con una tasa de crecimiento del 85.4%, Santa Lucía con un 105.7%, Nuevas Antillas con un 158.2%. Esto debido a que como se ha mencionado anteriormente es más fácil obtener acceso de un Terminal móvil que de las líneas fijas.

En Panamá el 52% de su población posee un celular, en El Salvador el 32%, en Guatemala, el 29% en Costa Rica, el 25%, en Nicaragua el 19% y en Honduras el 15%. Es importante mencionar aquí que estos crecimientos han traído beneficios para los accionistas de las compañías del sector, la telefonía móvil ha reportado en muchas partes utilidades superiores a las del resto de industria de telecomunicaciones. Aún más, de acuerdo a documentación de la UIT se señala que las 10 compañías de telefonía móvil más grandes en el mundo reportaron US\$10 miles de millones de utilidades antes de impuestos en el año de 1998, lo que también significa un retorno de la inversión del 17%, superior al promedio de la industria de aproximadamente el 10%. Cabe destacar que esta información es hace 10 años lo que posiblemente puede haber triplicado las cifras mencionadas.

En la siguiente gráfica se muestra como ha sido el crecimiento de la telefonía móvil celular en el mundo, en comparación con la telefonía fija.

Figura 19. Proyección Suscriptores de Telefonía Móvil Vs Telefonía Fija en el Mundo.



Fuente: UIT

Entre los operadores de telefonía celular en América Central y el Caribe encontramos los siguientes: Telgua, Telefónica, Millicom, Comcel, Cubacel, C-Com, Telemóvil, Intelfone, CWPanamá, América Móvil, Movistar, Movicom, entre otras.

1.4.6. TMC en América del Sur Los países que conforman América del Sur son los siguientes: Colombia, Venezuela, Chile, Perú, Argentina, Bolivia, Ecuador, Brasil, Guayana Francesa, Guyana, Islas Malvinas, Paraguay, Surinam y Uruguay.

En América del sur la telefonía celular no se ha quedado atrás, cuenta con un total de 283.607,1 (000s) usuarios de este servicio, con una penetración del 7.99% a nivel mundial.

Entre los países que han tenido mayor crecimiento desde el año 2000 al año 2007, encontramos a Ecuador con el 45.2%, Colombia con el 49.2% y Guyana con el 52.5%. Cifras que hasta el momento generan una aceptación de esta tecnología por parte de la mayoría de habitantes del Continente y del mundo.

En este marco, muchas son las razones que le han permitido a la telefonía móvil celular ser una solución atractiva para mejorar el acceso a las comunicaciones en los países vía desarrollo (como lo son los de América del Sur en su mayoría). Dentro de las posibles razones se resumen las siguientes:

- La red móvil puede ser instalada más rápidamente que la fija.
- La red móvil esta crecientemente disponible en tarjetas de prepago, lo que le permite a muchos usuarios acceder al servicio al que no estarían calificados por su pobre o nulo récord crediticio.
- El servicio de telefonía móvil celular es prestado generalmente por compañías privadas que pueden conseguir más fácilmente recursos financieros y experiencia técnica de sus socios extranjeros.
- Los usuarios de los países en vía de desarrollo se sienten atraídos por las ventajas que les proporciona la movilidad.
- Las redes móviles son generalmente más baratas para instalar que las redes fijas.

Entre los posibles operadores de esta tecnología en América del Sur encontramos los siguientes: Entel, Movistar, Smartcom, Telebras, Brasilcel, Digitel, Telefónica, Comcel, Colombia Móvil, Millicom, Telecom Personal, Unifon, CTC, Otecel, Conecel, Chilesat, Telefónica del Perú A.C.R., Oi Brasil, TIM Brasil, Telecel, NuevaCel, CTIMovil, entre otras.

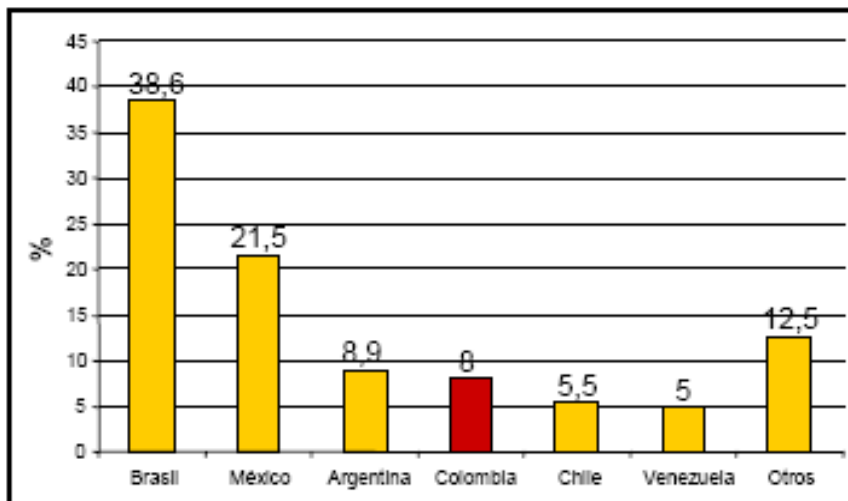
1.4.7. TMC en Colombia En Colombia la Telefonía Móvil Celular llegó en el año 1994, sin embargo, el proceso empezó mucho antes, a finales de 1991, cuando el Gobierno Nacional al amparo de la Ley 72 de 1989 y del Decreto-Ley 1900 de 1990, expidió el decreto 2824 de 1991, en el cual se fijaba el marco general para la entrada de la telefonía celular en Colombia dentro de un esquema de competencia entre empresas privadas y mixtas, estas últimas conformadas por los operadores locales de telecomunicaciones y TELECOM conjuntamente con socios privados nacionales y extranjeros. Para ese entonces algunos países latinoamericanos como Chile, Argentina, Perú y Venezuela ya habían incursionado exitosamente en el mercado celular, al igual que otros setenta países en el mundo.

Actualmente Colombia cuenta con 3 operadores de Telefonía Móvil Celular los cuales son Telefónica Móvil (Movistar), Tigo (antiguamente Colombia Móvil-Ola) y Comcel. Estos prestadores de servicio operan en la banda de 800-900 y 1800-1900 MHZ, con tecnología GSM (2.5 G).

De acuerdo a cifras (tercer trimestre del año 2006) de la Comisión Reguladora de Telecomunicaciones en este país existen 27'958'640 usuarios del servicio, discriminados de la siguiente forma:

- Tigo: 2.921.855
- Telefónica Móvil: 7.551.528
- Comcel : 21.257.339

Figura 20. Participación del Mercado de TMC de Colombia con respecto a otros países Latinoamericanos.



Fuente: CRT

De acuerdo a cifras de la UIT, Colombia presenta un crecimiento del 49.2% con respecto al año 2000 que tan sólo contaba con 4'596.6 (000s) usuarios, y una penetración mundial del 8% con respecto a Latinoamérica y aproximadamente el 1% a nivel mundial. Dichas cifras superan todas las proyecciones que el gobierno Nacional y las mismas empresas prestadoras del servicio hubieran podido imaginar. Tanto así que con estas cifras teniendo en cuenta el número de habitantes de Colombia se habla que uno de cada dos Colombianos posee un Celular.

Por otra parte esta tecnología en Colombia ha representado un porcentaje importante en los ingresos del PBI (Producto Bruto interno) del país, es así que las empresas operadoras del servicio facturaron 2.192 millones de dólares en el año 2005, más del doble que en 2004 y por primera vez superaron las ventas de teléfonos fijos. De acuerdo con la CRT, en el año 2005 las empresas de teléfonos móviles facturaron 5,5 billones de pesos (2.192 millones de dólares), mientras que la telefonía fija tuvo 4,2 billones de pesos (1.842 millones de dólares). La cifra de facturación de los celulares de 2005 superó la de 1,91 billones de pesos (837 millones de dólares) que tuvo en 2004. En el tercer trimestre del 2007 las contraprestaciones de estas tres compañías acumulan \$1.180.975.589,78 (pesos Colombianos).

Es tan importante toda la visión general de esta tecnología, que se ha proporcionado en este capítulo, que más importante aún es que este servicio tenga los niveles mínimos de calidad, para que se pueda seguir expandiendo. A continuación en el capítulo dos se encontrará todo lo referente a QoS, definición, bloques funcionales, estandarización y estado del arte de la regulación de calidad de servicio.

ANEXO B. CARTA ENVIADA A OPERADORES TMC



Señores
TELEFONICA MOVIL
Ciudad

Asunto: Apoyo en Investigación

Reciban un Cordial Saludo

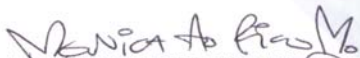
Por medio de la presente me dirijo a ustedes con el fin de solicitarles apoyo en la Tesis de Maestría titulada "Protocolo de especificaciones de gestión de Calidad en redes de telefonía Móvil en Colombia", dicha tesis se encuentra adscrita a la escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander UIS y a los Grupos de Investigación GAITA (Gnosis Avanzada de Ingeniería Telemática) del Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en ingeniería del Software CIDLIS y al grupo RadioGIS de la misma Universidad.

El apoyo consiste en proporcionar dos SIM CARD para realizar unas pruebas de campo que se describen en la metodología anexa, con el fin de medir parámetros de calidad de servicio como lo son número de llamadas caídas, tiempo de establecimiento de llamada y llamadas no exitosas para servicios de voz y Tasa de Error de Bit y Mensajes de texto no exitosos para servicios de datos.

Dichos resultados serán compartidos con ustedes, para que esta información les pueda servir de referencia y comparación con las mediciones que arrojan las centrales de conmutación, y así ustedes puedan establecer medidas y tomar decisiones al respecto. De igual forma cabe resaltar que sin el apoyo de ustedes este noble fin sería difícil de alcanzar. También es posible usar esta oportunidad para involucrar a su empresa en labores de investigación con la universidad y beneficiarse de esta manera de la exención de impuestos que ofrece el estado.

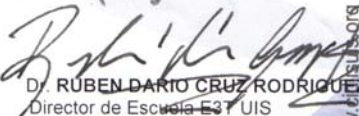
En caso de no poder suministrar las dos sim cards para las mediciones, solicitamos muy cordialmente nos proporcionen las estadísticas de las centrales en cuanto a calidad de servicio y los parámetros mencionados (estadísticas de tráfico de las centrales). De igual forma nos agradecería contar con ustedes para formar parte del comité de arbitraje de la tesis, encargado de la discusión y evaluación de la metodología y diseño del protocolo propuesto.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a esta solicitud, y esperando una pronta y positiva respuesta por parte de ustedes.


Ing. MONICA ANDREA RICO MARTINEZ
Autor del Proyecto


Dr. RICARDO LLAMOS VILLALBA
Director del Proyecto


Dr. HOMERO ORTEGA BOADA
Codirector del proyecto


Dr. RUBEN DARIO CRUZ RODRIGUEZ
Director de Escuela E31 UIS

Carrera 19 N° 35-02
Oficina 330
Sede UIS - Bucarica
Teléfono: 642 2809
Telefax: 670 1062
Bucaramanga, Santander
Colombia
www.uis.edu.co

ANEXO C. MEDICIONES DE VOZ
(ARCHIVO EXCEL ADJUNTO ANEXO C.XLS)

ANEXO D. MEDICIONES DE DATOS

(ARCHIVO EXCEL ADJUNTO ANEXO D.XLS)

ANEXO E. CARTA MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y CRT



Ministerio de Comunicaciones
Dirección de Administración de Recursos de Comunicaciones
República de Colombia
Ministerio de Comunicaciones, 12/09/2006 10:22:31
REGISTRO No.: 13043 Usuario: PRC08
DESTINO: MONICA ANDREA RICO MARTINEZ
DIRECCION: CALLE 74 A N° 49 63 CASA 74
BUCARAMANGA - SANTANDER

Bogotá D. C., 11 SET. 2006

Doctora
MONICA ANDREA RICO MARTINEZ
Calle 74 A No 49 – 63. Casa 74
Bucaramanga Santander

17

319280

Asunto: Solicitud de Información. Radicado No 124900.

Respetada Doctora Rico:

En atención a su solicitud, con el número que se indica en la referencia, por medio de la cual requiere información estadística de las empresas de telefonía móvil celular, me permito manifestarle lo siguiente:

Una parte de la información por usted solicitada, se encuentra amparada por confidencialidad contractual y reserva legal, como es el caso del número de las llamadas caídas, y lo correspondiente a los anexos técnicos de los contratos de telefonía móvil celular.

De otra parte, datos sobre el tiempo de espera de conexión y llamadas no establecidas es información que el concesionario no reporta a este Ministerio, por lo tanto le sugerimos respetuosamente requerirlo al operador.

Finalmente, el Ministerio de Comunicaciones publica en su página web: www.mincomunicaciones.gov.co, informes trimestrales de los operadores que contienen los siguientes datos:

- El número de abonados en servicio
- Abonados por categoría prepago y postpago
- Abonados activados trimestre
- Abonados retirados trimestre y
- Contraprestaciones pagadas al Ministerio por los concesionarios.

En tal sentido, la información que reposa en la pagina web, es la que en general se puede conocer y no esta amparada por ningún tipo de reserva.

Atentamente,

MARIA DEL PILAR CUELLAR SANTOS
Directora. Dirección Administración de Recursos de Comunicaciones

c.c. Punto de atención al ciudadano y al operador

Proyectó: Liliana María Rodríguez

Señora

Mónica Andrea Rico Martínez

mrico@cidlisuis.org

Estimada Señora Rico,

La Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (CRT) acusa recibo de su comunicación radicada bajo el número 007353 en donde relevante a características específicas de la telefonía móvil celular. Al respecto le informo;

En la actualidad la regulación expedida por la CRT no ha establecido indicadores de calidad de servicio de las redes de telefonía móvil celular. Sin embargo, existe un proyecto global de calidad de servicio para los servicios de telecomunicaciones el cual tendrá en cuenta los servicios de TMC en Colombia. Este proyecto será realizado el próximo año, en este sentido, le sugerimos estar pendiente del desarrollo del mismo por medio de las publicaciones realizadas en la página Web de la comisión, www.crt.gov.co <<http://www.crt.gov.co/>> . Así mismo, la Comisión agradece todo tipo de comentarios y sugerencias que en la realización del proyecto mencionado, usted pueda aportar de acuerdo con sus estudios académicos realizados sobre el tema en cuestión.

Por otra parte, en cuanto a estadísticas de tráfico, porcentaje de llamadas caídas, tiempo de acceso a una llamada, entre otros, la CRT no posee dicha información toda vez que los operadores de telefonía móvil celular no están en la obligación de reportarlas. Para tal fin le sugerimos que se comunique con el Ministerio de Comunicaciones (info@mincomunicaciones.gov.co) .

Cordialmente,

CATALINA DÍAZ-GRANADOS T.

Coordinadora de Mercadeo

Comisión de Regulación de Telecomunicaciones

Carrera 13 No. 28-01, Piso 8.

Bogotá, Colombia

Teléfono +57/(1)3277000, Fax 3277001

Página web: <http://www.crt.gov.co> <<http://www.crt.gov.co/>>

E-mail: diazcata@crt.gov.co

Nota Confidencial: Esta comunicación no constituye un pronunciamiento oficial de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones, y esta entidad no se hace responsable por las alteraciones que pueda sufrir este mensaje después de su envío.

ANEXO F. CORREOS VALIDACIÓN DE EXPERTOS

Ing. Gustavo Adolfo Díaz Tabere

Curriculum Vitae

Telecommunications Engineer, Management Specialist ISO 9000 Quality assurance inspector, Project Management Specialist.

Over 6 years of proven experience in a Telecommunications projects. Including all aspects of project development, monitoring and execution. Technical background and experience in Project management, Quality assurance, Network Management, Wireless Network Design, Network installation, Network upgrade, operation and maintenance.

Work Experience


Network Management engineer. Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP
Chief Quality Assurance. Colombia Móvil PLMN PCS-1900 Project
Network planning engineer SIEMENS SA
Help desk engineer GETRONICS

Correo enviado

De: GUSTAVO ADOLFO DIAZ TABARES (gustavo.diaz@telecom.net.co)

Enviado: Viernes, 24 de octubre de 2008 10:20:58 a.m.

Para: Monica andrea rico martinez (monik1911@hotmail.com)

Análisis de seguridad al descargar 

Mónica,

Después de revisar el documento, veo que tiene los parámetros básicos necesarios para hacer las medidas de QOS en redes móviles. Lo único que recomiendo es sugerir un estándar para las causas de liberación de llamadas (no las veo en el documento que me enviaste), estas causas determina de forma explícita el indicador GDS Y CDS. Con esto se lograría que los operadores midieran los mismos parámetros partiendo de las mismas causas de liberación.

Saludos cordiales,

Gustavo Diaz

Ing. Julio Cesar Manzano Ascanio

Curriculum Vitae

Ingeniero de sistemas, Especialista en Auditoría Informática
20 años de Experiencia como profesional de Telecom, en las áreas de
aprovisionamiento de calidad, gestión de tráfico y señalización.

Vicepresidencia de Servicios de Red

Prof. Aprovechamiento Santander, Norte de Santander y Arauca Telefónica
Telecom.

Gerencia de Aprovechamiento

Correo enviado

De: JULIO CESAR MANZANO ASCANIO

Enviado el: Jueves, 23 de Octubre de 2008 10:58 a.m.

Para: 'monica andrea rico martinez'

Asunto: RE: TESIS DE MAESTRIA PROTOCOLO DE QoS EN REDES
MÓVILES CELULARES

Cordial Saludo:

La Tesis es buena, porque indica en detalle los procedimientos y normas para
determinar calidad del servicio en Redes Celulares.

Y adicionalmente se presenta una resultado “practico” de las mediciones de
calidad del servicio que prestan los actuales operadores de Celular en
Colombia, tomadas desde diferentes puntos de vista.

La crítica constructiva, es que si se especializa cada uno de estos tópicos: Por
ejemplo: Calidad del servicio de Llamadas, Calidad del servicio para de
Mensajes SMS o servicios de Datos Móviles, o la calidad de Tx de la conexión
entre el celular y su estación base, etc. Y se desarrolla en profundidad, se logra
una mayor identificación de posibles fallas en la Red de los diferentes
operadores, y mejorar el servicio, que es un valor agregado muy importante
que puede dejar este documento al interior de estas Empresas.

Otro aspecto a analizar que se deriva de este documento, es generar un
Ranking comparativo de Calidad del servicio de los operadores, con las
implicaciones de imagen que esto puede generar ante la opinión pública. Este
es un modelo que se puede aplicar para desnudar las fortalezas o debilidades
que tienen los diferentes Operadores en la Calidad del Servicio que prestan a
sus clientes, y que puede orientar a las personas para escoger la mejor
alternativa (además de la económica) para adquirir los servicios de uno u otro
operador.

Sería interesante que la CRT se entere de este desarrollo, como marco de
referencia de un procedimiento que en mi concepto se puede desarrollar más a

fondo y determinar indicadores que permitan mejorar la calidad del servicio del servicio de Telefonía Móvil Celular, que en mi concepto la Comisión no lo ha desarrollado con la importancia que esto implica.

Cordialmente,

JULIO CESAR MANZANO ASCANIO
Vicep. Servicios de Red - Gerencia Aprovevisionamiento
Prof. Aprovevisionamiento Santander, Norte de Santander y Arauca
TELEFONICA - TELECOM
Circunvalar 33 159 - 195 - Cañaveral Oriental
Tel: 097-6849755 Cel:316-4731422
Bucaramanga - Colombia

Ing. José Ricardo Díaz Espinoza

Curriculum Vitae

Ingeniero de Sistemas
Gerencia de Mantenimiento - Distrito Santander – Arauca- Telefónica Telecom
Vicepresidencia Servicios de Red

Correo enviado

De: JOSE RICARDO DIAZ ESPINOZA
Enviado el: Miércoles, 15 de Octubre de 2008 11:13 a.m.
Para: JULIO CESAR MANZANO ASCANIO
Asunto: RE: Favor personal - TESIS DE MAESTRIA PROTOCOLO DE QoS EN REDES MÓVILES CELULARES

Ingeniero el documento esta bien planteado, algunos comentarios sobre el texto:

- Creo que se debería apuntar a menos temas pero con mayor profundidad, es decir, trabajar por ejemplo solamente con el indicador de Calidad del Servicio, apalancando la posibilidad de trabajar sobre la mejora continua en el proceso de completación de llamadas y, por ahora, dirigido al servicio de voz.
- Con un objetivo definido como el que planteo, la metodología de recolección de información es el principio y fundamento elemental sobre el cual actuar; de cara a ello se debería recavar datos de un histórico de por lo menos un año, a fin de no trabajar sobre probabilidades sino sobre tráfico real. Esto implica 7X24X365 de información de los tres operadores en servicio.
- A partir de una base de datos como la expuesta antes, con seguridad podremos determinar cifras objetivas de la operación de la TMC en Colombia y, con ella, ahora si referida a estándares internacionales proyectar metas de cumplimiento mensual orientadas al mejoramiento

continuo del servicio a los clientes; (allí se determinarían los índices de completación y pérdidas admitidas.).

- Una regulación sobre el particular implicaría entonces, la generación de un esquema de mediciones periódico para todos los operadores con metas definidas de mejora, atadas por ejemplo, al tema tarifario.

Cordialmente,

JOSE RICARDO DIAZ ESPINOSA
Vicepresidencia Servicios de Red
Gerencia de Mantenimiento - Distrito Santander - Arauca
Telefónica - Telecom
Circunvalar 33 # 159-195
Teléfonos: 097-6849755 / 56 - Celular: 3164729706
Bucaramanga - Colombia

Ing. Andrés Navarro Cadavid

Curriculum Vitae

Doctor en Telecomunicaciones, Magister en Gestión Tecnológica.
15 años de experiencia Docente en las Universidades ICESI y San Buenaventura de Cali. Coordinador programa de Ing. Electrónica- Universidad de San Buenaventura- Medellín. Consultor Indutrónica- Omnicon Inc. Soporte técnico y ventas compunet.S.A. y Cotel S.a. Medellín. Ingeniero de Proyectos Singer Products. Inc.

Experiencia en proyectos de telecomunicaciones en el área de comunicaciones móviles.

Correo enviado

From: anavarro@icesi.edu.co
To: monik1911@hotmail.com
Subject: RE: TESIS DE MAESTRIA PROTOCOLO DE QoS EN REDES MÓVILES CELULARES
Date: Sun, 26 Oct 2008 16:22:48 -0500

Monica,

EL documento es viable y la metodología se puede aplicar.

Solo tengo tres observaciones.

La primera, el SMS no es un servicios de datos estrictamente hablando, y las estadísticas se obtienen del SMS center.

Segundo, Me parece que los porcentajes mínimos que sugieres están un poco altos, pues como se dice en el mismo texto, en GSM se maneja un porcentaje del orden del dos por ciento.

La tercera, para el cálculo del GDS se debe dar un peso específico mucho mayor a las llamadas caídas que a los intentos fallidos, pues la percepción del servicio es diferente en ambos casos.

UN saludo,

Andrés Navarro C.